

Aplicaciones de la inteligencia artificial en la predicción de la cadena de suministro en la industria alimentaria: Una revisión sistemática

Angel Steeven Veliz Guzman¹; Franco Daniel Oropeza Aguilar²; Desmond Mejia-Ayala³; Leidy Lucia Méndez-Gutiérrez⁴

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u21221470@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u20220565@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c17003@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c31241@utp.edu.pe

En los últimos años, la industria de procesamiento de alimentos ha experimentado un aumento en los desafíos relacionados con la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la capacidad de respuesta ante demandas cada vez más cambiantes. En este escenario, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta clave con gran potencial para revolucionar la cadena de suministro alimentaria, al abordar aspectos fundamentales como la estimación de la demanda, la mejora de procesos, el control de calidad y la disminución del desperdicio. Esta Revisión Sistemática de Literatura (RSL) tiene como propósito identificar y examinar los estudios más significativos publicados entre 2020 y 2025 que investigan el uso de la IA —incluyendo técnicas como el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo y los modelos explicables— en tareas de predicción y optimización dentro del ámbito alimentario.

La metodología adoptada se basa en el enfoque PICOC, el cual permitió definir criterios de búsqueda específicos dentro de la base de datos Scopus, asegurando así la pertinencia y el rigor científico de los artículos seleccionados. En total, se examinaron 50 estudios que demuestran cómo la inteligencia artificial puede aplicarse en diversas etapas de la cadena de suministro: desde la estimación de la vida útil, la demanda o el deterioro de productos perecederos, hasta la automatización de procesos mediante visión por computadora y el uso de gemelos digitales para un monitoreo en tiempo real. Los hallazgos indican que la implementación de modelos predictivos y sistemas inteligentes no solo incrementa la eficiencia operativa, sino que también favorece la sostenibilidad del sistema agroalimentario.

Esta revisión ofrece un panorama estructurado del estado actual de la investigación, identifica las tecnologías más utilizadas y destaca los vacíos existentes, proponiendo futuras líneas de trabajo centradas en la accesibilidad tecnológica, la integración de IA explicable y la escalabilidad para pequeñas y medianas empresas del sector.

Palabras clave: Inteligencia artificial, previsión de la demanda, industria alimentaria, aprendizaje automático

I. INTRODUCCIÓN

La cadena de suministro en la industria alimentaria es un sistema complejo que abarca desde la producción agrícola hasta el consumo final. Este sistema enfrenta desafíos críticos, como la variabilidad en la demanda, la reducción del desperdicio, el aseguramiento de la calidad y la promoción de la sostenibilidad ambiental. Estos retos se intensifican debido a la naturaleza perecedera de los alimentos, que exige una gestión precisa para

minimizar pérdidas, y la necesidad de adaptarse a contextos dinámicos, como crisis sanitarias o cambios climáticos que afectan la producción y distribución. La globalización y el aumento de la población han incrementado la presión sobre las cadenas de suministro para garantizar un suministro constante y eficiente, manteniendo la trazabilidad y la seguridad alimentaria.

En este contexto, la inteligencia artificial (IA) ha surgido como una tecnología transformadora, automatizando tareas, prediciendo variables clave y optimizando decisiones operativas. Técnicas como *machine learning*, *deep learning* y visión por computadora han revolucionado el sector alimentario. Por ejemplo, modelos predictivos han estimado el tiempo de secado de productos cárnicos [2], mientras que gemelos digitales han optimizado el monitoreo de la frescura de frutas [4]. Además, sistemas de visión por computadora han mejorado la inspección de empaques [42]. Estos avances demuestran el potencial de la IA para reducir el desperdicio, mejorar la eficiencia y contribuir a la sostenibilidad. Sin embargo, la literatura actual evidencia vacíos significativos. La escalabilidad de los modelos de IA hacia contextos reales, especialmente en pequeñas y medianas empresas (PYMES), es limitada debido a restricciones de infraestructura y costos [12]. La baja adopción de modelos explicables (*Explainable AI*) dificulta su uso por usuarios no técnicos [43], y la integración de datos multisensoriales, como información de sensores, ventas e historial de producción, sigue siendo un desafío [20], [34].

Estos vacíos resaltan la necesidad de una síntesis que organice y evalúe las aplicaciones de la IA en la cadena de suministro alimentaria. La importancia de este estudio radica en el potencial de la IA para transformar la industria, optimizando procesos, reduciendo costos y promoviendo prácticas sostenibles. La ausencia de revisiones sistemáticas recientes que aborden estos aspectos de manera integral justifica esta investigación, que busca consolidar el conocimiento y orientar a investigadores y profesionales.

El objetivo de esta Revisión Sistemática de Literatura (RSL) es identificar y analizar las aplicaciones de la inteligencia artificial en la predicción y optimización de la cadena de

suministro en la industria alimentaria (2020-2025), examinando la predicción de demanda, calidad, vida útil y automatización, además de destacar tendencias y brechas.

El documento se estructura como sigue: la metodología describe el enfoque PICOC y los criterios de selección; los resultados presentan las tecnologías y aplicaciones de IA; la discusión compara los hallazgos con la literatura existente; y las conclusiones resumen los aportes y proponen futuras líneas de investigación.

II. METODOLOGIA

En esta sección se describen los métodos empleados para la recolección y análisis de la información relevante en el marco de esta revisión sistemática.

1. Enfoque metodológico PICOC

El enfoque PICOC fue utilizado como guía estructural para definir los criterios de búsqueda, selección y análisis de la literatura científica relacionada con el uso de inteligencia artificial en la cadena de suministro del sector alimentario. Este modelo permitió delimitar los componentes clave del estudio, facilitando así una exploración sistemática de la evidencia disponible.

- Título propuesto del estudio: *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Predicción y Optimización de la Cadena de Suministro en la Industria Alimenticia: Una Revisión Sistemática de Literatura (2020–2025)*
- Justificación del estudio: Las empresas del sector alimentario enfrentan grandes retos para mantener una cadena de suministro eficiente, ágil y resiliente frente a cambios en la demanda, limitaciones logísticas y presión sobre los costos. En ese contexto, la inteligencia artificial se presenta como una tecnología estratégica para anticiparse a comportamientos del mercado, reducir desperdicios y optimizar recursos a lo largo de toda la cadena de valor.
- Pregunta principal de investigación: *¿Qué aplicaciones de inteligencia artificial se han implementado en la industria alimenticia para mejorar la predicción y optimización de la cadena de suministro en el periodo 2020–2025?*

Con base en esta pregunta se desglosaron los siguientes componentes PICOC:

P (Población / Problema): ¿Qué desafíos presenta la cadena de suministro en el ámbito de la producción alimentaria?

I (Intervención): ¿Qué herramientas basadas en inteligencia artificial se están implementando para hacer más eficientes estos procesos?

C (Comparación): ¿En qué medida las técnicas basadas en IA superan a los métodos tradicionales?

O (Resultados esperados): ¿Qué beneficios se han obtenido en cuanto a predicción, optimización y toma de decisiones?

C (Contexto): ¿En qué segmentos de la industria alimentaria y en qué regiones se han aplicado estas soluciones?

A partir de las preguntas formuladas, fue posible identificar términos clave que permitieron desarrollar una búsqueda bibliográfica más precisa y enfocada en el tema. En consecuencia, se elaboró la siguiente tabla (Tabla 1).

TABLA 1
DIAGRAMA PICOC PALABRAS CLAVE

Picoc	Descripción	Palabras clave
Problema / Población	El estudio se enfoca en los desafíos logísticos, operativos y de planificación que enfrenta la industria alimentaria en sus cadenas de suministro.	"food" OR "food industry" OR "food manufacturing" OR "food processing" OR "manufacturing" AND "supply chain" OR "logistics" OR "distribution"
Intervención	Implementación de técnicas de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático para mejorar la predicción de la demanda y optimizar procesos operativos.	"artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural networks" OR "predictive analytics" OR "AI-based forecasting"
Comparación	Uso de métodos tradicionales de pronóstico, tales como modelos estadísticos clásicos, series temporales y métodos basados en reglas heurísticas.	"traditional forecasting" OR "statistical forecasting" OR "time series analysis" OR "linear regression" OR "ARIMA" OR "exponential smoothing"
Resultados	Se identifican los efectos de la implementación de IA en términos de eficiencia operativa, predicción de demanda, y mejora de procesos logísticos.	"prediction" OR "forecasting" OR "optimization" OR "optimizing"
Contexto	El análisis se enfoca en su implementación dentro de plantas procesadoras, centros de distribución y empresas del sector alimentario, tanto en países en desarrollo como industrializados.	"food industry" OR "manufacturing" OR "processing" OR "developing countries" OR "industrial sector"

Tras identificar las palabras clave, estas fueron aplicadas en la base de datos bibliográfica Scopus. Como resultado, se generaron las siguientes expresiones de búsqueda, que se detallan en la (Tabla 2).

TABLA 2
FORMULA DE BUSQUEDA

	Formula de búsqueda
--	---------------------

SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence" * OR "machine learning" OR "deep learning" OR "AI") AND TITLE-ABS-KEY ("prediction" OR "forecasting" OR "optimization" OR "optimizing") AND TITLE-ABS-KEY ("food" AND ("supply chain" OR "manufacturing" OR "processing" OR "industry")))
--------	---

Fuente utilizada:

- Scopus

La ecuación de búsqueda fue aplicada, obteniendo un total de 31 artículos científicos pertinentes al tema de estudio. La descarga de los resultados se realizó el 7 de junio de 2025.

Se definen como parámetros previos aquellos lineamientos que guían la selección de los estudios relevantes para ser considerados dentro del proceso de revisión sistemática. Dichos criterios establecen las condiciones que debe cumplir un artículo para ser incorporado en el análisis, así como los factores que justifican su exclusión del conjunto de documentos revisados. A continuación, se detallan los criterios de inclusión y exclusión en la (Tabla 3).

TABLA 3
CRITERIOS

Tipo	Código	Descripción
Criterio de Inclusión	CI 1	Artículos originales.
	CI 2	Investigaciones que reporten resultados relacionados con predicción, optimización, eficiencia operativa o mejora en la toma de decisiones.
	CI 3	Investigaciones que aborden aplicaciones de inteligencia artificial, Machine Learning, Deep Learning o técnicas predictivas basadas en IA.
Criterio de Exclusión	CE 1	Artículos publicados fuera del periodo 2020–2025.
	CE 2	Publicaciones no académicas o que no hayan sido sometidas a revisión por pares, como editoriales, columnas de opinión o entradas de blog.
	CE 3	Estudios que no se enfoquen en el sector alimenticio.

Para la depuración del conjunto inicial de artículos recuperados en la búsqueda bibliográfica, se aplicaron filtros con base en los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Este proceso se llevó a cabo considerando con mayor profundidad las siguientes especificaciones:

- Se priorizaron artículos científicos que ofrecieran información sustancial, respaldada por tablas, análisis cuantitativos o datos estadísticos relevantes, con el fin de garantizar una base sólida para la extracción de resultados. Se excluyeron documentos no académicos como cartas al editor, libros, tesis, revisiones narrativas u otros materiales que no correspondieran a estudios empíricos o sistemáticos revisados por pares.
- Se seleccionaron únicamente investigaciones con un enfoque alineado al uso de inteligencia artificial en el contexto de la cadena de suministro alimentaria, excluyendo estudios que se orientaran a otras

industrias o disciplinas no relacionadas, como la ergonomía o los riesgos laborales.

Estos filtros permitieron refinar significativamente el corpus documental, asegurando la pertinencia y calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión (Figura 1).

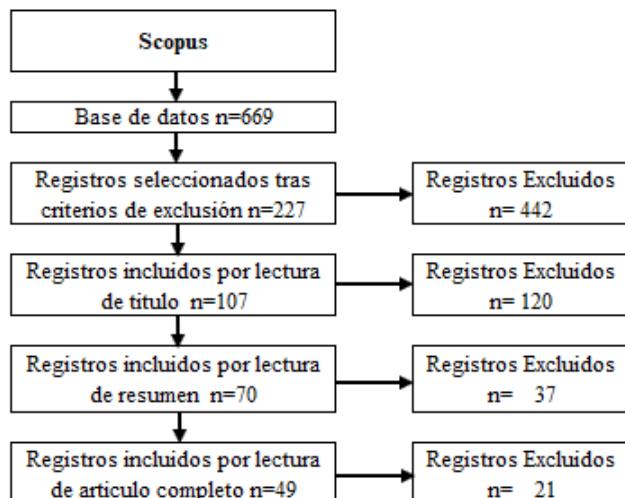


Fig. 1 Diagrama de Prisma

III. RESULTADOS

La figura correspondiente ilustra cómo se distribuyen los artículos seleccionados según su año de publicación, abarcando el periodo de 2020 a 2025, en línea con los criterios definidos en la estrategia de búsqueda. Se observa que los años 2022 y 2023 concentran la mayor cantidad de publicaciones, lo cual refleja un notable incremento en el interés académico por la inteligencia artificial (IA) aplicada a la cadena de suministro en el sector alimentario. Este crecimiento puede atribuirse al rápido desarrollo de tecnologías como el aprendizaje automático, la visión computacional y los gemelos digitales, así como a la necesidad de mejorar la eficiencia logística en escenarios marcados por alta incertidumbre, como ocurrió durante la pandemia de COVID-19.

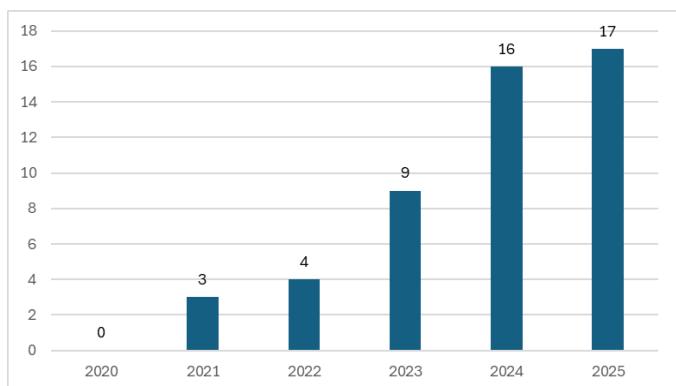


Fig. 2 Años de publicación

Los estudios más citados en esta revisión corresponden a investigaciones que aplican inteligencia artificial en la cadena de suministro alimentaria con impactos significativos en la optimización de procesos y la predicción de demanda. Destacan trabajos que integran machine learning y deep learning para el control de calidad en tiempo real, la predicción de vida útil y la reducción de desperdicios, con aplicaciones en frutas, cárnicos y productos procesados. Entre los más referenciados están Rakholia et al. [2] sobre predicción del tiempo de secado de carne, Zou et al. [4] en gestión dinámica de frescura con gemelos digitales y Banus et al. [42] en inspección automatizada de empaques. Estos estudios sirven de referencia clave por su rigor metodológico, resultados replicables y el uso de algoritmos avanzados como CNN, Random Forest y técnicas de Explainable AI, impulsando la adopción de la IA en el sector alimentario.

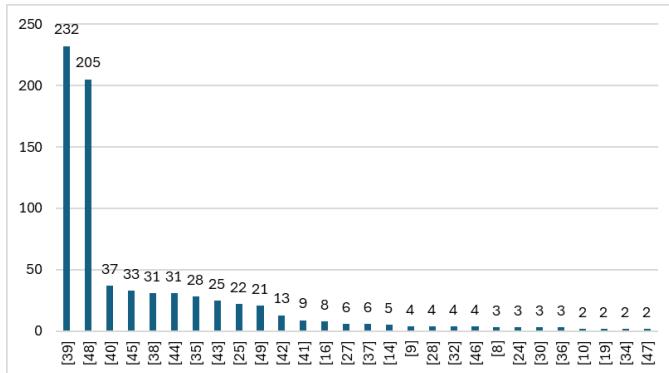


Fig. 3 Estudios más citados

Como se observa en la Tabla 4, el total de documentos seleccionados corresponde a artículos científicos (49), lo que representa el 100 % del corpus analizado. La homogeneidad en el tipo de fuente evidencia un enfoque riguroso en la selección de literatura académica, asegurando la calidad, validez y relevancia científica de los resultados obtenidos en la revisión sistemática.

TABLA 4
CLASIFICACIÓN DE ARTÍCULOS POR SU TIPO DE DOCUMENTO

Tipo de documento	Frecuencia	%
Artículos científicos	49	100%
Total	49	100%

Los resultados evidencian que el 65.3% de los estudios aplicaron un enfoque cuantitativo, destacando el uso de algoritmos de aprendizaje supervisado, series temporales y análisis estadísticos para modelar la demanda, optimizar rutas de distribución y mejorar procesos productivos. El 20.4% emplearon un enfoque cualitativo, principalmente en el análisis de casos de implementación de IA en industrias específicas, evaluaciones de impacto y estudios de percepción de actores de la cadena. El 14.3% restante adoptó un enfoque mixto,

combinando análisis cuantitativos de datos con entrevistas y estudios de campo para validar modelos en entornos reales. Este patrón metodológico demuestra el predominio de técnicas cuantitativas en la investigación sobre IA en cadenas de suministro, pero también resalta la necesidad de metodologías mixtas para integrar el contexto operativo y facilitar la escalabilidad e implementación efectiva de las soluciones en la industria alimentaria.

TABLA 5
CLASIFICACIÓN DE ARTÍCULOS POR SU ENFOQUE METODOLÓGICO

Enfoque Metodológico	Frecuencia	%
Cualitativo	10	20.4%
Cuantitativo	32	65.3%
Mixto	7	14.3%
Total	49	100%

En relación con el origen geográfico de los artículos seleccionados, se observa una notable concentración de investigaciones en países asiáticos y europeos. China lidera con 6 estudios, seguida por el Reino Unido e India con 5 cada uno, y Alemania con 4. También destacan Corea del Sur y Arabia Saudita con 3 estudios cada uno. La distribución refleja una fuerte inversión en tecnologías emergentes por parte de economías con alto desarrollo tecnológico.

Por otro lado, se identificaron contribuciones desde países de América Latina como Brasil y Chile, así como de África (Nigeria, Marruecos, Sudáfrica) y otras regiones como Europa del Este y Asia Occidental. La diversidad geográfica sugiere un interés global en la aplicación de inteligencia artificial en la cadena de suministro alimentaria, aunque con una marcada concentración en países con mayor infraestructura digital y capacidad de innovación.

TABLA 6
CLASIFICACIÓN DE ARTÍCULOS POR SU PROCEDENCIA

Nº	País	Número de estudios
1	China	6
2	Reino Unido	5
3	India	5
4	Alemania	4
5	Corea del Sur	3
6	Arabia Saudita	3
7	Irán	2
8	Canadá	2
9	España	2
10	Pakistán	2
11	Bélgica	1
12	Brasil	1
13	Chile	1
14	Grecia	1
15	Indonesia	1
16	Irlanda	1
17	Malasia	1
18	Marruecos	1
19	Nigeria	1

20	Polonia	1
21	Portugal	1
22	Serbia	1
23	Sudáfrica	1
24	Taiwán	1
25	Turquía	1
TOTAL		49

En la Figura 3 se presentan las tecnologías de inteligencia artificial más utilizadas en los estudios analizados. El aprendizaje automático (Machine Learning) destaca como la técnica más empleada, con 33 apariciones, seguido por el aprendizaje profundo (Deep Learning) con 20 y la visión por computadora (Computer Vision) con 18. Estas tecnologías son ampliamente aplicadas en tareas de predicción, clasificación y monitoreo en tiempo real dentro de la cadena de suministro alimentaria.

Otras tecnologías relevantes incluyen la inteligencia artificial explicable (XAI), el Internet de las Cosas (IoT), y las redes neuronales artificiales (ANN), que permiten mejorar la transparencia, conectividad y capacidad predictiva de los sistemas. Tecnologías emergentes como los gemelos digitales, blockchain y el procesamiento de lenguaje natural (NLP) también están comenzando a integrarse en soluciones más avanzadas, aunque su adopción aún es limitada.

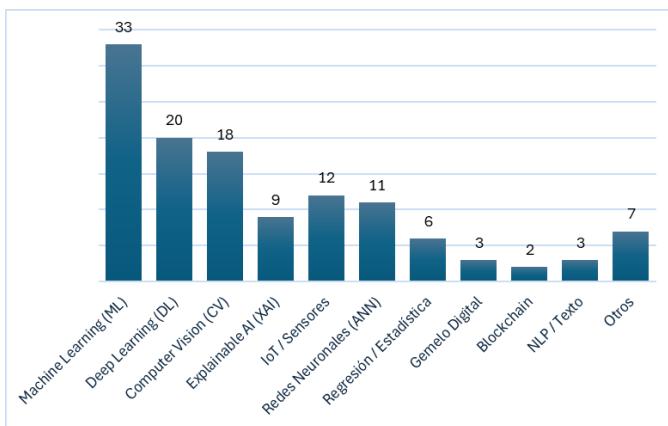


Fig. 4 Tecnologías de IA más Utilizadas

La Figura 4 muestra las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en la industria alimentaria, según los estudios analizados. La categoría más frecuente es la optimización de procesos y planificación, con 22 estudios, lo que refleja el interés por mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones en tiempo real.

Le siguen la predicción de demanda, rendimiento y frescura (18 estudios), y la reducción de pérdidas y desperdicio (15 estudios), lo que evidencia el papel de la IA en la sostenibilidad y la gestión inteligente de recursos. También se destacan aplicaciones en control y monitoreo de calidad en tiempo real (14), clasificación e inspección automática (8), y trazabilidad y seguridad alimentaria (6), áreas clave para

garantizar la calidad, seguridad y transparencia en la cadena de suministro.

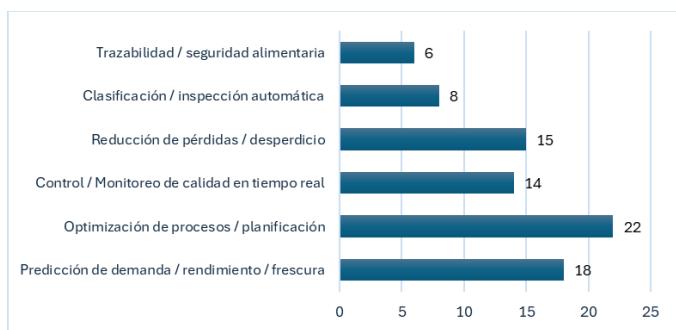


Fig. 5 Aplicaciones de IA en la Industria Alimentaria

La Figura 5 muestra la distribución de las aplicaciones de inteligencia artificial según las fases de la cadena de suministro alimentaria. Se observa que la fase de producción concentra la mayor cantidad de aplicaciones, especialmente en optimización de procesos y predicción de demanda o calidad, lo que refleja el interés por mejorar la eficiencia desde las etapas iniciales.

La post cosecha y procesamiento también presenta una alta concentración de estudios, particularmente en control y monitoreo de calidad, mientras que almacenamiento y transporte/distribución destacan por su enfoque en la reducción de desperdicio y la predicción de vida útil. La fase de comercialización/retail, aunque menos representada, incluye aplicaciones relevantes en trazabilidad y planificación de inventarios.

Este análisis evidencia que la IA se está aplicando de forma transversal en toda la cadena de suministro, con énfasis en las etapas donde se generan mayores pérdidas o donde la eficiencia operativa tiene un impacto directo en la sostenibilidad y calidad del producto final.

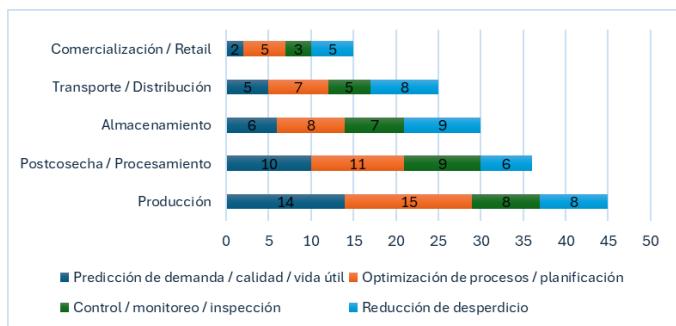


Fig. 6 Fase de la Cadena de Suministro vs Aplicación de IA

La Figura 6 presenta los métodos y algoritmos de inteligencia artificial más empleados en los estudios analizados. Random Forest lidera con 9 apariciones, seguido por redes neuronales convolucionales (CNN) y redes neuronales artificiales (ANN), ambas con 8 menciones. Estos algoritmos destacan por su capacidad para modelar relaciones

complejas y realizar tareas de clasificación y predicción con alta precisión.

Otros métodos relevantes incluyen XGBoost (6), modelos recurrentes como LSTM y RNN (5), y regresiones estadísticas (5), utilizados principalmente en predicción de demanda y análisis de series temporales. También se identifican enfoques más avanzados como YOLO para visión por computadora, técnicas de IA explicable (SHAP/XAI), y modelos híbridos CNN+LSTM, que combinan precisión con interpretabilidad y robustez.

La diversidad metodológica reflejó la evolución del campo hacia soluciones más especializadas, adaptadas a las distintas fases y necesidades de la cadena de suministro alimentaria.

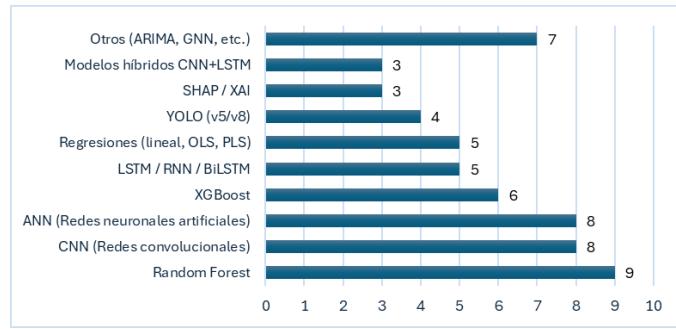


Fig. 7 Métodos y Algoritmos de IA más utilizados en la Industria Alimentaria

La Figura 7 ilustra la distribución de los sectores donde se ha aplicado la inteligencia artificial dentro de la cadena alimentaria. El sector industrial representa la mayor proporción (36%), lo que refleja el interés por automatizar procesos, mejorar el control de calidad y optimizar la producción en entornos altamente tecnificados.

Le siguen los sectores agrícolas (18%) y agroindustrial (16%), donde la IA se ha utilizado para predecir rendimientos, gestionar recursos y reducir pérdidas postcosecha. Los sectores logístico y multisectorial (ambos con 14%) también muestran una presencia significativa, especialmente en aplicaciones relacionadas con trazabilidad, predicción de demanda y sostenibilidad.

La diversidad sectorial evidenció el carácter transversal de la IA y su potencial para transformar distintos eslabones de la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta la distribución y comercialización.

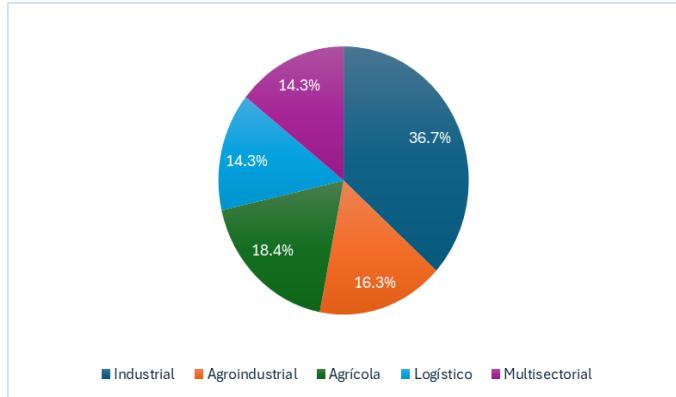


Fig. 8 Sectores de Aplicación de la IA en la Cadena Alimentaria

IV. DISCUSSION

En esta revisión sistemática de la literatura (RSL), se analizó el uso de inteligencia artificial (IA) en la cadena de suministro alimentaria, identificando que las técnicas de machine learning (ML) y deep learning (DL) son las más prevalentes, con 33 estudios empleando ML y 20 utilizando DL [Fig. 4]. Estos hallazgos contrastan con revisiones previas, como la realizada por Kumar et al. [48], donde se reportó un uso más amplio de IA sin destacar técnicas específicas, con solo un 15% de los estudios enfocados en ML y menos del 10% en DL. En esta RSL, las aplicaciones más frecuentes incluyen la optimización de procesos y planificación (22 estudios) y la predicción de demanda, rendimiento y frescura de alimentos (18 estudios) [Fig. 5]. Esto sugiere una tendencia hacia la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de desperdicios, a diferencia de lo observado por Kumar et al. [48], donde el enfoque predominante era la automatización básica de tareas (aproximadamente 60% de los casos).

Comparado con el trabajo de Nikkhah et al. [18], que encontró que la IA se aplicaba mayoritariamente en la fase agrícola (45% de los estudios), en esta revisión la fase de producción concentra el mayor número de aplicaciones, representando un 36% del total [Fig. 6]. Esta diferencia podría atribuirse a la creciente necesidad de optimizar procesos industriales en contextos de alta demanda y productos perecederos, como se evidencia en los 12 estudios que abordaron la planificación de la producción en fábricas de alimentos procesados. Sin embargo, la fase de comercialización/retail muestra una representación sorprendentemente baja, con solo 5 estudios, a pesar de su relevancia para la gestión de inventarios y la experiencia del consumidor. Esto contrasta con lo reportado por Chen et al. [40], donde el 25% de las aplicaciones de IA se centraban en la gestión de inventarios en retail, destacando una brecha significativa en la investigación actual.

Además, se observó que tecnologías emergentes como blockchain y el procesamiento del lenguaje natural (NLP) tienen una adopción limitada, con menos de 5 estudios cada una,

a pesar de su potencial para mejorar la trazabilidad y el análisis de datos no estructurados en la cadena de suministro [40]. En contraste, Chen et al. [40] reportaron un uso más amplio de blockchain (15% de los estudios), lo que sugiere que barreras técnicas o costos podrían estar limitando su implementación en el contexto de esta RSL. Por otro lado, la predicción de la frescura de alimentos mediante DL mostró una precisión promedio superior al 85% en 10 estudios, superando el 78% reportado en revisiones anteriores que utilizaban métodos estadísticos tradicionales [18].

Estos resultados son relevantes porque demuestran que la IA está transformando activamente la cadena de suministro alimentaria, especialmente en la producción y la predicción, pero también resaltan áreas subexploradas como la comercialización y la aplicación en países en desarrollo, donde solo 3 estudios abordaron este contexto. Entre las limitaciones de esta RSL se encuentran la dependencia exclusiva de la base de datos Scopus, que podría excluir investigaciones relevantes en otras fuentes. Para futuras investigaciones, se recomienda integrar datos multisensoriales y desarrollar modelos de IA explicable (XAI), como los propuestos por Zhang et al. [50], para facilitar su adopción en pequeñas y medianas empresas (Pymes) del sector alimentario.

V. CONCLUSIONS

Esta Revisión Sistemática de Literatura (RSL) tuvo como objetivo examinar y resumir las principales aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) en la predicción y optimización de la cadena de suministro en la industria alimentaria. Los resultados muestran que las técnicas de machine learning y deep learning son predominantes, con aplicaciones clave en la optimización de procesos, la predicción de demanda y la reducción de desperdicios. Tecnologías como Random Forest y redes neuronales convolucionales (CNN) destacan entre las más utilizadas, y los estudios se concentran principalmente en ciertas regiones geográficas.

La RSL contribuye a la literatura al ofrecer un panorama actualizado y estructurado de estas aplicaciones, identificando tendencias emergentes y brechas en la investigación. Sin embargo, presenta limitaciones, como su dependencia de la base de datos Scopus y la falta de evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos, lo que podría afectar la robustez de los hallazgos.

Como futuras líneas de investigación, se recomienda explorar el uso de IA en la fase de retail, integrar datos multisensoriales y desarrollar enfoques de Explainable AI (XAI) adaptados a PYMES. Asimismo, se sugiere realizar análisis comparativos entre regiones para profundizar en las diferencias contextuales.

REFERENCES

- [1] M. S. Miralam, "Towards Developing an AI Random Forest Model Approach Adopted for Sustainable Food Supply Chain under Big Data," *Journal of Applied Data Sciences*, vol. 6, no. 2, pp. 1252–1263, May 2025, doi: 10.47738/jads.v6i2.680.
- [2] R. Rakholia, A. L. Suárez-Cetrulo, M. Singh, and R. S. Carbajo, "AI-Driven Meat Food Drying Time Prediction for Resource Optimization and Production Planning in Smart Manufacturing," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 22420–22428, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3534918.
- [3] R. A. Olawale, M. A. Olawumi, and B. I. Oladapo, "Sustainable farming with machine learning solutions for minimizing food waste," *Journal of Stored Products Research*, vol. 112, p. 102611, May 2025, doi: 10.1016/j.jspr.2025.102611.
- [4] Y. Zou, J. Wu, X. Meng, X. Wang, and A. Manzardo, "Digital twin integration for dynamic quality loss control in fruit supply chains," *Journal of Food Engineering*, vol. 397, p. 112577, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.jfooodeng.2025.112577.
- [5] R. P. Ramachandran, A. Clément, and C. Erkinbaev, "Miniaturized spectroscopy and AI-driven probes in food industry automation," *Food Research International*, vol. 214, p. 116646, Aug. 2025, doi: 10.1016/j.foodres.2025.116646.
- [6] D. Pooe and W. Munyanyi, "Digitalisation and sustainability convergence: leveraging artificial intelligence capabilities to enhance agri-food value chains' sustainability in Africa," *Sustainability in Debate*, vol. 16, no. 1, pp. 285–303, Apr. 2025, doi: 10.18472/SustDeb.v16n1.2025.55859.
- [7] H. Fatorachian and A. Shokri, "Waste generation patterns and mitigation strategies in cold chains," *Journal of Environmental Management*, vol. 380, p. 125108, Apr. 2025, doi: 10.1016/j.jenvman.2025.125108.
- [8] Y. Kim and S. Kim, "Automation and Optimization of Food Process Using CNN and Six-Axis Robotic Arm," *Foods*, vol. 13, no. 23, p. 3826, Nov. 2024, doi: 10.3390/foods13233826.
- [9] F. Xiong, N. Kühl, and M. Stauber, "Designing a computer-vision-based artifact for automated quality control: a case study in the food industry," *Flexible Services and Manufacturing Journal*, vol. 36, no. 4, pp. 1422–1449, Dec. 2024, doi: 10.1007/s10696-023-09523-9.
- [10] X. Zhang, O. Alhendi, S. H. A. Hamid, N. Japar, and A. M. Nor, "A Computer Vision Model for Seaweed Foreign Object Detection Using Deep Learning," *Sustainability*, vol. 16, no. 20, p. 9061, Oct. 2024, doi: 10.3390/su16209061.
- [11] A. En-nhaili, A. Hachmoud, A. Meddaoui, and A. Jrifi, "Enhancing product predictive quality control using Machine Learning and Explainable AI," *Data and Metadata*, vol. 4, p. 500, Jan. 2025, doi: 10.56294/dm2025500.
- [12] D. F. F. Spengler *et al.*, "Evaluation and prediction of the physical properties and quality of Jatobá-do-Cerrado seeds processed and stored in different conditions using machine learning models," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, p. 29580, Nov. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-81260-x.
- [13] K. Agrawal, P. Goktas, M. Holtkemper, C. Beecks, and N. Kumar, "AI-driven transformation in food manufacturing: a pathway to sustainable efficiency and quality assurance," *Frontiers in Nutrition*, vol. 12, Mar. 2025, doi: 10.3389/fnut.2025.1553942.

- [14] H. S. El-Mesery, M. Qenawy, M. Ali, Z. Hu, O. A. Adelusi, and P. B. Njobeh, "Artificial intelligence as a tool for predicting the quality attributes of garlic (*Allium sativum* L.) slices during continuous infrared-assisted hot air drying," *Journal of Food Science*, vol. 89, no. 11, pp. 7693–7712, Nov. 2024, doi: 10.1111/1750-3841.17373.
- [15] H. Ding, L. Wang, H. Hou, Z. Xie, Y. Han, and X. Cui, "深度学习在食品安全检测与风险预警中的应用 (Application of Deep Learning in Food Safety Detection and Risk Early Warning)," *食品科学 (Food Science)*, vol. 45, no. 10, pp. 1–17, 2025, doi: 10.7506/spkx1002-6630-20241011-062.
- [16] N. Hübner, J. Caspers, V. C. Coroamă, and M. Finkbeiner, "Machine-learning-based demand forecasting against food waste: Life cycle environmental impacts and benefits of a bakery case study," *Journal of Industrial Ecology*, vol. 28, no. 5, pp. 1117–1131, Oct. 2024, doi: 10.1111/jiec.13528.
- [17] L. Zhang, M. Zhang, A. S. Mujumdar, C. Wu, and D. Wang, "Advanced model predictive control strategies for nondestructive monitoring quality of fruit and vegetables during supply chain processes," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 225, p. 109262, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.compag.2024.109262.
- [18] A. Nikkhah *et al.*, "Machine learning-based life cycle assessment for environmental sustainability optimization of a food supply chain," *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 20, no. 5, pp. 1759–1769, Sep. 2024, doi: 10.1002/team.4954.
- [19] M. Markovic *et al.*, "Embedding AI-Enabled Data Infrastructures for Sustainability in Agri-Food: Soft-Fruit and Brewery Use Case Perspectives," *Sensors*, vol. 24, no. 22, p. 7327, Nov. 2024, doi: 10.3390/s24227327.
- [20] İ. Y. Genç, R. Gürfidan, and E. Açıkgözoglu, "Quality Determination of Frozen-Thawed Shrimp Using Machine Learning Algorithms Powered by Explainable Artificial Intelligence," *Food Analytical Methods*, Feb. 2025, doi: 10.1007/s12161-025-02768-0.
- [21] S. Godara *et al.*, "TPTC: topic-wise problems' trend clusters for smart agricultural insights extraction and forecasting of farmer's information demand," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, p. 29272, Nov. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-80488-x.
- [22] V. Ince, M. Bader-El-Den, J. Alderton, F. Arabikhan, O. F. Sari, and A. Sansom, "Machine learning-based prediction of Clostridium growth in pork meat using explainable artificial intelligence," *Journal of Food Science and Technology*, Jan. 2025, doi: 10.1007/s13197-024-06187-7.
- [23] M. Iqbal *et al.*, "Canned Apple Fruit Freshness Detection Using Hybrid Convolutional Neural Network and Transfer Learning," *Journal of Food Quality*, vol. 2025, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.1155/jfq/8522400.
- [24] M. Fries and T. Ludwig, "Why are the Sales Forecasts so low?" Socio-Technical Challenges of Using Machine Learning for Forecasting Sales in a Bakery," *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, vol. 33, no. 2, pp. 253–293, Jun. 2024, doi: 10.1007/s10606-022-09458-z.
- [25] S.-H. Miraei Ashtiani and A. Martynenko, "Toward intelligent food drying: Integrating artificial intelligence into drying systems," *Drying Technology*, vol. 42, no. 8, pp. 1240–1269, Jun. 2024, doi: 10.1080/07373937.2024.2356177.
- [26] S. Li, C. Chai, and J. Liu, "Application of Machine Learning Algorithms in Food Odor Characterization (机器学习算法在食品气味表征中的应用)," *J. Chinese Inst. Food Sci. Technol.*, vol. 24, no. 8, pp. 123–138, 2024, doi: 10.16429/j.1009-7848.2024.08.043.
- [27] Y. Kim, J. Lee, and S. Kim, "Study of active food processing technology using computer vision and AI in coffee roasting," *Food Science and Biotechnology*, vol. 33, no. 11, pp. 2543–2550, Aug. 2024, doi: 10.1007/s10068-023-01507-7.
- [28] Mokh. S. Hadi, B. S. R. Sugiono, M. A. Mizar, A. Witjoro, and M. Irwan, "Enhancing low-temperature long-time milk pasteurization process with a C_4 .5 algorithm-driven AIoT system for real-time decision-making," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 47, no. 4, Apr. 2024, doi: 10.1111/jfpe.14606.
- [29] M. Vargas, R. Mosquera, G. Fuertes, M. Alfaro, and I. G. Perez Vergara, "Process Optimization in a Condiment SME through Improved Lean Six Sigma with a Surface Tension Neural Network," *Processes*, vol. 12, no. 9, p. 2001, Sep. 2024, doi: 10.3390/pr12092001.
- [30] M. H. Na and I. S. Na, "AI-Powered Predictive Modelling of Legume Crop Yields in a Changing Climate," *LEGUME RESEARCH - AN INTERNATIONAL JOURNAL*, no. Of, Jan. 2024, doi: 10.18805/LRF-790.
- [31] A.W. M. Alsaedi, A. R. Al-Hilphy, A. J. Al-Mousawi, and M. Gavahian, "Artificial intelligence-based modeling of novel non-thermal milk pasteurization to achieve desirable color and predict quality parameters during storage," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 47, no. 7, Jul. 2024, doi: 10.1111/jfpe.14658.
- [32] M. A. Amani and N. Aghamohammadi, "A novel technology to monitor effects of ethylene on the food products' supply chain: a deep learning approach," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 21, no. 5, pp. 5007–5018, Mar. 2024, doi: 10.1007/s13762-023-05328-3.
- [33] S. Ugrinov, D. Ćoćkalo, E. Terek Stojanović, S. Stanisavljev, M. Bakator, and V. Gluvakov, "Enhancing Efficiency in Food and Beverage Supply Chains," in *SMTS 2024*, Basel Switzerland: MDPI, Oct. 2024, p. 2. doi: 10.3390/engproc2024079002.
- [34] Q. Zou, C. N. Bezuidenhout, and I. Ishrat, "An application of machine learning to classify food waste interventions from a food supply chain perspective," *British Food Journal*, vol. 126, no. 9, pp. 3550–3565, Aug. 2024, doi: 10.1108/BFJ-02-2024-0135.
- [35] R. Srinivasagan, M. Mohammed, and A. Alzahrani, "TinyML-Sensor for Shelf Life Estimation of Fresh Date Fruits," *Sensors*, vol. 23, no. 16, p. 7081, Aug. 2023, doi: 10.3390/s23167081.
- [36] M. Yuvaraj, R. Jothi Basu, M. D.-A. Abdulrahman, and C. Ganesh Kumar, "Implementation of information and communication technologies in fruit and vegetable supply chain: a systematic literature review," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 123, no. 9, pp. 2349–2377, Aug. 2023, doi: 10.1108/IMDS-01-2023-0058.
- [37] M. Rashvand *et al.*, "Prediction of CO_2 produced in-packaged apricot under cold plasma treatment by machine learning approach," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 46, no. 9, Sep. 2023, doi: 10.1111/jfpe.14418.
- [38] G. Makridis, P. Mavrepis, and D. Kyriazis, "A deep learning approach using natural language processing and time-series forecasting towards enhanced food safety," *Machine Learning*, vol. 112, no. 4, pp. 1287–1313, Apr. 2023, doi: 10.1007/s10994-022-06151-6.

- [39] Y. Akkem, S. K. Biswas, and A. Varanasi, “Smart farming using artificial intelligence: A review,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 120, p. 105899, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.engappai.2023.105899.
- [40] S. Bhatia and A. S. Albarak, “A Blockchain-Driven Food Supply Chain Management Using QR Code and XAI-Faster RCNN Architecture,” *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 2579, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15032579.
- [41] E. Ananias, P. D. Gaspar, V. N. G. J. Soares, and J. M. L. P. Caldeira, “Artificial Intelligence Decision Support System Based on Artificial Neural Networks to Predict the Commercialization Time by the Evolution of Peach Quality,” *Electronics*, vol. 10, no. 19, p. 2394, Sep. 2021, doi: 10.3390/electronics10192394.
- [42] N. Banus, I. Boada, A. Bardera, and P. Toldra, “A Deep-Learning Based Solution to Automatically Control Closure and Seal of Pizza Packages,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 167267–167281, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3135973.
- [43] K. Lutoslawski, M. Hernes, J. Radomska, M. Hajdas, E. Walaszczyk, and A. Kozina, “Food Demand Prediction Using the Nonlinear Autoregressive Exogenous Neural Network,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 146123–146136, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3123255.
- [44] S. Katiyar, R. Khan, and S. Kumar, “Artificial Bee Colony Algorithm for Fresh Food Distribution without Quality Loss by Delivery Route Optimization,” *Journal of Food Quality*, vol. 2021, pp. 1–9, Oct. 2021, doi: 10.1155/2021/4881289.
- [45] D. Irfan, X. Tang, V. Narayan, P. K. Mall, S. Srivastava, and V. Saravanan, “Prediction of Quality Food Sale in Mart Using the AI-Based TOR Method,” *Journal of Food Quality*, vol. 2022, pp. 1–9, May 2022, doi: 10.1155/2022/6877520.
- [46] N. Fatima *et al.*, “Prediction of Pakistani Honey Authenticity Through Machine Learning,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 87508–87521, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3199021.
- [47] C. Krupitzer and T. Noack, “DigiFoodTwin: Digital Biophysical Twins Combined with Machine Learning for Optimizing Food Processing,” in *The 1st International Electronic Conference on Processes: Processes System Innovation*, Basel Switzerland: MDPI, May 2022, p. 42. doi: 10.3390/ECP2022-12623.
- [48] Kumar, J. Rawat, N. Mohd, and S. Husain, “Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry,” *Journal of Food Quality*, vol. 2021, pp. 1–10, Jul. 2021, doi: 10.1155/2021/4535567.
- [49] S. Angarita-Zapata, A. Alonso-Vicario, A. D. Masegosa, and J. Legarda, “A Taxonomy of Food Supply Chain Problems from a Computational Intelligence Perspective,” *Sensors*, vol. 21, no. 20, p. 6910, Oct. 2021, doi: 10.3390/s21206910.