



**Retos y oportunidades de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de  
abastecimiento en la industria de alimentos**

Elaborado por:

Lina Valeria Torres Murillo

Juan Enrique Hidalgo Urrea

Diego Mauricio Álvarez Paz

Dirigido por:

Luz Marina Sánchez Ayala

Universidad EAN

Seminario de Investigación de Gerencia de proyectos y

Seminario de Investigación de Gerencia de Procesos de Calidad e Innovación

Facultad de Ingeniería

Bogotá

31/03/2024

## **Retos y oportunidades de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de abastecimiento en la industria de alimentos.**

### **Resumen**

La gestión adecuada de la cadena de suministro en la industria alimentaria es primordial para hacer frente a los desafíos como el crecimiento de la demanda de alimentos, la disminución de los desperdicios, mejorar la efectividad y garantizar la seguridad alimentaria. La utilización de la Inteligencia Artificial (IA) en la industria de alimentos permite identificar los diferentes procesos vitales de la operación y funcionamiento de esta, como lo es la gestión de la cadena de suministro que es esencial, ya para planificar, controlar y ejecutar eficientemente el flujo de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el consumidor final, llegando a optimizar procesos y tomar decisiones más precisas en esta área. El objetivo de este proyecto es analizar los retos y las oportunidades que se presentan en la implementación de la IA en los procesos de las cadenas de suministro en la industria de alimentos. La metodología utilizada se basó en la recolección y posterior análisis de información secundaria condensada en bases de datos indexadas, y motores de búsqueda especializados en contenido científico y académico, con la finalidad del desarrollo de recomendaciones para su implementación.

*Palabras clave:* Inteligencia Artificial, cadena de suministro, industria de alimentos, oportunidades, retos

## **Challenges and opportunities of artificial intelligence in supply chain management in the food industry.**

### **Abstract**

Proper supply chain management in the food industry is paramount to meet challenges such as growing food demand, decreasing waste, improving effectiveness, and ensuring food safety. The use of Artificial Intelligence (AI) in the food industry allows identifying the different vital processes of its operation and functioning, such as supply chain management, which is essential to efficiently plan, control, and execute the flow of goods, services, and information from the point of origin to the final consumer, optimizing processes and making more accurate decisions in this area. The objective of this project is to analyze the challenges and opportunities that arise in the implementation of AI in supply chain processes in the food industry. The methodology used was based on the collection and subsequent analysis of secondary information condensed in indexed databases and search engines specialized in scientific and academic content, to develop recommendations for its implementation.

Keywords: Artificial Intelligence, supply chain, food industry, opportunities, challenges.

## Tabla de contenido

1.	Planteamiento del Problema .....	6
2.	Descripción del problema .....	6
3.	Pregunta de investigación .....	7
4.	Objetivos .....	7
4.1.	Objetivo general.....	7
4.2.	Objetivos específicos .....	7
5.	Marco Teórico.....	8
5.1.	Inteligencia Artificial (IA) .....	8
5.2.	Aplicación .....	9
5.3.	Elementos Clave .....	9
5.4.	Ética y Consideraciones Futuras .....	10
5.5.	Cadena de suministro .....	11
5.6.	Uso de la inteligencia artificial en la cadena de suministro.....	12
6.	Metodología .....	20
6.1.	Enfoque, alcance y diseño de la investigación.....	20
6.2.	Análisis del sector .....	21
6.2.1	Análisis DOFA.....	21
6.2.2.	Análisis de la Cadena de Valor .....	22
6.2.3.	Justificación del Uso de Estas Técnicas para la Caracterización del Sector	23
6.2.4.	Aplicación de las herramientas para el análisis del sector .....	25
6.3.	Selección de métodos o instrumentos para recolección de información ..	28
6.4.	Técnicas de análisis de datos .....	29
6.5.	Estado del arte.....	32
6.5.1.	Impacto de la IA en la cadena de suministros.....	32
6.5.2.	Barreras en la adopción de la IA en la cadena de suministros .....	33
6.5.3.	Barreras Técnicas .....	34
6.5.4.	Barreras Financieras.....	35
6.5.5.	Barreras Operativas.....	35
6.5.6.	Mejora de la Seguridad Alimentaria mediante la IA .....	37
6.5.7.	Integración de la IA en la Cadena de Suministro para la Sostenibilidad y Seguridad Alimentaria .....	38
6.6.	Desafíos y Consideraciones Futuras .....	39
7.	Análisis y discusión de resultados .....	39

8.	Recomendaciones a la industria de alimentos .....	40
9.	Conclusiones .....	41
	Referencias Bibliográficas .....	43

### **Índice de Tablas**

Tabla 1. Matriz DOFA .....	25
Tabla 2. Componentes de la cartografía conceptual .....	29
Tabla 3. Documentos revisados .....	30

## 1. Planteamiento del Problema

La industria alimentaria se enfrenta a múltiples retos, incluyendo el incremento en la demanda de alimentos, la urgencia de disminuir el desperdicio, la exigencia de mejorar la efectividad, aumentar la competitividad en el mercado y garantizar la seguridad alimentaria. Ante esta situación, es crucial que las empresas del sector presten principal atención a cómo se está realizando la gestión de la cadena de suministros y se logren establecer estrategias efectivas, innovadoras y contemporáneas que incluyan las tecnologías de información para minimizar la pérdida de recursos, asegurando su sostenibilidad a largo plazo. (FAO, 2023) (Ansari & Kant, 2017) (World Bank Group, 2024).

## 2. Descripción del problema

La industria de alimentos enfrenta desafíos que la IA puede solucionar, pero también presenta obstáculos que deben superarse para su implementación exitosa.

El problema central radica en la capacidad de las empresas alimentarias para adaptarse y evolucionar en sus procesos de gestión de la cadena de suministros. La gestión efectiva de la cadena de abastecimiento es esencial para abordar estos retos, ya que implica la coordinación y optimización de procesos desde la obtención de materias primas hasta la distribución de productos finales al consumidor, pasando por el abastecimiento, la producción, el almacenamiento y el transporte y distribución. (Tafur Galicia et al., 2023).  
Teniendo en cuenta lo anterior, se logró identificar los siguientes aspectos:

**Creciente demanda de alimentos:** La población mundial está creciendo y con ella la demanda de alimentos.

**Reducción del desperdicio alimentario:** Según la FAO (2016), el 30% de los alimentos producidos se desperdicia. La disminución del desperdicio de alimentos es un objetivo evidente que hace parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

**Eficiencia:** La industria alimentaria necesita ser más eficiente para reducir costes y aumentar la rentabilidad (Chen et al., 2021).

**Seguridad alimentaria:** La seguridad alimentaria es una preocupación importante para los consumidores (FAO et al., 2023).

### **3. Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los principales retos y oportunidades que se asocian al uso de la IA en la cadena de suministro para la industria de alimentos?

## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo general**

Analizar los retos y oportunidades de la IA en gestión de la cadena de suministros en la industria de alimentos.

### **4.2. Objetivos específicos**

Identificar la aplicación de la IA en las diferentes etapas de la cadena de suministros en la industria de alimentos.

Analizar los beneficios y desafíos de la implementación de la IA en sostenibilidad de la gestión de la cadena de suministros en la industria de alimentos.

Desarrollar recomendaciones para la gestión de la cadena de suministros en la industria de alimentos implementando la IA.

## **5. Marco Teórico**

### **5.1. Inteligencia Artificial (IA)**

Es preciso iniciar contextualizando el término inteligencia. El cual tiene como origen “*inteligere*”, y se concibe como la capacidad de entender el vínculo entre las acciones y las cosas. En ocasiones se confunden con la sabiduría y la memoria, pero estas, se refieren a la capacidad que se tiene de almacenar una cantidad grande de información, es por esto que un ser vivo que almacena una gran cantidad de datos, puede no tener la capacidad de utilizarlos para resolver situaciones, lo cual, si sucediera, se relacionaría con la inteligencia (Porcelli, 2020).

En la actualidad, la IA es un campo de la informática con un enfoque al desarrollo de sistemas que cuenten con la competencia de ejecutar acciones que solo, hasta hace poco, eran asociadas únicamente a la inteligencia humana (Benhamou, 2022). Entre estas tareas se encuentran, el razonamiento y pensamiento lógico, plasmar el saber, la identificación de las imágenes, las interacciones del lenguaje, entre otras. La IA abarca una variedad de subcampos, incluyendo el aprendizaje automático (Machine Learning, ML), la visión por computadora, el procesamiento del lenguaje natural (PLN), y la robótica (Porcelli, 2020) (Russell, S., Norving, P., 2016) (McCarthy et al., 1955).

#### **Historia y Desarrollo**

La IA como disciplina académica nació en la década de 1950. Los pioneros del campo, como Alan Turing y John McCarthy, soñaban con construir máquinas capaces de simular todas las facetas de la inteligencia humana. Desde sus inicios, la IA ha experimentado períodos de avances significativos, conocidos como "veranos de la IA", seguidos de períodos de decepción y reducción de expectativas, conocidos como "inviernos

de la IA". Sin embargo, desde principios del siglo XXI, impulsada por el aumento en la capacidad de cómputo, la disponibilidad de grandes cantidades de información y los avances en algoritmos de aprendizaje automático, la IA ha logrado avances significativos y se ha transformado en un instrumento fundamental en muchas áreas (Porcelli, 2020).

## **5.2. Aplicación**

Las aplicaciones de la IA abarcan diversos sectores:

**Salud:** Diagnóstico asistido por IA, tratamiento personalizado, y gestión de epidemias.

**Transporte:** Sistemas de vehículos autónomos y optimización de rutas.

**Industria:** Mantenimiento predictivo, optimización de la cadena de suministros y fabricación inteligente.

**Finanzas:** Detección de fraude, asesores robóticos y gestión de riesgos.

**Comercio Electrónico:** Recomendaciones personalizadas y gestión de inventarios.

**Seguridad:** Reconocimiento facial, monitoreo de amenazas y ciberseguridad.

(LeCun et al., 2015) (Russell, S., Norving, P., 2016)

## **5.3. Elementos Clave**

### **Aprendizaje Automático (Machine Learning, ML)**

El subcampo de la IA que sirve crear algoritmos para aprender información y aumentar la mejora en el rendimiento de una actividad. Esta se divide en aprendizaje supervisado, no supervisado, y por refuerzo. (Russell, S., Norving, P., 2016).

## **Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN)**

Concede a las máquinas la capacidad de entender, interpretar y responder al lenguaje humano de una manera útil. Es crucial para aplicaciones como los asistentes virtuales, traducción automática, y análisis de sentimientos (Vaswani et al., 2017).

## **Visión por Computadora**

Implica el proceso de análisis de imágenes y vídeos para realizar actividades como la identificación de objetos, seguimiento de movimiento y análisis de escenas. Es fundamental en áreas como la seguridad, el control de calidad en la manufactura y la interacción hombre-máquina (Russell, S., Norving, P., 2016).

## **Redes Neuronales y Aprendizaje Profundo (Deep Learning)**

Corresponde a los algoritmos influenciados en la estructura y funcionamiento del cerebro humano, diseñados para reconocer patrones. El aprendizaje profundo es una técnica de ML que emplea redes neuronales de múltiples capas, su uso ha sido primordial para lograr avances significativos en tareas complejas de IA, como el reconocimiento de voz y de imágenes (Goodfellow et al., 2016) (LeCun et al., 2015).

## **5.4. Ética y Consideraciones Futuras**

A medida que la IA se integre más en la sociedad, surgen importantes consideraciones éticas y de gobernanza. Estas incluyen preocupaciones sobre la privacidad, la seguridad de los datos, la toma de decisiones automatizada y su impacto en el sector como el empleo. Además, se plantea la cuestión de cómo garantizar que el desarrollo de la IA logre beneficiar a las comunidades y que esto se dé de manera equitativa, evitando sesgos y discriminación. (Sebio, M.,Fernandez, J., 2020).

La IA también enfrenta desafíos técnicos, como la explicabilidad de los modelos de aprendizaje profundo y la necesidad de sistemas que puedan razonar de manera más generalizada y adaptativa. La investigación en IA está explorando estos temas, buscando desarrollar sistemas más robustos, seguros y alineados con los valores humanos. (Bostrom, 2014).

### **5.5. Cadena de suministro**

La gestión de la cadena de suministro (SCM, por las siglas en inglés, Supply Chain Management) conforma de manera directa e indirecta con los procesos y actividades que se llevan a cabo para la planificación, control y ejecución eficientemente del flujo de bienes, servicios e información dado desde el punto de origen hasta el punto de consumo. Esta gestión también abarca todas las etapas involucradas en la producción y distribución de productos, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega al cliente final (Pulido, 2014).

Para Ochoa y Montoya (2010), hay que considerar aspectos clave como la planificación de la demanda, adquisición de materias primas, producción, almacenamiento y gestión de inventarios, logística y distribución, gestión de la información, gestión de calidad y resiliencia y gestión de riesgos; que permite analizar cada cadena de suministro de la organización. La planificación de la demanda puede predecir la demanda mediante herramientas tecnológicas que permitan analizar las tendencias del mercado para poder asegurar adecuadamente la producción e inventarios de esta. Así mismo permitiendo una adecuada adquisición de materias primas, lo cual cabe resaltar que en este se debe tener claro una buena selección y gestión de proveedores de estas. Haciendo así que llegue a una

buena optimización en la programación y control de los procesos de fabricación para dar cumplimiento a la demanda identificada del producto (Chase et al, 2009).

Para una buena gestión de inventarios y de almacenamiento, la organización debe tener un proceso de mantenimiento óptimo de niveles de inventario para evitar excesos o faltantes, lo que se logra mediante un buen diseño de sistemas de gestión de almacenes (Martínez y Moyano, 2011). Por su parte, según Calderón et al, (2012) la logística y distribución permite una optimización en las rutas para su distribución y la selección de los modos de transporte, permitiendo así un adecuado seguimiento de los tiempos de envío en tiempo real, para ello la organización debe establecer una adecuada política de gestión de la información donde se empleen sistemas informáticos y tecnologías de la información para coordinar y controlar la cadena de suministro. Así también la política de gestión de calidad en se implementen estándares de calidad en todas las fases de la cadena de suministro, permitiendo así la evaluación y mejora continua de los procesos, la identificación y mitigación de riesgos.

### **5.6. Uso de la inteligencia artificial en la cadena de suministro**

La gestión de la cadena de abastecimiento en la industria alimentaria es crucial para garantizar la eficiencia y la calidad en la entrega de productos alimenticios, según se discute en un análisis crítico de la literatura sobre prácticas de gestión de la cadena de suministro sostenible y capacidades dinámicas en la industria alimentaria realizado por Beske, Land y Seuring (2014) La aplicación de la inteligencia artificial (IA) en este contexto ha surgido como una herramienta poderosa, pero también presenta una serie de retos y oportunidades que merecen un análisis detenido. En donde esta industria debe tener y contar como aliado la IA en donde ayuda a la optimización de la planificación logrando la

generación de modelos que permitan los avances de las mejoras de la planificación de la cadena de suministro, la gestión de inventarios y programación de la producción (Simchi-Levi et al., 2019). Como también indica Chopra y Meindl, (2021) mediante el uso y la aplicación de la IA hace que los procesos se automaticen y se obtenga una eficiencia operativa por medio de la gestión de almacenes y seguimientos en tiempo real para la reducción de costos y errores humanos.

Christopher, (2016) habla que la IA permite ver la cadena de suministro con herramientas analíticas avanzadas que permiten que las tomas de decisiones sean más asertivas y rápidas. Así como la personalización y Demanda-Driven Supply Chains, en donde ayuda a la adaptación de la demanda de acuerdo con los diferentes cambios y tendencias del mercado lo cual permite buscar estrategias de producción más personalizada (Ivanov, 2020).

Ahora bien, con el uso y aplicación de la inteligencia también se logra detectar los retos a los que se debe enfrentar la gestión de la cadena de abastecimiento, en donde por la complejidad tecnológica que se debe contar para la implementación de la IA, esta puede llegar hacer costosa y requerir una adecuación de infraestructura tecnológica de punta, lo cual hace que represente un gran desafío para las empresas (Cohen et al., 2020). Por otra parte, la gestión de grandes cantidades de datos en la cadena de suministro conlleva riesgos de seguridad. Garantizar la protección de la información sensible es crucial para evitar problemas como la manipulación de datos o el robo de información (Lee et al., 2017). Es por esto, que se debe contar con una adecuada integración de sistemas de IA debido que puede llegar hacer muy complejo y requerir de una cuidadosa planificación para evitar contratiempos en la cadena de suministro (Goldsby et al., 2017).

La toma de decisiones automatizada de la IA plantea cuestiones éticas, como la transparencia en los algoritmos y la responsabilidad en caso de decisiones incorrectas (Rossi, 2021). En donde la gestión de la cadena de abastecimiento de la industria de alimentos puede brindar oportunidades de eficiencia y capacidad de respuesta. Según Mohezar y Nor (2014), la gestión de la cadena de abastecimiento en la industria alimentaria puede generar oportunidades para mejorar la eficiencia y la capacidad de respuesta. Sin embargo, también enfrenta desafíos tecnológicos y de seguridad que deben abordarse para aprovechar plenamente los beneficios de la inteligencia artificial en este contexto (Mohezar & Nor, 2014).

### **Predicción de la Demanda**

Según Ellram, Tate y Billington (2004), la anticipación de la necesidad de productos es crucial en la gestión de la cadena de suministro, la IA se ha destacado como una herramienta poderosa para mejorar esta capacidad predictiva. Entre las técnicas de IA más comunes para prever la demanda se encuentran el aprendizaje automático, las redes neuronales y los algoritmos de procesamiento de lenguaje natural. Zapata-Cárdenas y Orozco-Gutiérrez (2023) señalan que la IA puede utilizarse para predecir la demanda de banano con mayor precisión, lo que puede ayudar a optimizar la producción, el inventario y la distribución.

En este campo se ha utilizado mucho el aprendizaje automático. Según Carbonneau, Laframboise y Vahidov (2008) los modelos de aprendizaje automático pueden analizar grandes cantidades de datos históricos y en tiempo real para detectar patrones y tendencias en la demanda. Estos modelos pueden ajustarse y mejorar su precisión conforme reciben

más información, lo que los hace especialmente útiles para predecir la demanda en entornos cambiantes y dinámicos.

"En el campo de la predicción de la demanda, las redes neuronales representan otro enfoque popular, como señalan Krishnan, Sakthivel y Vishnuvarthan (2018), quienes aplicaron una aproximación basada en redes neuronales para la predicción de la demanda energética en la red inteligente (Krishnan, Sakthivel, & Vishnuvarthan, 2018). Según Araya et al. (2016), las redes neuronales se pueden utilizar para predecir la demanda de productos en el futuro, lo que puede ayudar a las empresas a optimizar su inventario y producción.

Por otro lado, los algoritmos de procesamiento de lenguaje natural son empleados para analizar datos no estructurados, como comentarios de clientes o reseñas en redes sociales, que pueden contener información valiosa para predecir la demanda, tal como menciona Li (2014) en su investigación sobre un nuevo algoritmo para la predicción de la demanda en la cadena de suministro de productos agrícolas frescos (Li, 2014).

### **Optimización de rutas**

Según Woschank, Rauch y Zsifkovits (2020), la mejora de la eficiencia en la gestión logística, específicamente en la optimización de rutas, es esencial para el funcionamiento efectivo de la cadena de suministro, y la inteligencia artificial (IA) ofrece herramientas poderosas para abordar este desafío, incluyendo técnicas como los algoritmos genéticos, los algoritmos de búsqueda heurística y los sistemas de información geográfica (SIG) (Woschank, Rauch, & Zsifkovits, 2020)

Según Cao (2022), los algoritmos genéticos, inspirados en la evolución biológica, son capaces de encontrar soluciones óptimas para problemas complejos como la

optimización de rutas, tal como se investigó en un método de planificación de ruta óptima para el turismo basado en un algoritmo genético mejorado (Cao, 2022).

Por otro lado, los algoritmos de búsqueda heurística, que emplean reglas simples o estrategias intuitivas para encontrar soluciones aceptables en un tiempo razonable, han demostrado ser eficaces especialmente en entornos dinámicos y cambiantes, como se discute en un estudio de Kiraz, Etaner-Uyar y Özcan (2013) sobre selección de hiperheurísticas en entornos dinámicos (Kiraz, Etaner-Uyar, & Özcan, 2013)

Los sistemas de información geográfica (SIG) son fundamentales para la optimización de rutas al permitir la visualización de datos geoespaciales y realizar análisis espaciales, como se discute en un marco de apoyo a la toma de decisiones en tiempo real basado en SIG para el enrutamiento de vehículos que transportan materiales peligrosos, desarrollado por Kim, Miller-Hooks y Nair (2011) (Kim, Miller-Hooks, & Nair, 2011). García Serrano (2012) describe el concepto de sistemas inteligentes de transporte (ITS) como un ejemplo de la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión del tráfico y transporte.

### **Monitoreo y Análisis de Datos**

El análisis y seguimiento de datos son aspectos clave en la gestión de la cadena de suministro, y la inteligencia artificial (IA) proporciona herramientas poderosas para realizar estas tareas de manera efectiva, según lo discutido por Pournader, Ghaderi, Hassanzadegan y Fahimnia (2021) en su artículo sobre las aplicaciones de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de suministro (Pournader, Ghaderi, Hassanzadegan, & Fahimnia, 2021).

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) se emplea para analizar datos no estructurados, como comentarios de clientes o reseñas en redes sociales, que pueden contener información valiosa para la gestión de la cadena de suministro, según lo discutido por Piris (2021) en su investigación sobre la satisfacción del cliente y el procesamiento del lenguaje natural (Piris, 2021).

El aprendizaje automático, otra técnica de IA que permite analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y tendencias, ha sido discutido por Tarca, Carey, Chen, Romero y Drăghici (2007) en su investigación sobre las aplicaciones del aprendizaje automático en biología (Tarca, Carey, Chen, Romero, & Drăghici, 2007).

La minería de datos, utilizada para descubrir patrones y relaciones en grandes conjuntos de datos, ha sido discutida en un marco basado en minería de datos para la gestión de riesgos en la cadena de suministro, presentado por Kara, Firat y Ghadge (2019) en su investigación sobre este tema (Kara, Firat, & Ghadge, 2019). Gutiérrez (2006) define que en la minería de datos la información se convierte en la materia prima y el conocimiento en el tesoro a descubrir. Esta disciplina interdisciplinaria se encarga de analizar grandes cantidades de datos utilizando herramientas automatizadas y algoritmos sofisticados para descifrar los patrones y relaciones que se esconden en ellos, ha sido abordada en un estudio sobre la minería de patrones en datos multi-relacionales por Spyropoulou, Bie y Boley (2013)

### **Inventario inteligente**

La gestión óptima del inventario, un aspecto crucial en la cadena de suministro, ha sido discutida en un estudio sobre el control óptimo del inventario en un problema de newsvendor multi-período con demanda no estacionaria, realizado por Kim, Wu y Huang

(2015) (Kim, Wu, & Huang, 2015) y la inteligencia artificial (IA) proporciona herramientas poderosas para mejorar la precisión y la eficiencia en esta área, como se discute en un estudio sobre pronósticos de inventario intensivos en datos con modelos de inteligencia artificial para la automatización del servicio de comercio electrónico transfronterizo, realizado por Tang, Chau, Lau y Zheng (2023). Pérez (2023) diseñó e implementó un prototipo para el control de gestión de inventario del producto terminado en la Fábrica de Cueros El Al-Ce. El prototipo se basó en inteligencia artificial y utilizó técnicas de aprendizaje automático para predecir la demanda de productos terminados. Los resultados del estudio mostraron que el prototipo fue eficaz para mejorar el control de gestión de inventario en la fábrica (Pérez, 2023).

El aprendizaje automático, una técnica de IA, se utiliza para analizar grandes volúmenes de datos y descubrir patrones y tendencias. Estos modelos pueden ajustarse y mejorar su precisión a medida que se les suministra más datos, lo que los convierte en herramientas ideales para optimizar el inventario en entornos dinámicos, según lo discutido por Jiang y Sheng (2009) en su estudio sobre el control dinámico del inventario en un sistema de cadena de suministro multiagente (Jiang & Sheng, 2009).

Por otro lado, la simulación, una técnica de IA que se utiliza para modelar y analizar comportamientos y procesos en entornos virtuales, ha sido discutida en el desarrollo de un modelo de simulación de cadena de suministro de alto nivel por Jain, Workman, Collins, Ervin y Lathrop (2001)

En una revisión sistemática realizada por Araya et al. (2016), se analizaron las aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) en los procesos de las cadenas de suministro. El estudio encontró que la IA se puede utilizar en una amplia gama de procesos, como la

planificación, la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución. Los autores también encontraron que la IA puede brindar varios beneficios a las cadenas de suministro, como la mejora de la eficiencia, la reducción de costos y la mejora de la toma de decisiones.

### **Optimización de Procesos**

La incorporación de inteligencia artificial (IA) para automatizar procesos en la cadena de suministro es una perspectiva innovadora que conlleva muchos beneficios en cuanto a eficiencia, precisión y agilidad, como se discute en un estudio sobre la agilidad en la cadena de suministro a través de la integración y flexibilidad de TI, realizado por Swafford, Ghosh y Murthy (2008).

***Planificación de la producción:*** Los sistemas de IA pueden analizar datos históricos y en tiempo real para prever la demanda, optimizar la programación de la producción y ajustar automáticamente los niveles de inventario, como se discute en un estudio sobre la mejora de la gestión de la cadena de suministro basada en pronósticos de demanda híbridos, realizado por Aburto y Weber (2007) (Aburto & Weber, 2007).

***Gestión de inventarios:*** La IA puede monitorear constantemente los niveles de inventario, anticipar posibles escaseces o excedentes y generar órdenes de reposición de forma automática. Utilizando algoritmos avanzados, se optimizan los niveles de inventario para minimizar costos sin sacrificar la disponibilidad de productos, como se discute en un estudio sobre la optimización de sistemas simulados realizado por Kleijnen y Wan (2007).

***Logística y transporte:*** Al emplear algoritmos de optimización, la IA puede determinar las rutas más eficientes para el transporte, asignar recursos de manera óptima y prever posibles demoras o contratiempos logísticos, como se discute en un estudio sobre un

algoritmo de generación de columnas para un problema de enrutamiento de vehículos realizado por Ceselli, Righini y Salani (2009).

**Gestión de pedidos:** Según Rodríguez-Moreno y Kearney (2002), los sistemas basados en IA tienen la capacidad de automatizar el procesamiento de pedidos, desde su recepción hasta la entrega, al identificar patrones en los pedidos y anticipar las necesidades futuras (Rodríguez-Moreno & Kearney, 2002).

**Mantenimiento predictivo:** Según Hashemian y Bean (2011), la inteligencia artificial puede predecir fallos en equipos o maquinaria mediante el análisis continuo de datos operativos, lo que permite programar mantenimientos preventivos en lugar de correctivos, reduciendo el tiempo de inactividad y mejorando la eficiencia del proceso. Ramírez Urrego, Sarmiento Maldonado y López Lezama (2018) afirman que el mantenimiento predictivo es una estrategia para evitar fallos en equipos y componentes mediante la monitorización y análisis de su estado así mismo puede mejorar la precisión y la eficiencia del mantenimiento predictivo.

## **6. Metodología**

### **6.1. Enfoque, alcance y diseño de la investigación**

La metodología que se plantea utilizar para el desarrollo de este proyecto de investigación tiene un enfoque cualitativo. Éste se basa en profundizar casos específicos y no en generales. Su preocupación no es prioritariamente medir, sino cualificar y describir. Se realizará el análisis del sector y el análisis documental.

El análisis del sector se hará con dos instrumentos, el Análisis FODA y el Análisis de la Cadena de Valor. Estos enfoques estratégicos comprenderán los retos y oportunidades relacionadas con el uso de la IA en la cadena de suministro de la industria alimentaria. Así

mismo, se establece que el análisis documental será de los 12 años anteriores (2012-2024), donde se analizarán 14 documentos académicos y/o científicos.

## **6.2. Análisis del sector**

### **6.2.1 Análisis DOFA**

El Análisis DOFA, también conocido como SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), es una herramienta ampliamente utilizada en el ámbito empresarial para evaluar la situación estratégica de una organización o sector. Permite identificar y analizar las fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas externas que enfrenta una entidad (Ferreira et al., 2020), este análisis permitirá identificar las fortalezas internas y las debilidades de la cadena de suministro de la industria alimentaria en relación con la implementación de la IA. Además, ayudará a identificar las oportunidades externas y las amenazas que pueden surgir de la adopción de esta tecnología.

**Fortalezas (Strengths):** Se refieren a los recursos, capacidades y ventajas competitivas que una organización o sector posee. Esto puede incluir aspectos como una sólida reputación de marca, tecnología avanzada, capital humano talentoso o eficiencia operativa.

**Debilidades (Weaknesses):** Son las limitaciones internas o áreas de mejora en una organización o sector. Pueden incluir problemas de gestión, falta de recursos financieros, deficiencias en la cadena de suministro o productos obsoletos.

**Oportunidades (Opportunities):** Son las tendencias, eventos o cambios en el entorno externo que pueden ser aprovechados para el beneficio de la organización o sector. Esto podría ser la entrada a nuevos mercados, cambios en la regulación gubernamental, avances tecnológicos o cambios en las preferencias del consumidor.

Amenazas (Threats): Son factores externos que representan desafíos o riesgos para una organización o sector. Esto puede incluir la competencia intensa, cambios económicos adversos, fluctuaciones en los precios de los insumos, cambios en la legislación o crisis políticas.

### **6.2.2. Análisis de la Cadena de Valor**

El Análisis de la Cadena de Valor es una metodología desarrollada por Michael Porter que descompone las actividades de una organización en actividades primarias y de apoyo. Este enfoque permite identificar las actividades que crean valor para el cliente y distinguir entre las actividades críticas y las actividades que agregan poco valor (Porter, 1985).

Por otro lado, el Análisis de la Cadena de Valor desglosará las actividades de la cadena de suministro en actividades primarias y de apoyo. Esto permitirá identificar los puntos críticos donde la IA puede agregar valor y mejorar la eficiencia operativa, así como identificar posibles áreas de mejora en la cadena de suministro.

**Actividades Primarias:** Son las actividades directamente relacionadas con la creación y entrega de un producto o servicio. Incluyen la logística interna, la producción, la logística externa, el marketing y las ventas, y el servicio postventa.

**Actividades de Apoyo:** Son las actividades que proporcionan el apoyo necesario para que las actividades primarias puedan llevarse a cabo de manera efectiva. Incluyen la infraestructura de la empresa, la gestión de recursos humanos, el desarrollo de tecnología y la adquisición de insumos.

El análisis de la cadena de valor permite identificar áreas de fortaleza y debilidad dentro de la cadena de suministro de un sector, así como oportunidades para mejorar la

eficiencia y la competitividad. También ayuda a comprender cómo se distribuye el valor a lo largo de la cadena y a identificar formas de aumentar el valor para el cliente.

### **6.2.3. Justificación del Uso de Estas Técnicas para la Caracterización del Sector**

El uso de técnicas como el Análisis DOFA y el Análisis de la Cadena de Valor es fundamental para comprender la situación estratégica y competitiva de un sector. Estas herramientas proporcionan una visión integral de los factores internos y externos que afectan a la industria, así como de las actividades críticas que generan valor.

Al aplicar el Análisis DOFA, se pueden identificar las fortalezas y debilidades internas del sector, así como las oportunidades y amenazas externas que enfrenta. Esto proporciona una comprensión completa de la posición actual y futura del sector en relación con su entorno competitivo.

Por otro lado, el Análisis de la Cadena de Valor permite desglosar las actividades clave dentro del sector e identificar áreas donde se pueden realizar mejoras para aumentar la eficiencia y la competitividad. Esto ayuda a identificar oportunidades para agregar valor y diferenciar la oferta del sector en el mercado.

Estas dos técnicas proporcionan una base sólida para la caracterización del sector, permitiendo a los actores del sector comprender sus puntos fuertes y débiles, así como las oportunidades y amenazas que enfrentan. Esto les permite desarrollar estrategias efectivas para mejorar su posición competitiva y lograr el éxito a largo plazo.

Además, el uso de técnicas para la caracterización del sector está justificado por varias razones:

***Comprensión del entorno competitivo:*** Las técnicas de caracterización del sector proporcionan información crucial sobre la competencia existente en el mercado, incluidos los principales actores, sus estrategias, fortalezas y debilidades. Esto permite a las empresas identificar oportunidades y amenazas en el entorno competitivo y desarrollar estrategias efectivas para mantener o mejorar su posición en el mercado (Porter, 1980).

***Identificación de tendencias y oportunidades:*** Al analizar datos sobre la evolución del sector, las técnicas de caracterización permiten identificar tendencias emergentes y oportunidades de mercado. Esto puede incluir cambios en la demanda del consumidor, avances tecnológicos, regulaciones gubernamentales y tendencias macroeconómicas que pueden afectar la viabilidad y rentabilidad del sector (Hitt et al., 2007).

***Apoyo a la toma de decisiones estratégicas:*** La información obtenida a través de técnicas de caracterización del sector es fundamental para la toma de decisiones estratégicas en empresas e instituciones gubernamentales. Basándose en un análisis riguroso del entorno sectorial, los tomadores de decisiones pueden formular estrategias efectivas para maximizar el rendimiento y la competitividad de sus organizaciones (Barney, 1991).

***Evaluación de la posición competitiva:*** Mediante el uso de técnicas de caracterización del sector, las empresas pueden evaluar su posición competitiva relativa en el mercado. Esto implica comparar su desempeño, recursos y capacidades con los de los competidores clave, identificando áreas de ventaja competitiva y áreas de mejora (Porter, 1985).

## 6.2.4. Aplicación de las herramientas para el análisis del sector

### 6.2.4.1. Matriz DOFA

A continuación, se muestra la tabla 1 con la matriz DOFA para el sector

Tabla 1. Matriz DOFA

<b>Debilidades</b>	<b>Oportunidades</b>
<p>1. Regulaciones sanitarias: Las estrictas regulaciones en materia de seguridad alimentaria pueden aumentar los costos de producción y afectar la rentabilidad, haciendo que esta inversión modifique la dinámica que un producto tenga dentro del mercado (Acosta, 2023).</p> <p>2. Vulnerabilidad a crisis sanitarias: Los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos pueden dañar la imagen de un producto y por ende la reputación de una empresa, afectando negativamente las ventas.</p> <p>3. Competencia intensa: El mercado cada vez cuenta con una mayor saturación y la competencia entre marcas puede dificultar la diferenciación y mantener márgenes de ganancia saludables, por lo que es crucial hacer un continuo monitoreo de los principales consumidores para no quedar obsoletos.</p>	<p>1. Tendencias saludables: En la actualidad se ha presenciado una creciente conciencia sobre la salud principalmente en el segmento más joven del mercado, lo que está generando una demanda creciente de alimentos saludables y orgánicos, suponiendo un nuevo reto para la industria.</p> <p>2. Tecnología: La aplicación de tecnología en la cotidianidad es cada vez mayor, por ello no se puede obviar su importancia en la producción agrícola y manufacturera, pues esta puede aumentar la eficiencia y reducir los costos (The Food Tech, 2023).</p> <p>3. Cambios demográficos: El envejecimiento de la población y el aumento de la urbanización están creando demanda de alimentos convenientes y listos para consumir.</p>
<b>Fortalezas</b>	<b>Amenazas</b>

<p>1. Demanda constante: La necesidad de alimentos es un elemento fundamental en la cotidianidad de la sociedad, lo que proporciona estabilidad a la industria e incentiva la innovación (Jodar, 2020).</p> <p>2. Innovación en productos: Continuamente se están desarrollando nuevos productos en la industria y a su vez distintas técnicas de producción para satisfacer las cambiantes preferencias de los consumidores y ajustarse al mercado.</p> <p>3. Diversidad de mercado: La industria de alimentos abarca una amplia gama de productos, desde alimentos frescos hasta procesados, lo que permite a las empresas diversificar su cartera y así ampliar su cuota de mercado.</p> <p>4. Globalización: La capacidad de expandirse a nuevos mercados internacionales ofrece oportunidades de crecimiento y mayores ganancias (Portafolio, 2024), es por ello por lo que esta industria ofrece una amplia gama de posibles mercados y gustos.</p>	<p>1. Cambio climático: El cambio climático está cada vez más presente y es por ello que eventos climáticos extremos pueden afectar la producción agrícola y la disponibilidad de materias primas (Morales-Casco &amp; Zúniga-González, 2016).</p> <p>2. Volatilidad de precios: Los precios de los ingredientes pueden fluctuar debido a factores como la oferta y la demanda, así como a condiciones climáticas adversas, llevando como resultados a un alza de precios.</p> <p>3. Cambios en preferencias del consumidor: Las redes sociales incentivan la creación de nuevas y cambiantes tendencias, modificando las preferencias del consumidor, éstas pueden requerir adaptaciones rápidas por parte de las empresas para mantenerse relevantes en el mercado.</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia

#### **6.2.4.2. Análisis de la cadena de valor**

##### **Abastecimiento de materias primas**

Agricultores y proveedores de materias primas, como granos, frutas, verduras, carne y lácteos, son los primeros eslabones de la cadena de valor.

-La calidad y disponibilidad de las materias primas afecta directamente la calidad y la capacidad de producción de los alimentos (Lozada, 2023).

##### **Producción y procesamiento:**

Esta etapa involucra la transformación de materias primas en alimentos procesados.

Las instalaciones de procesamiento incluyen plantas de procesamiento de carne, fábricas de enlatado, plantas de empaquetado y otras instalaciones de fabricación de alimentos (Brito, 2019).

La eficiencia en la producción, el control de calidad y la innovación en procesos son cruciales en esta etapa.

##### **Distribución y logística:**

Incluye el transporte de alimentos desde las instalaciones de producción hasta los minoristas, mayoristas y consumidores finales (Centro Europeo de Posgrado [CEUPE], s.f.)

La gestión eficiente de la cadena de frío y la logística es esencial para garantizar la frescura y la seguridad de los alimentos durante el transporte.

##### **Comercialización y ventas:**

Esta etapa implica estrategias de marketing, publicidad y promoción para atraer a los consumidores y promover los productos alimenticios (Zamorano, 2023).

Incluye la identificación de segmentos de mercado, el desarrollo de marcas y la gestión de relaciones con los minoristas y los consumidores.

### **Venta al por menor:**

Los supermercados, tiendas de conveniencia, tiendas especializadas y otros minoristas son los puntos de venta finales para los productos alimenticios.

La ubicación, la presentación del producto y la experiencia del cliente son aspectos importantes en este eslabón de la cadena de valor.

### **Consumo y experiencia del cliente:**

Los consumidores finales adquieren y consumen los productos alimenticios.

La experiencia del cliente, incluyendo el sabor, la calidad, la conveniencia y el valor nutricional, influye en las decisiones de compra y la fidelidad a la marca (Sothis, 2021).

### **Servicio postventa y retroalimentación:**

Involucra la gestión de devoluciones, reclamaciones y atención al cliente posterior a la compra (Bonis, como se citó en Team Foods Colombia S.A., 2020).

La retroalimentación de los consumidores sobre la calidad y la experiencia del producto es importante para la mejora continua y la innovación.

## **6.3. Selección de métodos o instrumentos para recolección de información**

La recolección de la información se realizará mediante la técnica de análisis documental (Ñaupas, et al., 2018), la cual Quintana (2006) la describe en el siguiente paso a paso:

- Definir los criterios de selección para iniciar la búsqueda de literatura en bases de datos indexadas, motores de búsqueda, bibliotecas virtuales;
- Organizar dicha literatura existente y disponible; ordenando los documentos identificados;
- Elegir la literatura adecuada para cumplir con el objetivo de la investigación;

- Estudiar a profundidad el tema de la literatura elegida; extraer la información relevante para realizar el análisis e ir registrándola en borradores que sirvan como ideas para plantear el desarrollo del proyecto;
- Comprender y comparar los documentos seleccionados y las ideas extraídas para construir el argumento.

#### 6.4. Técnicas de análisis de datos

Se plantea el uso de la metodología de análisis documental, en especial la utilización de la cartografía conceptual. Esta metodología consiste en la indagación e investigación cualitativa que se basa en la sistematización de la información, el análisis, la construcción, la comunicación y adquirir conocimientos. En este estudio se realiza con 3 componentes, los cuales se muestran en la tabla 2.

*Tabla 2. Componentes de la cartografía conceptual*

<b>Componentes</b>	<b>Pregunta central</b>
Impacto de la IA en la cadena de suministros	¿Cuál es el impacto potencial de la IA en la optimización de la logística y la gestión de inventarios dentro de la cadena de suministro en la industria de alimentos?
Barreras en la adopción de la IA en la cadena de suministros	¿Cuáles son las principales barreras técnicas, financieras y operativas para la adopción de tecnologías de IA en la cadena de suministro en la industria de alimentos y cómo pueden mitigarse?
Contribución de la IA en la sostenibilidad de la cadena de suministros	¿Cómo la IA puede contribuir a la sostenibilidad y seguridad alimentaria en la cadena de suministro en la industria de alimentos?

Fuente: Elaboración propia basada en Tobón, S. (2012)

La búsqueda documental se realizó con palabras clave: Inteligencia Artificial, Cadena de suministro e Industria de alimentos. A través de las bases indexadas como EMIS, Scopus, ScienceDirect, entre otras. Adicional a estas, se utilizó los motores de búsqueda tales como Google académico.

Los documentos seleccionados cumplieron 3 criterios principales criterios para su selección:

1. Que tenga incluidas las palabras claves.
2. Enfocarse en el tema central: Inteligencia Artificial en la industria de alimentos
3. Contar con su respectivo autor/autores, año de publicación y la editorial

responsable

En la tabla 3 se expone la literatura que cumple con los criterios de selección: con un total de 14 documentos.

*Tabla 3. Documentos revisados*

<b>.º</b>	<b>Tipo de documento</b>	<b>Título</b>	<b>Citación</b>
<b>1</b>	Artículo de revista indexada	Efectos generados por la aplicación de la logística 4.0 en la cadena de suministros del sector industria de alimentos en Colombia	(Balcazar & Quintero, 2020)
<b>2</b>	Trabajo de grado	El impacto de la inteligencia artificial en la sostenibilidad de la cadena de suministro: una revisión de literatura	(Rodriguez, 2022)

<b>3</b>	Artículo de revista indexada	Logistics 4.0: Exploring Artificial Intelligence Trends in Efficient Supply Chain Management	(Albarracín Vanoy, 2023)
<b>4</b>	Trabajo de grado	Inteligencia Artificial Aplicada a la Cadena de Suministro Globales	(Peinado et al., 2021)
<b>5</b>	Artículo de revista indexada	Inteligencia artificial en la industria alimentaria	(Márquez Gutiérrez et al., 2022)
<b>6</b>	Trabajo de grado	Mejora de la gestión de la cadena de suministros con la tecnología blockchain en el sector aguacatero colombiano	(Vélez, A., 2023)
<b>7</b>	Artículo de revista indexada	Oportunidades para la transformación digital de la cadena de suministro del sector bananero basado en software con inteligencia artificial	(Arango-Palacio, 2021)
<b>8</b>	Artículo de revista indexada	La industria 4.0 y la industria alimentaria	(Rendón, et al., 2020)
<b>9</b>	Libro	Logística 4.0: innovación y eficiencia en la cadena de suministro	(Castillo, S. 2023)
<b>10</b>	Artículo de revista indexada	Sustainable supply chain management: A case study of British Aerospace (BAe) Systems	(Gopalakrishnan et al., 2012)

<b>11</b>	Artículo de revista indexada	Sustainable supply chain management in te age of machine intelligence: Addressing challenges, capitalizing on opportunities, and shaping the future landscape	(Myvizhi & Ahmed, 2023)
<b>12</b>	Trabajo de grado	La pérdida y el desperdicio de alimentos en la cadena de suministro y la importancia de la tecnología para contrarrestarla	(Sánchez, 2021)
<b>13</b>	Artículo de revista indexada	Challenges in the Modeling of Traceability in Food Supply Chains	(Trujillo, et al., 2020)
<b>14</b>	Trabajo de grado	Beneficios de la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en la cadena de frío en Walmart México	(Correa Fajardo, 2020)

Fuente: Elaboración propia

## **6.5. Estado del arte**

### **6.5.1. Impacto de la IA en la cadena de suministros**

Actualmente, con el desarrollo de la IA y su aplicación y utilidad en campos que facilitan la detección de riesgos y fallas en los procesos, mejoras que aumentan la productividad y capacidad de las empresas y reducen los costos, esta tecnología puede impactar positivamente en la optimización de la logística y la gestión de inventarios dentro de la cadena de suministro en la industria de alimentos, garantizando que la producción sea más personalizada, la gestión de envíos se realice de forma más eficiente según previsiones de demanda, reducción de los stocks y almacenamiento, optimización en las rutas y conocimiento de la ubicación y trazabilidad de la mercancía (Balcazar & Quintero, 2020).

La IA puede facilitar la implementación de una cadena de suministro inteligente, con etapas, participantes y actividades interconectadas, porque las IA tienen un proceso de retroalimentación constante, que se perfecciona con cada dato o situación nueva que se presente, lo que permite fortalecer la competitividad de las empresas y mejorar su rendimiento (Peinado & Diaz, 2021).

Lo anterior puede aplicar para cualquier cadena de suministro de cualquier empresa, pero si se puntualiza en el impacto de la IA en la logística e inventario en la industria alimentaria, esta tecnología mejora la productividad, sino que influye igualmente en la calidad, parámetros y cumplimiento de estándares que este sector amerita, lo que convierte a esta en una herramienta de control, precisión y ahorro de costos (Márquez et al., 2022).

Aunque la IA mejora las funciones en la cadena de suministro, no implica el remplazo del recurso humano, optimiza sus actividades, apoyando la toma de decisiones, potencializando los resultados de una manera más inmediata ante cambios de la demanda y el entorno, y en la evaluación de riesgos, mejoras en la comunicación, en la predicción de pronósticos e incertidumbres (Arango, 2021).

### **6.5.2. Barreras en la adopción de la IA en la cadena de suministros**

Las principales barreras técnicas para la adopción de tecnologías de IA en la cadena de suministro de la industria alimentaria incluyen la falta de datos estructurados y de calidad, la integración con sistemas heredados y la complejidad de implementar soluciones de IA. Para mitigar esto, las empresas pueden invertir en la recopilación y limpieza de datos, así como en la capacitación de su personal en el uso de nuevas tecnologías.

En cuanto a las barreras financieras, el costo inicial de implementar tecnologías de IA puede ser alto, especialmente para empresas más pequeñas. Para superar esto, las

organizaciones pueden buscar soluciones escalables y considerar modelos de pago por uso o de suscripción en lugar de inversiones de capital significativas.

Las barreras operativas pueden incluir la resistencia al cambio por parte de los empleados, la necesidad de actualizar las habilidades del personal y la garantía de la seguridad y la privacidad de los datos. Para abordar estas barreras, las empresas deben centrarse en la capacitación y el desarrollo del talento interno, comunicar claramente los beneficios de la IA y establecer políticas sólidas de seguridad de datos.

Con base a lo anterior, se profundiza en estas barreras de la siguiente manera:

### **6.5.3. Barreras Técnicas**

**Falta de datos estructurados y de calidad:** Muchas empresas enfrentan desafíos para acceder a datos estructurados y de calidad que sean necesarios para entrenar modelos de IA eficaces. Esto puede deberse a la dispersión de los datos en sistemas heredados, la falta de estandarización y la inconsistencia en la recopilación de datos a lo largo de la cadena de suministro. (Peinado & Diaz, 2021).

**Integración con sistemas heredados:** Las empresas de alimentos a menudo tienen sistemas de información heredados que pueden no ser compatibles con las soluciones de IA modernas. La integración de tecnologías de IA con estos sistemas existentes puede ser complicada y requerir una planificación cuidadosa. (Gopalakrishnan et al.,2012).

**Complejidad de implementación:** La implementación de soluciones de IA en la cadena de suministro puede ser compleja y requerir experiencia técnica especializada. Esto puede ser un desafío para empresas que carecen de recursos internos o que no tienen experiencia previa en el despliegue de tecnologías de IA (Rodríguez, 2022).

Para mitigar estas barreras técnicas, las empresas pueden invertir en la recopilación y limpieza de datos, así como en la estandarización de procesos para garantizar la calidad de los datos. Además, pueden buscar proveedores de tecnología que ofrezcan soluciones integradas y servicios de consultoría para ayudar con la implementación.

#### **6.5.4. Barreras Financieras**

**Costo inicial elevado:** La implementación de tecnologías de IA puede requerir una inversión inicial significativa en hardware, software y capacitación. Esto puede ser desafiante para empresas pequeñas con presupuestos limitados (Peinado & Diaz, 2021).

**Costos continuos de mantenimiento:** Además del costo inicial, las empresas también deben considerar los costos continuos de mantenimiento y actualización de las soluciones de IA a lo largo del tiempo (Peinado & Diaz, 2021).

**Riesgo de retorno de la inversión (ROI) incierto:** Existe cierta incertidumbre en torno al retorno de la inversión de las tecnologías de IA, lo que puede hacer que algunas empresas sean reacias a invertir en estas soluciones (Del Castillo, 2023).

Para abordar estas barreras financieras, las empresas pueden buscar soluciones escalables que les permitan comenzar con una inversión inicial más pequeña y escalar según sea necesario. Además, pueden considerar modelos de pago por uso o de suscripción que les permitan pagar por las tecnologías de IA a medida que las utilizan.

#### **6.5.5. Barreras Operativas**

**Resistencia al cambio:** La implementación de tecnologías de IA puede encontrarse con resistencia por parte de los empleados que pueden temer la automatización de tareas o la pérdida de empleo. (Rodríguez, 2022).

**Necesidad de actualizar las habilidades del personal:** La adopción de tecnologías de IA puede requerir que el personal adquiera nuevas habilidades y conocimientos técnicos. Esto puede ser un desafío para empresas que carecen de recursos para proporcionar capacitación adecuada. (Peinado & Diaz, 2021).

**Seguridad y privacidad de los datos:** La implementación de tecnologías de IA en la cadena de suministro preocupa a la seguridad y privacidad de los datos, especialmente en la información sensible del cliente y la propiedad intelectual. (Rodríguez, 2022).

Para abordar estas barreras operativas, las empresas deben centrarse en la capacitación y el desarrollo del talento interno para garantizar que el personal esté preparado para trabajar con nuevas tecnologías. Además, es importante comunicar claramente los beneficios de la IA para tranquilizar a los empleados y obtener su apoyo. Por último, establecer políticas sólidas de seguridad de datos y cumplir con las regulaciones de privacidad puede ayudar a mitigar los riesgos asociados con la implementación de tecnologías de IA.

### **Contribución de la IA a la Sostenibilidad en la Cadena de Suministro**

La sostenibilidad en la cadena de suministro de alimentos se refiere a la capacidad de producir y distribuir alimentos de manera que se minimice el impacto ambiental, se asegure la equidad social y se mantenga la viabilidad económica. La IA contribuye a este objetivo de múltiples maneras:

**Optimización de la Logística y Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub>:** La IA puede analizar datos para optimizar rutas de transporte y gestionar inventarios de manera eficiente, lo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero asociados al transporte y almacenamiento de alimentos (Trujillo, et al., 2021).

**Uso Eficiente de los Recursos:** Mediante el análisis predictivo, la IA puede ayudar a predecir la demanda de productos alimenticios con mayor precisión, reduciendo así el desperdicio de alimentos y el uso excesivo de recursos naturales en la producción. (Peinado & Diaz, 2021).

**Agricultura de Precisión:** La IA aplicada en la agricultura permite usar drones y sensores para monitorear el cultivo y el suelo, optimizando el uso de agua, fertilizantes y pesticidas, lo que contribuye a una agricultura más sostenible, (Peinado & Diaz, 2021).

#### **6.5.6. Mejora de la Seguridad Alimentaria mediante la IA**

La seguridad alimentaria implica garantizar que los alimentos sean seguros para el consumo desde el punto de vista de la salud, libres de contaminantes y adulteraciones. La IA en la cadena de suministro de la industria alimentaria, la IA puede detectar y prevenir riesgos de contaminación a través de sistemas avanzados de monitoreo y análisis de datos en tiempo real. Esto incluye la identificación de patógenos, pesticidas y otros contaminantes que pueden afectar la seguridad de los alimentos. (Del Castillo, 2023).

**Detección Temprana de Contaminantes:** Utilizando técnicas de aprendizaje profundo y visión por computadora, la IA puede analizar imágenes de alimentos a nivel microscópico para detectar signos de contaminación o deterioro que no son visibles para el ojo humano. Esto permite una intervención temprana y evita la distribución de productos alimenticios potencialmente peligrosos. (Gopalakrishnan et al., 2012).

**Trazabilidad Mejorada:** La IA facilita la implementación de sistemas de trazabilidad avanzados que permiten seguir el recorrido de los alimentos desde su origen hasta el consumidor final. Esto es crucial para la seguridad alimentaria, ya que, en caso de un problema de contaminación, los productos afectados pueden ser rápidamente

identificados y retirados del mercado, minimizando los riesgos para la salud pública. (Del Castillo, 2023).

**Análisis Predictivo para la Gestión de Riesgos:** La IA puede analizar grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real para predecir brotes de enfermedades alimentarias, fluctuaciones en la calidad de los productos o posibles interrupciones en la cadena de suministro. Esto permite a las empresas tomar medidas proactivas para mitigar riesgos antes de que se conviertan en problemas serios. (Rodríguez, 2022).

#### **6.5.7. Integración de la IA en la Cadena de Suministro para la Sostenibilidad y Seguridad Alimentaria**

Para integrar efectivamente la IA en la cadena de suministro de la industria alimentaria, es necesario considerar varios factores:

**Inversión en Tecnología y Capacitación:** Las empresas deben estar dispuestas a invertir en las tecnologías de IA necesarias y en la capacitación de su personal para utilizar estas herramientas de manera efectiva. (Peinado & Diaz, 2021).

**Colaboración entre Stakeholders:** La implementación exitosa de la IA requiere una colaboración estrecha entre todos los actores de la cadena de suministro, productores incluidos, distribuidores, minoristas y consumidores. La transparencia y el intercambio de información son esenciales para implementar prácticas sostenibles y garantizar la seguridad alimentaria. (Del Castillo, 2023)

**Adopción de Estándares y Protocolos Comunes:** Para facilitar la integración de la IA en la cadena de suministro de alimentos, es crucial establecer y adoptar estándares y protocolos comunes que permitan la interoperabilidad entre diferentes sistemas y tecnologías. (Rodríguez, 2022).

**Enfoque en la Ética y la Privacidad:** Al implementar soluciones de IA, las empresas deben considerar cuidadosamente las implicaciones éticas y de privacidad, especialmente en lo que respecta al manejo de datos sensibles relacionados con los consumidores y la producción de alimentos. (Peinado & Diaz, 2021).

## **6.6. Desafíos y Consideraciones Futuras**

A pesar de los beneficios significativos que la IA puede aportar a la sostenibilidad y seguridad alimentaria, existen varios desafíos que deben abordarse:

**Costo de Implementación:** La adopción de tecnologías de IA puede requerir una inversión inicial significativa en hardware, software y capacitación, lo que puede ser un obstáculo para pequeñas y medianas empresas. (Peinado & Diaz, 2021).

**Brecha Tecnológica:** Existe el riesgo de que la brecha tecnológica se amplíe entre las empresas que pueden permitirse implementar soluciones de IA y aquellas que no, lo que podría afectar la equidad en la industria alimentaria (Peinado & Diaz, 2021).

**Dependencia de la Tecnología:** La creciente dependencia de la tecnología plantea preocupaciones sobre la seguridad cibernética y la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios a ataques informáticos o fallos tecnológicos (Peinado & Diaz, 2021).

## **7. Análisis y discusión de resultados**

Del análisis FODA y de la cadena de valor mediante la revisión documental, se pudo evidenciar que, dentro de los principales retos de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de abastecimiento en la industria de alimentos, se encuentran la implementación, aceptación y manejo de esta tecnología dentro de este sector, ya que lo complejo es, primero iniciar su uso, debido a los costos financieros iniciales y la estructuración de los datos y procesos, segundo mantenerlo, igualmente debido a los costos

financieros de mantenimiento y a la aceptación por parte del recurso humano, así como la adecuación de los espacios físicos necesarios para su funcionamiento y por último realizarlo de manera adecuada, esto relacionado con la formación y capacitación del personal, así como hacer uso de sus beneficios de manera eficiente.

En cuanto a las oportunidades que brinda la IA en la gestión de la cadena de abastecimiento en la industria de alimentos, las principales son la optimización de los procesos y la reducción de los riesgos y fallas, en la primera se encuentra que la IA puede impactar positivamente en el aumento de la productividad y reducción de costos, así como en una producción más personalizada, gestión de envíos más eficientes y productos de calidad dentro de los parámetros, estándares y requerimientos del mercado, lo que permitiría competir dentro de las nuevas demandas de los consumidores. En la segunda oportunidad que brinda el uso de la IA en este sector, estaría por una parte todo lo relacionado a la seguridad alimentaria, permitiendo un seguimiento y vigilancia de los productos desde su origen hasta su consumo, así como predicción de ciertos eventos que puedan afectar esta cadena de suministro como brotes de enfermedades o contaminación; por otro lado se puede verificar y reducir fallas que se puedan presentar en la cadena de suministro relacionadas con aspectos técnicos y logísticos, lo que disminuiría costos financieros.

## **8. Recomendaciones a la industria de alimentos**

Para lograr una implementación efectiva de la IA en la gestión de la cadena de abastecimiento en la industria de alimentos, se deben considerar las posibles barreras y mitigar, por lo que, en la fase inicial donde están los costos financieros iniciales y la estructuración de los datos y procesos, se recomienda considerar opciones de pago por uso

o de suscripción, según las capacidades presupuestales de la empresa y en cuanto a la estructuración de los datos se puede invertir igual en la recopilación y limpieza de datos.

Para enfrentar los costos financieros de mantenimiento y la aceptación y formación del recurso humano, se puede establecer un plan o cronograma de mantenimiento y actualización de la IA, según la suscripción inicial y el presupuesto establecido y, en lo relativo a la aceptación del personal, se pueden establecer canales de comunicación con los empleados que formen y capacitan en los beneficios de la IA, así como esclarecer dudas e inquietudes.

## **9. Conclusiones**

La aplicación de la IA en las diferentes etapas de la cadena de suministros en la industria de alimentos permite controlar cada fase y el producto, así como la precisión y eficacia en la distribución y gestión de entregas, lo que reduce costos.

De igual manera, el uso de la IA permite predecir e identificar estadísticamente ciertas condiciones que pueden afectar la producción, como aparición de patógenos, uso de pesticidas y contaminantes.

Dentro de los principales desafíos de la implementación de la IA en sostenibilidad de la gestión de la cadena de suministros en la industria de alimentos, se encuentran barreras técnicas, relacionadas con la falta de datos estructurados y que sean de calidad, barreras financieras, como el costo inicial y de mantenimiento de esta tecnología y barreras operativas, que se ven influenciadas por la resistencia al cambio del recurso humano y su formación en el uso de esta tecnología.

Es importante considerar en la implementación de esta tecnología las implicaciones éticas y la protección de los datos que se puedan obtener o generar en cada proceso, principalmente los relacionados con datos personales o privados.

## Referencias Bibliográficas

- Acosta, O. (2023, 24 de junio). *Requisitos sanitarios en las instalaciones o plantas de producción alimenticia*. The Food Tech. <https://thefoodtech.com/tag/normas-sanitarias/>
- Albarracin, R. (2023). Logistics 4.0: Exploring Artificial Intelligence Trends in Efficient Supply Chain Management. *Data and Metadata*, 2:145. <https://doi.org/10.56294/dm2023145>
- Ansari, Z. N., & Kant, R. (2017). A state-of-art literature review reflecting 15 years of focus on sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2524–2543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.023>
- Arango, Isabel. (2021). Oportunidades para la transformación digital de la cadena de suministro del sector bananero basado en software con inteligencia artificial. *Revista Politécnica*, 17(33). <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n33a4>
- Ambursa, Hafsat. (2012). Sustainable supply chain management: A case study of British Aerospace (BAe) Systems. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 193-203. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.003>
- Balcazar, Cesar. & Quintero, Ivan. (2020). Efectos generados por la aplicación de la logística 4.0 en la cadena de suministros del sector industria de alimentos en Colombia. [Trabajo académico, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/20285>
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.

Benhamou, S. (2022). La transformación del trabajo y el empleo en la era de la inteligencia artificial: análisis, ejemplos e interrogantes. [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.

Brito, G. (2019, 12 de septiembre). *Procesamiento de alimentos: ¿Qué es y su importancia?* MetalBoss. <https://www.metalboss.com.mx/procesamiento-de-alimentos#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20procesamiento%20de,u%20optimizar%20su%20valor%20nutricional>

Calderón J.; Nahed, J.; Sánchez, B.; Herrera, O.; Aguilar, R.; Parra, M. (2012), Estructura y función de la cadena productiva de carne de bovino en la ganadería ejidal de Tecpatán, Chiapas, México

Centro Europeo de Posgrado. (s.f.). *Logística alimentaria: Qué es, funciones e importancia*. <https://www.ceupe.com/blog/logistica-alimentaria.html#:~:text=La%20log%C3%ADstica%20alimenticia%20es%20un,y%2C%20finalmente%2C%20nuestros%20hogares>

Chase, Richard; Jacobs, F. Robert y Aquilano, Nicholas (2009), *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministro*. Duodécima Edición. McGraw Hill, México.

Chen, H., Chen, Z., Lin, F., & Zhuang, P. (2021). Effective management for blockchain-based agri-food supply chains using deep reinforcement learning. *IEEE Access*, 9, 36008–36018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3062410>

Chopra, S., & Meindl, P. (2021). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson UK.

- Cohen, M. A., Agrawal, N., Agrawal, V., & Weerawat, W. (2020). Artificial Intelligence in the Supply Chain: A Collective Review. *Operations Research*, 68(6), 1433-1454
- Correa, Mateo. (2020). Beneficios de la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en la cadena de frío en Walmart México. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/23120?show=full>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. Sage Publications
- Del Castillo, Santiago. (2023). Logística 4.0: innovación y eficiencia en la cadena de suministro. Doxa Edition. [https://itq.edu.ec/wp-content/uploads/2023/10/2023-09-29\\_logistica\\_4.0\\_innovacion\\_y\\_eficiencia\\_en\\_la\\_cadena\\_de\\_suministro.pdf](https://itq.edu.ec/wp-content/uploads/2023/10/2023-09-29_logistica_4.0_innovacion_y_eficiencia_en_la_cadena_de_suministro.pdf)
- FAO. (2016, 8 de septiembre). *FAO Serie sobre políticas: Pérdida y desperdicio de alimentos* [Video]. YouTube. [https://youtu.be/BBq8kkECZ\\_c?si=BUHCxzJ8\\_k9beMWz](https://youtu.be/BBq8kkECZ_c?si=BUHCxzJ8_k9beMWz)
- FAO. (2023). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2023. En *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2023*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7724es>
- FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2023). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023. <https://doi.org/10.4060/cc6550es>
- Ferreira, M. J., Huarng, K. H., de Oliveira, M. P., & Fernandes, C. I. (2020). SWOT analysis using fuzzy measures: A review and agenda for future research. *International Journal of Information Management*, 50, 511-526.
- G, S. D. E. L. C. (n.d.). *Logística 4.0: Innovación Y Eficiencia En La Cadena De*.

- García Serrano, A. (2012). *Inteligencia artificial. Fundamentos, práctica y aplicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Goldsby, T. J., Zinn, W., Huang, B., & Klassen, R. D. (2017). What is a supply chain? In *Global Macrotrends and Their Impact on Supply Chain Management* (pp. 17-29). Springer.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press
- Gopalakrishnan, Kavitha., Yusuf, Yahaya., Musa, Ahmed., Abubakar, Tijjani., &
- Gutiérrez, J. A. (2023). *Minería de Datos: Conceptos y Tendencias*. Recuperado de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/43290/Miner%20de%20datos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hitt, M. A., Ireland, R. D., & Hoskisson, R. E. (2007). *Strategic Management: Concepts and Cases*. Cengage Learning.
- Humphrey, A. (2005). *SWOT Analysis for Management Consulting*. SRI Alumni Newsletter, 3(1), 11-12.
- Icarte Ahumada, Gabriel A. (2016). Aplicaciones de inteligencia artificial en procesos de cadenas de suministros: una revisión sistemática. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(4), 663-679. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000400011>
- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922

- Jodar, C. (2020, 03 de junio). ¿Cómo se está adecuando la industria alimentaria a las nuevas demandas del consumidor? Ainia. <https://www.ainia.es/ainia-news/como-se-esta-adecuando-la-industria-alimentaria-a-las-nuevas-demandas-del-consumidor/>
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2018). Principles of Marketing. Pearson.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Lee, L. H., Chong, A. Y. L., & Ooi, K. B. (2017). Predicting the antecedents of mobile commerce acceptance among generation Y in Malaysia: A structural equation modeling approach. *Telematics and Informatics*, 34(7), 1291-1308.
- Lozada, Y. (2023, julio 05). Materias primas para la fabricación de alimentos. *Químicos del eje*. <https://quimicosdeleje.com/blog/MATERIAS-PRIMAS-DE-NIVEL-ALIMENTICIO>
- Márquez, Pedro., Reed, Jonatan., García, Carmen., & Robledo, Isidro. (2022). Inteligencia artificial en la industria alimentaria. *Revista Electro*, 44, 225-229. <http://electro.itchihuahua.edu.mx/revista/2022/SUB-6830.pdf>
- Martínez, Pedro y Moyano, José (2011), Lean Production y gestión de la cadena de suministro en la industria aeronáutica. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 17, núm. 1, enero-abril, 2011, pp. 137-157
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. Dartmouth College.
- Morales-Casco, L. A., & Zúñiga-González, C. A. (2016). Impactos del cambio climático en la agricultura y seguridad alimentaria. *Revista Iberoamericana Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1), 269–291. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5700>

Myvizhi, M., & Ahmed, Ali. (2023). Sustainable supply chain management in the age of machine intelligence: Addressing challenges, capitalizing on opportunities, and shaping the future landscape. *Sustainable machine intelligence journal*. 3.

<http://dx.doi.org/10.61185/SMIJ.2023.33103>

Ñaupas H., Valdivia M., Palacios, J. & Romero, H. (2018). Metodología de la investigación. Bogotá: Ediciones de la U.

Ochoa, Diana y Montoya, Alexandra (2010), Consorcios microbianos: una metáfora biológica aplicada a la asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Rev. Fac. Ciencias Económicas, 18(2):55-74

Peinado, Ivana., & Díaz, Isaías. (2021). Inteligencia Artificial Aplicada a la Cadena de Suministro Globales [Tesis de grado, Universidad de Córdoba]. Repositorio.

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/be7f326c-50e5-43dd-a0c8-90ea4cbaeec5/content>

Pérez, J. (2023). Diseño e implementación de un prototipo para el control de gestión de inventario del producto terminado en la Fábrica de Cueros El Al-Ce basado en inteligencia artificial. Universidad de Cuenca.

Porcelli A, (2020). La Inteligencia Artificial y la Robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos. *Derecho Global, Estudios sobre Derecho y Justicia*, VI (16) pp 49-105

<https://DOI.org/10.32870/dgedj.v6i16.286>

Portafolio. (2024, 08 de agosto). *Alimentos de la industria en el escenario global*.

<https://www.portafolio.co/economia/industria-de-alimentos-la-produccion-de-colombia-figura-en-el-escenario-mundial-587020>

- Porter, M. E. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Free Press.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- Pulido, José (2014), *Gestión de la Cadena de Suministros. El último secreto*. Primera Edición. Editorial Torino. Venezuela
- Quintana Peña, A. (2006). Metodología de investigación científica cualitativa. En Quintana Peña, A. y Montgomery, W. (Eds.) *Psicología tópicos de actualidad*, (pp. 65-73). Lima: UNMSM.
- Ramírez Urrego, J. A., Sarmiento Maldonado, H. O., & López Lezama, J. M. (2018). Diagnóstico de fallas en procesos industriales mediante inteligencia artificial. *Espacios*, 39(24), 12-21.
- Rendón, Araceli., Morales, Andrés., & Guillén, Irene. (2020). La industria 4.0 y la industria alimentaria. *Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad*, 13, 895–911.  
<https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/1830>
- Rodríguez, S. (2022). El impacto de la inteligencia artificial en la sostenibilidad de la cadena de suministro: una revisión de literatura [Tesis de grado, Universidad del Bosque]. Repositorio.  
<https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/11381/EL%20IMPACTO%20DE%20LA%20INTELIGENCIA%20ARTIFICIAL%20EN%20LA%20SOSTENIBILIDAD%20DE%20LA%20CADENA%20DE%20SUMINISTRO>

[%20UNA%20REVISIO%CC%81N%20DE%20LITERATURA%20%281%29%20%281%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y](#)

Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3ra edición). Pearson.

Sánchez, Andrés. (2021). *La pérdida y el desperdicio de alimentos en la cadena de suministro y la importancia de la tecnología para contrarrestarla*. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38563/SanchezSalgadoAndresFelipe2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sebio Martin, M., & Fernandez Fernandez, J. L. (2020). *Inteligencia artificial y ética*.

Sothis. (2021). *Bon Appétit: consigue clientes satisfechos en la industria alimentaria*.

<https://www.sothis.tech/clientes-satisfechos-en-la-industria-alimentaria/>

Tafur Galicia, B. A., González Rosas, N. V., & Sánchez Rivera, K. V. (2023). *LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA DE LAS PYMES DE BOGOTÁ*.

Team Foods Colombia S.A. (2020). *7 acciones de servicio post venta en los establecimientos de comida*. Dagusto.

[https://www.dagusto.com.co/institucional/dagusto-leer/tendencias/servicio-post-venta-en-negocios-alimentos/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20servicio%20post,\(De%20Bonis%2C%202019\)](https://www.dagusto.com.co/institucional/dagusto-leer/tendencias/servicio-post-venta-en-negocios-alimentos/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20servicio%20post,(De%20Bonis%2C%202019))

The Food Tech. (2023, 18 de junio). *Tecnología en la industria alimentaria está revolucionando la forma en que comemos*. <https://thefoodtech.com/tecnologia-de->

los-alimentos/tecnologia-en-la-industria-alimentaria-esta-revolucionando-la-forma-en-que-comemos/#:~:text=la%20industria%20alimentaria-.Los%20beneficios%20de%20los%20avances%20tecnol%C3%B3gicos%20en%20la%20ind

Trujillo, Tatiana., Orjuela, Javier., & Herrera, Milton. (2020). Challenges in the Modeling of Traceability in Food Supply Chains. *Revista Ingeniería*, 26(2).

<http://dx.doi.org/10.14483/23448393.15975>

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. En *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 5998-6008)

Vélez, Amalia. (2023). Mejora de la gestión de la cadena de suministros con la tecnología blockchain en el sector aguacatero colombiano. [Tesis de grado, Universidad EIA]. Repositorio. <https://repository.eia.edu.co/entities/publication/19dd46f0-e3bf-47ec-b4ae-10b621dc9f26>

World Bank Group. (2024). *Global Economic Prospects*. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

Zamorano, R. (2023, 13 de marzo). *Comercialización de Alimentos y su importancia en la industria alimentaria*. The Load. <https://loadsfoods.com/blog/comercializacion-de-alimentos-y-su-importancia-en-la-industria-alimentaria>

Zapata-Cárdenas, M. A., & Orozco-Gutiérrez, F. (2023). Oportunidades para la transformación digital de la cadena de suministro del sector bananero colombiano basado en software con inteligencia artificial. *Información tecnológica*, 34(6), 147-158.