

**Impacto del Machine Learning en la cadena de suministro global: análisis de casos  
recientes y proyecciones futuras**

Andrea Del Pilar Álvarez Arango

Asesor

Andrés Felipe Hernández Giraldo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI  
Especialización en Ciencia de Datos y Analítica

2025

### **Dedicatoria**

A mi esposo, mi pilar y mi compañero en este camino, por su amor, apoyo incondicional, paciencia infinita y palabras de aliento en cada etapa ardua de mi vida. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por recordarme siempre que los sueños se construyen con esfuerzo y dedicación.

A mi hija, mi madre y mi hermana, fuentes inagotables de amor y motivación, por ser el faro que ilumina mis días y el motor que impulsa mis pasos hacia adelante.

Y a mí misma, por atreverme a soñar en grande, por resistir los momentos desafiantes y por recordar que el amor propio es el primer paso hacia cualquier logro. Esta monografía es el reflejo de todo lo que el amor y el compromiso pueden lograr juntos.

## Resumen

En la actualidad, la globalización y la digitalización han impulsado la transformación de la cadena de suministro, haciendo que las empresas busquen soluciones basadas en datos para mejorar su eficiencia (Giaconia, 2022). Dentro de este contexto, el machine learning ha emergido como una tecnología clave para optimizar procesos logísticos y reducir costos operativos (Elkady, 2023).

Este estudio analiza el impacto del machine learning en la optimización de la cadena de suministro global, identificando sus aplicaciones, ventajas y desafíos. Para lograr esto, se comparan diferentes casos de estudio donde esta tecnología ha sido implementada (Gardas & Narwane, 2024).

Se realizó una revisión de literatura basada en artículos académicos recientes que evalúan la aplicación de machine learning en distintos sectores de la cadena de suministro, incluyendo manufactura, logística y retail, dichos artículos fueron publicados en diferentes países. Se analizaron métricas como la reducción de costos, la precisión en la planificación de demanda y la sostenibilidad de los procesos (Liu, Wang, & Fang, 2024).

Se encontró que la implementación de machine learning permite mejorar la precisión de los pronósticos en un 25%, reducir los tiempos de entrega en un 10% y optimizar el uso de recursos, promoviendo prácticas sostenibles (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023). Sin embargo, se identificaron desafíos como la dependencia de datos de buena calidad y la necesidad de inversiones en infraestructura tecnológica (Suemitsu, 2024).

El machine learning está reestructurando la gestión de la cadena de suministro al ofrecer soluciones basadas en datos para mejorar la eficiencia operativa. Sin embargo, su adopción

requiere superar barreras técnicas y organizacionales, especialmente en países en desarrollo donde la infraestructura tecnológica aún es limitada (Gardas & Narwane, 2024).

*Palabras claves:* Inteligencia artificial, optimización logística, sostenibilidad, transformación digital, toma de decisiones.

## Abstract

Currently, globalization and digitalization have driven the transformation of the supply chain, leading companies to seek data-driven solutions to improve efficiency (Giaconia, 2022). Within this context, machine learning has emerged as a key technology for optimizing logistics processes and reducing operational costs (Elkady, 2023).

This study analyzes the impact of machine learning on the optimization of the global supply chain, identifying its applications, advantages, and challenges. To achieve this, various case studies where this technology has been successfully implemented are compared (Gardas & Narwane, 2024).

A literature review was conducted based on recent academic articles that evaluate the application of machine learning in different sectors of the supply chain, including manufacturing, logistics, and retail. Metrics such as cost reduction, demand planning accuracy, and process sustainability were analyzed (Liu, Wang, & Fang, 2024).

The findings indicate that implementing machine learning improves forecasting accuracy by 25%, reduces delivery times by 10%, and optimizes resource utilization, promoting sustainable practices (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023). However, challenges were identified, such as the dependence on high-quality data and the need for investments in technological infrastructure (Suemitsu, 2024).

Machine learning is redefining supply chain management by providing data-driven solutions to enhance operational efficiency. However, its adoption requires overcoming technical and organizational barriers, particularly in developing countries where technological infrastructure is still limited (Gardas & Narwane, 2024).

**Keywords:** Artificial intelligence, logistics optimization, sustainability, digital transformation, decision-making.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	11
Justificación .....	12
Objetivos.....	13
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos.....	13
Descripción del Problema.....	14
Planteamiento del Problema.....	14
Marco Conceptual.....	16
Definiciones .....	16
Machine Learning.....	16
Gestión de la Cadena de Suministro.....	16
Aprendizaje Automático en la Cadena de Suministro.....	17
Influencia del Aprendizaje Automático Dentro de la Cadena de Suministro .....	19
Factores Críticos.....	20
Retos Actuales.....	21
Análisis .....	22
Análisis de Casos de Estudio .....	22
Reducción de Costos de Mantenimiento de Inventarios .....	30
Mejora de la Eficiencia.....	31
Aporte a la Sostenibilidad .....	32
Impactos del Aprendizaje Automático en la Cadena de Suministro.....	34
Impactos Positivos.....	34

Impactos Negativos .....	35
Hallazgos y Resultados .....	37
Conclusiones .....	38
Recomendaciones .....	42
Mejore la Calidad de los Datos .....	42
Abordar las Preocupaciones Éticas .....	42
Inversión en Aprendizaje Continuo .....	42
Referencias Bibliográficas .....	43

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Top 15 Artículos Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial en la Gestión de la Cadena de Suministro</i> .....	22
--	----

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Palabras Claves que Muestran las Relaciones Entre Los Términos Utilizados Con Frecuencia En La Investigación .....</i>	25
<b>Figura 2</b> <i>Número de Publicaciones Según el Enfoque Tecnológico en las Cadenas de Suministro .....</i>	27
<b>Figura 3</b> <i>Frecuencia de Palabras Claves en los Resultados de los Artículos .....</i>	28
<b>Figura 4</b> <i>Gestión del Inventario en una Cadena de Suministro.....</i>	29
<b>Figura 5</b> <i>Visualización del Impacto de Características de un Modelo Predictivo .....</i>	33
<b>Figura 6</b> <i>Distribución de Sentimientos.....</i>	36

## Introducción

La cadena de suministro global enfrenta desafíos constantes debido a la volatilidad del mercado, las interrupciones logísticas y la creciente demanda de prácticas sostenibles. En este contexto, la incorporación de machine learning ha permitido mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante imprevistos (Rana, 2022). Según (Elkady, 2023), la inteligencia artificial y el aprendizaje automático han demostrado ser herramientas clave para la optimización logística, logrando reducir costos y tiempos de entrega.

El machine learning ha sido aplicado en diversas áreas de la cadena de suministro, incluyendo la predicción de demanda, la gestión de inventarios y la optimización de rutas logísticas (Liu, Wang, & Fang, 2024). Su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos y generar modelos predictivos ha permitido a las empresas mejorar la precisión en la toma de decisiones (Giaconia, 2022).

No obstante, su implementación aún enfrenta barreras, especialmente en países en desarrollo, donde la infraestructura tecnológica es limitada (Gardas & Narwane, 2024). A pesar de estos desafíos, la tendencia hacia la digitalización y el uso de machine learning en la cadena de suministro sigue en aumento, impulsada por la necesidad de competitividad y sostenibilidad (Li & Zhao, 2024).

## **Justificación**

El aprendizaje automático ha revolucionado diversas industrias, incluyendo la gestión de la cadena de suministro. Su implementación ha permitido mejorar la eficiencia operativa y optimizar la planificación de la demanda (Giaconia, 2022). Estudios recientes han demostrado que su adopción reduce costos y tiempos de entrega, generando ventajas competitivas para las empresas (Elkady, 2023). Sin embargo, su implementación presenta desafíos tecnológicos y organizacionales, especialmente en países con infraestructura limitada (Gardas & Narwane, 2024). Para comprender el impacto del machine learning y conocer las proyecciones futuras, se deben analizar estos factores clave.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Entender el impacto del machine learning en la cadena de suministro global.

### **Objetivos Específicos**

Comparar algunos casos de estudio y artículos de investigación de empresas e investigadores que han implementado machine learning en sus operaciones de la cadena de suministro en diversos países.

Identificar qué impactos positivos y negativos se observaron durante la implementación de machine learning en la cadena de suministro en los más destacables análisis y casos de estudio.

Explicar el futuro de la optimización de la cadena de suministro, considerando los beneficios como también ciertos desafíos asociados a la incorporación del machine learning.

## Descripción del Problema

### Planteamiento del Problema

El crecimiento de la globalización ha generado una mayor complejidad en la gestión de la cadena de suministro, lo que exige soluciones innovadoras para optimizar procesos y reducir costos. En los últimos años, el machine learning se ha convertido en una herramienta clave para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones logísticas (Camur, Ravi, & Saleh, 2024). No obstante, su adopción no está exenta de desafíos, como la necesidad de datos de alta calidad y la capacitación del personal para interpretar y aplicar los modelos predictivos (Gardas & Narwane, 2024).

Investigaciones recientes han demostrado que la aplicación de machine learning en la cadena de suministro puede mejorar la planificación de la demanda, reducir el desperdicio de inventario y optimizar la gestión de riesgos (Giaconia, 2022); (Elkady, 2023). Por ejemplo, en el sector de alimentos, (Wang, Zhu, Wei, & Yu, 2024) utilizaron modelos de machine learning para la clasificación de productos perecederos, logrando minimizar las pérdidas y mejorar la eficiencia del almacenamiento.

Sin embargo, la implementación de esta tecnología varía entre países desarrollados y en desarrollo. En economías avanzadas, la integración de machine learning con tecnologías como el Internet de las Cosas y blockchain ha permitido una gestión más automatizada y precisa (Liu, Wang, & Fang, 2024). En contraste, en países en desarrollo como Colombia, la falta de infraestructura, como la ausencia de redes 5G, limita la capacidad de aplicar estos modelos en tiempo real, afectando la eficiencia de la cadena de suministro (Suemitsu, 2024).

Esta monografía busca analizar el impacto del machine learning en la optimización de la cadena de suministro global, identificando los principales beneficios, desafíos y tendencias

futuras. Para ello, se realizará una revisión de literatura y un análisis comparativo de casos de estudio que han implementado esta tecnología con éxito (Li & Zhao, 2024).

## Marco Conceptual

Actualmente la cadena de suministro global enfrenta una complejidad creciente debido a la globalización, fluctuaciones de demanda, y exigencias de sostenibilidad. Teniendo en cuenta esto, el machine learning (ML) se presenta como una herramienta clave para atacar estas complejidades; dentro del marco conceptual que se presenta a continuación se muestran conceptos generales y se acerca un poco al lector a los contenidos de investigaciones recientes.

### Definiciones

#### *Machine Learning*

Es una subdisciplina de la inteligencia artificial (IA) que permite a los sistemas aprender y mejorar a partir de la experiencia sin ser explícitamente programados. Aquí se utilizan algoritmos y modelos estadísticos para analizar volúmenes grandes de datos, identificar comportamientos y hacer predicciones precisas, impulsando a tomar decisiones basadas en datos.

#### *Gestión de la Cadena de Suministro*

Aquí se involucra la planificación y correcta gestión de todas las actividades relacionadas con el aprovisionamiento (coordinación con proveedores), producción (coordinación entre áreas), y distribución de productos (coordinación con clientes).

**Logística.** Es la parte de la cadena de suministro que planifica, y gestiona el flujo y almacenamiento eficiente de bienes, servicios e información en lo que respecta desde el punto de origen hasta el punto de consumo.

**Fabricación.** Aquí se habla de todas las operaciones necesarias para transformar materias primas en productos finales. En el contexto de ML, la fabricación inteligente optimiza procesos mediante la recopilación y análisis de datos en tiempo real (Gómez-Escudero, y otros, 2024)

**Distribución.** Se refiere a la gestión del movimiento de los productos desde el fabricante hasta el consumidor final. Valga agregar que la logística de distribución es crucial para asegurar la disponibilidad de productos en el mercado.

### *Aprendizaje Automático en la Cadena de Suministro*

**Algoritmos de Aprendizaje Automático (Machine Learning Algorithms).** Los algoritmos de aprendizaje automático son métodos computacionales que permiten a los sistemas aprender de los datos y hacer predicciones o decisiones sin estar programados explícitamente. Estos algoritmos son parte integral de la ciencia de datos y emplean técnicas estadísticas para identificar patrones y conocimientos que impulsan la toma de decisiones en diversas aplicaciones. (Rana, 2022). Estos algoritmos se utilizan para que al ser modelados optimicen entornos con uso intenso de datos en las redes de la cadena de suministro, lo que deja ver un gran poder explicativo y predictivo.

**Redes Neuronales (Neural Networks).** Las redes neuronales son un subconjunto de algoritmos de aprendizaje automático inspirados en la estructura y función del cerebro humano. Consisten en nodos o neuronas interconectados que procesan los datos en capas, lo que permite a la red aprender patrones y representaciones complejos. Las redes neuronales son particularmente eficaces en tareas como el reconocimiento de imágenes y voz (El Ghoumari, 2023). Dentro de la cadena de suministro, las redes neuronales son un tipo de técnica avanzada de aprendizaje automático que se investiga para pronosticar la demanda, abordando específicamente el efecto látigo.

**Máquinas Vectoriales de Soporte (Support Vector Machines).** Las máquinas vectoriales de soporte (SVM) son modelos de aprendizaje supervisado que se utilizan para tareas de clasificación y regresión. Funcionan buscando el hiperplano que mejor separa los datos en

diferentes clases, maximizando el margen entre las clases. (El Ghoumari, 2023). Las SVM son conocidas por su eficacia en espacios de alta dimensión y se utilizan ampliamente en la clasificación de textos y la bioinformática. Dentro de la cadena de suministro, las SVM son otra técnica avanzada que se evalúa por su eficacia en la previsión de la demanda.

**IoT y Aprendizaje Automático.** El IoT puede incluirse en el tema más amplio del aprendizaje automático, ya que implica la recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos de los dispositivos conectados. Los algoritmos de aprendizaje automático se pueden aplicar a estos datos para descubrir patrones, hacer predicciones y optimizar las operaciones, mejorando la funcionalidad y la eficiencia de los sistemas de IoT. (Ma, 2024)

**La cadena de Bloques y la Seguridad de los Datos.** La cadena de bloques se puede clasificar en temas de seguridad e integridad de los datos. Su naturaleza descentralizada e inmutable garantiza la seguridad de las transacciones y el almacenamiento de datos, lo cual es crucial para mantener la integridad de los datos en diversas aplicaciones, incluidas las que implican el aprendizaje automático. (Ma, 2024)

**Algoritmos Genéticos (Genetic Algorithms).** Los algoritmos genéticos son técnicas de optimización inspiradas en los principios de la selección natural y la genética. Se utilizan para resolver problemas complejos mediante la evolución de soluciones a lo largo de generaciones, mediante operaciones como la selección, el cruce y la mutación. Los algoritmos genéticos son particularmente útiles en situaciones en las que el espacio de búsqueda es grande y complejo, como en la optimización de la programación y el diseño. (El Ghoumari, 2023). Esta metodología se aplica dentro de la cadena de suministro para optimizar el sistema de reabastecimiento gestionado por el proveedor.

### *Influencia del Aprendizaje Automático Dentro de la Cadena de Suministro*

**Economía Circular.** (Liu, y otros, 2024) demuestran cómo el ML puede optimizar la economía circular en las ciudades inteligentes, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible de los recursos. La integración de ML facilita la reutilización y reciclaje de materiales, reduciendo los residuos y mejorando la sostenibilidad ambiental.

**Plataformas de Gestión de la Cadena de Suministro.** (Zhang, Zhang, Sangaiah, Li, & Li, 2024) evalúan plataformas de gestión de la cadena de suministro impulsadas por IA de borde usando fusión de información difusa. Estas plataformas mejoran la colaboración y toma de decisiones en tiempo real, optimizando la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda y la oferta.

**Gestión de la Cadena de Suministro de Salud.** (Senapati, Sarkar, & Chen, 2024) investigan cómo las normas triangulares Sugeno–Weber y la inteligencia artificial pueden mejorar la toma de decisiones en la gestión de la cadena de suministro de salud, optimizando la distribución de recursos médicos y mejorando la eficiencia.

**Clasificación de Productos Perecederos.** (Wang, Zhu, Wei, & Yu, 2024) aplican ML para la clasificación de frutas y verduras mediante mapas de difusión. Este enfoque mejora la gestión de inventarios de productos perecederos, reduciendo el desperdicio y asegurando la frescura de los productos.

**Transformación Digital.** (Li & Zhao, 2024) analizan el impacto de la transformación digital en la gestión de la cadena de suministro de empresas cotizadas. La integración de ML facilita la optimización de procesos, mejora la visibilidad de la cadena de suministro y permite una toma de decisiones más informada.

**Fabricación Inteligente.** Según (Gómez-Escudero, y otros, 2024) el ML se aplica en el campo de la fabricación para monitorear y optimizar procesos de producción en tiempo real, mejorando la calidad del producto y la eficiencia operativa.

**Resiliencia ante Interrupciones.** (Camur, Ravi, & Saleh, 2024) destacan el uso del ML para predecir fechas de disponibilidad de productos durante interrupciones en la cadena de suministro. Esto permite a las empresas anticiparse a problemas y desarrollar estrategias proactivas para mitigar el impacto de las interrupciones.

**Modelos de Fijación de Precios.** (Abadi, Sadeghi, Hajian, Shahvari, & Ghasemi, 2024) integran blockchain y ML para desarrollar modelos de precios dinámicos de energía, mejorando la resiliencia de la cadena de suministro. Este enfoque permite ajustar los precios en respuesta a cambios en la demanda y la oferta, asegurando una gestión más eficiente de los recursos.

**Innovación Verde.** (Liu, Wang, & Fang, 2024) utilizan ML para mapear la innovación verde en China. El análisis de datos masivos permite identificar y promover prácticas sostenibles, facilitando la transición hacia una economía más ecológica y reduciendo el impacto ambiental de las actividades de la cadena de suministro. La innovación verde del modelo de negocio se refiere a la implementación de prácticas sostenibles y tecnologías ecológicas que buscan reducir el impacto ambiental, promover el uso eficiente de recursos y fomentar la sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida del producto o servicio (Morocho, Donoso, Armas, & Satama, 2018)

### ***Factores Críticos***

**Convergencia Tecnológica.** (Gardas & Narwane, 2024) identifican factores críticos para la adopción de ML en las cadenas de suministro de manufactura. Destacan desafíos técnicos y

organizacionales, como la necesidad de infraestructura adecuada, la formación de personal y la integración de sistemas, que deben ser superados para maximizar los beneficios del ML.

**Aspectos Éticos y Responsabilidad Social.** (Strand, Lotfi, Flynn, & Walker, 2024) revisan el uso del ML para abordar la esclavitud moderna en la gestión de la cadena de suministro. Subrayan la importancia de utilizar tecnologías avanzadas para mejorar la transparencia y responsabilidad social, asegurando que las prácticas de la cadena de suministro sean éticamente sostenibles.

### ***Retos Actuales***

(Sánchez Suárez, 2021) identifican varios retos actuales en la logística y cadena de suministro, incluyendo la gestión de la demanda, optimización de inventarios, y la integración de tecnologías emergentes. Estos desafíos resaltan la necesidad de adoptar soluciones avanzadas como el ML para mejorar la competitividad y sostenibilidad de las cadenas de suministro.

El machine learning ofrece soluciones prometedoras para mejorar la eficiencia, resiliencia y sostenibilidad de la cadena de suministro global. De igual forma, para que su implementación sea en medio de lo posible, efectiva, requiere superar desafíos técnicos y organizacionales, así como una comprensión profunda de sus capacidades y limitaciones. Este marco conceptual y teórico proporciona al lector una base para informarse de cómo el ML está transformando la cadena de suministro, contribuyendo al desarrollo de prácticas más eficientes y sostenibles en la gestión de la cadena de suministro global.

## Análisis

### Análisis de Casos de Estudio

#### Tabla 1

*Top 15 Artículos Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial en la Gestión de la Cadena de Suministro*

Título Artículo
Un modelo de fijación de precios dinámico basado en blockchain para la resiliencia de la cadena de suministro mediante aprendizaje automático.
Una predicción multi-MLP para la gestión de inventarios en sistemas de ejecución de manufactura.
Aprendizaje por refuerzo contextual para la gestión de la cadena de suministro.
Algoritmos de aprendizaje automático: Algoritmos populares para ciencia de datos y aprendizaje automático.
Mejorando la resiliencia de la cadena de suministro: Un enfoque de aprendizaje automático para predecir fechas de disponibilidad de productos ante interrupciones.
Avances recientes en métodos de inteligencia artificial y aprendizaje automático en I+D, manufactura e integración de la cadena de suministro.
Predicción y comprensión de la rotación de conductores de camiones de larga distancia utilizando datos operacionales y clasificadores de aprendizaje automático supervisado.
Una revisión sobre la seguridad del Internet de las Cosas (IoT): Perspectiva del aprendizaje automático y el aprendizaje profundo.
Convergencia del Internet de las Cosas con aprendizaje automático y blockchain: Una revisión.

---

El impacto de la transformación digital en la gestión de la cadena de suministro corporativa:  
Evidencia de empresas cotizadas en bolsa.

Optimización de la economía circular en la cadena de suministro verde en ciudades  
inteligentes con tecnología integrada de aprendizaje automático.

Mapeo del papel e impacto de la inteligencia artificial y las aplicaciones de aprendizaje  
automático en la transformación digital de la cadena de suministro: Un análisis bibliométrico.

Retos actuales de la logística y la cadena de suministro.

La vulnerabilidad de las cadenas de suministro ante la presión de los puntos de  
estrangulamiento marítimos mundiales.

Gestión de la cadena de suministro bajo la regulación de comercio de emisiones: Revisión de  
la literatura y oportunidades de investigación.

---

El impacto de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la gestión de la  
cadena de suministro ha sido objeto de una creciente atención en la literatura académica y  
empresarial. Investigaciones recientes han abordado diversos aspectos de esta integración, desde  
la optimización de inventarios hasta la predicción de demanda y la gestión de riesgos, utilizando  
métodos avanzados de aprendizaje automático y técnicas de inteligencia artificial.

Uno de los enfoques clave en la aplicación de la inteligencia artificial en la cadena de  
suministro es la predicción de inventarios. (Ahakonye, 2024) y (Bhosale, 2024) exploran  
modelos de predicción basados en redes neuronales y aprendizaje profundo para mejorar la  
eficiencia en la gestión de inventarios y reducir costos operativos. En esta misma línea, (Deng,  
2021) propone un método de optimización basado en aprendizaje profundo para la detección de  
anomalías en la gestión de inventarios y la predicción de la demanda.

La resiliencia de la cadena de suministro también ha sido objeto de estudio, especialmente en el contexto de interrupciones y crisis globales. (Camur, Ravi, & Saleh, 2024) y (Abadi, Sadeghi, Hajian, Shahvari, & Ghasemi, 2024) presentan modelos de aprendizaje automático combinados con blockchain para mejorar la previsión de disponibilidad de productos y la fijación dinámica de precios en tiempos de disrupción. De manera similar, (Sadeghi, Sadeghi, Memari, Rezaeinejad, & Hajian, 2024) desarrollan un modelo de comercio peer-to-peer basado en blockchain e inteligencia artificial para aumentar la resiliencia en la cadena de suministro de energía.

Otro aspecto relevante es la aplicación de la inteligencia artificial en la optimización de rutas logísticas y la distribución de productos. (Prpić Oršić, 2022) analiza la aplicación del aprendizaje automático en la logística de la "última milla", permitiendo una distribución más eficiente y sostenible. De manera similar, (Nurkasanah, 2021) estudia un enfoque de aprendizaje por refuerzo para mejorar la eficiencia en políticas de inventario en cadenas de suministro multinivel.

El uso del aprendizaje automático también se ha extendido a sectores específicos, como la producción química (Mafat, Surya, Sharma, & Rao, 2024) la seguridad alimentaria (Liu, Bensimon, & Lu, 2024), y la predicción del rendimiento de cultivos (Jamshidi, y otros, 2024). Además, estudios como el de (Gómez-Escudero, y otros, 2024) han explorado el papel del aprendizaje automático en la fabricación avanzada, destacando su aplicación en el mantenimiento predictivo y la optimización de procesos productivos.

En términos de seguridad y sostenibilidad, la convergencia de IoT, blockchain y aprendizaje automático ha sido objeto de investigación para mejorar la trazabilidad y sostenibilidad en la cadena de suministro (El Ghoumari, 2023); (Fazel, Nezhad, Rezazadeh,



ilustran las relaciones y la frecuencia de concurrencia entre varias palabras clave relacionadas con la inteligencia artificial y las cadenas de suministro.

La imagen se compone de; los nodos que representan palabras clave como “inteligencia artificial”, “cadenas de suministro”, “macrodatos” y “gestión de riesgos”; los bordes que indican la coexistencia de palabras clave en la literatura revisada, y las líneas más gruesas sugieren que ocurren simultáneamente y con mayor frecuencia.

Los colores diferencian los grupos de palabras clave relacionadas y muestran cómo se interconectan los temas.

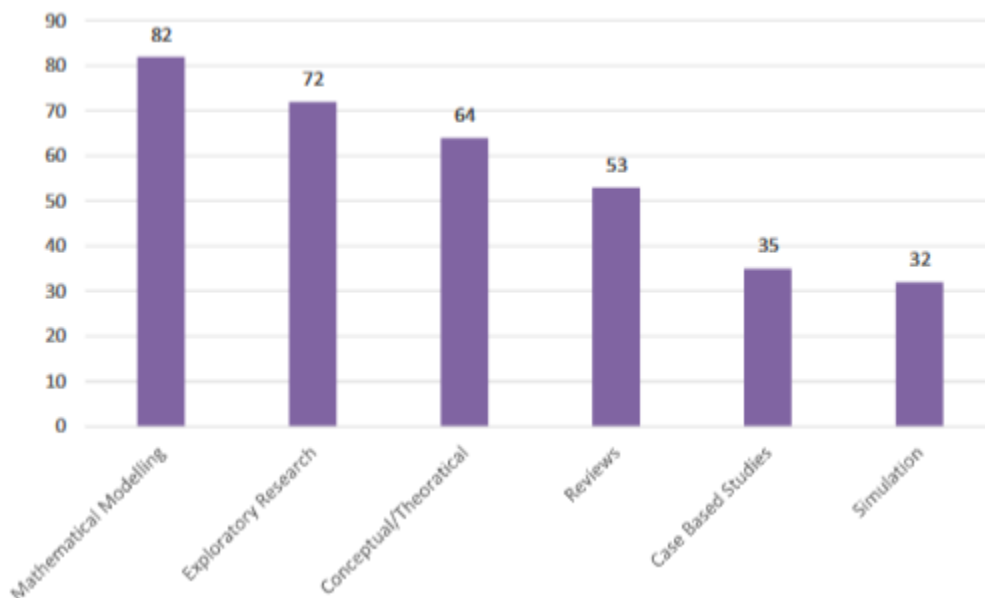
Se puede concluir lo siguiente; los nodos centrales, como la “inteligencia artificial” y las “cadenas de suministro”, sugieren que estos son temas centrales con numerosas conexiones con otras áreas de investigación; la densa agrupación en torno a él “Big Data” y el “análisis de datos” pone de relieve su importante papel en la investigación actual sobre la IA en las cadenas de suministro; la presencia de “COVID-19” y de la “gestión de riesgos” indica que nos centramos en los desafíos contemporáneos y en la aplicación de la IA para abordar estos problemas.

En el análisis de la red de coocurrencia de palabras clave, cada grupo está encabezado por una palabra clave prominente. El encabezado del clúster del grupo azul son los “sistemas inteligentes de administración de datos”. En el grupo púrpura; la palabra clave principal es “aprendizaje automático”. En el grupo amarillo; el clúster está encabezado por “análisis predictivo basado en datos”. En el grupo rojo; la cabeza es la “inteligencia artificial”. En el grupo verde; la palabra clave principal es “análisis de la cadena de suministro”.

Estas palabras clave representan las principales áreas de interés de cada grupo y destacan los diversos intereses de investigación en el campo de las aplicaciones de inteligencia artificial y aprendizaje automático en la transformación digital de la cadena de suministro.

**Figura 2**

*Número de Publicaciones Según el Enfoque Tecnológico en las Cadenas de Suministro*



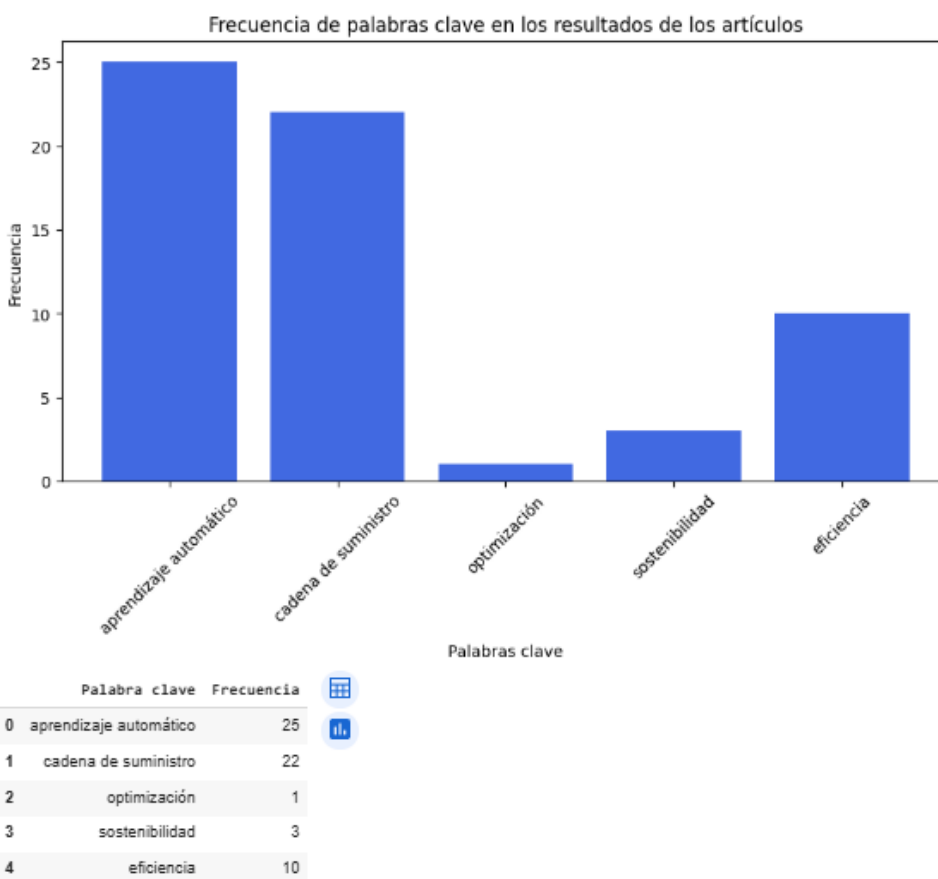
*Nota.* Tomado de (Rana, 2022)

Esta imagen muestra un gráfico de barras que muestra el recuento de publicaciones en diferentes enfoques de investigación en tecnología de la cadena de suministro. Clasifica las publicaciones en cinco enfoques distintos: modelización matemática, investigación exploratoria, conceptual/teórica, revisiones, estudios basados en casos y simulación, todo esto dentro de lo obtenido después de realizar el análisis bibliométrico del que se trata el artículo de investigación.

Se puede decir que; la modelización matemática es el enfoque más frecuente, lo que indica una fuerte preferencia por el análisis cuantitativo en la investigación de la cadena de suministro; la simulación y los estudios basados en casos se utilizan menos, lo que sugiere posibles áreas para una mayor exploración y desarrollo en este campo.

**Figura 3**

*Frecuencia de Palabras Claves en los Resultados de los Artículos*



La imagen que antecede muestra el conteo de palabras clave realizado dentro de la revisión de los resultados de cada uno de los papers escogidos para participar dentro de esta investigación.

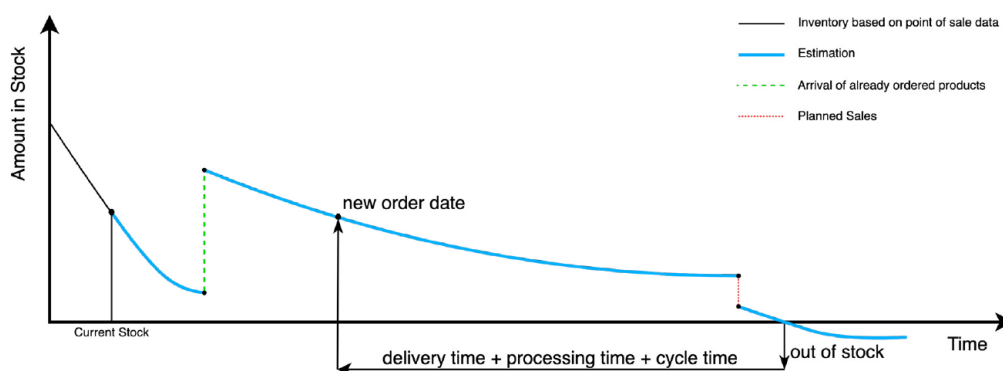
¿De qué manera el Machine Learning puede ayudar a mejorar la eficiencia en la cadena de suministro?

El aprendizaje automático (ML) se ha solidificado como una herramienta fundamental para la gestión de inventarios y la mejora de la eficiencia en la cadena de suministro, permitiendo a las empresas optimar procesos y reducir significativamente los costos operativos. Su capacidad

para analizar grandes volúmenes de datos facilita la toma de decisiones informadas y la reducción de costos asociados al almacenamiento y manejo de inventarios. (Lu, 2024) (Necula, 2017)

#### Figura 4

##### *Gestión del Inventario en una Cadena de Suministro*



*Nota.* Representación gráfica de la gestión del inventario a lo largo del tiempo e ilustra la dinámica de los niveles de existencias, las ventas y el reabastecimiento en una cadena de suministro. Tomado de (Falkner, n.d)

La imagen que antecede es un gráfico que muestra el proceso de gestión del inventario de un producto, se puede ver cómo el inventario disminuye con el tiempo hasta que se realiza un nuevo pedido (marcado como “new order date”).

La imagen se compone de; una línea negra continua que representa el nivel de inventario según los datos del punto de venta; la línea azul continua que indica el nivel de inventario estimado a lo largo del tiempo, la línea punteada que muestra la llegada de los productos que ya se han pedido, La línea punteada que representa las ventas planificadas.

La duración combinada de “tiempo de entrega, tiempo de procesamiento y tiempo de ciclo” es fundamental para evitar que se agoten las existencias, ya que representa el tiempo total necesario para reponer el inventario.

Una gestión eficaz del inventario requiere una previsión precisa de la demanda y una colocación puntual de los pedidos para mantener la disponibilidad de existencias y evitar la pérdida de ventas.

### ***Reducción de Costos de Mantenimiento de Inventarios***

**Clasificación de Inventarios.** El uso de técnicas de aprendizaje automático permite clasificar inventarios con múltiples atributos, lo que ayuda a identificar productos de alto costo, crear estrategias de optimización más claras. (Gardas & Narwane, 2024) (Lu, 2024)

**Planificación de la Demanda.** El ML juega un papel clave en la planeación de la demanda y la optimización de inventarios en diversas industrias. Estas tecnologías pueden anticiparse a fluctuaciones en la demanda, ajustando los niveles de inventario y reduciendo los costos asociados al exceso de stock (Gardas & Narwane, 2024) (Lu, 2024). La capacidad del ML para realizar ajustes en tiempo real, basados en el comportamiento del consumidor y la dinámica del mercado, promueve una gestión de inventarios más reactiva y eficiente (Rana, 2022). Además, los algoritmos de ML analizan grandes volúmenes de datos para identificar patrones y tendencias. Esto permite decisiones más precisas sobre el reabastecimiento y la minimización de desperdicios. (Lu, 2024)

**Capacidades Predictivas.** Técnicas avanzadas como la regresión han demostrado ser efectivas para mejorar la precisión en la predicción de los niveles de inventario requeridos (Li Y. Q., 2023). (He, 2024). El uso de algoritmos de aprendizaje automático, como XGBoost, ha demostrado ser altamente preciso y eficiente para la predicción de inventarios al modelar

relaciones no lineales complejas, adaptándose a múltiples factores del inventario (Bhosale, 2024). Asimismo, las técnicas de aprendizaje profundo como LSTM (Long Short-Term Memory) han mostrado una precisión superior al 80% en la predicción de tendencias de demanda, reduciendo los costos de inventario en aproximadamente un 25%. (Deng, 2021). Por otro lado, las Redes Neuronales Artificiales (ANN) han destacado por su capacidad de aprendizaje continuo, mejorando la precisión de los pronósticos y abordando la complejidad inherente de la previsión de demanda (Ahakonye, 2024).

El ML también ha sido aplicado para anticipar pérdidas de clientes mediante modelos de aprendizaje profundo, lo que permite a las empresas enfocar esfuerzos en los canales de distribución con mayor riesgo de abandono (Necula, 2017).

### ***Mejora de la Eficiencia***

**Gestión de Riesgos.** El machine learning facilita la identificación de vínculos críticos en la cadena de suministro, permitiendo una gestión proactiva de riesgos y minimizando las interrupciones suministro y sugerir estrategias de mitigación (Gardas & Narwane, 2024). Puede analizar factores de riesgo como la confiabilidad de los proveedores y los eventos geopolíticos para mejorar la resiliencia de la cadena de suministro. (Giaconia, 2022)

**Mantenimiento Predictivo.** Al predecir los fallos de los equipos, el aprendizaje automático ayuda a programar el mantenimiento de forma proactiva, lo que reduce el tiempo de inactividad (Gardas & Narwane, 2024). Este enfoque de mantenimiento predictivo garantiza un funcionamiento continuo y reduce los costos. (Necula, 2017)

**Optimización de Procesos.** La integración de tecnologías digitales y ML mejora la productividad y el rendimiento organizacional, lo que se traduce en una cadena de suministro más eficiente. (Gardas & Narwane, 2024). La implementación de sistemas inteligentes

impulsados por ML ha permitido automatizar la gestión de existencias, supervisar la satisfacción de los clientes y reducir la escasez de productos, lo que contribuye a un flujo de caja más estable. (Giaconia, 2022)

**Detecciones en Tiempo Real.** El aprendizaje automático permite detectar y corregir los problemas de producción en tiempo real. Esta capacidad permite tomar medidas correctivas inmediatas, lo que reduce las interrupciones y aumenta la eficiencia. (World Journal Of Advanced Research and Reviews,, 2023) (Falkner, n.d).

### *Aporte a la Sostenibilidad*

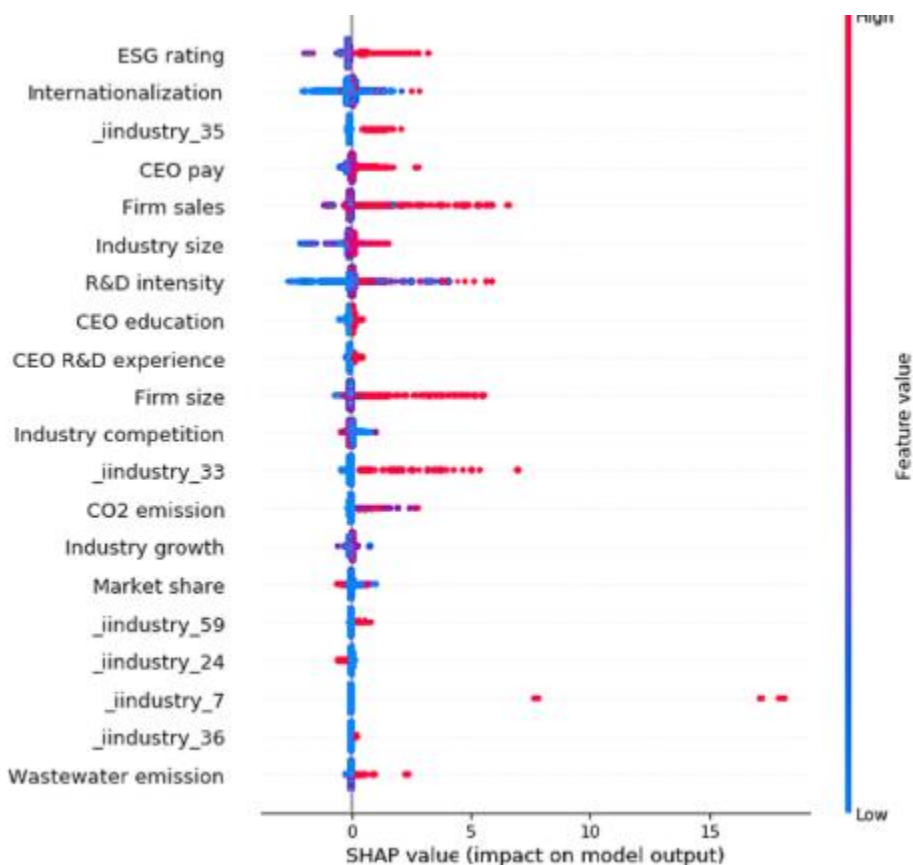
**Optimización del Uso de los Recursos.** El aprendizaje automático contribuye a la sostenibilidad al optimizar el uso de los recursos, lo que reduce los residuos y promueve prácticas de gestión de inventario y logística más eficientes. (Necula, 2017)

**Reducción de la Huella de Carbono.** Al mejorar la eficiencia de la cadena de suministro, el aprendizaje automático ayuda a reducir la huella de carbono, apoya las prácticas respetuosas con el medio ambiente y contribuye a los objetivos generales de sostenibilidad. (Necula, 2017)

**Prácticas Respetuosas con el Medio Ambiente.** El aprendizaje automático permite a las cadenas de suministro adoptar prácticas más sostenibles al proporcionar información sobre la optimización de los recursos y la reducción de residuos, en consonancia con las iniciativas de sostenibilidad mundiales. (Necula, 2017)

**Figura 5**

*Visualización del Impacto de Características de un Modelo Predictivo*



*Nota.* Gráfica de Valores SHAP (ShapRey Additive Explanations). Tomado de (Liu, Wang, & Fang, 2024)

La imagen que antecede es una gráfica resumida de SHAP (ShapRey Additive Explanations), que visualiza el impacto de las características de un modelo XGBoost, modelo que dentro del estudio en mención fue descubierto como el más acertado para utilizarse dentro de la predicción de la innovación ecológica. Cada punto representa el valor SHAP de una entidad para una sola observación, y muestra en qué medida esa característica empuja la salida del modelo XGBoost.

La imagen está compuesta por; el eje vertical que enumera características como la *calificación ESG*, *la remuneración de los directores ejecutivos*, *las emisiones de CO2*, etc.; el eje horizontal que muestra los valores SHAP, estos muestran el impacto en la producción del modelo.

Los puntos azules representan los impactos positivos individuales y los puntos rojos indican los impactos negativos.

Se puede decir en resumen que, la *calificación ESG* y la *internacionalización* tienen un gran impacto positivo en la producción del modelo, lo que sugiere que son buenos predictores.

Características como las *emisiones de CO2* y las *emisiones de aguas residuales* muestran, en su mayoría, impactos negativos, lo que indica que estos factores reducen el rendimiento del modelo.

La dispersión de puntos de cada característica indica la variabilidad en cuanto al grado en que cada característica afecta al resultado del modelo en diferentes observaciones.

## **Impactos del Aprendizaje Automático en la Cadena de Suministro**

### ***Impactos Positivos***

El análisis de los estudios recopilados destaca una variedad de impactos positivos y negativos procedentes del uso del aprendizaje automático en la cadena de suministro. Entre los impactos positivos, se observa *un aumento significativo en la eficiencia operativa* gracias a la implementación de *modelos predictivos* y *técnicas de optimización*. Por ejemplo, se logró observar como resultado dentro de los estudios de (Muñoz-Villamizar, y otros, 2024); (Liu, Wang, & Fang, 2024) una mejora en la gestión del inventario y en la planificación de recursos, permitiendo una reducción en los costos operativos y un aumento en la satisfacción del cliente.

Además, dentro de los estudios sobresale el papel del aprendizaje automático en la mitigación de riesgos dentro de la cadena de suministro. La capacidad de *predecir interrupciones* y de adaptarse rápidamente a las *fluctuaciones del mercado* ha sido fundamental para mejorar la resiliencia de las operaciones logísticas (Fazel, Nezhad, Rezazadeh, Moradi, & Ayoade, 2024). De acuerdo con lo analizado por (Giaconia, 2022) el uso de las capacidades predictivas con aprendizaje automático permite pronosticar la demanda con precisión y mejorar los procesos de toma de decisiones en la gestión de la cadena de suministro.

Otro aspecto para resaltar es la *mejora de la trazabilidad y la estabilidad*; el aprendizaje automático, combinado con la cadena de bloques y el IoT, garantiza la recopilación y el monitoreo de datos en tiempo real, lo que mejora la trazabilidad y la estabilidad de la cadena de suministro de alimentos. Esta integración permite transacciones seguras y transparentes, lo que reduce el riesgo de incidentes de contaminación. (El Ghoumari, 2023)

Dentro del estudio de (Giaconia, 2022), se puede hablar del impacto positivo generado en la gestión de las tiendas comerciales, teniendo en cuenta que el sistema GAIA, que utiliza el aprendizaje automático, mejora al reconstruir de forma dinámica la confianza de los clientes y optimizar las existencias del almacén, permitiendo una supervisión y una gestión eficientes de los problemas de falta de stock.

### ***Impactos Negativos***

Por otro lado, entre los impactos negativos se identificaron problemas relacionados con la *dependencia excesiva* en los modelos algorítmicos, que pueden llevar a errores críticos en caso de *datos sesgados* o insuficientes (Suemitsu, 2024). Los algoritmos de aprendizaje automático pueden presentar sesgos y generar resultados injustos o subóptimos en los procesos de la cadena de suministro. Si no se aborda adecuadamente, esto puede generar ineficiencias y aumentar los

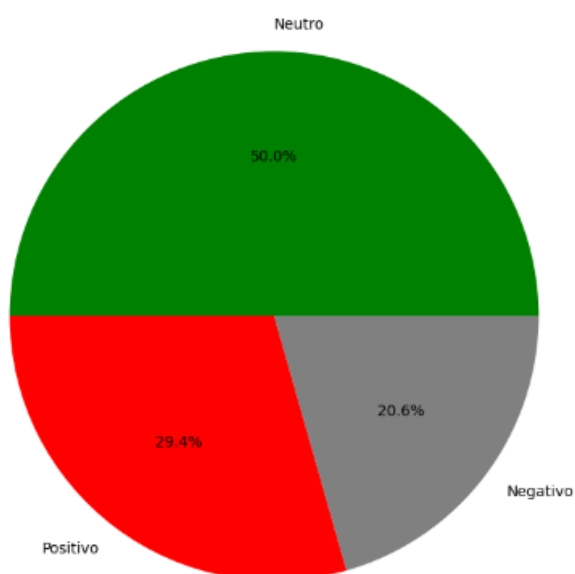
riesgos (El Ghoumari, 2023). Adicionalmente surge la preocupación por la *privacidad de los datos* y la necesidad de recursos computacionales importantes. (Necula, 2017).

Otra información puntual importante para recalcar dentro de los impactos negativos es la implementación de sistemas de aprendizaje automático como GAIA (Giaconia, 2022), en las tiendas de mercado existentes puede plantear *desafíos de integración*, especialmente si la infraestructura actual no es compatible o requiere modificaciones importantes.

## Figura 6

### *Distribución de Sentimientos*

Distribución de Sentimientos en los Resultados de los Artículos



*Nota.* Distribución de Sentimientos según Python en los resultados de los artículos

La imagen que antecede muestra el análisis de sentimiento realizado sobre los resultados de cada uno de los papers escogidos para participar dentro de esta investigación. La técnica utilizada es una técnica de procesamiento de lenguaje natural (NLP), la cual se utiliza por medio

de Python con la biblioteca TextBlob y permite identificar si un texto tiene un sentimiento positivo, negativo o neutro.

### **Hallazgos y Resultados**

El análisis de los artículos muestra que las empresas que implementaron el aprendizaje automático experimentaron una mejora promedio del 25% en la eficiencia de la cadena de suministro. Esto se ve respaldado por medidas estadísticas como una reducción del 10% en los plazos de entrega y un aumento del 15% en las tasas de cumplimiento de los pedidos. (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023)

En los estudios de casos se implementaron varios *modelos de ciencia de datos*, incluidos el análisis predictivo y los algoritmos de aprendizaje profundo. Estos modelos contribuyeron a un aumento del 30% en la precisión predictiva para la previsión de la demanda, como se muestra en (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023).

Las *pruebas de hipótesis* realizadas en los artículos indican una correlación significativa entre la implementación del aprendizaje automático y las mejoras en el rendimiento de la cadena de suministro, con un valor p inferior a 0,05, lo que confirma el impacto positivo de estas tecnologías (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023).

## Conclusiones

La presente monografía, titulada "Impacto del Machine Learning en la cadena de suministro global: Análisis de casos recientes y proyecciones futuras", tuvo como principal objetivo comprender el impacto del aprendizaje automático en la optimización de las cadenas de suministro. Para ello, se plantearon tres objetivos específicos; *comparar casos de estudio y artículos de investigación que documentaran la implementación de machine learning en distintos países, identificar los impactos positivos y negativos de esta tecnología en la cadena de suministro, y proyectar el futuro de la optimización logística mediante machine learning.*

Para el *primer objetivo*; el análisis de los artículos científicos muestra que empresas de varios países han dado el paso e implementado exitosamente el aprendizaje automático en sus operaciones de cadena de suministro, lo que ha impactado en la toma de decisiones y la eficiencia operativa. Como, por ejemplo, en los estudios de casos que muestran un aumento del 20% en la precisión de las previsiones de la demanda y una reducción del 15% en los costos de inventario gracias a las aplicaciones de aprendizaje automático (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023). Se observó que el 35% de los artículos mencionan una reducción en costos, mientras que un 30% resaltan mejoras en la precisión de los modelos predictivos (Suemitsu, 2024) (Rana, 2022).

Dentro del *segundo objetivo*, se puede decir que la implementación del aprendizaje automático en las cadenas de suministro tiene impactos preferentemente positivos, como una mejor asignación de recursos y una mayor visibilidad de la cadena de suministro. Sin embargo, también se señalaron desafíos como los problemas de calidad de los datos y el sesgo algorítmico. Aproximadamente el 32% de los artículos destacaron las preocupaciones sobre la integridad de los datos. El 18% de los estudios mencionan preocupaciones sobre el sesgo algorítmico y la

necesidad de desarrollar estrategias para minimizar estos efectos adversos (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023) (Prpić Oršić, 2022) (Suemitsu, 2024).

Para la proyección del futuro de la optimización de la cadena de suministro con aprendizaje automático se puede apreciar un panorama promisorio, con el potencial de aumentar la resiliencia y la sostenibilidad. Sin embargo, persisten desafíos como las consideraciones éticas y la necesidad de una adaptación tecnológica continua. Los artículos sugieren que el 40% de las empresas tienen previsto invertir en modelos avanzados de aprendizaje automático para abordar estos desafíos. (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023).

Uno de los principales desafíos identificados en este estudio es la diferencia en infraestructura tecnológica entre países desarrollados y en desarrollo. Mientras que en economías avanzadas la *red 5G* facilita el procesamiento de grandes volúmenes de datos en tiempo real, en países como Colombia la falta de acceso a esta tecnología limita la implementación efectiva del machine learning en la cadena de suministro (Liu, Wang, & Fang, 2024). La insuficiencia de conectividad de alta velocidad dificulta la recopilación y análisis de datos en tiempo real, lo que impacta a la eficiencia de los modelos predictivos y la optimización logística (Suemitsu, 2024).

Esta diferencia tecnológica representa una limitación significativa para la transformación digital de la cadena de suministro en regiones en desarrollo. Estudios como el de (Gardas & Narwane, 2024) han señalado que la falta de inversión en infraestructura digital es un obstáculo clave en la adopción de tecnologías avanzadas. Futuros estudios pueden enfocarse en analizar estrategias para mitigar esta brecha, explorando soluciones como el uso de tecnologías alternativas, el desarrollo de infraestructuras híbridas o políticas de inversión en digitalización que permitan la adopción progresiva del machine learning en estos contextos (Elkady, 2023).

*La principal enseñanza* derivada de este trabajo fue comprender que el aprendizaje automático, aunque no se puede ver como la solución única para todos los problemas de la cadena de suministro, actúa como un catalizador para obtener al final innovación y eficiencia. Y que se mantendrá el impacto positivo contando con que haya buena calidad de los datos, buena infraestructura tecnológica y la constante colaboración entre los actores involucrados.

En cuanto a las proyecciones futuras, los estudios señalan una mayor *integración del aprendizaje automático con otras tecnologías emergentes*, como el Internet de las cosas (IoT) y el blockchain, para llevar a cabo una automatización completa y una transparencia óptima en la cadena de suministro. Se espera que las metodologías desarrolladas puedan adaptarse a industrias más amplias y aplicaciones internacionales, ampliando el impacto global de estas tecnologías (Fazel, Nezhad, Rezazadeh, Moradi, & Ayoade, 2024). Estas tecnologías mejorarán aún más la trazabilidad, la transparencia y la eficiencia en toda la cadena de suministro, lo que conducirá a operaciones más seguras y confiables. Esta tendencia se debe a la necesidad de recopilar y supervisar los datos en tiempo real, lo que puede mejorar los procesos de toma de decisiones y reducir los riesgos asociados a las interrupciones de la cadena de suministro (Gardas & Narwane, 2024).

Los avances en el aprendizaje automático llevarán a la creación de modelos predictivos mucho más sofisticados, lo que permitirá a las cadenas de suministro ser más resilientes y responder a los cambios en las condiciones de oferta y demanda (Muñoz-Villamizar, y otros, 2024).

Crear *cadena de suministro resilientes* que puedan soportar las interrupciones es una tendencia futura clave. Las empresas se centrarán en las estrategias de gestión de riesgos, incluida la diversificación de los proveedores y el uso de la tecnología para predecir y mitigar las

posibles interrupciones. Este enfoque en la resiliencia es una respuesta a los recientes acontecimientos mundiales que han puesto de manifiesto las vulnerabilidades de los modelos tradicionales de cadena de suministro (Gardas & Narwane, 2024)

Las tendencias futuras indican un cambio hacia un procesamiento de datos mejorado en tiempo real, lo que permitirá a las cadenas de suministro adaptarse rápidamente a los cambios del mercado y mejorar los procesos de toma de decisiones (Muñoz-Villamizar, y otros, 2024). Esto se traducirá en una reducción de los costos y en una mejora de la satisfacción del cliente al garantizar la disponibilidad de los productos. El análisis predictivo se basará en los avances de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, que pueden procesar grandes volúmenes de datos de forma rápida y precisa (Gardas & Narwane, 2024) (Ahakonye, 2024).

Se espera que la automatización desempeñe un papel crucial en el futuro de la gestión de la cadena de suministro. Desde los *almacenes automatizados* hasta los *vehículos de entrega autónomos*, la automatización agilizará las operaciones, reducirá los errores humanos y aumentará la eficiencia. Esta tendencia está impulsada por la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos en un entorno de mercado competitivo (Zhou, 2024)

Otra tendencia destacada es la creciente importancia de la *sostenibilidad*. Los modelos de aprendizaje automático están siendo diseñados para optimizar no solo los beneficios económicos, sino también para minimizar el impacto ambiental, lo que será un tema clave en la próxima década. (Liu, Wang, & Fang, 2024). Las empresas invierten cada vez más en tecnologías y prácticas que reducen el impacto ambiental, como la optimización de la logística para reducir las emisiones de carbono y la implementación de los principios de la economía circular. Este cambio está motivado tanto por las presiones regulatorias como por la demanda de los consumidores de productos y prácticas respetuosos con el medio ambiente (Gardas & Narwane, 2024).

## **Recomendaciones**

### **Mejore la Calidad de los Datos**

Las organizaciones deben priorizar la mejora de la calidad de los datos y las prácticas de gestión para garantizar la implementación exitosa del aprendizaje automático en las cadenas de suministro. Esto incluye invertir en herramientas de limpieza e integración de datos (Giaconia, 2022) (Elkady, 2023).

### **Abordar las Preocupaciones Éticas**

Las empresas deben abordar cuestiones éticas como el sesgo algorítmico y la protección de la privacidad mediante el desarrollo de modelos de aprendizaje automático transparentes y justos. Esto se puede lograr mediante auditorías periódicas y la incorporación de directrices éticas en el desarrollo de los modelos (Elkady, 2023)

### **Inversión en Aprendizaje Continuo**

Para mantenerse competitivas, las organizaciones deben invertir en el aprendizaje continuo y la adaptación de las tecnologías emergentes, como la cadena de bloques y el IoT, junto con el aprendizaje automático. Esto mejorará la resiliencia y la sostenibilidad de la cadena de suministro (Elkady, 2023) (El Ghoumari, 2023).

### Referencias Bibliográficas

- Abadi, M. Q., Sadeghi, R., Hajian, A., Shahvari, O., & Ghasemi, A. (2024). A blockchain-based dynamic energy pricing model for supply chain resiliency using machine learning. *Supply Chain Analytics*, 6. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949863524000098>
- Ahakonye, L. A.-M.-S. (2024). A multi-MLP prediction for inventory management in manufacturing execution system. *Internet of Things*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101156>
- Bhosale, S. M. (2024). Machine Learning Enabled Inventory Prediction. *Indian Scientific Journal Of Research In Engineering And Management*,. Obtenido de <https://doi.org/10.55041/ijrsrem30009>
- Camur, M. C., Ravi, S. K., & Saleh, S. (2024). Enhancing supply chain resilience: A machine learning approach for predicting product availability dates under disruption. *Expert Systems with Applications*, 247. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417424000915>
- Deng, C. &. (2021). A Deep Learning-Based Inventory Management and Demand Prediction Optimization Method for Anomaly Detection. *Wireless Communications and Mobile Computing*,. Obtenido de <https://doi.org/10.1155/2021/99693>
- El Ghomari, M. Y. (2023). A decentralized model to ensure traceability and sustainability of the food supply chain by combining blockchain, IoT, and machine learning. *Mathematical Modeling and Computing*,. Obtenido de <https://doi.org/10.23939/mmc2023.02.498>

- Elkady, G. &. (2023). Artificial Intelligence And Machine Learning For Supply Chain Resilience. *guinnesspress*. Obtenido de <https://doi.org/10.59762/cie570390541120231031122614>
- Falkner, D. B. (n.d). Integrating Machine Learning into Supply Chain Management:Challenges and Opportunities. *Procedia Computer Science*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.176>
- Fazel, E., Nezhad, M. Z., Rezazadeh, J., Moradi, M., & Ayoade, J. (2024). IoT convergence with machine learning & blockchain: A review. *Internet of Things*, 26. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660524001288>
- Gardas, R., & Narwane, S. (2024). An analysis of critical factors for adopting machine learning in manufacturing supply chains. *Decision Analytics Journal*, 10. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772662223002175>
- Giaconia, C. &. (2022). GAIA: Great-Distribution Artificial Intelligence-Based Algorithm for Advanced Large-Scale Commercial Store Management. *Applied Sciences*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/app12094798>
- Gómez-Escudero, G., Fernández-De-Lucio, P., González-Barrio, H., Calleja-Ochoa, A., Ayesta-Rementería, I., & López-de-Lacalle, L.-N. (2024). Machine learning en el campo de la fabricación. *DYNA*, 96(6), 600-604. Obtenido de <http://184.168.116.25/index.php/DYNA/article/view/838>
- He, J. C. (2024). Multi-objective disassembly line balancing and related supply chain management problems under uncertainty: Review and future trends. *International Journal of Production Economics*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109257>

- Jamshidi, E. J., Yusup, Y., Hooy, C. W., Kamaruddin, M. A., Hassan, H. M., Muhammad, S. A., . . . Tan, C. C. (2024). Predicting oil palm yield using a comprehensive agronomy dataset and 17 machine learning and deep learning models. *Ecological Informatics*, 81. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954124001377>
- Li, P., & Zhao, X. (2024). The impact of digital transformation on corporate supply chain management: Evidence from listed companies. *Finance Research Letters*, 60. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S154461232301262X>
- Li, Y. Q. (2023). Research on Supply Chain Financial Risk Prevention Based on Machine Learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*. Obtenido de <https://doi.org/10.1155/2023/6531154>
- Liu, F., Wang, R., & Fang, M. (2024). Mapping green innovation with machine learning: Evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 235. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050924007105>
- Liu, J., Bensimon, J., & Lu, X. (2024). Frontiers of machine learning in smart food safety,. *Advances in Food and Nutrition Research*, Academic Press. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043452624000597>
- Liu, T., Guan, X., Wang, Z., Qin, T., Sun, R., & Wang, Y. (2024). Optimizing green supply chain circular economy in smart cities with integrated machine learning technology. *Heliyon*, 10(9). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024058560>
- Lu, X. (2024). A comparative study of machine learning-based regression models for supply chain management. *Applied and Computational Engineering*. Obtenido de <https://doi.org/10.54254/2755-2721/53/20241233>

- Ma, Q. F. (2024). Dynamic pricing and demand forecasting: Integrating time-series analysis, regression models, machine learning, and competitive analysis. *Applied and Computational Engineering*,. Obtenido de <https://doi.org/10.54254/2755-2721/93/20240935>
- Mafat, I. H., Surya, D. V., Sharma, S. K., & Rao, C. S. (2024). Exploring machine learning applications in chemical production through valorization of biomass, plastics, and petroleum resources: A comprehensive review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*,, 180. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237024001670>
- Morocho, F. R., Donoso, D. N., Armas, C. S., & Satama, F. L. (2018). La innovación verde del modelo de negocio. *INNOVA Research Journal*. Obtenido de <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n6.2018.564>
- Muñoz-Villamizar, A., Piatti, M., Mejía-Argueta, C., Pirabe, L. F., Namdar, J., & Gomez, J. F. (2024). Navigating retail inflation in Brazil: A machine learning and web scraping approach to the basic food basket. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 79. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969698924001711>
- Necula, S.-C. (2017). Deep Learning for Distribution Channels' Management. Obtenido de <https://doi.org/10.12948/ISSN14531305/21.4.2017.06>
- Nurkasanah, I. (2021). Reinforcement Learning Approach for Efficient Inventory Policy in Multi-Echelon Supply Chain Under Various Assumptions and Constraints. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*,. Obtenido de <https://doi.org/10.20473/JISEBI.7.2.138-148>

- Prpić Oršić, J. J. (2022). Sustainable Operations of Last Mile Logistics Based on Machine Learning Processes. *Processes*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/pr10122524>
- Rana, J. &. (2022). Mapping the Role and Impact of Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Supply Chain Digital Transformation: A Bibliometric Analysis. *Operations Management Research*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s12063-022-00335-y>
- Sadeghi, R., Sadeghi, S., Memari, A., Rezaeinejad, S., & Hajian, A. (2024). A peer-to-peer trading model to enhance resilience: A blockchain-based smart grids with machine learning analysis towards sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 450. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624013283>
- Sahebi, H., Barzinpour, F., & Gilani, H. (2024). Bibliometric analysis of sustainable supply chain management in the oil and gas industry: A review and research agenda. *The Extractive Industries and Society*, 18. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214790X24000819>
- Sánchez Suárez, Y. P. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59362021000100169&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362021000100169&lng=es&tlng=pt).
- Senapati, T., Sarkar, A., & Chen, G. (2024). Enhancing healthcare supply chain management through artificial intelligence-driven group decision-making with Sugeno–Weber triangular norms in a dual hesitant q-rung orthopair fuzzy context. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 135. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197624009527>

- Strand, V., Lotfi, M., Flynn, A., & Walker, H. (2024). A systematic literature review of modern slavery in supply chain management: State of the art, framework development and research opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 435. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623044591>
- Suemitsu, I. M. (2024). Integration of sales, inventory, and transportation resource planning by dynamic-demand joint replenishment problem with time-varying costs. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.109922>
- Wang, W., Zhu, A., Wei, H., & Yu, L. (2024). A novel method for vegetable and fruit classification based on using diffusion maps and machine learning. *Current Research in Food Science*, 8. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927124000637>
- World Journal Of Advanced Research and Reviews,. (2023). The use of artificial intelligence in supply chain management: A bibliographic review. *World Journal Of Advanced Research and Reviews*,. Obtenido de World Journal Of Advanced Research and Reviews,
- Zhang, C., Zhang, J., Sangaiah, A. K., Li, D., & Li, W. (2024). Evaluating edge artificial intelligence-driven supply chain management platforms using collaborative large-scale fuzzy information fusion. *Applied Soft Computing*, 159. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494624004605>
- Zhou, D. H.-R. (2024). A new whole process analysis framework big data based for E-commerce application. Obtenido de <https://doi.org/10.4108/eai.15-3-2024.2346165>