

**Impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y  
redes de valor: Una revisión bibliográfica hacia la cadena farmacéutica.**

Autora

Diana Patricia Olaya Moncada

Asesor

Jorge Andrés Vivares Vergara

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor

2024

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de grado a mis padres Segundo Olaya González y Estrella Moncada, así como a mi esposo Manuel Enrique Delgado Latorre quien ha sido un pilar fundamental en mi desempeño profesional con su apoyo incondicional.

### **Agradecimientos**

Agradezco infinitamente a Dios Todopoderoso y a la Santísima Virgen María por darme la oportunidad de seguir avanzando en mi vida profesional y personal. A la Universidad Nacional abierta a distancia con este programa de especialización que me permite un avance en mi perspectiva profesional. Al doctor Jorge Andrés vivares Vergara, quien con su apoyo y profesionalismo asesoró de manera íntegra e idónea el desarrollo de esta investigación

## Resumen

En la nueva era digital, se observa cómo las empresas se transforman, siendo la logística uno de los pilares de este cambio. Sin embargo, hay una sensación palpable de preocupación, pues mientras algunas empresas se elevan con las herramientas de hoy, otras parecen no estar interesadas en ello, por lo que se percibe una brecha entre la formación actual y las necesidades del mundo moderno, y una notable ausencia de narrativas que aborden estos desafíos en logística, cuestión reportada en sectores como lo es la cadena farmacéutica. Por ello, este estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor desde una revisión bibliográfica hacia la cadena farmacéutica. La metodología utilizada de enfoque mixto, alcance descriptivo con análisis bibliométrico y de contenido; el estudio bibliométrico fue histórico con información de Scopus y el análisis de contenido se realizó mediante una matriz de análisis documental para una línea temporal de 5 años. Los resultados permitieron identificar el papel de la inteligencia artificial (IA) en la optimización logística en la cadena de valor farmacéutica, estableciéndose el impacto del internet de las cosas (IoT) en la visibilidad y control de la cadena de suministro farmacéutico, y el potencial de Blockchain para la seguridad y trazabilidad en procesos logísticos farmacéuticos. Esta revisión aporta información clave al campo de conocimiento de la especialidad en gerencia de procesos logísticos en redes de valor y elementos valiosos que pueden ser utilizados para la política pública.

**Palabras claves:** Tecnologías emergentes, cadena de valor, farmacéutica, procesos, logística.

## Abstract

In the new digital era, we see how companies are transforming, logistics being one of the pillars of this change. However, there is a palpable sense of concern, because while some companies rise with today's tools, others seem not to be interested in it, so there is a perceived gap between current training and the needs of the modern world, and a notable absence of narratives that address these challenges in logistics, an issue reported in sectors such as the pharmaceutical chain. Therefore, this study aimed to analyze the impact of emerging technologies applied to the management of logistics processes and value networks from a bibliographic review towards the pharmaceutical chain. The methodology used, a mixed approach, descriptive scope and bibliometric analysis, had as an instrument for collecting information a documentary matrix for a 5-year timeline. The results allowed us to identify the role of artificial intelligence (AI) in logistics optimization in the pharmaceutical value chain, establishing the impact of the Internet of Things (IoT) on the visibility and control of the pharmaceutical supply chain, and the potential of Blockchain for security and traceability in pharmaceutical logistics processes. It can be concluded that, from this type of bibliographic reviews, key information is provided to the field of knowledge of the specialty in management of logistics processes in value networks.

**Keywords:** Emerging technologies, value chain, pharmaceutical, processes, logistics.

## Tabla de contenido

	Pág.
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción .....	11
Planteamiento del problema.....	14
Descripción y contextualización del problema .....	14
Sistema de objetivos.....	17
<i>Objetivo general</i> .....	17
<i>Objetivos específicos</i> .....	17
Justificación.....	18
Marco teórico y conceptual.....	21
La logística y las redes de valor en empresas.....	21
Gerencia de procesos logísticos .....	22
Concepto de tecnologías emergentes y exponenciales.....	23
<i>La inteligencia artificial (IA) en la optimización logística</i> .....	25
<i>Internet de las cosas (IoT) en la visibilidad y control de cadenas de suministro</i> .....	26
<i>Blockchain para la seguridad y trazabilidad en procesos logísticos</i> .....	27
Metodología .....	29
Tipo y enfoque.....	29

Alcance.....	30
Método .....	31
<i>Delimitación del objetivo de la revisión.....</i>	<i>34</i>
<i>Estrategia de búsqueda .....</i>	<i>34</i>
<i>Aplicación de la estrategia de búsqueda.....</i>	<i>35</i>
Técnicas, instrumentos y software .....	36
Análisis de la información.....	37
Resultados.....	39
Análisis bibliométrico .....	39
<i>Caracterización general de los documentos .....</i>	<i>39</i>
<i>Evolución por año de los documentos.....</i>	<i>41</i>
<i>Autores más relevantes (top 10) .....</i>	<i>42</i>
<i>Instituciones más relevantes (top 10) .....</i>	<i>43</i>
<i>Producción científica por países .....</i>	<i>44</i>
<i>Artículos más citados (top 10).....</i>	<i>46</i>
<i>Nube de palabras clave más frecuentes.....</i>	<i>48</i>
<i>Tendencias temáticas.....</i>	<i>49</i>
Análisis de contenido .....	51
<i>Papel de las tecnologías emergentes.....</i>	<i>58</i>
<i>Desafíos y obstáculos en la adopción de tecnologías emergentes .....</i>	<i>70</i>

Análisis al cumplimiento de objetivos .....	79
Conclusiones .....	80
Recomendaciones.....	80
Limitaciones .....	81
Prospectiva y trabajos futuros .....	82
Referencias.....	83

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Técnicas e instrumentos .....	34
Tabla 2. Técnicas e instrumentos .....	37
Tabla 3. Caracterización general de los documentos .....	40
Tabla 4. Autores más relevantes (top 10).....	42
Tabla 5. Instituciones más relevantes (top 10).....	44
Tabla 6. Producción científica por países .....	45
Tabla 7. Artículos más citados (top 10) .....	47
Tabla 8. Matriz de análisis documental.....	51
Tabla 9. Matriz de análisis del papel de la IA.....	58
Tabla 10. Matriz de análisis del papel de la IoT .....	59
Tabla 11. Matriz de análisis del papel del Blockchain.....	61
Tabla 12. Matriz de análisis del papel de otras tecnologías emergentes.....	66
Tabla 13. Matriz de análisis de los desafíos y obstáculos en la adopción de las tecnologías emergentes .....	71
Tabla 14. Cumplimiento de objetivos .....	79

**Lista de figuras**

	Pág.
Figura 1. Pasos de la revisión bibliográfica .....	32
Figura 2. Diagrama PRISMA .....	35
Figura 3. Producción científica anual .....	41
Figura 4. Producción científica por países .....	46
Figura 5. Nube de palabras clave más frecuentes .....	48
Figura 6. Tendencias temáticas .....	50

## Introducción

Cada vez más se exige a los gerentes de logística que aumenten la eficiencia en los entornos empresariales, en los que las necesidades de los clientes han cambiado rápidamente en los últimos años, lo que ha obligado a las empresas a implementar la flexibilidad operativa necesaria para gestionar la volatilidad de la demanda, la variedad de productos y los cortos ciclos de vida de los productos, así como para reducir los tiempos de entrega de manera efectiva. En este sentido, Corrêa et al. (2020) mencionan que la adopción de tecnologías cada vez más avanzadas puede ayudar a los gestores de logística a ir más allá de la complejidad de las operaciones logísticas, sobre todo, aquellas basadas en la información y las nuevas oportunidades de aplicación relacionadas positivamente con la cadena de suministro y la flexibilidad logística, como es el caso de la industria farmacéutica.

Para Bocek et al. (2017), muchas tecnologías se han desarrollado e implementado en la transformación global que se está produciendo para alinear los procesos logísticos con los requisitos del nuevo contexto productivo que sustenta el paradigma de la industria 4.0. Hoy en día, los términos Logística Inteligente y Logística 4.0 se utilizan para describir la aplicación de las tecnologías de vanguardia en este ámbito. En concreto, el sistema logístico permite satisfacer de forma sostenible las necesidades individuales de los clientes sin aumentar los costes y apoyando el desarrollo industrial de forma respetuosa con el medio ambiente gracias a las tecnologías digitales, siendo aplicadas en la cadena de suministro particularmente, definiéndose como herramientas y tecnologías que pueden implementarse para la gestión integrada de la cadena de valor dentro y más allá de los límites organizacionales (Carbone et al., 2018).

Como la tecnología respalda los procesos físicos, el intercambio de información y los sistemas de toma de decisiones, los cambios y mejoras afectan varias áreas funcionales de la

logística, desde la gestión de almacenes hasta el transporte y la planificación de recursos, cuestión que se traduce en un impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor, lo que amerita una revisión hacia la cadena farmacéutica, sector en el que la logística y la gestión de la cadena de suministro siempre han estado a la vanguardia de la innovación industrial (Castillo et al., 2018).

Aunque los campos de la logística y suministro fueron los primeros en los que se introdujeron muchas tecnologías, algunas de estas han alcanzado un nivel de madurez significativo y ahora se adoptan ampliamente, como la identificación por radiofrecuencia, las blockchains y hasta el uso de drones (Shukla y Tiwari, 2017), por lo que se están realizando diferentes estudios tanto en la investigación académica como industrial para definir estas tecnologías y sus posibles usos en la logística; por lo tanto, los responsables de operaciones y las empresas deben ser conscientes de todos los posibles impactos de las tecnologías para explotar sus beneficios de forma más eficaz.

En este orden de ideas, el presente estudio de tipo monografía, hace una revisión bibliográfica que considera de importancia establecer la evidencia existente en diferentes artículos que den cuenta del impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor hacia la cadena farmacéutica, a través del cual sea posible identificar el papel de la inteligencia artificial y el internet de las cosas en la optimización logística para el caso de la industria farmacéutica, así como explorar el potencial de blockchain para la seguridad y trazabilidad en los procesos logísticos farmacéuticos. Este engranaje de aspectos a revisar como propósitos de este estudio, se complementan con la examinación de los desafíos y obstáculos enfrentados por empresas farmacéuticas en la adaptación y adopción de tecnologías emergentes en sus operaciones logísticas incluyendo aspectos humanos y éticos.

Por eso, un primer apartado consideró la visualización del problema que dio paso a la revisión de la literatura, donde se presentaron los objetivos del estudio y la justificación desde los componentes de relevancia social e implicaciones prácticas, así como el valor teórico del desarrollo del mismo. En un segundo apartado, se presentó el marco teórico y conceptual que fundamentó el desarrollo del proceso de revisión literaria como estudio monográfico, teniendo en cuenta aspectos como la logística y las redes de valor en empresas, la inteligencia artificial en la optimización logística, teoría y concepto del internet de las cosas al servicio de las cadenas de suministro y el blockchain como aspecto esencial de la seguridad y trazabilidad en procesos de logística.

Adicionalmente, este trabajo monográfico contiene en el tercer capítulo la metodología del mismo, basado en el enfoque mixto, de alcance descriptivo, con método de revisión sistemática bibliométrica de tendencias y de contenido con una muestra de los documentos encontrados. Todo ello, con el fin de cumplir el objetivo analizar el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor en la cadena farmacéutica.

Para terminar, se presentan los resultados del trabajo en donde se identificó un conjunto de documentos científicos en el que se indaga sobre tendencias de tecnologías emergentes aplicadas a la cadena de valor farmacéutica, seguido de un análisis bibliométrico de documentos seleccionados, la identificación del papel de la inteligencia artificial, la internet de las cosas y el blockchain en los procesos logísticos en farmacéutica y, finalmente, se expone una serie de conclusiones asociado a los desafíos y obstáculos a los que se ven enfrentadas las empresas farmacéuticas en la adaptación y adopción de tecnologías emergentes en sus operaciones logísticas.

## **Planteamiento del problema**

En este capítulo se presenta la descripción y contextualización del problema que permite el desarrollo monográfico de esta revisión bibliográfica sobre el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor para el caso de la cadena farmacéutica, acompañado del sistema de objetivos en donde se presenta el propósito general y específicos, así como la justificación del estudio que comprende una perspectiva de su valor teórico.

### **Descripción y contextualización del problema**

Para describir y contextualizar el problema objeto de estudio, en la literatura sobre cadenas de suministro solo el 5% de los artículos se enfocan principalmente en tecnología de la información, según reporta Giunipero et al. (2018), quienes comentan que, aunque la innovación tecnológica siempre esté en las agendas de los investigadores, existen pocas revisiones estructuradas de literatura que aborden cuestiones tecnológicas aplicadas al ámbito de la logística y los sistemas de suministro en la cadena de valor farmacéutica.

Al respecto, Blankley (2018) analizó los impactos financieros de la tecnología en las rutas de aprovisionamiento, identificando impactos operativos de primer orden, como la reducción de inventario, los cuales conducen a impactos de segundo orden en términos de crecimiento de las ventas y reducción de los costos de los bienes vendidos. Señaló que la tecnología mejora las tareas intensivas en conocimiento que requieren un alto nivel de comunicación y coordinación dentro y entre las organizaciones.

De manera similar, Stough (2017) investigó estrategias de coordinación y comunicación habilitadas por la tecnología en redes de suministro que representan la mediación e interacciones uno a uno que conectan a las personas utilizando recursos comunes de manera estandarizada, y

que, vinculadas a largo plazo, están involucradas en una serie secuencial de actividades en las que el resultado de una fase sirve como insumo para las fases posteriores.

Además, el intercambio electrónico de datos y la radiofrecuencia son ejemplos de este tipo de tecnologías porque siguen el flujo de trabajo estándar y proporcionan datos a múltiples participantes en un sistema de suministro, que a menudo ayudan a cambiar un objeto comercial específico y son utilizadas y modificadas por múltiples participantes en la red (Shah, Rutherford y Menon, 2020). La planificación de recursos empresariales es un buen ejemplo de tecnologías intensivas porque proporciona vistas integradas y actualizadas de los procesos de negocio utilizando bases de datos comunes a las que acceden diferentes áreas funcionales dentro de una organización (Wei, Alias y Noche, 2019).

No obstante, en la literatura científica más reciente sobre la innovación en la logística y el ámbito de las cadenas de valor, pocos subtemas han sido reportados por Nand et al. (2023), tales como la sostenibilidad, la logística de terceros y la logística urbana, prestándose sólo una atención marginal a la tecnología. Un tema importante presente en la literatura científica que involucra tecnologías en logística y análisis de suministro es la sostenibilidad. Björklund y Forslund (2018) analizaron la innovación logística tecnológica en el campo de la sostenibilidad, estructurando su revisión de la literatura en torno a tres dimensiones: suavidad, alcance del cambio y alcance.

En este contexto, la relación entre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la implementación de iniciativas sostenibles es crucial (Centobelli et al, 2017). Por su lado, Chen et al. (2017) destacan el impulso que la innovación tecnológica da a la colaboración en la cadena de valor en la industria y cómo las mejoras en la comunicación entre los actores pueden posibilitar buenas prácticas sostenibles, haciendo énfasis en que a nivel de ciertas áreas la

producción teórica y revisiones al respecto son escasas, como es el caso de la industria farmacéutica.

Es claro que, la industria farmacéutica ha desempeñado un papel fundamental en el entramado industrial colombiano, impulsando el desarrollo económico mediante la producción y suministro de productos esenciales para diversas áreas de la salud (Gómez et al., 2021). Sin embargo, en un contexto globalizado y tecnológicamente dinámico, surge la imperante necesidad de analizar el impacto de las tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT) y Blockchain (BC), en la gestión de procesos logísticos de esta industria (Orejuela y Flórez, 2019; Martínez y Rodríguez, 2022).

El desafío a abordar radica en la creciente complejidad de la gestión logística en la industria farmacéutica, marcada por la diversidad de proveedores, fluctuaciones en la demanda y la necesidad de una mayor eficiencia y trazabilidad en cada etapa del proceso. La falta de adaptación a las innovaciones tecnológicas puede resultar en ineficiencias operativas, pérdida de competitividad y obstáculos para la toma de decisiones (Sánchez, Vargas y Díaz, 2022). En este sentido, la Inteligencia Artificial, con su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, ofrece oportunidades significativas en la optimización de rutas de transporte, pronósticos de demanda y seguimiento predictivo de inventarios, donde a través de algoritmos avanzados, la IA puede proporcionar recursos valiosos para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos logísticos (Hernández et al., 2021).

Por otro lado, González y Torres (2020) han señalado que el Internet de las Cosas introduce la conectividad entre dispositivos y sensores, permitiendo la monitorización en tiempo real de activos, condiciones ambientales y flujos de trabajo. En el contexto logístico de la industria farmacéutica, la implementación de IoT podría ofrecer una visibilidad completa de la

cadena de suministro, facilitando la identificación rápida de desafíos y la toma de decisiones proactivas. Además, estos autores consideran que el Blockchain emerge como una tecnología disruptiva que promete transparencia y seguridad en las transacciones. En la gestión logística, su implementación puede garantizar la autenticidad de los registros, reducir fraudes y optimizar los procesos de verificación de documentos en aduanas y envíos nacionales e internacionales.

La revisión bibliográfica revela que la integración sinérgica de estas tecnologías emergentes podría revolucionar la cadena de valor farmacéutica, proporcionando una mayor eficiencia, trazabilidad y agilidad en los procesos logísticos. Sin embargo, se destaca la necesidad de abordar desafíos como la ciberseguridad, la interoperabilidad entre plataformas y la capacitación del personal para aprovechar plenamente estas innovaciones. La comprensión adecuada y la aplicación efectiva de estas tecnologías pueden ser clave para garantizar la competitividad y sostenibilidad en esta industria en constante evolución, razón por la cual se pretende dar respuesta a la pregunta: ¿Cuál es el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor en la cadena farmacéutica?

### **Sistema de objetivos**

#### ***Objetivo general***

Analizar el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor hacia la cadena farmacéutica, mediante una revisión bibliográfica.

#### ***Objetivos específicos***

Identificar un conjunto de documentos científicos para indagar tendencias en tecnologías emergentes aplicadas a la cadena de valor farmacéutica.

Hacer un análisis bibliométrico a los documentos identificados para caracterizarlos e identificar tendencias temáticas.

Identificar el papel de la inteligencia artificial (IA), la internet de las cosas (IoT), el blockchain en los procesos logísticos de la cadena de valor farmacéutica.

Examinar los desafíos y obstáculos enfrentados por las empresas farmacéuticas en la adaptación y adopción de tecnologías emergentes en sus operaciones logísticas, incluyendo aspectos humanos y éticos.

### **Justificación**

La elección de focalizarse en el sector farmacéutico para analizar el impacto de las tecnologías emergentes en la gerencia de procesos logísticos y redes de valor se justifica por varias razones que abordan tanto aspectos prácticos como teóricos de gran relevancia. En primer lugar, el sector farmacéutico despliega un papel funcional en la salud pública, siendo responsable de la fabricación y distribución de productos esenciales para el bienestar y la supervivencia de la población, por lo que esta industria enfrenta constantemente desafíos relacionados con la eficiencia en la cadena de suministro, la calidad y la seguridad de los productos, así como la necesidad de cumplir con regulaciones estrictas y estándares de calidad. Por tanto, la optimización de los procesos logísticos en la cadena de valor farmacéutica es vital para el funcionamiento efectivo de las empresas del sector, y tiene un impacto directo en la salud y el bienestar de la sociedad en su conjunto.

En segundo lugar, en un contexto de rápidos avances tecnológicos y cambios en la atención médica, el estudio de las tecnologías emergentes en la gestión de procesos logísticos se vuelve cada vez más relevante, sobre todo por la implementación de la Inteligencia Artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT) y la tecnología Blockchain en la cadena de valor farmacéutica,

a cual puede ofrecer soluciones prácticas y eficientes a los desafíos operativos y estratégicos que enfrenta el sector, mejorando la trazabilidad de los productos, optimizando la gestión de inventarios, aumentando la eficiencia en la distribución y garantizando la autenticidad y seguridad de los medicamentos, entre otros beneficios.

En tercer lugar, en relación con la formación profesional en la especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor, este enfoque proporciona una oportunidad para adquirir conocimientos y habilidades prácticas en un campo altamente demandado y en constante evolución, pues al centrarse en el sector farmacéutico, es posible comprender en profundidad los desafíos específicos y las soluciones innovadoras en la gestión de procesos logísticos, lo que les permite desarrollar habilidades que son altamente transferibles a otros sectores industriales.

En cuarto lugar, esta investigación se relaciona estrechamente con el título que se aspira a obtener en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor, ya que proporciona una perspectiva práctica y actualizada sobre cómo las tecnologías emergentes están transformando la gestión de la cadena de valor en un sector clave como el farmacéutico, donde los conocimientos y la experiencia adquiridos a través de este proyecto contribuirán significativamente a la formación profesional para aprovechar las oportunidades en un mercado laboral cada vez más competitivo y tecnológicamente avanzado.

De forma complementaria se puede decir que, el estudio de estas tecnologías emergentes proporciona una base sólida de información para la implementación práctica en el ámbito logístico farmacéutico. La IA puede mejorar la eficiencia y la toma de decisiones, el IoT puede ofrecer visibilidad en tiempo real de la cadena de suministro, y Blockchain puede garantizar la integridad de los registros y la seguridad de las transacciones. Estas consideraciones prácticas se

traducen directamente en información tangible asociada a la reducción de costos operativos, la mejora de la calidad de servicio y la mitigación de riesgos asociados con la gestión logística en la industria farmacéutica.

Finalmente, el estudio contribuye a una comprensión más amplia de la transformación digital en la industria farmacéutica, donde la integración de la IA, IoT y Blockchain en el contexto logístico no solo representa una evolución tecnológica, sino que también redefine paradigmas en la gestión de la cadena de suministro. Esto contribuye al cuerpo teórico existente al proporcionar información sobre cómo estas tecnologías pueden adaptarse y optimizarse específicamente en el ámbito farmacéutico, lo que puede ser extrapolado a otras industrias.

## **Marco teórico y conceptual**

En este capítulo se presentan los aspectos teóricos y conceptuales que fundamentan la propuesta de revisión bibliográfica como trabajo monográfico, teniendo en cuenta los diferentes aspectos que concuerdan con el sistema de objetivos propuesto.

### **La logística y las redes de valor en empresas**

La logística y las redes de valor han emergido como pilares fundamentales en la gestión empresarial contemporánea, influyendo significativamente en la eficiencia operativa y la creación de valor. Según Gómez et al. (2013), la logística se define como el proceso integral que engloba la planificación, implementación y control del flujo eficiente de materiales, productos, información y recursos financieros desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente de manera oportuna y rentable.

En el contexto empresarial, las redes de valor representan la interconexión estratégica de diversas entidades y actividades dentro y fuera de la organización, con el propósito de colaborar en la creación y entrega de valor al cliente final. Estas redes integran proveedores, fabricantes, distribuidores, minoristas y consumidores en un sistema interdependiente que busca optimizar los procesos y minimizar los costos asociados con la producción y distribución de bienes y servicios.

La implementación efectiva de la logística y las redes de valor en las empresas cubanas ha sido objeto de estudio, particularmente en el contexto del perfeccionamiento empresarial. Gómez et al. (2013) destacan la importancia de la integración de procesos, la utilización de tecnologías de información y comunicación, y el fortalecimiento de alianzas estratégicas como

elementos clave para mejorar la competitividad y la eficiencia operativa en este contexto específico.

Por otro lado, el concepto de tecnología y su influencia en las tecnologías emergentes juegan un papel crucial en la evolución de la logística y las redes de valor. Según Gómez y Morteo (2016), la tecnología es un factor habilitador que impulsa la innovación y la transformación digital en las operaciones logísticas, permitiendo la automatización de procesos, la optimización de rutas y la gestión en tiempo real de la cadena de suministro. Nand et al. (2023) sostienen que los impulsores organizacionales e industriales para la implementación de tecnologías emergentes en logística incluyen la búsqueda de eficiencia operativa, la mejora de la visibilidad y la trazabilidad de la cadena de suministro, así como la adaptación a las demandas cambiantes del mercado y la competencia global.

En conclusión, la logística y las redes de valor son componentes esenciales en la gestión empresarial contemporánea, y su efectividad depende en gran medida de la integración de procesos, el uso estratégico de la tecnología y la colaboración entre diversos actores en la cadena de suministro, por lo que su implementación exitosa puede conducir a una mejora significativa en la competitividad y la rentabilidad de las empresas en el entorno empresarial actual.

### **Gerencia de procesos logísticos**

La Gerencia de Procesos Logísticos es un enfoque estratégico y sistemático para gestionar eficientemente las operaciones relacionadas con la cadena de suministro de una organización. Según García (2023), en su obra “Gestión logística integral”, esta disciplina abarca la planificación, implementación y control de todas las actividades involucradas en la adquisición, almacenamiento, transporte y distribución de productos y servicios, con el fin de satisfacer las necesidades del cliente de manera rentable.

En este sentido, la Gerencia de Procesos Logísticos busca optimizar la eficiencia y la efectividad de cada etapa de la cadena de suministro, desde la producción hasta la entrega final al consumidor. Para lograrlo, es fundamental la aplicación de las mejores prácticas en la gestión de inventarios, la planificación de la demanda, la gestión de almacenes, el transporte y la logística inversa, entre otros aspectos.

Tejero y Martín (2007) señalan en su obra “Innovación y mejora de procesos logísticos” que la innovación juega un papel fundamental en la Gerencia de Procesos Logísticos. La implementación de nuevas tecnologías, la adopción de metodologías ágiles y la búsqueda constante de mejoras en los procesos son aspectos clave para mantener la competitividad y la eficiencia en un entorno empresarial dinámico y cambiante. Además, la Gerencia de Procesos Logísticos implica un enfoque integrador, que promueve la colaboración entre diferentes áreas de la empresa y con los diversos actores de la cadena de suministro, como proveedores y distribuidores. Esta colaboración es fundamental para garantizar una coordinación efectiva y una respuesta ágil a las demandas del mercado.

En general, la Gerencia de Procesos Logísticos es fundamental para el éxito de una organización en un entorno empresarial cada vez más competitivo y globalizado. Al centrarse en la optimización de las operaciones de la cadena de suministro y en la búsqueda constante de la mejora continua, esta disciplina permite a las empresas satisfacer las necesidades de sus clientes de manera eficiente y rentable.

### **Concepto de tecnologías emergentes y exponenciales**

En el horizonte de la evolución tecnológica, el concepto de tecnología emergente ocupa un lugar esencial según Gómez y Morteo (2016), quienes dan la noción de tecnología, la cual abarca mucho más que simples artefactos o herramientas; ya que implica un conjunto de

conocimientos, técnicas y procesos que transforman la realidad. En este contexto, las tecnologías emergentes son aquellas que están en proceso de desarrollo o adopción y tienen el potencial de impactar significativamente en diversos aspectos de la sociedad.

Por su parte, la cuarta revolución industrial, como explica Perasso (2016), se caracteriza por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, creando un entorno donde la interconexión y la automatización son la norma. En este escenario, las tecnologías emergentes juegan un papel funcional al impulsar esta revolución, ya que son las responsables de introducir innovaciones disruptivas en campos como la inteligencia artificial, la robótica, la biotecnología y la nanotecnología.

En adición, un aspecto fundamental de las tecnologías emergentes es su carácter exponencial, como señalan Llanga et al. (2021), debido a que estas tecnologías no avanzan de manera lineal, sino que su crecimiento se acelera con el tiempo, dando lugar a cambios rápidos y profundos en la sociedad, fenómeno que se ve reflejado en la rápida evolución de dispositivos como los teléfonos inteligentes, la expansión de la Internet de las cosas y el desarrollo de sistemas de aprendizaje automático.

Desde una perspectiva amplia, las tecnologías emergentes plantean nuevos desafíos y oportunidades para todos los sectores económicos, requiriendo la adquisición de nuevas competencias por parte de los individuos para poder aprovechar su potencial al máximo, permitiendo una mayor personalización y adaptación a las necesidades individuales y colectivas, impulsando la necesidad de desarrollar nuevas competencias para afrontar los desafíos del siglo XXI.

### ***La inteligencia artificial (IA) en la optimización logística***

La optimización logística ha experimentado una transformación significativa con la incorporación de la inteligencia artificial (IA) en sus procesos, como campo de la informática que busca desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que requieren inteligencia humana, encontrándose un terreno clave en el ámbito de la logística, donde la eficiencia y la precisión son cruciales para el éxito de las operaciones, necesaria en la actualidad en la optimización logística con algoritmos avanzados que analizan grandes conjuntos de datos en tiempo real, los cuales pueden procesar información compleja, como la demanda del mercado, las condiciones del tráfico, los costos de transporte y las capacidades de almacenamiento, para tomar decisiones informadas y estratégicas (Martínez et al., 2022).

Uno de los aspectos más destacados de la aplicación de la IA en la optimización logística es la capacidad de prever y anticipar patrones automáticamente, lo que permite a los sistemas adaptarse y mejorar continuamente a medida que se enfrentan a nuevos datos, para que las empresas puedan ajustar sus estrategias logísticas de manera dinámica, respondiendo rápidamente a cambios en la demanda del mercado o en las condiciones operativas. Así pues, la optimización de rutas es un ejemplo de cómo la IA ha revolucionado la logística, analizando en tiempo real el tráfico, las condiciones climáticas y las restricciones de entrega para calcular la ruta más eficiente, incidiendo en la reducción de los costos operativos, tiempos de entrega y mejorando la satisfacción del cliente (Pastor et al., 2023).

En general, la integración de la inteligencia artificial en la optimización logística ha marcado un hito significativo en la evolución de la gestión de cadenas de suministro, ya que, al aprovechar la capacidad para analizar datos en tiempo real, anticipar patrones y optimizar procesos, por lo que las empresas pueden lograr no solo una mayor eficiencia operativa, sino

también una ventaja competitiva en un mercado cada vez más dinámico (López, Cotes y Beltrán, 2022).

### *Internet de las cosas (IoT) en la visibilidad y control de cadenas de suministro*

El Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado la forma en que las empresas gestionan sus cadenas de suministro, proporcionando una visibilidad y control sin precedentes, concepto que hace referencia a la interconexión de dispositivos físicos a través de internet, permitiéndoles recopilar y compartir datos en tiempo real, lo cual se ha convertido en un habilitador para mejorar la eficiencia en procesos logísticos, siendo esencial para comprender y optimizar cada etapa del proceso, desde la producción hasta la entrega al cliente, por lo que la implementación de dispositivos IoT en almacenes, fábricas y vehículos de transporte permite monitorear activamente el estado de los productos, la maquinaria y otros elementos críticos. Sensores inteligentes recopilan datos relevantes, como la ubicación de los productos, la temperatura, la humedad y otras condiciones ambientales, los cuales se transmiten a través de la red, proporcionando una visión de toda la cadena de suministro (Vásquez et al., 2023).

De esta forma, la información obtenida mediante el IoT no solo mejora la visibilidad, sino que también ofrece un mayor control sobre las operaciones, por lo que las empresas pueden utilizar análisis avanzados para prever posibles problemas, optimizar rutas de envío, gestionar inventarios de manera más eficiente y reducir los tiempos de inactividad de la maquinaria. Un aspecto crucial del IoT en las cadenas de suministro es la capacidad de rastrear productos de manera precisa desde su origen hasta su destino final, elemento valioso en industrias donde la trazabilidad es fundamental. Así, la información detallada sobre la procedencia de los productos, las condiciones de almacenamiento y los tiempos de tránsito garantiza la calidad y la seguridad,

al tiempo que facilita la identificación y retirada de productos en caso de problemas (Arias et al., 2021).

A pesar de los beneficios evidentes, la implementación exitosa del IoT en las cadenas de suministro también plantea desafíos en la seguridad de los datos, ya que la interconexión de dispositivos aumenta el riesgo de ciberataques, siendo imperativo que las empresas implementen medidas sólidas de seguridad para proteger la integridad y la confidencialidad de los datos recopilados. En general, a medida que la tecnología continúa evolucionando, se espera que el IoT desempeñe un papel aún más destacado en la optimización y modernización de las cadenas de suministro en todo el mundo (Vásquez et al., 2023).

### ***Blockchain para la seguridad y trazabilidad en procesos logísticos***

La tecnología blockchain ha emergido como una innovación disruptiva con un impacto significativo en diversos sectores, y su aplicación en procesos logísticos ha destacado especialmente en términos de seguridad y trazabilidad, siendo un registro descentralizado e inmutable de transacciones o eventos, compartido entre múltiples participantes de una red, característica fundamental que lo ha llevado a su adopción en la gestión de cadenas de suministro y procesos logísticos, donde la seguridad y la trazabilidad son esenciales (Alzate y Giraldo, 2023).

En términos de seguridad, ofrece una capa adicional de protección contra fraudes y manipulaciones, ya que, al descentralizar la información a través de una red de nodos, en lugar de depender de un único punto de control, se reduce significativamente el riesgo de ataques cibernéticos, donde cada transacción o evento registrado en un bloque está vinculado al bloque anterior mediante una función criptográfica, formando una cadena secuencial de bloques, lo cual hace que la modificación de datos anteriores sea prácticamente imposible sin afectar todos los

bloques subsiguientes, proporcionando una seguridad inherentemente robusta (Díaz, Valdés y Pérez, 2021).

La trazabilidad en los procesos logísticos es otro aspecto crucial abordado por el blockchain, en el que cada paso de la cadena de suministro, desde la producción hasta la entrega final, se registra de manera transparente en la cadena de bloques, donde cada producto o lote lleva consigo un identificador único que se registra en la cadena, permitiendo un seguimiento preciso de su movimiento a lo largo de toda la cadena. Esta funcionalidad es especialmente valiosa en situaciones donde la autenticidad y la procedencia son críticas, por lo que consumidores y las partes interesadas pueden acceder a esta información de manera segura, lo que aumenta la confianza y la transparencia en toda la cadena de suministro. A pesar de sus beneficios, la implementación exitosa del blockchain en procesos logísticos aún enfrenta desafíos de escalabilidad, interoperabilidad y educación que deben abordarse para una adopción generalizada (Marín, Acevedo y Bustamante, 2020).

## **Metodología**

En este capítulo se presenta el diseño metodológico basado en el enfoque mixto, de alcance descriptivo, con método de revisión sistemática bibliométrica de tendencias y de contenido, con una muestra de los documentos encontrados. Todo ello, con el fin de cumplir el objetivo analizar el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor en la cadena farmacéutica.

### **Tipo y enfoque**

El estudio es de tipo documental, en particular, una revisión de literatura que, en el contexto de la UNAD, responde a un trabajo de grado en la modalidad de monografía. Por su parte, el enfoque es de tipo mixto pues combina elementos cuantitativos y cualitativos. Desde la perspectiva cuantitativa, se ubica el análisis bibliométrico mediante el uso de la herramienta “Bibliometrix”, a través de la cual se sistematiza la información recopilada dando respuesta a la pregunta de investigación monográfica y los objetivos formulados.

Desde la perspectiva cualitativa se encuentra el análisis de contenido que se realiza a los documentos seleccionados. El enfoque cualitativo de la investigación es un pilar fundamental dentro del ámbito de las ciencias administrativas y afines, debido a que se caracteriza por su énfasis en comprender la naturaleza profunda de los fenómenos sociales, explorando sus contextos, significados y experiencias desde la perspectiva de los participantes (Hernández, 2018). A través de técnicas como entrevistas en profundidad, observación participante y análisis de documentos, los investigadores capturan la complejidad y la riqueza de datos, permitiendo una comprensión holística y contextualizada de los fenómenos estudiados (Hernández, 2018).

Por ello, la utilidad del enfoque cualitativo en las ciencias administrativas radica en su capacidad para ofrecer perspectivas detalladas y contextuales sobre diversos aspectos

organizacionales. Por ejemplo, en el estudio de la cultura organizacional, este enfoque permite explorar las creencias, valores y prácticas compartidas por los miembros de una organización, ofreciendo información valiosa para la toma de decisiones estratégicas y el diseño de intervenciones efectivas (Hernández, 2018).

Conectando este concepto con la aplicación de tecnologías emergentes en la gerencia de procesos logísticos y redes de valor en la cadena farmacéutica, el enfoque cualitativo es una herramienta para comprender el impacto de dichas tecnologías en múltiples niveles, por lo que un método basado en una revisión bibliográfica, es viable para explorar cómo la implementación de tecnologías como la inteligencia artificial, el blockchain y la Internet de las cosas está transformando los procesos logísticos y las relaciones en la cadena de suministro farmacéutica.

### **Alcance**

El alcance descriptivo de la investigación desempeña un papel fundamental en el análisis de diferentes fenómenos, el cual se caracteriza por su interés en develar de manera detallada las características, comportamientos y fenómenos relacionados con un tema específico, sin buscar necesariamente explicaciones causales o relaciones de causa y efecto (Hernández, 2018). Su propósito es recolectar datos que permitan una representación precisa y completa de la situación estudiada, por lo que su utilidad radica en su capacidad para proporcionar una visión estructurada de la realidad (Hernández, 2018).

Para el caso del presente estudio, para analizar cómo las tecnologías emergentes están siendo adoptadas y utilizadas en la gestión de la cadena de suministro farmacéutica se requiere de un proceso descriptivo, el cual mediante la recopilación de información detallada sobre la adopción de tecnologías específicas, su impacto en la eficiencia operativa, los costos y beneficios

asociados, así como las barreras y desafíos encontrados en el proceso de implementación, son de relevancia a través de diferentes métodos cualitativos.

En este sentido, el enfoque descriptivo también sirve como punto de partida para investigaciones más profundas y analíticas, que buscan explorar las relaciones causales y los mecanismos subyacentes que expliquen el impacto de las tecnologías emergentes en la cadena farmacéutica, proporcionando una base sólida de datos descriptivos, enfocándose en aspectos clave que requieren una comprensión más profunda y un análisis más detallado.

## **Método**

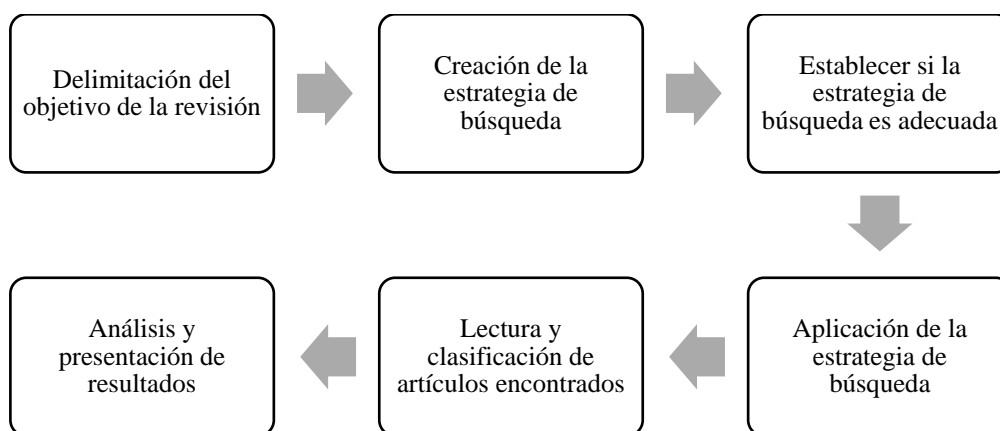
La revisión sistemática de literatura, como método de investigación científica, desempeña un papel fundamental en la exploración y comprensión de fenómenos complejos en diversas áreas del conocimiento. Este enfoque metodológico, descrito por Hernández-Sampieri (2018) en su obra “Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta”, se presenta como una herramienta valiosa para el análisis documental, al ofrecer un marco metodológico que permite sintetizar, analizar y evaluar críticamente la evidencia disponible en la literatura científica pertinente.

Al realizar una revisión sistemática, se sigue un protocolo predefinido que incluye la formulación de una pregunta de investigación clara y específica, la identificación de criterios de inclusión y exclusión, la búsqueda sistemática y exhaustiva de estudios relevantes, la extracción de datos pertinentes y la síntesis de los resultados de manera objetiva y transparente (Hernández, 2018). Así pues, en el contexto del análisis del impacto de las tecnologías emergentes en la gestión logística y las redes de valor en la cadena farmacéutica, la revisión sistemática permite identificar tendencias, patrones y áreas de oportunidad, así como también evaluar la calidad y fiabilidad de la evidencia disponible.

En la Figura 1 se esquematizan los principales pasos que se llevan a cabo para realizar la revisión de literatura presentada en este trabajo. Es preciso mencionar, que estos pasos cumplen con los principios aceptados por autores como Vivares, Avella y Sarache (2022).

Figura 1.

*Pasos de la revisión bibliográfica*



*Fuente.* Adaptado del original en inglés de Vivares et al. (2022).

Cada uno de los pasos comentados en la metodología de Vivares et al. (2002), se conceptualizan de la siguiente manera:

- **Delimitación del objetivo de la revisión:** Al comenzar una revisión, se deben delimitar claramente el objetivo que se busca alcanzar, identificar las preguntas específicas que se pretenden responder y establecer los criterios de inclusión y exclusión de los estudios.
- **Creación de la estrategia de búsqueda:** La creación de la estrategia de búsqueda es un paso fundamental en el proceso de revisión, que involucra la identificación de fuentes de información pertinentes y la formulación de términos de búsqueda

adecuados para aplicarlos en una variedad de bases de datos, revistas académicas, repositorios y otros recursos relevantes, mediante palabras clave.

- Establecer si la estrategia de búsqueda es adecuada: Una vez creada la estrategia de búsqueda, es esencial evaluar su adecuación para cumplir con los objetivos de la revisión, o de lo contrario hay que reformularlos.
- Aplicación de la estrategia de búsqueda: Una vez que se ha establecido una estrategia de búsqueda adecuada, se procede a aplicarla en las bases de datos y otros recursos identificados, siendo importante registrar cada paso del proceso de búsqueda, incluidas las bases de datos consultadas, los términos de búsqueda utilizados y los criterios de inclusión aplicados.
- Lectura y clasificación de artículos encontrados: Una vez recopilados los resultados de la búsqueda, los investigadores proceden a revisar los títulos y resúmenes de los artículos encontrados para identificar aquellos que cumplen con los criterios de inclusión establecidos.
- Análisis y presentación de resultados: Esta etapa implica la extracción de datos relevantes de los estudios incluidos, la evaluación crítica de su calidad metodológica y la integración de los hallazgos en una narrativa coherente. Los resultados se presentan de manera clara y concisa, utilizando tablas, gráficos y otros medios visuales para resaltar patrones, tendencias y discrepancias en la literatura revisada. La presentación de resultados debe ser transparente y estar respaldada por evidencia sólida, permitiendo a los lectores comprender y contextualizar las conclusiones de la revisión.

### ***Delimitación del objetivo de la revisión***

Analizar el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor hacia la cadena farmacéutica, mediante una revisión bibliográfica.

### ***Estrategia de búsqueda***

La estrategia de búsqueda inició por definir las palabras clave que se presentan en la Tabla 1. Posteriormente, a partir de ellas se concatenó la ecuación de búsqueda (Ecuación 1).

Tabla 1.

#### *Técnicas e instrumentos*

<b>Campo logístico</b>	<b>Tecnologías emergentes</b>	<b>Sector de aplicación</b>
Logistic*	“emerg* technologies”	pharmaceuti*
“supply chain management”	“artificial intelligent”	Pharmacist
Logística	“internet of things”	Farmacéut*
“cadena de abastecimiento”	blockchain OR block-chain	
	“tecnologías emergentes”	
	“inteligencia artificial”	
	“internet de las cosas”	

*Fuente.* Elaboración propia.

Ecuación 1.

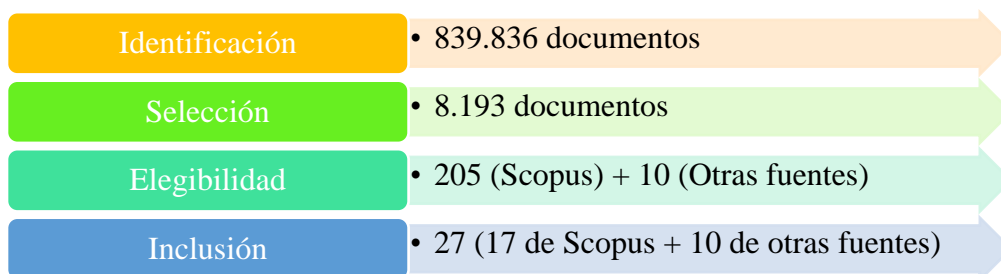
(logistic\* OR “supply chain management” OR logística OR “cadena de abastecimiento”)  
 AND (“emerg\* technologies” OR “artificial intelligent” OR “internet of things” OR blockchain  
 OR block-chain OR “tecnologías emergentes” OR “inteligencia artificial” OR “internet de las  
 cosas”) AND (pharmaceuti\* OR pharmacist OR farmacéut\*).

### *Aplicación de la estrategia de búsqueda*

Se empleó Scopus como la principal fuente para la búsqueda, aprovechando su amplia cobertura de literatura científica, siguiendo los tres pasos de los componentes de la ecuación de búsqueda de forma sucesiva para refinar los resultados. En el primer paso, se obtuvieron 839.836 documentos relevantes en Scopus. Posteriormente, se encontraron 8.193 artículos a través de la búsqueda indicada, y en el tercer paso, se resumió a 205 el total de artículos para el análisis bibliométrico. Además, se llevó a cabo una búsqueda narrativa en otras fuentes complementarias para garantizar la exhaustividad del proceso con el hallazgo de 10 artículos (Ver Figura 2).

Figura 2.

#### *Diagrama PRISMA*



*Fuente.* El diagrama permite comprender los procedimientos básicos utilizados en la revisión sistemática.

En este sentido, para el análisis bibliométrico se consideraron todos los documentos encontrados en el tercer paso en Scopus (205). Para el análisis de contenido se establecieron criterios de inclusión/exclusión específicos. Tales criterios fueron:

- Se incluyen artículos y se excluyeron otro tipo de documentos.

- Publicados desde el año 2019 hasta la fecha de consulta (14/03/2024), es decir, los últimos tres años completos más lo que va del 2024 a la fecha de corte.
- Se incluyen artículos que estuvieran escritos en idioma inglés o español (se excluyen documentos en otros idiomas).
- Se incluyen artículos que tuviera alguna de las siguientes tres palabras clave específicamente en el título: pharmaceuti\* OR pharmacist OR farmacéut\*. Es decir, se excluyeron aquellos que no tenían ninguna de esas palabras en el título.
- Se excluyen los artículos a los cuales no se tenga acceso al texto completo en versión web o pdf, debido a restricciones de autor o que representen un pago.

Así pues, de los 205 documentos encontrados en el tercer paso en Scopus (205) para el análisis bibliométrico, se seleccionaron inicialmente para el análisis de contenido una muestra de 23 artículos de Scopus. No obstante, teniendo en cuenta el último criterio de inclusión/exclusión, solo se tuvo acceso al texto completo de 17 artículos. Adicionados estos a los 10 artículos obtenidos de otras fuentes, el análisis de contenido se realizó a un total de 27 documentos.

### **Técnicas, instrumentos y software**

En la Tabla 2 se presenta la relación de objetivos específicos con la técnica e instrumento a utilizar, en atención al diseño metodológico comentado en los apartados anteriores. Para este caso, la técnica seleccionada es la revisión documental que engloba las revisiones sistemáticas según Hernández (2018), y el instrumento, será la matriz documental, en la cual se registran los hallazgos de acuerdo a las unidades de análisis derivados de los objetivos expuestos.

Tabla 2.

*Técnicas e instrumentos*

<b>Objetivo</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Identificar el papel de la inteligencia artificial (IA) y la internet de las cosas (IoT) en la optimización logística en la cadena de valor farmacéutica.	Revisión documental	Bibliometrix
Explorar el potencial de Blockchain para la seguridad y trazabilidad en procesos logísticos farmacéuticos.	Revisión documental	Bibliometrix
Examinar los desafíos y obstáculos enfrentados por las empresas farmacéuticas en la adaptación y adopción de tecnologías emergentes en sus operaciones logísticas, incluyendo aspectos humanos y éticos.	Revisión documental	Bibliometrix

*Fuente.* Elaboración propia.

Bibliometrix es una herramienta de software diseñada específicamente para análisis bibliométricos en el ámbito de la investigación científica. Desarrollado en la empresa R, Bibliometrix ofrece una amplia gama de funcionalidades para explorar y visualizar patrones de producción científica, relaciones entre autores, citas, y evolución temporal de temas de investigación, permitiendo a los investigadores realizar análisis detallados sobre la base de datos bibliográficos extraídos de fuentes como Scopus, Web of Science, o bases de datos locales.

### **Análisis de la información**

La revisión sistemática, como método de investigación científica, exige un proceso riguroso para analizar y sintetizar la información existente sobre un tema específico, el cual implica una serie de pasos bien definidos y transparentes que permiten a los investigadores examinar de manera exhaustiva la evidencia disponible (Hernández, 2018). El primer paso, es definir los criterios de búsqueda lo más refinados posible y conectados con descriptores Booleanos. El segundo paso, es la selección de documento mediante 1, 2 o 3 filtros, mediante una sistematización que incluya exactamente lo que el investigador quiera encontrar, ya sea en el primer filtro, por título; en el segundo por el tipo de fuente; y el tercero, por la información del resumen o abstract. Una vez establecida la selección final de documentos, se procede a

identificar y seleccionar las fuentes de información pertinentes para revisarlas en su totalidad y, finalmente, realizar el análisis pretendido por comparación o contrastación. Esto puede implicar la codificación de información relevante, como los resultados de los estudios, las características de la muestra y los métodos utilizados (Hernández, 2018).

Se emplearon tres matrices de extracción de datos para el análisis de contenido de los artículos seleccionados. La tabla 8, denominada Matriz de Análisis Documental, permitió registrar las categorías relevantes y sus referencias específicas. La tabla 9, titulada Matriz de Análisis del Papel de las Tecnologías Emergentes, se enfocó en evaluar el grado de implicación de tecnologías como Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas y Blockchain. Por último, la tabla 10, Matriz de Análisis de los Desafíos y Obstáculos en la Adopción de Tecnologías Emergentes, identificó y analizó los desafíos recurrentes, como la falta de regulación o la privacidad de datos. Estas herramientas facilitaron una revisión sistemática y detallada de los aspectos clave abordados en los artículos seleccionados, brindando un marco estructurado para el análisis de contenido y la revisión de literatura.

## Resultados

En este capítulo se presentan los resultados del trabajo de grado, en donde inicialmente se identificó un conjunto de documentos científicos en el que se indaga sobre tendencias de tecnologías emergentes aplicadas a la cadena de valor farmacéutica, seguido de un análisis bibliométrico de documentos seleccionados, la identificación del papel de la inteligencia artificial, la internet de las cosas y el blockchain en los procesos logísticos en farmacéutica y, finalmente, se expone una serie de desafíos y obstáculos a los que se ven enfrentadas las empresas farmacéuticas en la adaptación y adopción de tecnologías emergentes en sus operaciones logísticas.

### Análisis bibliométrico

#### *Caracterización general de los documentos*

La Tabla 3 proporciona una visión general de la caracterización de los documentos analizados, abarcando un amplio rango de información que arroja luz sobre la diversidad y la dinámica de la producción científica en el periodo examinado. En cuanto a la información general, se destaca un *timespan* desde 1998 hasta 2024, lo que indica una amplia ventana temporal para el análisis. Se ha extraído información de 162 fuentes diferentes, lo que sugiere una base amplia y diversa para el estudio. En total, se han examinado 205 documentos, con una tasa de crecimiento anual del 3,97%, lo que indica una tendencia positiva en la producción de conocimiento en el área de interés. El promedio de edad de los documentos es de 5,1 años, lo que sugiere una mezcla de investigación reciente y más establecida. Destaca el promedio de citas por documento, con 14,07 citas en promedio, lo que indica un nivel significativo de impacto y relevancia en la comunidad académica.

Tabla 3.

*Caracterización general de los documentos*

<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>	
Timespan	1998:2024
Sources (Journals, Books, etc)	162
Documents	205
Annual Growth Rate %	3,97
Document Average Age	5,1
Average citations per doc	14,07
References	6503
<b>DOCUMENT CONTENTS</b>	
Keywords Plus (ID) por Scopus	1162
Author's Keywords (DE) en los documentos	427
<b>AUTHORS</b>	
Authors	601
Authors of single-authored docs	14
<b>AUTHORS COLLABORATION</b>	
Single-authored docs	19
Co-Authors per Doc	3,29
International co-authorships %	12,68%
<b>DOCUMENT TYPES</b>	
article	67
book	3
book chapter	28
conference paper	78
conference review	5
editorial	2
note	1
review	7
short survey	14

*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

En cuanto a los contenidos de los documentos, se observa una amplia variedad de palabras clave, con 1162 palabras clave Plus (ID) identificadas por Scopus y 427 palabras clave de los autores en los documentos. Esto sugiere una diversidad temática y un enfoque multidisciplinario en los documentos analizados. En cuanto a los autores, se identificaron 601 autores en total, con 14 documentos escritos por un solo autor, lo que indica una participación significativa de colaboración entre autores. El análisis de la colaboración entre autores revela que el 12,68% de las colaboraciones son internacionales, lo que destaca la naturaleza global y colaborativa de la investigación en este campo.

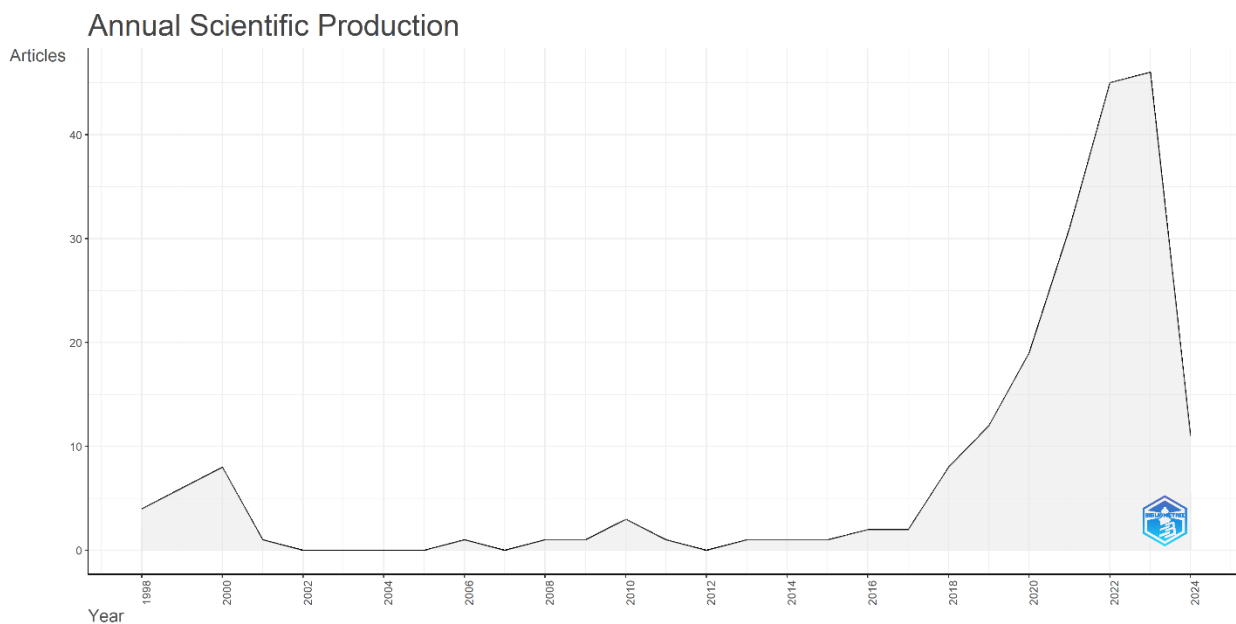
En cuanto a los tipos de documentos, se observa una diversidad de formatos, incluyendo artículos, libros, capítulos de libros, *papers* de conferencia, revisiones y encuestas cortas, entre otros. Esto sugiere una amplia gama de enfoques y metodologías en la investigación examinada, lo que enriquece la comprensión del campo en cuestión. En resumen, la tabla proporciona una descripción detallada y completa de la caracterización general de los documentos analizados, destacando la diversidad, el impacto y la colaboración en la producción científica en el periodo estudiado.

### ***Evolución por año de los documentos***

La Figura 3 muestra el análisis tendencial de la producción científica anual siendo más representativa a partir del año 2019 y hasta el año 2023.

Figura 3.

### ***Producción científica anual***



*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

### *Autores más relevantes (top 10)*

La Tabla 4 presenta una lista de los diez autores más relevantes basados en el número de documentos que han contribuido al corpus analizado. Encabezando la lista se encuentra Lloyd con un total de 17 documentos, lo que indica una contribución significativa y una presencia destacada en el campo de estudio. Le sigue Hunter con 10 documentos, consolidando su posición como un autor influyente en el ámbito de investigación examinado. Detrás de los dos primeros autores encontramos a Fernando y Meyliana, ambos con cuatro documentos, lo que sugiere una contribución sustancial, pero algo menos prominente en comparación con los líderes de la lista.

A continuación, encontramos a varios autores con tres documentos cada uno, incluyendo a Casino, Corchado, Dasaklis, Gupta, Poongodi y Sharma. Aunque su contribución individual puede ser menor en términos de número de documentos en comparación con los principales autores, su presencia en la lista de los diez autores más relevantes aún indica una contribución significativa al cuerpo de conocimiento en el campo en cuestión.

Tabla 4.

### *Autores más relevantes (top 10)*

<b>Autor</b>	<b>Documentos</b>
LLOYD AW	17
HUNTER AC	10
FERNANDO E	4
MEYLIANA	4
CASINO F	3
CORCHADO JM	3
DASAKLIS TK	3
GUPTA S	3
POONGODI T	3
SHARMA A	3

*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

Esta lista de autores más relevantes ofrece una visión valiosa de las figuras clave en el ámbito de estudio, destacando su impacto y contribución a través del número de documentos publicados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el número de documentos no es el único indicador de la relevancia o la calidad de la investigación de un autor, y otros factores como la influencia de las citas y la originalidad de las contribuciones también deben ser considerados para una evaluación más completa en monografías posteriores a la presente.

### ***Instituciones más relevantes (top 10)***

La Tabla 5 proporciona una visión detallada de las instituciones académicas más relevantes en función del número de documentos que han contribuido al corpus de investigación analizado. La University of Brighton, ubicada en el Reino Unido, lidera la lista con un total impresionante de 29 documentos, lo que indica una presencia destacada y una contribución significativa al campo de estudio. Le sigue la University of Salamanca en España, con 8 documentos, demostrando su influencia y contribución en la investigación en el ámbito analizado.

E.G.S. Pillay Engineering College en India, Jeju National University en Corea del Sur y University of Engineering and Technology Lahore en Pakistán, todas empatadas con 7 documentos, representan una fuerte presencia internacional en el campo. Además, Sri Sairam Engineering College en India y University College London en el Reino Unido, ambas con 6 documentos, demuestran su importancia y contribución en el ámbito de investigación.

Completando la lista, Ankara Yildirim Beyazit Universitesi en Turquía, Hainan University en China y Hunan University of Technology and Business en China, todas con 5 documentos, destacan la diversidad geográfica de las instituciones contribuyentes y su papel en la producción de conocimiento en el campo de estudio.

Tabla 5.

*Instituciones más relevantes (top 10)*

<b>Institución</b>	<b>País</b>	<b>Documentos</b>
University of Brighton	Reino Unido	29
University of Salamanca	España	8
E.G.S. Pillay Engineering College	India	7
Jeju National University	Corea del Sur	7
University of Engineering and Technology Lahore	Pakistán	7
Sri Sairam Engineering College	India	6
University College London	Reino Unido	6
Ankara Yildirim Beyazit Universitesi	Turquía	5
Hainan University	China	5
Hunan University of Technology and Business	China	5

*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

***Producción científica por países***

La Tabla 6 y la Figura 4 ofrecen una visión de la producción científica por países en el área de estudio analizada. India lidera la tabla con una notable cantidad de 257 documentos, lo que indica una contribución significativa y una presencia destacada en la investigación en el campo. China sigue en segundo lugar con 58 documentos, reflejando su creciente importancia y participación en la producción científica a nivel global.

El Reino Unido y los Estados Unidos ocupan el tercer y cuarto lugar, respectivamente, con 51 y 30 documentos cada uno, destacando su tradicional liderazgo en investigación científica y académica. Indonesia y Pakistán siguen de cerca con 19 y 18 documentos respectivamente, lo que indica un papel importante en la contribución al conocimiento en el campo analizado.

Una serie de países, como Grecia, Corea del Sur, Italia y Marruecos, tienen una producción científica notable, con entre 14 y 16 documentos cada uno, el cual refleja la diversidad geográfica de la investigación en el área de estudio, con una amplia participación internacional. Países como España, Australia, Francia, Canadá y Alemania también contribuyen de manera significativa a la producción científica en el campo, con entre 9 y 12 documentos cada uno. Aunque la mayoría de los países tienen una producción científica modesta, con menos de 10

documentos, su contribución no debe pasarse por alto, ya que refleja la diversidad y la distribución global del conocimiento y la investigación en el área de estudio de esta revisión.

Tabla 6.

*Producción científica por países*

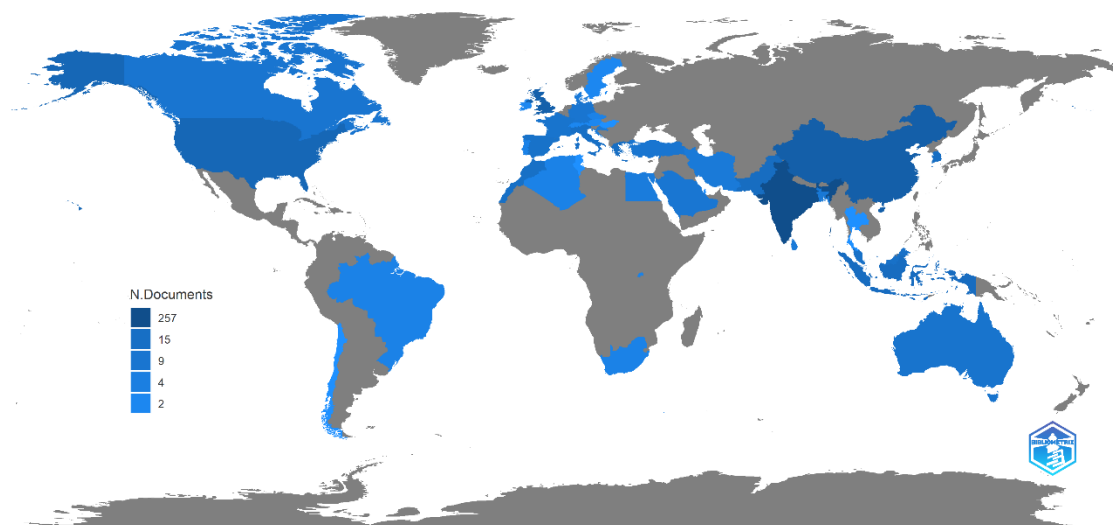
<b>País</b>	<b>Documentos*</b>
India	257
China	58
Uk	51
Usa	30
Indonesia	19
Pakistan	18
Greece	16
South Korea	16
Italy	15
Morocco	14
Malaysia	13
Spain	12
Australia	10
France	10
Canada	9
Germany	9
Turkey	9
Saudi Arabia	8
Bangladesh	7
Croatia	6
Denmark	6
Iran	6
Sri Lanka	6
Egypt	5
Algeria	3
Brazil	3
Czech Republic	3
Portugal	3
Rwanda	3
South Africa	3
Austria	2
Bahrain	2
Ireland	2

Sweden	2
Switzerland	2
Chile	1
Hungary	1
Qatar	1
Thailand	1
Tunisia	1

*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

Figura 4.

*Producción científica por países*



*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

### ***Artículos más citados (top 10)***

La Tabla 7 proporciona una visión general de los artículos más citados en Scopus en el ámbito de la gestión de la cadena de suministro en relación con tecnologías emergentes como la blockchain, el Internet de las cosas (IoT) y la Industria 4.0, con un enfoque particular en la industria farmacéutica y alimentaria.

Tabla 7.

*Artículos más citados (top 10)*

Título	Año	DOI	Total citas	Citas promedio por año
A novel medical blockchain model for drug supply chain integrity management in a smart hospital	2019	10.3390/electronics8050505	242	40,33
Opportunities for Use of Blockchain Technology in Medicine	2018	10.1007/s40258-018-0412-8	195	27,86
Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management?	2016	No tiene	182	20,22
A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry.	2020	10.3390/electronics9050852	140	28
Internet of Things research in supply chain management and logistics: A bibliometric analysis.	2020	10.1016/j.ijot.2020.100318	137	27,4
Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector.	2020	10.1080/00207543.2020.1789238	136	27,2
Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention.	2020	10.3390/s20143951	110	22
Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future.	2021	10.1016/j.ijpharm.2021.120554	110	27,5
Blockchain based secured information sharing protocol in supply chain management system with key distribution mechanism.	2020	10.1016/j.jisa.2020.102554	106	21,2
Supply chain information transmission based on RFID and internet of things.	2009	10.1109/CCCM.2009.5267755	93	5,81

*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

Se denota que, la mayoría de los artículos más citados sugieren un interés creciente en la aplicación de soluciones innovadoras para abordar los desafíos en la gestión de la cadena de suministro desde los componentes de integridad y la seguridad, donde se proponen soluciones basadas en blockchain e IoT para garantizar la autenticidad y la calidad de los productos, así como para prevenir la falsificación y el fraude. Algunos artículos abordan la importancia de establecer estándares y protocolos de seguridad para garantizar la protección de datos y la integridad de la información en la cadena de suministro desde la implementación de protocolos



Dentro del contexto de la gestión de la cadena de suministro farmacéutica, la tecnología juega un papel fundamental, pues aparecen términos como “distributed ledger” y “hyperledger fabric”, los cuales destacan la creciente aplicación de la tecnología emergente en esta industria, las cuales ofrecen una manera segura y transparente de rastrear el movimiento de medicamentos a lo largo de la cadena de suministro, proporcionando una mayor confianza en la autenticidad y la integridad de los productos farmacéuticos.

Asimismo, la seguridad cibernética, representada en la nube de palabras como “monitoring cybersecurity” y “big data component”, es un aspecto crítico en la gestión de la cadena de suministro farmacéutica, debido al aumento de las amenazas en este campo, es fundamental proteger los datos sensibles y garantizar la integridad de los sistemas de información utilizados en toda la cadena de suministro.

La innovación tecnológica también se refleja en términos como “machine learning” y “smart contract”, donde el aprendizaje automático puede ser utilizado para predecir la demanda de medicamentos y optimizar las operaciones logísticas, mientras que los contratos inteligentes pueden automatizar y hacer cumplir los acuerdos comerciales dentro de la cadena de suministro, mejorando la eficiencia y la transparencia. Otro aspecto importante es la trazabilidad y la prevención de la falsificación, representadas por términos como “rfid traceability” y “counterfeiting”, garantizando la autenticidad a lo largo de la cadena de suministro, en el que la tecnología RFID puede desempeñar un papel clave en este proceso.

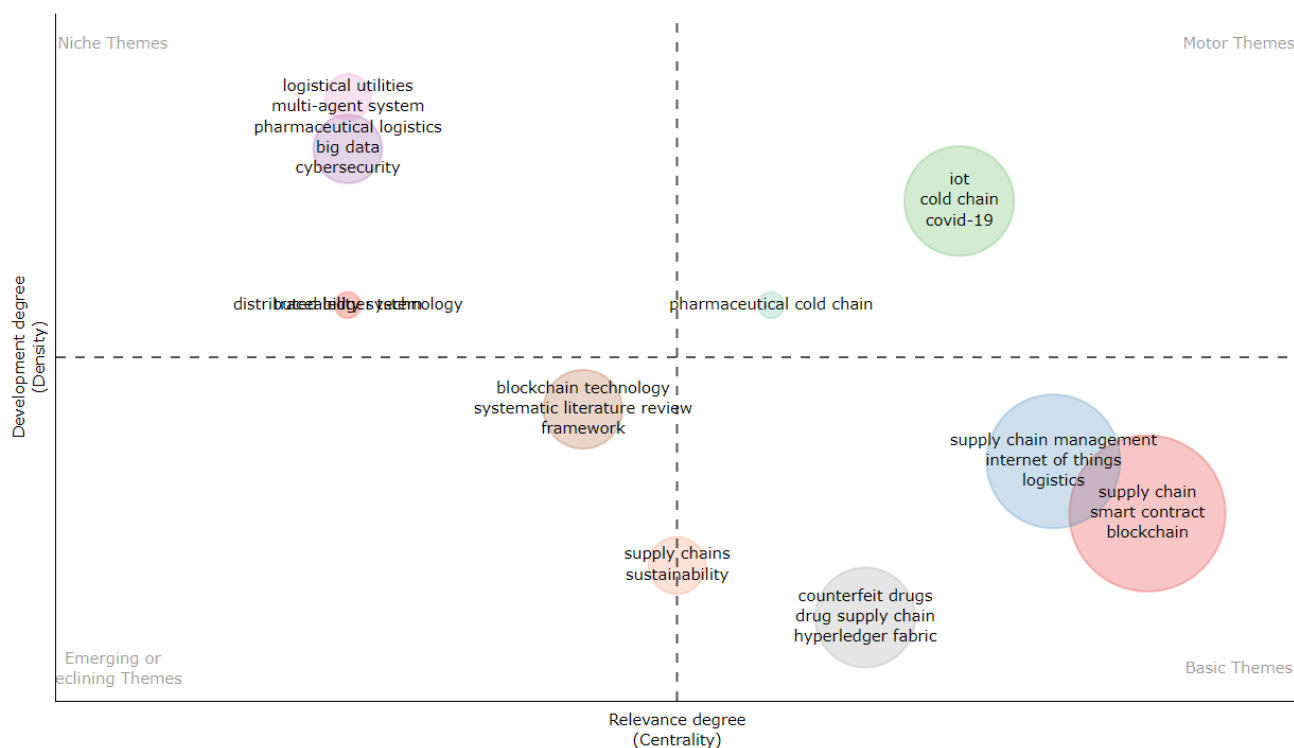
### ***Tendencias temáticas***

El análisis bibliométrico realizado revela una estructura temática diversa y dinámica en el campo de la logística y la gestión de cadenas de suministro. Dentro de este contexto, se

identifican dos componentes clave: el grado de desarrollo o densidad, representado en el eje x, y el grado de relevancia o centralidad, reflejado en el eje y. Esta disposición en un plano cartesiano permite distinguir cuatro segmentos principales que abarcan desde temas nicho hasta temas básicos, tal y como se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

### *Tendencias temáticas*



*Fuente.* Elaboración propia a partir de procesamiento en Bibliometrix.

En el segmento de temas nicho, se encuentra el análisis de utilidades logísticas, la implementación de sistemas multiagente para optimizar procesos, la logística farmacéutica en un entorno globalizado, el manejo de grandes datos para la toma de decisiones estratégicas, y la cada vez más crucial seguridad cibernética en las operaciones logísticas. Los temas motores, por su parte, ocupan un lugar central en el plano, reflejando su importancia y prominencia en el ámbito de la investigación y la práctica. En este sentido, la cadena de frío, especialmente

relevante en el contexto de la distribución de vacunas y productos farmacéuticos, junto con el impacto y las implicaciones de la pandemia de COVID-19, y la necesidad de garantizar la integridad de la cadena de frío farmacéutica, emergen como temas de vital importancia.

Los temas emergentes reflejan áreas de creciente interés y atención, los cuales incluyen el estudio de la estructura organizativa en las cadenas de suministro, la importancia de la revisión sistemática de la literatura para comprender y contextualizar investigaciones previas, y la creciente preocupación por la sostenibilidad en todas las etapas de las cadenas de suministro globales. Por último, los temas básicos representan el fundamento del conocimiento en logística y gestión de cadenas de suministro, en el que se destacan aspectos como la lucha contra los medicamentos falsificados, el desarrollo de tecnologías como Hyperledger y blockchain para asegurar la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro de medicamentos, así como la gestión eficiente de la logística en el Internet de las cosas, y la implementación de contratos inteligentes para automatizar procesos y garantizar la ejecución de acuerdos.

### **Análisis de contenido**

La Tabla 8 presenta la síntesis del análisis de contenido, en donde se relaciona de igual forma la referencia del artículo analizado. En total se revisaron en su contenido 27 artículos, tal y como se presenta a continuación.

Tabla 8.

#### *Matriz de análisis documental*

<b>Análisis de Contenido</b>	<b>Referencia</b>
El artículo se enfoca a temas sobre sistema de contabilidad distribuido y descentralizado compartido por usuarios en una red peer-to-peer. Además, de la integración de la cadena de suministro para producción y distribución eficiente de productos o servicios. Las plataformas desarrolladas fueron: Hyperledger Fabric y Hyperledger Sawtooth. Hyperledger Sawtooth consume menos CPU que Hyperledger Fabric, lo que aumenta la cantidad de transacciones.	Sudha, C., y Jesu, V. (2024). TrackChain: Hyperledger based pharmaceutical supply chain-Resource utilization perspective. Heliyon, 10(1).

---

El artículo se enfoca a temas sobre la gestión de la cadena de suministro, a partir del seguimiento de productos, la lucha contra productos falsificados, y la cooperación de un libro mayor compartido.

El artículo propone un modelo de interoperabilidad en sistemas de cadena de suministro basados en blockchain para el sector farmacéutico. El enfoque principal es garantizar la inmutabilidad del registro de auditoría de un activo rastreado, superando desafíos de seguimiento entre diferentes sistemas de cadena de suministro blockchain.

El artículo propone un sistema de gestión de cadena de suministro de medicamentos utilizando blockchain y aprendizaje profundo para abordar los desafíos del sector farmacéutico, como la visibilidad de la cadena de suministro y la falsificación de medicamentos. Presenta un esquema que utiliza Hyperledger Fabric para la gestión de la cadena de suministro, un modelo híbrido de red de creencia profunda para recomendaciones de medicamentos y un algoritmo optimizador para mejorar el rendimiento del modelo.

El artículo aborda la necesidad de mejorar la resiliencia de la cadena de suministro farmacéutica (PSC) en la era pospandémica, especialmente frente a los riesgos de interrupción. Se destaca el papel de la Internet de las cosas (IoT) y blockchain en la mejora de la eficiencia operativa, la visibilidad, la flexibilidad y la transparencia de las operaciones de la PSC. Se desarrolla un modelo de gestión de PSC integrado con blockchain de IoT para abordar estos desafíos.

El artículo propone el uso de la gestión de riesgos en la cadena de suministro farmacéutica para abordar la escasez de suministro de medicamentos. Se utilizan técnicas como el análisis de modo y efecto de falla difusa y el análisis envolvente de datos para identificar los factores de riesgo clave. Se destaca la falta de disponibilidad de medicamentos debido a la demanda inesperada y la escasez de medicamentos especializados como los principales factores de riesgo. Se propone una plataforma de tecnología digital que incluye análisis de big data y tecnologías blockchain para mitigar estos riesgos y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro farmacéutica.

El artículo explora el impacto de la tecnología de gemelos digitales en combinación con blockchain en la salud de precisión, la industria farmacéutica y las ciencias biológicas. Se destaca cómo esta convergencia tiene el potencial de mejorar significativamente los resultados de la atención médica, facilitando la medicina personalizada y la salud de precisión. Se discuten los factores que impulsan la adopción de soluciones basadas en blockchain y gemelos digitales, incluida la transición hacia una Web descentralizada, el establecimiento de un ecosistema de salud global interconectado y las ventajas de la convergencia tecnológica en la optimización de la atención médica.

El artículo realiza una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de la tecnología blockchain en la cadena de suministro farmacéutica (PSC). Se identifican tendencias emergentes y se proporciona un marco conceptual para la implementación de blockchain en la PSC. Se destaca el potencial de blockchain para abordar problemas como la falsificación de medicamentos, la retirada de medicamentos, el intercambio de datos de salud de los pacientes, el cumplimiento y los ensayos clínicos en el sector farmacéutico. Se señala que la investigación sobre blockchain en la PSC ha aumentado significativamente desde la pandemia de COVID-19.

El artículo investiga si la gestión ágil de la cadena de suministro y blockchain pueden contribuir a la innovación en la industria farmacéutica y de atención médica. Utiliza un método de grupo focal con profesionales de la industria para evaluar su percepción sobre blockchain y su papel en la innovación en

Chandrasekaran, K. S., Mahalakshmi, V., y Ananthapadmanabhan, M. R. (2024).

Mezquita et al. (2023). Blockchain-based supply chain systems, interoperability model in a pharmaceutical case study. *Sensors*, 23(4), 1962.

Perumalsamy, S., y Kaliyamurthy, V. (2023). Leveraging Blockchain with Optimal Deep Learning-Based Drug Supply Chain Management for Pharmaceutical Industries. *Computers, Materials y Continua*, 77(2).

Chen et al. (2023). Internet of Things (IoT)—blockchain-enabled pharmaceutical supply chain resilience in the post-pandemic era. *Frontiers of Engineering Management*, 10(1), 82-95.

Wong et al. (2023). Digitalization enhancement in the pharmaceutical supply network using a supply chain risk management approach. *Scientific reports*, 13(1), 22287.

Vasiliiu et al. (2023). Impact of Blockchain-Digital Twin Technology on Precision Health, Pharmaceutical Industry, and Life Sciences: Conference Proceedings, Conv2X 2023. *Blockchain in Healthcare Today*, 6.

Lahjouji et al. (2023). A systematic literature review: The power of the blockchain technology to improve pharmaceutical supply chain. *Journal of Theoretical y Applied Information Technology*, 101(2), 952-971.

Pesqueira, A. (2022). Are agile supply chain management and blockchain beneficial to industry and patients? focus group with healthcare

---

---

las cadenas de suministro ágiles. Se analizan los datos recopilados para comprender cómo están interconectadas la cadena de bloques y la gestión ágil de la cadena de suministro.

El artículo aborda la implementación de la gestión de la cadena de suministro circular (CSCM) en la industria farmacéutica, en respuesta a la creciente preocupación por la contaminación y los residuos. Propone un modelo para ayudar a las industrias farmacéuticas a adoptar CSCM, identificando barreras y facilitadores mediante una metodología híbrida. Utiliza técnicas de toma de decisiones difusas y despliegue de funciones de calidad difusa para analizar y priorizar las barreras y facilitadores. Los resultados destacan la falta de recursos financieros, los desafíos del mercado y la falta de coordinación como principales barreras, mientras que la simbiosis industrial, la infraestructura de logística inversa y la tecnología de cadena de bloques se identifican como habilitadores claves.

El artículo investiga el uso de la tecnología blockchain para mejorar la seguridad y la integridad en los sistemas de distribución farmacéutica con el objetivo de combatir la falsificación de medicamentos. Se destaca que la falta de transparencia en el sistema actual ha sido un problema y que la tecnología blockchain ofrece una solución prometedora. Se identifica una falta de consideración sobre la privacidad de los datos y la reputación de los nodos en las soluciones propuestas actualmente. El estudio propone un prototipo que utiliza un protocolo de prueba de conocimiento cero para garantizar la integridad de los datos y un modelo de Markov para evaluar la reputación de los nodos en la toma de decisiones por consenso. Se concluye que el protocolo de decisión es crucial para un sistema de distribución confiable y se recomienda que los sistemas farmacéuticos adopten un protocolo relevante para diseñar sus soluciones blockchain.

El artículo ofrece una revisión bibliométrica de la investigación sobre gestión de la cadena de suministro basada en blockchain. Examina 421 artículos publicados entre 2017 y 2021, analizando tendencias de publicaciones, revistas líderes, países líderes y temas principales en el campo. Se identifican cuatro grupos en el análisis de cocitaciones y se discuten los hallazgos desde diversas perspectivas. Los temas principales incluyen cadena de suministro sostenible con blockchain, adopción de tecnología blockchain, dinámica y desafíos, y plataformas múltiples y marco de desarrollo. El estudio proporciona una visión general de la literatura actual y será útil para los investigadores en el campo.

El artículo propone un esquema de supervisión de la cadena de frío farmacéutica basado en blockchain, almacenamiento en la nube e Internet de las cosas para lograr la trazabilidad confiable de todo el ciclo de vida de los productos farmacéuticos y garantizar la seguridad del producto. Además, utiliza datos generados en este sistema para construir un esquema de pronóstico de la demanda de productos de la cadena de frío basado en el aprendizaje profundo para ayudar en la toma de decisiones de gestión de inventario de la cadena de frío, con el objetivo de reducir los costos de almacenamiento de los productos de la cadena de frío.

El artículo analiza la evolución de las prácticas de fabricación en la industria farmacéutica, destacando cómo tecnologías como Internet de las cosas, inteligencia artificial, robótica e informática avanzada están transformando el proceso de producción de medicamentos. Se resalta el potencial de estas tecnologías para mejorar la agilidad, eficiencia, flexibilidad y calidad en la producción farmacéutica. Se enfatiza la importancia de comprender las barreras regulatorias, técnicas y logísticas para la implementación exitosa de estas tecnologías.

---

and pharmaceutical professionals. Part 2.

Khan, F., y Ali, Y. (2022). Implementation of the circular supply chain management in the pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 24(12), 13705-13731.

Zoughalian et al. (2022). A blockchain secured pharmaceutical distribution system to fight counterfeiting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4091.

Saxena et al. (2022). Blockchain-based supply-chain management: a bibliometric analysis. *湖南大学学报 (自然科学版)*, 49(06).

Zhang et al. (2021). Pharmaceutical cold chain management based on blockchain and deep learning. *Journal of Internet Technology*, 22(7), 1531-1542.

Arden et al. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. *International Journal of Pharmaceutics*, 602, 120554.

---

El artículo aborda el problema de la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica y propone un sistema de gestión y recomendación basado en blockchain y aprendizaje automático. Destaca la importancia de rastrear los productos farmacéuticos en cada fase de la cadena de suministro para combatir la falsificación. El sistema propuesto consta de dos módulos principales: gestión de la cadena de suministro de medicamentos basada en blockchain y sistema de recomendación de medicamentos para consumidores basado en aprendizaje automático.

El estudio explora el papel de la tecnología blockchain en la sostenibilidad y eficacia de la cadena de suministro farmacéutica en el Reino de Arabia Saudita. Identifica problemas existentes en la cadena de suministro, como la falta de integración de los sistemas de TI, escasez de medicamentos, falta de coordinación entre partes interesadas y desperdicio de productos. Propone que blockchain puede abordar estos problemas al garantizar transparencia, trazabilidad y seguridad en la gestión de la cadena de suministro. Se destaca el impacto potencial de blockchain en la sostenibilidad y eficacia de la cadena de suministro farmacéutica mediante la aplicación de la teoría de "Tecnología, Organización y Medio Ambiente" (TOE).

El artículo aborda el desafío de controlar la temperatura y prevenir la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica. Propone un marco de blockchain basado en sensores de Internet de las cosas (IoT) para rastrear y monitorear los medicamentos a lo largo de toda la cadena de suministro. Destaca la importancia de estas tecnologías para la gestión eficiente de la cadena de suministro y señala los desafíos de seguridad para los dispositivos de IoT y la escalabilidad de blockchain. El enfoque principal es mejorar los sistemas blockchain para la gestión de la cadena de suministro basada en IoT y aplicar estas tecnologías para crear un ecosistema de atención médica inteligente.

El artículo revisa las aplicaciones potenciales del Internet de las Cosas (IoT) en la fabricación, almacenamiento y gestión de la cadena de suministro de productos farmacéuticos. Destaca cómo el IoT puede mejorar la calidad del producto, aumentar la productividad y reducir los errores en las diferentes etapas de producción farmacéutica. En la fabricación, puede ayudar a supervisar y optimizar operaciones unitarias para mejorar la eficiencia. En almacenamiento y gestión de la cadena de suministro, se utiliza para monitorear las condiciones de almacenamiento en tiempo real y mejorar la visibilidad operativa.

El artículo explora cómo las intervenciones tecnológicas, especialmente las Tecnologías de Fabricación Avanzada (AMT), pueden reconfigurar las redes de valor farmacéutico a nivel global. Se analizan posibles cambios en la cadena de valor, desde el descubrimiento de sistemas hasta nuevos modelos de suministro de servicios, alineados con avances tecnológicos disruptivos. Se destaca la transición hacia modelos de fabricación continua y por pedido, con beneficios potenciales como una huella reducida, mejor calidad y mayor flexibilidad. Sin embargo, la adopción actual de tecnologías continuas en el sector farmacéutico sigue siendo baja. El estudio evalúa las barreras para la implementación y propone futuros escenarios de fabricación continua. Se identifican disparidades en los puntos de vista, incertidumbres y desafíos transformacionales.

El artículo analiza el enfoque orientado al cliente dentro de la Industria 4.0 y su impacto en la gestión de la cadena de suministro (SCM). Destaca la necesidad de integración en las cadenas de suministro para mejorar la eficiencia y transparencia. Identifica las plataformas logísticas como integradores de sistemas virtuales en las cadenas de suministro, detallando los efectos de la transición a modelos de negocio de plataforma.

Abbas et al. (2020). A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry. *Electronics*, 9(5), 852.

Alharthi et al. (2020). An exploration of the role of blockchain in the sustainability and effectiveness of the pharmaceutical supply chain. *Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management*, 2020(2020), 1-29.

Singh et al. (2020). Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention. *Sensors*, 20(14), 3951.

Sharma et al. (2020). Internet of things (IoT) in pharmaceutical manufacturing, warehousing, and supply chain management. *SN Computer Science*, 1(4), 232.

Harrington et al. (2017). Reconfiguring global pharmaceutical value networks through targeted technology interventions. *International journal of production research*, 55(5), 1471-1487.

Shcherbakov, V., y Silkina, G. (2021). Supply chain management open innovation: Virtual integration in the network logistics system. *Journal of Open Innovation:*

La investigación se centra en optimizar los procesos logísticos en un mayorista farmacéutico finlandés para obtener ventajas competitivas. Utiliza un enfoque mixto de datos cualitativos y cuantitativos para investigar causas de fragmentación de la cadena de suministro y formas de mitigar estos efectos. Se destaca la importancia de un sistema logístico centralizado para minimizar costos y daños ambientales.

El artículo explora los desafíos y oportunidades emergentes en la fabricación y distribución farmacéutica, especialmente con terapias novedosas y altamente específicas. Examina avances en la fabricación para adaptarse a perfiles de productos farmacéuticos personalizados, destacando la importancia de herramientas digitales y la ingeniería de sistemas de procesos. El artículo examina cómo el análisis de big data y las tecnologías basadas en IoT pueden mejorar la eficiencia de la cadena de suministro en la industria farmacéutica. Propone un modelo para implementar una cadena de suministro ágil y eficiente basada en el análisis de datos de IoT.

El artículo explora el impacto de la tecnología blockchain en la cadena de suministro y la logística en diversos sectores, incluida la industria farmacéutica. Destaca cómo la tecnología puede transformar la cadena de suministro en funciones seguras, ágiles, confiables y transparentes.

El artículo investiga la implementación de blockchain en la gestión de la cadena de suministro en países con economías desarrolladas y emergentes, centrándose en los sectores energético, alimentario y farmacéutico. Destaca similitudes y diferencias en las estrategias de implementación entre estos países.

El artículo investiga el impacto de la seguridad cibernética y el riesgo de la cadena de suministro en las operaciones digitales en la industria farmacéutica de los EAU. Se encontró una asociación significativa entre la seguridad cibernética, el riesgo de la cadena de suministro y las operaciones digitales.

El artículo explora varias soluciones basadas en blockchain para mejorar la gestión de la cadena de suministro. Destaca la capacidad de la tecnología blockchain para proporcionar transparencia y trazabilidad en toda la red de valor de la cadena de suministro.

El artículo explora el modelo de co-creación de valor y el camino de mejora basado en la servitización de las empresas manufactureras. Destaca el papel de la tecnología de la información en la creación de valor en la cadena de suministro.

Technology, Market, and Complexity, 7(1), 54.

Shamsuzzoha, A., Ndzibah, E., y Kettunen, K. (2020). Data-driven sustainable supply chain through centralized logistics network: Case study in a Finnish pharmaceutical distributor company. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100013.

Sarkis et al. (2021). Emerging challenges and opportunities in pharmaceutical manufacturing and distribution. *Processes*, 9(3), 457.

Aliahmadi et al. (2022). Big Data IoT-based agile-lean logistic in pharmaceutical industries. *International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences*, 2(3), 70-81.

Raja, A., y Muthuswamy, P. (2022). Influence of blockchain technology in manufacturing supply chain and logistics. *Logistics*, 6(1), 15.

Teodorescu, M., y Korchagina, E. (2021). Applying blockchain in the modern supply chain management: Its implication on open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 80.

Del Giorno, F. (2022). Impacts of cyber security and supply chain risk on digital operations: evidence from the pharmaceutical industry. *International Journal of Technology, Innovation and Management (IJTIM)*, 2(2), 18-32.

Raman et al. (2021). A survey paper on blockchain technologies in supply chain management. *Int. J. Res. Eng. Sci*, 9(6), 79-86.

Li et al. (2022). Identifying the value co-creation model and upgrading path of manufacturing enterprises from the value network perspective. *Sustainability*, 14(23), 16008.

---

*Fuente.* Elaboración propia a partir de varias fuentes de artículos científicos.

La gestión eficiente de la cadena de suministro en la industria farmacéutica es fundamental para garantizar la disponibilidad y calidad de los productos médicos, así como para abordar desafíos como la falsificación de medicamentos y la trazabilidad de productos. En este contexto, las tecnologías emergentes, como blockchain, Internet de las Cosas (IoT) y la IA, están siendo cada vez más exploradas y adoptadas para mejorar la eficiencia y transparencia en toda la cadena de valor, tal y como lo sugieren los estudios revisados.

Un análisis detallado de diversas investigaciones y propuestas revela el potencial transformador de estas tecnologías en la gestión de la cadena de suministro farmacéutica. Por ejemplo, se destaca el estudio de Sudha y Jesu (2024) sobre el uso de plataformas blockchain como Hyperledger Fabric y Hyperledger Sawtooth para implementar sistemas de contabilidad distribuida y descentralizada. Asimismo, investigaciones como la de Mezquita et al. (2023) proponen modelos de interoperabilidad para sistemas de cadena de suministro blockchain, abordando la necesidad de integración entre diferentes plataformas para garantizar la coherencia y transparencia en toda la cadena de valor.

Además, trabajos como el de Perumalsamy y Kaliyamurthy (2023) presentan enfoques integrales que combinan blockchain con aprendizaje profundo para abordar desafíos específicos de la cadena de suministro farmacéutica, como la visibilidad de la cadena de suministro y la falsificación de medicamentos. Por otro lado, Zoughalian et al. (2022) destaca el potencial de blockchain para mejorar la seguridad y la integridad en los sistemas de distribución farmacéutica, proponiendo un sistema de gestión y aprendizaje automático, que utiliza un protocolo de prueba de conocimiento cero para garantizar la integridad de los datos y evaluar la reputación de los nodos en la toma de decisiones por consenso.

En adición, el estudio realizado por Alharthi et al. (2020) examina el papel de blockchain en la sostenibilidad y eficacia de la cadena de suministro farmacéutica, aplicando la teoría de "Tecnología, Organización y Medio Ambiente" (TOE), identificando problemas existentes en la cadena de suministro, como la falta de integración de sistemas de TI y la escasez de medicamentos, y propone que blockchain puede abordar estos problemas al garantizar transparencia, trazabilidad y seguridad en la gestión de la cadena de suministro.

Por último, el estudio realizado por Singh et al. (2020) explora cómo el IoT puede mejorar la eficiencia de la cadena de suministro farmacéutica, especialmente en la gestión de la cadena de frío desde un sistema basado en blockchain e IoT para monitorear y rastrear medicamentos a lo largo de toda la cadena de suministro, destacando la importancia de estas tecnologías para garantizar la calidad y seguridad de los productos farmacéuticos.

En conclusión, los estudios analizados demuestran el potencial transformador de las tecnologías emergentes, como blockchain e IoT, en la gestión de la cadena de suministro farmacéutica, las cuales ofrecen soluciones innovadoras para abordar desafíos críticos en el sector, como la falsificación de medicamentos, la trazabilidad de productos y la eficiencia operativa, lo que sugiere un futuro prometedor para la industria farmacéutica mediante la adopción de estas tecnologías emergentes. Sin embargo, es importante abordar los desafíos pendientes, como la interoperabilidad entre plataformas blockchain y la seguridad cibernética, para garantizar una implementación exitosa y sostenible en toda la cadena de suministro farmacéutica.

### *Papel de las tecnologías emergentes*

Teniendo en cuenta el análisis realizado sobre el papel de las tecnologías emergentes, la Tabla 9 presenta la síntesis de la ley de contenido relacionado con el papel de la inteligencia artificial como adopción y aplicación efectiva para el caso de la industria farmacéutica. De igual forma, la Tabla 10 presenta el análisis de contenido para el papel de internet de las cosas, mientras que la Tabla 11 evidencia la síntesis para el caso del papel del Block Chain. Finalmente, en la Tabla 12 se hace una presentación de contenido de los artículos revisados frente a otras tecnologías emergentes que se vinculan con el tema de la industria farmacéutica.

Tabla 9.

#### *Matriz de análisis del papel de la IA*

<b>Análisis de Contenido</b>	<b>Referencia</b>	<b>Papel de la Inteligencia Artificial</b>
El artículo propone un sistema de gestión de cadena de suministro de medicamentos utilizando blockchain y aprendizaje profundo para abordar los desafíos del sector farmacéutico, como la visibilidad de la cadena de suministro y la falsificación de medicamentos. Presenta un esquema que utiliza Hyperledger Fabric para la gestión de la cadena de suministro, un modelo híbrido de red de creencia profunda para recomendaciones de medicamentos y un algoritmo optimizador para mejorar el rendimiento del modelo.	Perumalsamy, S., & Kaliyamurthy, V. (2023). Leveraging Blockchain with Optimal Deep Learning-Based Drug Supply Chain Management for Pharmaceutical Industries. <i>Computers, Materials &amp; Continua</i> , 77(2).	El artículo destaca el papel de la inteligencia artificial en la recomendación de medicamentos mediante un modelo híbrido de red de creencia profunda (HDBN), que sugiere los medicamentos mejor calificados a los proveedores y consumidores de atención médica. Además, se utiliza un algoritmo optimizador para mejorar el rendimiento del modelo HDBN.
El artículo propone un esquema de supervisión de la cadena de frío farmacéutica basado en blockchain, almacenamiento en la nube e Internet de las cosas para lograr la trazabilidad confiable de todo el ciclo de vida de los productos farmacéuticos y garantizar la seguridad del producto. Además, utiliza datos generados en este sistema para construir un esquema de pronóstico de la demanda de productos de la cadena de frío basado en el aprendizaje profundo para ayudar en la toma de decisiones de gestión de inventario de la cadena de frío, con el objetivo de reducir los costos de	Zhang et al. (2021). Pharmaceutical cold chain management based on blockchain and deep learning. <i>Journal of Internet Technology</i> , 22(7), 1531-1542.	Juega un papel importante en la construcción del esquema de pronóstico de la demanda de productos de la cadena de frío basado en el aprendizaje profundo para la gestión de inventario.

almacenamiento de los productos de la cadena de frío. El artículo analiza la evolución de las prácticas de fabricación en la industria farmacéutica, destacando cómo tecnologías como Internet de las cosas, inteligencia artificial, robótica e informática avanzada están transformando el proceso de producción de medicamentos. Se resalta el potencial de estas tecnologías para mejorar la agilidad, eficiencia, flexibilidad y calidad en la producción farmacéutica. Se enfatiza la importancia de comprender las barreras regulatorias, técnicas y logísticas para la implementación exitosa de estas tecnologías.	Arden et al. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. <i>International Journal of Pharmaceutics</i> , 602, 120554.	Puede desempeñar un papel en la optimización de procesos de fabricación mediante el análisis de grandes cantidades de datos para mejorar la eficiencia y calidad.
El artículo examina cómo el análisis de big data y las tecnologías basadas en IoT pueden mejorar la eficiencia de la cadena de suministro en la industria farmacéutica. Propone un modelo para implementar una cadena de suministro ágil y eficiente basada en el análisis de datos de IoT.	Aliahmadi et al. (2022). Big Data IoT-based agile-lean logistic in pharmaceutical industries. <i>International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences</i> , 2(3), 70-81.	Tecnologías basadas en análisis de big data para optimización de la cadena de suministro.

*Fuente.* Elaboración propia a partir de varias fuentes de artículos científicos.

Tabla 10.

*Matriz de análisis del papel de la IoT*

<b>Análisis de Contenido</b>	<b>Referencia</b>	<b>Papel de Internet de las Cosas</b>
El artículo aborda la necesidad de mejorar la resiliencia de la cadena de suministro farmacéutica (PSC) en la era pospandémica, especialmente frente a los riesgos de interrupción. Se destaca el papel de la Internet de las cosas (IoT) y blockchain en la mejora de la eficiencia operativa, la visibilidad, la flexibilidad y la transparencia de las operaciones de la PSC. Se desarrolla un modelo de gestión de PSC integrado con blockchain de IoT para abordar estos desafíos.	Chen et al. (2023). Internet of Things (IoT)—blockchain-enabled pharmaceutical supply chain resilience in the post-pandemic era. <i>Frontiers of Engineering Management</i> , 10(1), 82-95.	La inteligencia artificial no se menciona específicamente en el resumen del artículo.
El artículo analiza la evolución de las prácticas de fabricación en la industria farmacéutica, destacando cómo tecnologías como Internet de las cosas, inteligencia artificial, robótica e informática avanzada están transformando el proceso de producción de medicamentos. Se resalta el potencial de	Arden et al. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. <i>International Journal of Pharmaceutics</i> , 602, 120554.	Puede contribuir al monitoreo en tiempo real de equipos y procesos de fabricación, así como a la gestión inteligente de inventario y logística.

estas tecnologías para mejorar la agilidad, eficiencia, flexibilidad y calidad en la producción farmacéutica. Se enfatiza la importancia de comprender las barreras regulatorias, técnicas y logísticas para la implementación exitosa de estas tecnologías.

El artículo aborda el problema de la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica y propone un sistema de gestión y recomendación basado en blockchain y aprendizaje automático. Destaca la importancia de rastrear los productos farmacéuticos en cada fase de la cadena de suministro para combatir la falsificación.

El sistema propuesto consta de dos módulos principales: gestión de la cadena de suministro de medicamentos basada en blockchain y sistema de recomendación de medicamentos para consumidores basado en aprendizaje automático.

El artículo aborda el desafío de controlar la temperatura y prevenir la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica. Propone un marco de blockchain basado en sensores de Internet de las cosas (IoT) para rastrear y monitorear los medicamentos a lo largo de toda la cadena de suministro. Destaca la importancia de estas tecnologías para la gestión eficiente de la cadena de suministro y señala los desafíos de seguridad para los dispositivos de IoT y la escalabilidad de blockchain. El enfoque principal es mejorar los sistemas blockchain para la gestión de la cadena de suministro basada en IoT y aplicar estas tecnologías para crear un ecosistema de atención médica inteligente.

El artículo revisa las aplicaciones potenciales del Internet de las Cosas (IoT) en la fabricación, almacenamiento y gestión de la cadena de suministro de productos farmacéuticos. Destaca cómo el IoT puede mejorar la calidad del producto, aumentar la productividad y reducir los errores en las diferentes etapas de producción farmacéutica. En la fabricación, puede ayudar a supervisar y optimizar operaciones unitarias para mejorar la eficiencia. En almacenamiento y gestión de la cadena de suministro, se utiliza para monitorear las condiciones de

Abbas et al. (2020). A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry. *Electronics*, 9(5), 852.

Singh et al. (2020). Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention. *Sensors*, 20(14), 3951.

Sharma et al. (2020). Internet of things (IoT) in pharmaceutical manufacturing, warehousing, and supply chain management. *SN Computer Science*, 1(4), 232.

No se menciona específicamente en el resumen.

Juega un papel esencial al proporcionar datos de temperatura en tiempo real a través de sensores IoT para monitorear el estado de los medicamentos durante todo el proceso de la cadena de suministro.

Juega un papel fundamental al monitorear las condiciones de almacenamiento en tiempo real del producto farmacéutico, permitiendo así una gestión más eficiente de la cadena de suministro y garantizando la calidad del producto.

almacenamiento en tiempo real y mejorar la visibilidad operativa. El artículo examina cómo el análisis de big data y las tecnologías basadas en IoT pueden mejorar la eficiencia de la cadena de suministro en la industria farmacéutica. Propone un modelo para implementar una cadena de suministro ágil y eficiente basada en el análisis de datos de IoT.	Aliahmadi et al. (2022). Big Data IoT-based agile-lean logistic in pharmaceutical industries. <i>International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences</i> , 2(3), 70-81.	Internet de las Cosas como fuente de grandes volúmenes de datos para análisis de big data.
--	--	--

*Fuente.* Elaboración propia a partir de varias fuentes de artículos científicos.

Tabla 11.

*Matriz de análisis del papel del Blockchain*

Análisis de Contenido	Referencia	Papel del Blockchain
El artículo se enfoca a temas sobre sistema de contabilidad distribuido y descentralizado compartido por usuarios en una red peer-to-peer. Además, de la integración de la cadena de suministro para producción y distribución eficiente de productos o servicios. Las plataformas desarrolladas fueron: Hyperledger Fabric y Hyperledger Sawtooth. Hyperledger Sawtooth consume menos CPU que Hyperledger Fabric, lo que aumenta la cantidad de transacciones.	Sudha, C., & Jesu, V. (2024). TrackChain: Hyperledger based pharmaceutical supply chain–Resource utilization perspective. <i>Heliyon</i> , 10(1).	Ofrece una solución descentralizada para el seguimiento eficiente y transparente de productos farmacéuticos en la cadena de suministro. Aumenta la trazabilidad de la cadena de suministro y mejora el mantenimiento de inventarios. Utilización de Hyperledger Sawtooth para crear aplicaciones descentralizadas, permitiendo separar el dominio de la aplicación del sistema central.
El artículo se enfoca a temas sobre la gestión de la cadena de suministro, a partir del seguimiento de productos, la lucha contra productos falsificados, y la cooperación de un libro mayor compartido.	Chandrasekaran, K. S., Mahalakshmi, V., & Ananthapadmanabhan, M. R. (2024).	Mejora la transparencia, trazabilidad y seguridad Establece procedencia, reduce fuga de ingresos Detecta y previene la entrada de medicamentos falsificados Facilita la colaboración entre proveedores, fabricantes, reguladores, etc.
El artículo propone un modelo de interoperabilidad en sistemas de cadena de suministro basados en blockchain para el sector farmacéutico. El enfoque principal es garantizar la inmutabilidad del registro de auditoría de un activo rastreado, superando desafíos de seguimiento entre diferentes sistemas de cadena de suministro blockchain.	Mezquita et al. (2023). Blockchain-based supply chain systems, interoperability model in a pharmaceutical case study. <i>Sensors</i> , 23(4), 1962.	El artículo destaca el papel crucial del blockchain en la garantía de la inmutabilidad del registro de auditoría de activos rastreados en sistemas de cadena de suministro. Propone un modelo que permite rastrear activos entre diferentes sistemas de cadena de suministro basados en blockchain y verificar

El artículo propone un sistema de gestión de cadena de suministro de medicamentos utilizando blockchain y aprendizaje profundo para abordar los desafíos del sector farmacéutico, como la visibilidad de la cadena de suministro y la falsificación de medicamentos. Presenta un esquema que utiliza Hyperledger Fabric para la gestión de la cadena de suministro, un modelo híbrido de red de creencia profunda para recomendaciones de medicamentos y un algoritmo optimizador para mejorar el rendimiento del modelo. El artículo aborda la necesidad de mejorar la resiliencia de la cadena de suministro farmacéutica (PSC) en la era pospandémica, especialmente frente a los riesgos de interrupción. Se destaca el papel de la Internet de las cosas (IoT) y blockchain en la mejora de la eficiencia operativa, la visibilidad, la flexibilidad y la transparencia de las operaciones de la PSC. Se desarrolla un modelo de gestión de PSC integrado con blockchain de IoT para abordar estos desafíos.

El artículo propone el uso de la gestión de riesgos en la cadena de suministro farmacéutica para abordar la escasez de suministro de medicamentos. Se utilizan técnicas como el análisis de modo y efecto de falla difusa y el análisis envolvente de datos para identificar los factores de riesgo clave. Se destaca la falta de disponibilidad de medicamentos debido a la demanda inesperada y la escasez de medicamentos especializados como los principales factores de riesgo. Se propone una plataforma de tecnología digital que incluye análisis de big data y tecnologías blockchain para mitigar estos riesgos y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro farmacéutica.

El artículo explora el impacto de la tecnología de gemelos digitales en combinación con blockchain en la salud de precisión, la industria farmacéutica y las ciencias biológicas. Se destaca cómo esta convergencia tiene el potencial de mejorar significativamente los resultados de la atención médica, facilitando la medicina personalizada y la salud de precisión. Se discuten los factores que impulsan la

Perumalsamy, S., & Kaliyamurthy, V. (2023). Leveraging Blockchain with Optimal Deep Learning-Based Drug Supply Chain Management for Pharmaceutical Industries. *Computers, Materials & Continua*, 77(2).

Chen et al. (2023). Internet of Things (IoT)—blockchain-enabled pharmaceutical supply chain resilience in the post-pandemic era. *Frontiers of Engineering Management*, 10(1), 82-95.

Wong et al. (2023). Digitalization enhancement in the pharmaceutical supply network using a supply chain risk management approach. *Scientific reports*, 13(1), 22287.

Vasiliu et al. (2023). Impact of Blockchain-Digital Twin Technology on Precision Health, Pharmaceutical Industry, and Life Sciences: Conference Proceedings, Conv2X 2023. *Blockchain in Healthcare Today*, 6.

criptográficamente la cadena de suministro del activo.

El blockchain se utiliza como base técnica para garantizar la seguridad y la trazabilidad en la gestión de la cadena de suministro de medicamentos. Se implementa Hyperledger Fabric para la gestión de la cadena de suministro, lo que permite un seguimiento eficaz en la industria farmacéutica.

Se destaca el papel crucial de la Internet de las cosas (IoT) en la mejora de la eficiencia operativa, la visibilidad y la flexibilidad de la cadena de suministro farmacéutica. La IoT ayuda a recopilar datos en tiempo real de diversos dispositivos y sensores, lo que facilita la toma de decisiones informada y la respuesta rápida a los problemas en la cadena de suministro.

Se menciona el papel de las tecnologías blockchain como parte de la plataforma de tecnología digital propuesta para abordar los desafíos de escasez de suministro en la cadena de suministro farmacéutica. Las tecnologías blockchain pueden mejorar la transparencia, la trazabilidad y la seguridad de la cadena de suministro, lo que ayuda a mitigar los riesgos asociados con la escasez de suministro de medicamentos.

Se resalta el papel de blockchain en la garantía de la seguridad, la procedencia de los datos y la optimización de la gestión de la cadena de suministro farmacéutica en el contexto de la salud de precisión. La combinación de blockchain con gemelos digitales permite una gestión más segura, eficiente y

adopción de soluciones basadas en blockchain y gemelos digitales, incluida la transición hacia una Web descentralizada, el establecimiento de un ecosistema de salud global interconectado y las ventajas de la convergencia tecnológica en la optimización de la atención médica.

El artículo realiza una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de la tecnología blockchain en la cadena de suministro farmacéutica (PSC). Se identifican tendencias emergentes y se proporciona un marco conceptual para la implementación de blockchain en la PSC. Se destaca el potencial de blockchain para abordar problemas como la falsificación de medicamentos, la retirada de medicamentos, el intercambio de datos de salud de los pacientes, el cumplimiento y los ensayos clínicos en el sector farmacéutico. Se señala que la investigación sobre blockchain en la PSC ha aumentado significativamente desde la pandemia de COVID-19.

El artículo investiga si la gestión ágil de la cadena de suministro y blockchain pueden contribuir a la innovación en la industria farmacéutica y de atención médica. Utiliza un método de grupo focal con profesionales de la industria para evaluar su percepción sobre blockchain y su papel en la innovación en las cadenas de suministro ágiles. Se analizan los datos recopilados para comprender cómo están interconectadas la cadena de bloques y la gestión ágil de la cadena de suministro.

El artículo investiga el uso de la tecnología blockchain para mejorar la seguridad y la integridad en los sistemas de distribución farmacéutica con el objetivo de combatir la falsificación de medicamentos. Se destaca que la falta de transparencia en el sistema actual ha sido un problema y que la tecnología blockchain ofrece una solución prometedora. Se identifica una falta de consideración sobre la privacidad de los datos y la reputación de los nodos en las soluciones propuestas actualmente. El estudio propone un prototipo que utiliza un protocolo de prueba de conocimiento cero para garantizar la integridad de los datos y un modelo de Markov para evaluar la reputación de los nodos en la toma de decisiones por consenso. Se concluye que

transparente de los datos de salud y la cadena de suministro de medicamentos.

Lahjouji et al. (2023). A systematic literature review: The power of the blockchain technology to improve pharmaceutical supply chain. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 101(2), 952-971.

Pesqueira, A. (2022). Are agile supply chain management and blockchain beneficial to industry and patients? focus group with healthcare and pharmaceutical professionals. Part 2.

Zoughalian et al. (2022). A blockchain secured pharmaceutical distribution system to fight counterfeiting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4091.

El blockchain se identifica como una tecnología prometedora para mejorar la cadena de suministro farmacéutica, especialmente en áreas como la prevención de la falsificación de medicamentos, la gestión de la retirada de medicamentos, el intercambio seguro de datos de salud y el cumplimiento regulatorio. Se propone un marco conceptual para la implementación de blockchain en la PSC, destacando su potencial para mejorar la transparencia, la trazabilidad y la seguridad en toda la cadena de suministro. El artículo no aborda específicamente el papel de la inteligencia artificial.

El artículo no aborda específicamente el papel de la inteligencia artificial.

---

el protocolo de decisión es crucial para un sistema de distribución confiable y se recomienda que los sistemas farmacéuticos adopten un protocolo relevante para diseñar sus soluciones blockchain.

El artículo ofrece una revisión bibliométrica de la investigación sobre gestión de la cadena de suministro basada en blockchain. Examina 421 artículos publicados entre 2017 y 2021, analizando tendencias de publicaciones, revistas líderes, países líderes y temas principales en el campo. Se identifican cuatro grupos en el análisis de cocitaciones y se discuten los hallazgos desde diversas perspectivas. Los temas principales incluyen cadena de suministro sostenible con blockchain, adopción de tecnología blockchain, dinámica y desafíos, y plataformas múltiples y marco de desarrollo. El estudio proporciona una visión general de la literatura actual y será útil para los investigadores en el campo.

El artículo propone un esquema de supervisión de la cadena de frío farmacéutica basado en blockchain, almacenamiento en la nube e Internet de las cosas para lograr la trazabilidad confiable de todo el ciclo de vida de los productos farmacéuticos y garantizar la seguridad del producto. Además, utiliza datos generados en este sistema para construir un esquema de pronóstico de la demanda de productos de la cadena de frío basado en el aprendizaje profundo para ayudar en la toma de decisiones de gestión de inventario de la cadena de frío, con el objetivo de reducir los costos de almacenamiento de los productos de la cadena de frío.

El artículo analiza la evolución de las prácticas de fabricación en la industria farmacéutica, destacando cómo tecnologías como Internet de las cosas, inteligencia artificial, robótica e informática avanzada están transformando el proceso de producción de medicamentos. Se resalta el potencial de estas tecnologías para mejorar la agilidad, eficiencia, flexibilidad y calidad en la producción farmacéutica. Se enfatiza la importancia de comprender las barreras regulatorias, técnicas y logísticas para la implementación exitosa de estas tecnologías.

---

Saxena et al. (2022). Blockchain-based supply-chain management: a bibliometric analysis. *湖南大学学报 (自然科学版)*, 49(06).

La tecnología blockchain se destaca como fundamental en la gestión de la cadena de suministro, aunque no se abordan otras tecnologías emergentes específicas.

Zhang et al. (2021). Pharmaceutical cold chain management based on blockchain and deep learning. *Journal of Internet Technology*, 22(7), 1531-1542.

Juega un papel clave en el esquema de supervisión de la cadena de frío farmacéutica para lograr la trazabilidad confiable de todo el ciclo de vida de los productos farmacéuticos.

Arden et al. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. *International Journal of Pharmaceutics*, 602, 120554.

Aunque no se menciona específicamente en el resumen, el blockchain podría desempeñar un papel en la trazabilidad y seguridad de los productos farmacéuticos en la cadena de suministro.

---

<p>El artículo aborda el problema de la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica y propone un sistema de gestión y recomendación basado en blockchain y aprendizaje automático. Destaca la importancia de rastrear los productos farmacéuticos en cada fase de la cadena de suministro para combatir la falsificación. El sistema propuesto consta de dos módulos principales: gestión de la cadena de suministro de medicamentos basada en blockchain y sistema de recomendación de medicamentos para consumidores basado en aprendizaje automático.</p> <p>El estudio explora el papel de la tecnología blockchain en la sostenibilidad y eficacia de la cadena de suministro farmacéutica en el Reino de Arabia Saudita. Identifica problemas existentes en la cadena de suministro, como la falta de integración de los sistemas de TI, escasez de medicamentos, falta de coordinación entre partes interesadas y desperdicio de productos. Propone que blockchain puede abordar estos problemas al garantizar transparencia, trazabilidad y seguridad en la gestión de la cadena de suministro. Se destaca el impacto potencial de blockchain en la sostenibilidad y eficacia de la cadena de suministro farmacéutica mediante la aplicación de la teoría de "Tecnología, Organización y Medio Ambiente" (TOE).</p> <p>El artículo aborda el desafío de controlar la temperatura y prevenir la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica. Propone un marco de blockchain basado en sensores de Internet de las cosas (IoT) para rastrear y monitorear los medicamentos a lo largo de toda la cadena de suministro. Destaca la importancia de estas tecnologías para la gestión eficiente de la cadena de suministro y señala los desafíos de seguridad para los dispositivos de IoT y la escalabilidad de blockchain. El enfoque principal es mejorar los sistemas blockchain para la gestión de la cadena de suministro basada en IoT y aplicar estas tecnologías para crear un ecosistema de atención médica inteligente.</p> <p>El artículo explora el impacto de la tecnología blockchain en la cadena de suministro y la logística en diversos sectores, incluida la industria</p>	<p>Abbas et al. (2020). A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry. <i>Electronics</i>, 9(5), 852.</p> <p>Alharthi et al. (2020). An exploration of the role of blockchain in the sustainability and effectiveness of the pharmaceutical supply chain. <i>Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management</i>, 2020(2020), 1-29.</p> <p>Singh et al. (2020). Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention. <i>Sensors</i>, 20(14), 3951.</p> <p>Raja, A., &amp; Muthuswamy, P. (2022). Influence of blockchain technology in manufacturing</p>	<p>Utiliza blockchain para gestionar y rastrear eficientemente el proceso de entrega de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica.</p> <p>Destaca el papel de blockchain en garantizar transparencia, trazabilidad y seguridad en la gestión de la cadena de suministro farmacéutica, abordando problemas como la escasez de medicamentos y el desperdicio de productos.</p> <p>Juega un papel crucial al proporcionar un marco seguro y transparente para rastrear y rastrear medicamentos a lo largo de la cadena de suministro, previniendo así la falsificación y garantizando la calidad y la seguridad de los productos farmacéuticos.</p> <p>Tecnología blockchain para transformar la cadena de suministro y la logística.</p>
---	---	---

farmacéutica. Destaca cómo la tecnología puede transformar la cadena de suministro en funciones seguras, ágiles, confiables y transparentes.	supply chain and logistics. <i>Logistics</i> , 6(1), 15.	
El artículo investiga la implementación de blockchain en la gestión de la cadena de suministro en países con economías desarrolladas y emergentes, centrándose en los sectores energético, alimentario y farmacéutico. Destaca similitudes y diferencias en las estrategias de implementación entre estos países.	Teodorescu, M., & Korchagina, E. (2021). Applying blockchain in the modern supply chain management: Its implication on open innovation. <i>Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity</i> , 7(1), 80.	Tecnología blockchain como herramienta para mejorar la gestión de la cadena de suministro.
El artículo explora varias soluciones basadas en blockchain para mejorar la gestión de la cadena de suministro. Destaca la capacidad de la tecnología blockchain para proporcionar transparencia y trazabilidad en toda la red de valor de la cadena de suministro.	Raman et al. (2021). A survey paper on blockchain technologies in supply chain management. <i>Int. J. Res. Eng. Sci</i> , 9(6), 79-86.	Tecnología blockchain para proporcionar transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro.

*Fuente.* Elaboración propia a partir de varias fuentes de artículos científicos.

Tabla 12.

*Matriz de análisis del papel de otras tecnologías emergentes*

<b>Análisis de Contenido</b>	<b>Referencia</b>	<b>Otras Tecnologías Emergentes</b>
El artículo aborda la necesidad de mejorar la resiliencia de la cadena de suministro farmacéutica (PSC) en la era pospandémica, especialmente frente a los riesgos de interrupción. Se destaca el papel de la Internet de las cosas (IoT) y blockchain en la mejora de la eficiencia operativa, la visibilidad, la flexibilidad y la transparencia de las operaciones de la PSC. Se desarrolla un modelo de gestión de PSC integrado con blockchain de IoT para abordar estos desafíos.	Chen et al. (2023). Internet of Things (IoT)—blockchain-enabled pharmaceutical supply chain resilience in the post-pandemic era. <i>Frontiers of Engineering Management</i> , 10(1), 82-95.	El blockchain se presenta como una tecnología habilitadora para mejorar la transparencia y la seguridad en la cadena de suministro farmacéutica. Se propone un modelo de gestión de PSC integrado con blockchain de IoT para mejorar la resiliencia de la cadena de suministro.
El artículo propone el uso de la gestión de riesgos en la cadena de suministro farmacéutica para abordar la escasez de suministro de medicamentos. Se utilizan técnicas como el análisis de modo y efecto de falla difusa y el análisis envolvente de datos para identificar los factores de riesgo clave. Se destaca la falta de disponibilidad de medicamentos debido a la demanda inesperada y la escasez de medicamentos especializados como los principales factores de riesgo. Se propone una plataforma de tecnología digital que incluye análisis de big data y tecnologías blockchain para mitigar estos riesgos y	Wong et al. (2023). Digitalization enhancement in the pharmaceutical supply network using a supply chain risk management approach. <i>Scientific reports</i> , 13(1), 22287.	Análisis de big data se propone como parte de la plataforma de tecnología digital para abordar los desafíos de escasez de suministro. El análisis de big data puede proporcionar información valiosa sobre la demanda de medicamentos y las tendencias del mercado, lo que ayuda a optimizar la gestión de inventario y prever la escasez de suministro.

---

mejorar la eficiencia de la cadena de suministro farmacéutica.

El artículo explora el impacto de la tecnología de gemelos digitales en combinación con blockchain en la salud de precisión, la industria farmacéutica y las ciencias biológicas. Se destaca cómo esta convergencia tiene el potencial de mejorar significativamente los resultados de la atención médica, facilitando la medicina personalizada y la salud de precisión. Se discuten los factores que impulsan la adopción de soluciones basadas en blockchain y gemelos digitales, incluida la transición hacia una Web descentralizada, el establecimiento de un ecosistema de salud global interconectado y las ventajas de la convergencia tecnológica en la optimización de la atención médica.

El artículo aborda la implementación de la gestión de la cadena de suministro circular (CSCM) en la industria farmacéutica, en respuesta a la creciente preocupación por la contaminación y los residuos. Propone un modelo para ayudar a las industrias farmacéuticas a adoptar CSCM, identificando barreras y facilitadores mediante una metodología híbrida. Utiliza técnicas de toma de decisiones difusas y despliegue de funciones de calidad difusa para analizar y priorizar las barreras y facilitadores. Los resultados destacan la falta de recursos financieros, los desafíos del mercado y la falta de coordinación como principales barreras, mientras que la simbiosis industrial, la infraestructura de logística inversa y la tecnología de cadena de bloques se identifican como habilitadores clave.

El artículo analiza la evolución de las prácticas de fabricación en la industria farmacéutica, destacando cómo tecnologías como Internet de las cosas, inteligencia artificial, robótica e informática avanzada están transformando el proceso de producción de medicamentos. Se resalta el potencial de estas tecnologías para mejorar la agilidad, eficiencia, flexibilidad y calidad en la producción farmacéutica. Se enfatiza la importancia de comprender las barreras regulatorias, técnicas y logísticas para la implementación exitosa de estas tecnologías.

---

Vasiliu et al. (2023). Impact of Blockchain-Digital Twin Technology on Precision Health, Pharmaceutical Industry, and Life Sciences: Conference Proceedings, Conv2X 2023. Blockchain in Healthcare Today, 6.

Se menciona la necesidad de medidas sólidas de seguridad cibernética, marcos éticos proactivos, validación de datos y una mayor interoperabilidad para el despliegue efectivo de gemelos digitales impulsados por blockchain en salud de precisión. Además, se subraya la importancia de otras tecnologías emergentes en este contexto, como la inteligencia artificial para análisis de datos y optimización de procesos.

Khan, F., & Ali, Y. (2022). Implementation of the circular supply chain management in the pharmaceutical industry. Environment, Development and Sustainability, 24(12), 13705-13731.

Tecnología de cadena de bloques se identifica como un habilitador clave para la implementación exitosa de la gestión de la cadena de suministro circular en la industria farmacéutica.

Arden et al. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. International Journal of Pharmaceutics, 602, 120554.

La robótica y la informática avanzada pueden utilizarse para la automatización de procesos y la optimización de la producción.

---

---

<p>El artículo explora cómo las intervenciones tecnológicas, especialmente las Tecnologías de Fabricación Avanzada (AMT), pueden reconfigurar las redes de valor farmacéutico a nivel global. Se analizan posibles cambios en la cadena de valor, desde el descubrimiento de sistemas hasta nuevos modelos de suministro de servicios, alineados con avances tecnológicos disruptivos. Se destaca la transición hacia modelos de fabricación continua y por pedido, con beneficios potenciales como una huella reducida, mejor calidad y mayor flexibilidad. Sin embargo, la adopción actual de tecnologías continuas en el sector farmacéutico sigue siendo baja. El estudio evalúa las barreras para la implementación y propone futuros escenarios de fabricación continua. Se identifican disparidades en los puntos de vista, incertidumbres y desafíos transformacionales.</p>	<p>Harrington et al. (2017). Reconfiguring global pharmaceutical value networks through targeted technology interventions. <i>International journal of production research</i>, 55(5), 1471-1487.</p>	<p>Tecnologías de Fabricación Avanzada (AMT)</p>
<p>El artículo analiza el enfoque orientado al cliente dentro de la Industria 4.0 y su impacto en la gestión de la cadena de suministro (SCM). Destaca la necesidad de integración en las cadenas de suministro para mejorar la eficiencia y transparencia. Identifica las plataformas logísticas como integradores de sistemas virtuales en las cadenas de suministro, detallando los efectos de la transición a modelos de negocio de plataforma.</p>	<p>Shcherbakov, V., &amp; Silkina, G. (2021). Supply chain management open innovation: Virtual integration in the network logistics system. <i>Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity</i>, 7(1), 54.</p>	<p>Plataformas Logísticas</p>
<p>La investigación se centra en optimizar los procesos logísticos en un mayorista farmacéutico finlandés para obtener ventajas competitivas. Utiliza un enfoque mixto de datos cualitativos y cuantitativos para investigar causas de fragmentación de la cadena de suministro y formas de mitigar estos efectos. Se destaca la importancia de un sistema logístico centralizado para minimizar costos y daños ambientales.</p>	<p>Shamsuzzoha, A., Ndzibah, E., &amp; Kettunen, K. (2020). Data-driven sustainable supply chain through centralized logistics network: Case study in a Finnish pharmaceutical distributor company. <i>Current Research in Environmental Sustainability</i>, 2, 100013.</p>	<p>Sistema Logístico Centralizado</p>
<p>El artículo explora los desafíos y oportunidades emergentes en la fabricación y distribución farmacéutica, especialmente con terapias novedosas y altamente específicas. Examina avances en la fabricación para adaptarse a perfiles de productos farmacéuticos personalizados, destacando la importancia de herramientas digitales y la ingeniería de sistemas de procesos.</p>	<p>Sarkis et al. (2021). Emerging challenges and opportunities in pharmaceutical manufacturing and distribution. <i>Processes</i>, 9(3), 457.</p>	<p>Herramientas Digitales, Ingeniería de Sistemas de Procesos</p>

---

<p>El artículo examina cómo el análisis de big data y las tecnologías basadas en IoT pueden mejorar la eficiencia de la cadena de suministro en la industria farmacéutica. Propone un modelo para implementar una cadena de suministro ágil y eficiente basada en el análisis de datos de IoT. El artículo explora el impacto de la tecnología blockchain en la cadena de suministro y la logística en diversos sectores, incluida la industria farmacéutica. Destaca cómo la tecnología puede transformar la cadena de suministro en funciones seguras, ágiles, confiables y transparentes.</p>	<p>Aliahmadi et al. (2022). Big Data IoT-based agile-lean logistic in pharmaceutical industries. <i>International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences</i>, 2(3), 70-81.</p> <p>Raja, A., &amp; Muthuswamy, P. (2022). Influence of blockchain technology in manufacturing supply chain and logistics. <i>Logistics</i>, 6(1), 15.</p>	<p>Nube, análisis de datos de IoT</p> <p>Contratos inteligentes</p>
<p>El artículo explora el modelo de co-creación de valor y el camino de mejora basado en la servitización de las empresas manufactureras. Destaca el papel de la tecnología de la información en la creación de valor en la cadena de suministro.</p>	<p>Li et al. (2022). Identifying the value co-creation model and upgrading path of manufacturing enterprises from the value network perspective. <i>Sustainability</i>, 14(23), 16008.</p>	<p>Tecnología de la información como soporte vital para la co-creación de valor en la cadena de suministro.</p>

*Fuente.* Elaboración propia a partir de varias fuentes de artículos científicos.

El análisis de la información recopilada de los artículos analizados (entre los que principalmente se encuentran: Sudha y Jesu, 2024; Chandrasekaran et al., 2024; Mezquita et al., 2023; Perumalsamy y Kaliyamurthy, 2023; Chen et al., 2023; Wong et al., 2023; Vasiliu et al., 2023; Lahjouji et al., 2023; Pesqueira, 2022; Saxena et al., 2022), revela que la Inteligencia Artificial (IA) juega un papel fundamental en la recomendación de medicamentos, utilizando modelos híbridos avanzados para sugerir tratamientos óptimos a proveedores y consumidores de atención médica, donde los algoritmos de IA optimizan el rendimiento de estos modelos, mejorando así la calidad de la atención médica ofrecida.

Esta tecnología emplea modelos híbridos avanzados para sugerir tratamientos óptimos tanto a proveedores como a consumidores de atención médica. Los algoritmos de IA, optimizados con base en los estudios mencionados, mejoran el rendimiento de estos modelos, lo que resulta en una mejora significativa en la calidad de la atención médica ofrecida. Además, el Internet de las Cosas (IoT), como destacan los estudios de referencia, ofrece una valiosa fuente

de datos en tiempo real al recopilar información de diversos dispositivos y sensores a lo largo de la cadena de suministro farmacéutica (Sudha y Jesu, 2024; Chandrasekaran et al., 2024; Mezquita et al., 2023), lo cual facilita una toma de decisiones más adaptada a contextos específicos y una respuesta rápida a problemas potenciales, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la visibilidad en toda la cadena de suministro (Pesqueira, 2022; Saxena et al., 2022).

Por otro lado, el Blockchain, según investigaciones anteriores (Sudha y Jesu, 2024; Mezquita et al., 2023), proporciona transparencia, trazabilidad y seguridad en la gestión de la cadena de suministro de medicamentos. Además, Chen et al. (2023), mencionan que, al ser una tecnología descentralizada, garantiza la integridad de los registros de auditoría, al tiempo que facilita la colaboración entre diferentes actores, como proveedores, fabricantes y reguladores. No obstante, el uso de contratos inteligentes basados en blockchain, como sugieren Sudha y Jesu (2024), mejora la eficiencia y la confianza en las transacciones dentro de la cadena de suministro farmacéutica.

### ***Desafíos y obstáculos en la adopción de tecnologías emergentes***

La Tabla 13 por su parte, presenta la matriz de análisis de los desafíos y obstáculos en la adopción de las tecnologías emergentes, a partir de la información de contenido analizada de los artículos seleccionados.

Tabla 13.

*Matriz de análisis de los desafíos y obstáculos en la adopción de las tecnologías emergentes*

<b>Análisis de Contenido</b>	<b>Referencia</b>	<b>Desafíos y Obstáculos</b>
El artículo se enfoca a temas sobre sistema de contabilidad distribuido y descentralizado compartido por usuarios en una red peer-to-peer. Además, de la integración de la cadena de suministro para producción y distribución eficiente de productos o servicios. Las plataformas desarrolladas fueron: Hyperledger Fabric y Hyperledger Sawtooth. Hyperledger Sawtooth consume menos CPU que Hyperledger Fabric, lo que aumenta la cantidad de transacciones.	Sudha, C., & Jesu, V. (2024). TrackChain: Hyperledger based pharmaceutical supply chain–Resource utilization perspective. <i>Heliyon</i> , 10(1).	Problemas logísticos en las cadenas de suministro, como acceso adecuado a datos y garantía de calidad de los mismos, resueltos mediante la incorporación de blockchain.
El artículo se enfoca a temas sobre la gestión de la cadena de suministro, a partir del seguimiento de productos, la lucha contra productos falsificados, y la cooperación de un libro mayor compartido.	Chandrasekaran, K. S., Mahalakshmi, V., & Ananthapadmanabhan, M. R. (2024).	Problemas de privacidad, interoperabilidad entre sistemas, resistencia al cambio Costos de implementación, resistencia de los actores involucrados Implementación compleja, resistencia de partes interesadas, escalabilidad limitada Requerimientos de infraestructura, integración con sistemas existentes
El artículo propone un modelo de interoperabilidad en sistemas de cadena de suministro basados en blockchain para el sector farmacéutico. El enfoque principal es garantizar la inmutabilidad del registro de auditoría de un activo rastreado, superando desafíos de seguimiento entre diferentes sistemas de cadena de suministro blockchain.	Mezquita et al. (2023). Blockchain-based supply chain systems, interoperability model in a pharmaceutical case study. <i>Sensors</i> , 23(4), 1962.	El desafío principal es lograr la interoperabilidad entre diferentes cadenas de suministro impulsadas por blockchain. El modelo propuesto aborda este desafío al permitir el rastreo de activos entre diferentes sistemas de cadena de suministro, utilizando un formato estandarizado para describir activos rastreados.
El artículo propone un sistema de gestión de cadena de suministro de medicamentos utilizando blockchain y aprendizaje profundo para abordar los desafíos del sector farmacéutico, como la visibilidad de la cadena de suministro y la falsificación de medicamentos. Presenta un esquema que utiliza Hyperledger Fabric para la gestión de la cadena de suministro, un modelo híbrido de red de creencia profunda para recomendaciones de medicamentos y un algoritmo optimizador para mejorar el rendimiento del modelo.	Perumalsamy, S., & Kaliyamurthy, V. (2023). Leveraging Blockchain with Optimal Deep Learning-Based Drug Supply Chain Management for Pharmaceutical Industries. <i>Computers, Materials &amp; Continua</i> , 77(2).	Los desafíos principales incluyen garantizar la autenticidad y la trazabilidad de los medicamentos a lo largo de la cadena de suministro, así como garantizar la eficacia del modelo de recomendación de medicamentos basado en aprendizaje profundo. Además, se deben abordar desafíos relacionados con la adopción y la interoperabilidad de las tecnologías propuestas en el sector farmacéutico.

---

<p>El artículo aborda la necesidad de mejorar la resiliencia de la cadena de suministro farmacéutica (PSC) en la era pospandémica, especialmente frente a los riesgos de interrupción. Se destaca el papel de la Internet de las cosas (IoT) y blockchain en la mejora de la eficiencia operativa, la visibilidad, la flexibilidad y la transparencia de las operaciones de la PSC. Se desarrolla un modelo de gestión de PSC integrado con blockchain de IoT para abordar estos desafíos.</p>	<p>Chen et al. (2023). Internet of Things (IoT)—blockchain-enabled pharmaceutical supply chain resilience in the post-pandemic era. <i>Frontiers of Engineering Management</i>, 10(1), 82-95.</p>	<p>Los desafíos y obstáculos incluyen la implementación efectiva de tecnologías digitales como blockchain y análisis de big data en la cadena de suministro farmacéutica, la integración con sistemas existentes, la garantía de la interoperabilidad y la resolución de preocupaciones de seguridad y privacidad de los datos. Además, se deben abordar desafíos relacionados con la adopción y la resistencia al cambio dentro de las organizaciones farmacéuticas.</p>
<p>El artículo propone el uso de la gestión de riesgos en la cadena de suministro farmacéutica para abordar la escasez de suministro de medicamentos. Se utilizan técnicas como el análisis de modo y efecto de falla difusa y el análisis envolvente de datos para identificar los factores de riesgo clave. Se destaca la falta de disponibilidad de medicamentos debido a la demanda inesperada y la escasez de medicamentos especializados como los principales factores de riesgo. Se propone una plataforma de tecnología digital que incluye análisis de big data y tecnologías blockchain para mitigar estos riesgos y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro farmacéutica.</p>	<p>Wong et al. (2023). Digitalization enhancement in the pharmaceutical supply network using a supply chain risk management approach. <i>Scientific reports</i>, 13(1), 22287.</p>	<p>El desafío principal radica en garantizar la seguridad y la privacidad de los datos de salud, así como en la creación de marcos éticos y legales adecuados para el uso de tecnologías de gemelos digitales y blockchain en la salud de precisión. La interoperabilidad entre sistemas y la validación de datos también son desafíos importantes a abordar para el despliegue exitoso de estas tecnologías.</p>
<p>El artículo explora el impacto de la tecnología de gemelos digitales en combinación con blockchain en la salud de precisión, la industria farmacéutica y las ciencias biológicas. Se destaca cómo esta convergencia tiene el potencial de mejorar significativamente los resultados de la atención médica, facilitando la medicina personalizada y la salud de precisión. Se discuten los factores que impulsan la adopción de soluciones basadas en blockchain y gemelos digitales, incluida la transición hacia una Web descentralizada, el establecimiento de un ecosistema de salud global interconectado y las ventajas de la convergencia tecnológica en la optimización de la atención médica.</p>	<p>Vasiliu et al. (2023). Impact of Blockchain-Digital Twin Technology on Precision Health, Pharmaceutical Industry, and Life Sciences: Conference Proceedings, Conv2X 2023. <i>Blockchain in Healthcare Today</i>, 6.</p>	<p>Los desafíos y obstáculos incluyen la aceptación de la tecnología blockchain en el sector farmacéutico, la identificación de pasos de implementación efectivos, la superación de barreras regulatorias y de cumplimiento, y la garantía de</p>
<p>El artículo realiza una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de la tecnología blockchain en la cadena de suministro farmacéutica (PSC). Se identifican tendencias emergentes y se proporciona un marco conceptual para la implementación de blockchain en la PSC. Se destaca el potencial de blockchain para abordar problemas como la falsificación de</p>	<p>Lahjouji et al. (2023). A systematic literature review: The power of the blockchain technology to improve pharmaceutical supply chain. <i>Journal of Theoretical &amp; Applied Information Technology</i>, 101(2), 952-971.</p>	

---

medicamentos, la retirada de medicamentos, el intercambio de datos de salud de los pacientes, el cumplimiento y los ensayos clínicos en el sector farmacéutico. Se señala que la investigación sobre blockchain en la PSC ha aumentado significativamente desde la pandemia de COVID-19.

El artículo investiga si la gestión ágil de la cadena de suministro y blockchain pueden contribuir a la innovación en la industria farmacéutica y de atención médica. Utiliza un método de grupo focal con profesionales de la industria para evaluar su percepción sobre blockchain y su papel en la innovación en las cadenas de suministro ágiles. Se analizan los datos recopilados para comprender cómo están interconectadas la cadena de bloques y la gestión ágil de la cadena de suministro.

El artículo investiga el uso de la tecnología blockchain para mejorar la seguridad y la integridad en los sistemas de distribución farmacéutica con el objetivo de combatir la falsificación de medicamentos. Se destaca que la falta de transparencia en el sistema actual ha sido un problema y que la tecnología blockchain ofrece una solución prometedora. Se identifica una falta de consideración sobre la privacidad de los datos y la reputación de los nodos en las soluciones propuestas actualmente. El estudio propone un prototipo que utiliza un protocolo de prueba de conocimiento cero para garantizar la integridad de los datos y un modelo de Markov para evaluar la reputación de los nodos en la toma de decisiones por consenso. Se concluye que el protocolo de decisión es crucial para un sistema de distribución confiable y se recomienda que los sistemas farmacéuticos adopten un protocolo relevante para diseñar sus soluciones blockchain.

El artículo ofrece una revisión bibliométrica de la investigación sobre gestión de la cadena de suministro basada en blockchain. Examina 421 artículos publicados entre 2017 y 2021, analizando tendencias de publicaciones, revistas líderes, países líderes y temas principales en el campo. Se identifican cuatro grupos en el análisis de citas y se discuten los hallazgos desde diversas perspectivas.

Pesqueira, A. (2022). Are agile supply chain management and blockchain beneficial to industry and patients? focus group with healthcare and pharmaceutical professionals. Part 2.

Zoughalian et al. (2022). A blockchain secured pharmaceutical distribution system to fight counterfeiting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4091.

Saxena et al. (2022). Blockchain-based supply-chain management: a bibliometric analysis. *湖南大学学报 (自然科学版)*, 49(06).

interoperabilidad con sistemas existentes. Además, se deben abordar preocupaciones sobre la privacidad y seguridad de los datos de salud, así como la educación y capacitación adecuadas para los profesionales de la salud y los actores de la cadena de suministro sobre el uso y beneficios de blockchain. Se centra en la percepción y el conocimiento de los profesionales de la industria sobre blockchain y su impacto potencial en la gestión ágil de la cadena de suministro en la industria farmacéutica y de atención médica. No se mencionan otras tecnologías emergentes aparte de blockchain.

El estudio se centra en la tecnología blockchain como una solución para mejorar la seguridad y la integridad en los sistemas de distribución farmacéutica. No se mencionan otras tecnologías emergentes aparte de la blockchain.

Los desafíos y obstáculos específicos no se mencionan en el resumen proporcionado. Sin embargo, es probable que incluyan cuestiones relacionadas con la adopción, la interoperabilidad, la privacidad y la seguridad de los datos, entre otros aspectos.

Los temas principales incluyen cadena de suministro sostenible con blockchain, adopción de tecnología blockchain, dinámica y desafíos, y plataformas múltiples y marco de desarrollo. El estudio proporciona una visión general de la literatura actual y será útil para los investigadores en el campo.

El artículo propone un esquema de supervisión de la cadena de frío farmacéutica basado en blockchain, almacenamiento en la nube e Internet de las cosas para lograr la trazabilidad confiable de todo el ciclo de vida de los productos farmacéuticos y garantizar la seguridad del producto. Además, utiliza datos generados en este sistema para construir un esquema de pronóstico de la demanda de productos de la cadena de frío basado en el aprendizaje profundo para ayudar en la toma de decisiones de gestión de inventario de la cadena de frío, con el objetivo de reducir los costos de almacenamiento de los productos de la cadena de frío.

El artículo aborda el problema de la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica y propone un sistema de gestión y recomendación basado en blockchain y aprendizaje automático. Destaca la importancia de rastrear los productos farmacéuticos en cada fase de la cadena de suministro para combatir la falsificación. El sistema propuesto consta de dos módulos principales: gestión de la cadena de suministro de medicamentos basada en blockchain y sistema de recomendación de medicamentos para consumidores basado en aprendizaje automático.

El estudio explora el papel de la tecnología blockchain en la sostenibilidad y eficacia de la cadena de suministro farmacéutica en el Reino de Arabia Saudita. Identifica problemas existentes en la cadena de suministro, como la falta de integración de los sistemas de TI, escasez de medicamentos, falta de coordinación entre partes interesadas y desperdicio de productos. Propone que blockchain puede abordar estos problemas al garantizar transparencia, trazabilidad y seguridad en la gestión de la cadena de suministro. Se destaca el impacto potencial de blockchain en la sostenibilidad y eficacia de la cadena

Zhang et al. (2021). Pharmaceutical cold chain management based on blockchain and deep learning. *Journal of Internet Technology*, 22(7), 1531-1542.

Abbas et al. (2020). A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry. *Electronics*, 9(5), 852.

Alharthi et al. (2020). An exploration of the role of blockchain in the sustainability and effectiveness of the pharmaceutical supply chain. *Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management*, 2020(2020), 1-29.

Los desafíos y obstáculos específicos no se mencionan en el resumen proporcionado. Sin embargo, podrían incluir la integración efectiva de las tecnologías propuestas, la seguridad y la privacidad de los datos, así como la aceptación y adopción por parte de la industria farmacéutica.

Asegurar la integración efectiva entre el módulo de aprendizaje automático y el sistema blockchain puede ser un desafío técnico. Además, la adopción y la aceptación por parte de las empresas farmacéuticas pueden enfrentar resistencia debido a preocupaciones sobre la implementación y la inversión inicial.

Los desafíos incluyen la falta de integración de sistemas de TI, la resistencia al cambio, la coordinación entre partes interesadas y la inversión inicial requerida para la implementación de blockchain en la cadena de suministro farmacéutica.

de suministro farmacéutica mediante la aplicación de la teoría de "Tecnología, Organización y Medio Ambiente" (TOE). El artículo aborda el desafío de controlar la temperatura y prevenir la falsificación de medicamentos en la cadena de suministro farmacéutica. Propone un marco de blockchain basado en sensores de Internet de las cosas (IoT) para rastrear y monitorear los medicamentos a lo largo de toda la cadena de suministro. Destaca la importancia de estas tecnologías para la gestión eficiente de la cadena de suministro y señala los desafíos de seguridad para los dispositivos de IoT y la escalabilidad de blockchain. El enfoque principal es mejorar los sistemas blockchain para la gestión de la cadena de suministro basada en IoT y aplicar estas tecnologías para crear un ecosistema de atención médica inteligente.

El artículo revisa las aplicaciones potenciales del Internet de las Cosas (IoT) en la fabricación, almacenamiento y gestión de la cadena de suministro de productos farmacéuticos. Destaca cómo el IoT puede mejorar la calidad del producto, aumentar la productividad y reducir los errores en las diferentes etapas de producción farmacéutica. En la fabricación, puede ayudar a supervisar y optimizar operaciones unitarias para mejorar la eficiencia. En almacenamiento y gestión de la cadena de suministro, se utiliza para monitorear las condiciones de almacenamiento en tiempo real y mejorar la visibilidad operativa.

El artículo explora cómo las intervenciones tecnológicas, especialmente las Tecnologías de Fabricación Avanzada (AMT), pueden reconfigurar las redes de valor farmacéutico a nivel global. Se analizan posibles cambios en la cadena de valor, desde el descubrimiento de sistemas hasta nuevos modelos de suministro de servicios, alineados con avances tecnológicos disruptivos. Se destaca la transición hacia modelos de fabricación continua y por pedido, con beneficios potenciales como una huella reducida, mejor calidad y mayor flexibilidad. Sin embargo, la adopción actual de tecnologías continuas en el sector farmacéutico sigue siendo baja. El estudio evalúa las barreras para la implementación y propone futuros

Singh et al. (2020). Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention. *Sensors*, 20(14), 3951.

Sharma et al. (2020). Internet of things (IoT) in pharmaceutical manufacturing, warehousing, and supply chain management. *SN Computer Science*, 1(4), 232.

Harrington et al. (2017). Reconfiguring global pharmaceutical value networks through targeted technology interventions. *International journal of production research*, 55(5), 1471-1487.

Desafíos incluyen la seguridad de los dispositivos IoT, la escalabilidad de blockchain para manejar grandes volúmenes de datos de sensores, y la integración efectiva de estas tecnologías en la cadena de suministro farmacéutica existente.

Desafíos pueden incluir la integración efectiva de sistemas IoT en entornos farmacéuticos existentes, la seguridad de los datos transmitidos a través de dispositivos IoT, y la necesidad de estándares y protocolos comunes para la interoperabilidad entre diferentes sistemas IoT.

Las barreras para la implementación incluyen la preparación tecnológica, incertidumbres en las áreas de oportunidad y desafíos transformacionales. La baja adopción actual de tecnologías continuas en el sector farmacéutico también es un desafío significativo a superar.

---

<p>escenarios de fabricación continua. Se identifican disparidades en los puntos de vista, incertidumbres y desafíos transformacionales.</p>	<p>Shcherbakov, V., &amp; Silkina, G. (2021). Supply chain management open innovation: Virtual integration in the network logistics system. <i>Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity</i>, 7(1), 54.</p>	<p>Los desafíos incluyen la identificación de las propuestas potenciales para usuarios específicos y la implementación de modelos de negocio de plataforma.</p>
<p>El artículo analiza el enfoque orientado al cliente dentro de la Industria 4.0 y su impacto en la gestión de la cadena de suministro (SCM). Destaca la necesidad de integración en las cadenas de suministro para mejorar la eficiencia y transparencia. Identifica las plataformas logísticas como integradores de sistemas virtuales en las cadenas de suministro, detallando los efectos de la transición a modelos de negocio de plataforma.</p>	<p>Shamsuzzoha, A., Ndzibah, E., &amp; Kettunen, K. (2020). Data-driven sustainable supply chain through centralized logistics network: Case study in a Finnish pharmaceutical distributor company. <i>Current Research in Environmental Sustainability</i>, 2, 100013.</p>	<p>Los desafíos incluyen la optimización de los procesos logísticos para minimizar los costos y el daño ambiental, así como la mitigación de la fragmentación en la cadena de suministro.</p>
<p>La investigación se centra en optimizar los procesos logísticos en un mayorista farmacéutico finlandés para obtener ventajas competitivas. Utiliza un enfoque mixto de datos cualitativos y cuantitativos para investigar causas de fragmentación de la cadena de suministro y formas de mitigar estos efectos. Se destaca la importancia de un sistema logístico centralizado para minimizar costos y daños ambientales.</p>	<p>Sarkis et al. (2021). Emerging challenges and opportunities in pharmaceutical manufacturing and distribution. <i>Processes</i>, 9(3), 457.</p>	<p>Desafíos incluyen adaptarse a terapias novedosas y altamente específicas, así como aprovechar herramientas digitales y la ingeniería de sistemas para mejorar la fabricación y distribución farmacéutica.</p>
<p>El artículo explora los desafíos y oportunidades emergentes en la fabricación y distribución farmacéutica, especialmente con terapias novedosas y altamente específicas. Examina avances en la fabricación para adaptarse a perfiles de productos farmacéuticos personalizados, destacando la importancia de herramientas digitales y la ingeniería de sistemas de procesos.</p>	<p>Aliahmadi et al. (2022). Big Data IoT-based agile-lean logistic in pharmaceutical industries. <i>International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences</i>, 2(3), 70-81.</p>	<p>Desafíos incluyen la integración efectiva de big data e IoT en la cadena de suministro, así como garantizar la seguridad y privacidad de los datos.</p>
<p>El artículo examina cómo el análisis de big data y las tecnologías basadas en IoT pueden mejorar la eficiencia de la cadena de suministro en la industria farmacéutica. Propone un modelo para implementar una cadena de suministro ágil y eficiente basada en el análisis de datos de IoT. El artículo explora el impacto de la tecnología blockchain en la cadena de suministro y la logística en diversos sectores, incluida la industria farmacéutica. Destaca cómo la tecnología puede transformar la cadena de suministro en funciones seguras, ágiles, confiables y transparentes.</p>	<p>Raja, A., &amp; Muthuswamy, P. (2022). Influence of blockchain technology in manufacturing supply chain and logistics. <i>Logistics</i>, 6(1), 15.</p>	<p>Desafíos incluyen la implementación técnica y los costos asociados con la adopción de la tecnología blockchain, así como la interoperabilidad con sistemas existentes.</p>
<p>El artículo investiga la implementación de blockchain en la gestión de la cadena de suministro en países con economías desarrolladas y emergentes, centrándose en</p>	<p>Teodorescu, M., &amp; Korchagina, E. (2021). Applying blockchain in the modern supply chain management: Its implication on</p>	<p>Desafíos incluyen los costos de implementación, la necesidad de apoyo estatal en algunos casos, y la falta de competencias en</p>

---

<p>los sectores energético, alimentario y farmacéutico. Destaca similitudes y diferencias en las estrategias de implementación entre estos países. El artículo investiga el impacto de la seguridad cibernética y el riesgo de la cadena de suministro en las operaciones digitales en la industria farmacéutica de los EAU. Se encontró una asociación significativa entre la seguridad cibernética, el riesgo de la cadena de suministro y las operaciones digitales.</p>	<p>open innovation. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 7(1), 80. Del Giorgio, F. (2022). Impacts of cyber security and supply chain risk on digital operations: evidence from the pharmaceutical industry. International Journal of Technology, Innovation and Management (IJTIM), 2(2), 18-32.</p>	<p>blockchain en algunas empresas. Los desafíos incluyen la gestión eficaz de la seguridad cibernética y los riesgos de la cadena de suministro en un entorno digital, así como la necesidad de diversificación de clientes para gestionar riesgos.</p>
<p>El artículo explora varias soluciones basadas en blockchain para mejorar la gestión de la cadena de suministro. Destaca la capacidad de la tecnología blockchain para proporcionar transparencia y trazabilidad en toda la red de valor de la cadena de suministro. El artículo explora el modelo de co-creación de valor y el camino de mejora basado en la servitización de las empresas manufactureras. Destaca el papel de la tecnología de la información en la creación de valor en la cadena de suministro.</p>	<p>Raman et al. (2021). A survey paper on blockchain technologies in supply chain management. Int. J. Res. Eng. Sci, 9(6), 79-86. Li et al. (2022). Identifying the value co-creation model and upgrading path of manufacturing enterprises from the value network perspective. Sustainability, 14(23), 16008.</p>	<p>Desafíos incluyen la implementación técnica y los costos asociados con la adopción de la tecnología blockchain, así como la interoperabilidad con sistemas existentes. Desafíos incluyen la comprensión de los modelos de co-creación de valor y la integración de tecnologías de la información para mejorar la cadena de suministro.</p>

*Fuente.* Elaboración propia a partir de varias fuentes de artículos científicos.

La implementación de tecnologías emergentes en la cadena de suministro farmacéutica enfrenta una serie de desafíos y obstáculos que deben abordarse para lograr una adopción efectiva y beneficiosa, los cuales van desde problemas técnicos hasta preocupaciones relacionadas con la privacidad, la seguridad y la aceptación por parte de las partes interesadas, tal y como sugieren Abbas et al. (2020) y Aliahmadi et al. (2022), donde uno de los desafíos principales es garantizar la interoperabilidad entre las diferentes cadenas de suministro que utilizan blockchain, siendo este fundamental para asegurar el seguimiento eficiente de los activos a lo largo de múltiples sistemas (Alharthi et al., 2020).

Adicionalmente, Arden et al. (2021) destaca la importancia de garantizar la autenticidad y la trazabilidad de los medicamentos en toda la cadena de suministro, lo que implica resolver desafíos relacionados con la eficacia de los modelos de recomendación de medicamentos

basados en aprendizaje profundo y abordar preocupaciones sobre la adopción y la interoperabilidad de las tecnologías propuestas en el sector farmacéutico.

Por demás, Arias et al. (2021) hace referencia a la seguridad y la privacidad de los datos emergen como desafíos críticos, especialmente en el contexto de la salud de precisión y el uso de tecnologías como los gemelos digitales y blockchain, donde la interoperabilidad entre sistemas y la validación de datos son aspectos clave que deben abordarse para el despliegue exitoso de estas tecnologías en entornos farmacéuticos.

Asimismo, autores como Carro y Sarmiento (2022), Chen et al. (2023), Del Giorgo (2022) y García (2023), centran parte de su atención en la aceptación de la tecnología blockchain en la industria farmacéutica como otro desafío importante, donde la resistencia al cambio, la identificación de pasos efectivos de implementación y la superación de barreras regulatorias y de cumplimiento son aspectos cruciales que deben considerarse, por lo que las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos de salud deben abordarse para garantizar la confianza en estas tecnologías.

Por último, diversos autores (Carro y Sarmiento, 2022; Chen et al., 2023; Del Giorgo, 2022; García, 2023; Giunipero et al., 2018; Sudha y Jesu, 2024; Chandrasekaran et al., 2024; Mezquita et al., 2023; Perumalsamy y Kaliyamurthy, 2023; Chen et al., 2023; Wong et al., 2023; Vasiliu et al., 2023; Lahjouji et al., 2023; Pesqueira, 2022; Saxena et al., 2022), hacen énfasis en que la integración efectiva de las tecnologías propuestas con sistemas existentes, así como la educación y capacitación adecuadas para los profesionales de la salud y los actores de la cadena de suministro, son desafíos adicionales que deben abordarse para lograr una transformación exitosa en la cadena de suministro farmacéutica, pues si bien las tecnologías emergentes como blockchain, IoT y la IA ofrecen oportunidades significativas para mejorar la cadena de

suministro farmacéutica, es esencial crear estrategias para mejorar la eficiencia, la transparencia y la seguridad.

### **Análisis al cumplimiento de objetivos**

Con el fin de validar el cumplimiento de los objetivos, en la Tabla 14 se retoman los objetivos y se hacen la descripción pertinente sobre su cumplimiento.

Tabla 14. *Cumplimiento de objetivos*

<b>Objetivo</b>	<b>Cumplimiento</b>	<b>Descripción</b>
Específico 1. Identificar un conjunto de documentos científicos para indagar tendencias en tecnologías emergentes aplicadas a la cadena de valor farmacéutica.	100%	En cuanto a este objetivo se pudo identificar de manera sistemática los documentos acerca de las tendencias tecnológicas emergentes aplicadas a la cadena de valor farmacéutica.
Específico 2. Hacer un análisis bibliométrico a los documentos identificados para caracterizarlos e identificar tendencias temáticas.	100%	Se logró realizar un análisis bibliométrico apoyado en el software bibliometrix a los documentos identificados estableciéndose tendencias temáticas en cuatro ámbitos claros.
Específico 3. Identificar el papel de la inteligencia artificial (IA), la internet de las cosas (IoT), el blockchain en los procesos logísticos de la cadena de valor farmacéutica.	100%	Acerca de la identificación del papel de las tecnologías emergentes objeto de este estudio, se pudo llegar a evidenciar como cada una de ellas representa un icono para el proceso logístico dentro de la perspectiva tecnológica actual.
Específico 4. Examinar los desafíos y obstáculos enfrentados por las empresas farmacéuticas en la adaptación y adopción de tecnologías emergentes en sus operaciones logísticas, incluyendo aspectos humanos y éticos.	100%	Para este objetivo, se logra determinar una serie de desafíos y obstáculos que enfrenta el sector farmacéutico frente a las operaciones dentro de su cadena de valor logística.
General. Analizar el impacto de las tecnologías emergentes aplicadas a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor hacia la cadena farmacéutica, mediante una revisión bibliográfica	100%	Al cumplir los específicos, se da por cumplido el objetivo general.

*Fuente.* Elaboración propia.

## **Conclusiones**

De acuerdo con los propósitos de este estudio se puede concluir, que para entender el impacto de las tecnologías emergentes aplicada a la gerencia de los procesos logísticos y redes de valor hacia la cadena farmacéutica se puede considerar diferentes dimensionalidades que pueden ser abordadas desde diferentes estudios, tal y como se realizó y analizó en cada uno de los documentos científicos indagados. Se destacan diferentes tendencias que están relacionadas con el aseguramiento y la garantía dentro de modelos de trazabilidad.

Se puede concluir de igual forma, que el análisis bibliométrico contribuye a identificar tendencias que llevan a establecer un rigor investigativo dentro de investigaciones de este tipo que buscan establecer tendencias, más que generar una simple revisión personal, en lo que se destaca esencialmente la caracterización de los documentos y la evolución que ellos tienen dentro de la producción científica por países, así como los elementos asociados a los demás nicho y aquellos que generan mayor emergencia dentro del área de estudio.

Finalmente, el análisis contenido llevó a determinar una serie de elementos clave dentro del papel de las tecnologías emergentes especialmente en la descentralización del papel del producto farmacéutico y cómo la trazabilidad en la cadena suministro lleva a mejorar el mantenimiento de los inventarios. Frente a este particular, una serie de aspectos asociados a la falsificación y a la garantía de registro dentro de la cadena de suministro son uno de los aspectos claves identificados dentro de los desafíos de la adopción de tecnologías emergentes en la cadena farmacéutica.

## **Recomendaciones**

Dada la importancia del aseguramiento y la garantía en los modelos de trazabilidad dentro de la cadena farmacéutica, se recomienda la adopción de sistemas avanzados de

trazabilidad en las empresas de este sector, lo cual implica el uso de tecnologías emergentes como blockchain, IoT (Internet de las cosas) y sistemas de etiquetado inteligente para rastrear y gestionar eficientemente el flujo de productos farmacéuticos a lo largo de toda la cadena de suministro.

Es evidente que el análisis bibliométrico contribuye significativamente a identificar tendencias y establecer un rigor investigativo en estudios relacionados con tecnologías emergentes en logística farmacéutica, por lo que se recomienda realizar investigaciones bibliométricas periódicas para identificar nuevas tendencias, evaluar la evolución de las tecnologías y comprender las áreas emergentes que requieren atención en la cadena de suministro farmacéutica.

Como se menciona, la falsificación y la garantía de registro son desafíos clave en la adopción de tecnologías emergentes en la cadena farmacéutica, por lo que se recomienda desarrollar estrategias específicas para abordar estos problemas, a partir de otro tipo de investigaciones bibliométricas o de investigación aplicada, ya que esto puede derivar en la implementación de tecnologías de autenticación avanzadas en las empresas, como códigos QR dinámicos, marcadores de seguridad o sistemas biométricos, además de políticas y regulaciones más estrictas para garantizar la integridad de los productos a lo largo de toda la cadena de suministro.

### **Limitaciones**

Las limitaciones de este estudio estuvieron relacionadas con la poca experiencia en el manejo de plataformas de información como Scopus, y en el manejo de softwares como Bibliometrix, cuestión que fue superada gracias al excelente direccionamiento realizado por el director de tesis, el Dr. Jorge Andrés Vivares Vergara.

## **Prospectiva y trabajos futuros**

Dado el contexto de la logística integral y las cadenas de suministro en la industria farmacéutica, la prospectiva y los trabajos futuros pueden enfocarse en varios aspectos clave:

**Integración de tecnologías emergentes en la gestión de inventarios:** Un área prometedora para la investigación futura sería la integración de tecnologías emergentes, como el análisis predictivo, el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, en la gestión de inventarios farmacéuticos.

**Desarrollo de modelos de logística inversa sostenible:** Con un enfoque creciente en la sostenibilidad ambiental, los trabajos futuros podrían centrarse en el desarrollo de modelos de logística inversa que permitan la recuperación y el reciclaje de productos farmacéuticos, envases y materiales relacionados.

**Adopción de plataformas digitales colaborativas:** La adopción de plataformas digitales colaborativas, como las redes de valor compartido o los mercados electrónicos, podría ser un área de investigación clave que facilite la colaboración entre diferentes actores de la cadena de suministro, permitiendo una mayor visibilidad, coordinación y eficiencia en la gestión de procesos logísticos y flujos de información.

## Referencias

- Abbas et al. (2020). A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry. *Electronics*, 9(5), 852. <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/5/852>
- Alharthi et al. (2020). An exploration of the role of blockchain in the sustainability and effectiveness of the pharmaceutical supply chain. *Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management*, 2020(2020), 1-29. <https://ibimapublishing.com/uploads/articles/JSCCRM/2020/562376/562376...pdf>
- Aliahmadi et al. (2022). Big Data IoT-based agile-lean logistic in pharmaceutical industries. *International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences*, 2(3), 70-81. <https://www.ijimes.ir/index.php/ijimes/article/view/58/123>
- Alzate, P., y Giraldo, D. (2023). Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro: transparencia, trazabilidad y seguridad. *Revista Universidad y Empresa*, 25(44), 1-29. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/12451>
- Arden et al. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. *International Journal of Pharmaceutics*, 602, 120554. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517321003598>
- Arias et al. (2021). Integración de internet de las cosas y blockchain para aumentar el rendimiento de las cadenas de suministro de ayuda humanitaria. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 96(6). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehostyscope=siteyauthtype=crawleyjrnl=00127361&yAN=153546085&yh=%2BAz86FedGvtRDuK%2B0EquBSSDS88>

[vBT%2Bgt%2BxL0MYO5IsIUw4qgVNt3423KFydtgFSATv%2BFDRVntogpoq2XYDR  
PQ%3D%3Dycri=c](https://www.econstor.eu/handle/10419/182058)

Björklund, M., y Forslund, H. (2018). A framework for classifying sustainable logistics innovations. *Logistics Research*, 11(1), 1-12.

<https://www.econstor.eu/handle/10419/182058>

Blankley, A. (2008). A conceptual model for evaluating the financial impact of supply chain management technology investments. *The International Journal of Logistics Management*, 19(2), 155-

182. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09574090810895942/full/html>

Bocek et al. (2017). Blockchains everywhere: a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In *2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)* New York: IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7987376/>

Carbone, V., Rouquet, A., y Roussat, C. (2018). A typology of logistics at work in collaborative consumption. *International Journal of Physical Distribution y Logistics Management*, 48(6), 570-585. <http://dx.doi.org/10.1108/IJPDLM-11-2017-0355>.

Carro, J., y Sarmiento, S. (2022). El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 10(24).

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-80642022000100216](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-80642022000100216)

Castillo et al. (2018). Crowdsourcing last mile delivery: strategic implications and future research directions. *Journal of Business Logistics*, 39(1), 7-25.

<http://dx.doi.org/10.1111/jbl.12173>.

- Centobelli, P., Cerchione, R., y Esposito, E. (2017). Environmental sustainability in the service industry of transportation and logistics service providers: Systematic literature review and research directions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, 454-470. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920916305302>
- Chandrasekaran, K. S., Mahalakshmi, V., y Ananthapadmanabhan, M. R. (2024). Exploring the Proof of Work Based Block Chain Algorithm for Pharmaceutical Industry Supply Chain Innovation. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 35(2), 104-113. [https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/applied\\_sciences\\_eng\\_tech/article/view/3838/3279](https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/applied_sciences_eng_tech/article/view/3838/3279)
- Chen et al. (2017). Supply chain collaboration for sustainability: A literature review and future research agenda. *International Journal of Production Economics*, 194, 73-87. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527317301251>
- Chen et al. (2023). Internet of Things (IoT)—blockchain-enabled pharmaceutical supply chain resilience in the post-pandemic era. *Frontiers of Engineering Management*, 10(1), 82-95. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42524-022-0233-1#preview>
- Corrêa, J., Sampaio, M., y Barros, R. (2020). An exploratory study on emerging technologies applied to logistics 4.0. *Gestão y Produção*, 27. <https://www.scielo.br/j/gp/a/DBjm5X6kw7tSRnZXVrQjDbc/?lang=en>
- Del Giorno, F. (2022). Impacts of cyber security and supply chain risk on digital operations: evidence from the pharmaceutical industry. *International Journal of Technology, Innovation and Management (IJTIM)*, 2(2), 18-32. <https://journals.gaftim.com/index.php/ijtim/article/view/98/39>

- Díaz, R., Valdés, L., y Pérez, G. (2021). Oportunidades y desafíos para la implementación de blockchain en el ámbito logístico de América Latina y el Caribe.  
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47098>
- García, L. (2023). *Gestión logística integral-3ra edición: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Ecoe Ediciones.  
[https://books.google.es/books?hl=esylr=yid=FrquEAAAQBAJyoi=fndypg=PR21ydq=Gerencia+de+Procesos+Log%C3%ADsticos+%2B+libroyots=i1GDvPxJs-ysig=NN6dMmPBei2s5b5R\\_rboXohWKHA](https://books.google.es/books?hl=esylr=yid=FrquEAAAQBAJyoi=fndypg=PR21ydq=Gerencia+de+Procesos+Log%C3%ADsticos+%2B+libroyots=i1GDvPxJs-ysig=NN6dMmPBei2s5b5R_rboXohWKHA)
- Giunipero et al. (2018). A decade of SCM literature: past, present and future implications. *Journal of supply chain management*, 44(4), 66-86.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-493X.2008.00073.x>
- Gómez et al. (2013). Caracterización de la Logística y las Redes de Valor en empresas cubanas en Perfeccionamiento Empresarial. *Ingeniería Industrial*, 34(2), 212-226.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362013000200010yscript=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362013000200010yscript=sci_arttext)
- Gómez, E. R., y Morteo, G. L. (2016). El concepto de tecnología y su influencia en las tecnologías emergentes. *Revista de Tecnologías Emergentes en la Educación*, 1(1), 113-118. <http://www.remitee.org/index.php/reted/article/view/22>
- Harrington et al. (2017). Reconfiguring global pharmaceutical value networks through targeted technology interventions. *International journal of production research*, 55(5), 1471-1487.  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2016.1221541>
- Hernández-Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México.

- <https://books.google.es/books?hl=esylr=yid=5A2QDwAAQBAJyoi=fndypg=PP1ydq=herm%C3%A1ndez+sampieriyots=TkSmXRUIG5ysig=s51nF1G57fDpdwFpjWktvjcF8L4>
- Khan, F., y Ali, Y. (2022). Implementation of the circular supply chain management in the pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 24(12), 13705-13731. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-02007-6>
- Lahjouji et al. (2023). A systematic literature review: The power of the blockchain technology to improve pharmaceutical supply chain. *Journal of Theoretical y Applied Information Technology*, 101(2), 952-971. <http://www.jatit.org/volumes/Vol101No2/25Vol101No2.pdf>
- Li et al. (2022). Identifying the value co-creation model and upgrading path of manufacturing enterprises from the value network perspective. *Sustainability*, 14(23), 16008. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/23/16008>
- López, J. D., Cotes, L. M., y Beltrán, L. M. (2022). Análisis organizacional del sector metalmecánico para mejora de la productividad por medio de Redes Neuronales y Gestión de la Sostenibilidad. <https://repository.ucc.edu.co/items/9e8a072e-785d-45c7-b4a6-597f6f623c1b>
- Llangua et al. (2021). Las tecnologías exponenciales en el desarrollo de nuevas competencias laborales. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 5(20), 205-214. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2616-79642021000400205yscript=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2616-79642021000400205yscript=sci_arttext)
- Marín, E., Acevedo, H. K., y Bustamante, P. (2020). Análisis de implementación de Blockchain y sus beneficios operativos en la trazabilidad logística de mercancías para compañías importadoras en Antioquia. <https://repositorio.esumer.edu.co/handle/esumer/2571>

Martínez et al. (2022). Identificación de beneficios generados por la implementación de la IA en la logística interna en las MIPYMES en el sector industrial.

<http://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/10330>

Mezquita et al. (2023). Blockchain-based supply chain systems, interoperability model in a pharmaceutical case study. *Sensors*, 23(4), 1962. [https://www.mdpi.com/1424-](https://www.mdpi.com/1424-8220/23/4/1962)

[8220/23/4/1962](https://www.mdpi.com/1424-8220/23/4/1962)

Nand et al. (2023). An exploratory study of organisational and industry drivers for the implementation of emerging technologies in logistics. *Industrial Management y Data Systems*, 123(5), 1418-1439.

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IMDS-08-2022-0467/full/html>

Orejuela, J. P., y Flórez, A. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. *Inge Cuc*, 15(1), 109-122.

<https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/5635>

Pastor et al. (2023). Integración de tecnologías emergentes en el diseño industrial para una gestión más eficiente del transporte y la logística. *Polo del Conocimiento*, 8(9), 1204-

1218. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9152591>

Perasso, V. (2016). Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). *BBC Mundo*, 12.

[https://docs.ufpr.br/~jrgarcia/macroeconomia\\_ecologica/macroeconomia\\_ecologica/Qu%C3%A9%20es%20la%20cuarta%20revoluci%C3%B3n%20industrial.pdf](https://docs.ufpr.br/~jrgarcia/macroeconomia_ecologica/macroeconomia_ecologica/Qu%C3%A9%20es%20la%20cuarta%20revoluci%C3%B3n%20industrial.pdf)

Pertuz, L. J., y Salas, K. P. (2020). Las tecnologías emergentes aplicadas en actividades de almacenamiento en la cadena de suministro: un análisis bibliométrico.

<https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/11302>

- Perumalsamy, S., y Kaliyamurthy, V. (2023). Leveraging Blockchain with Optimal Deep Learning-Based Drug Supply Chain Management for Pharmaceutical Industries. *Computers, Materials y Continua*, 77(2).  
[https://cdn.techscience.cn/files/cmc/2023/TSP\\_CMC-77-2/TSP\\_CMC\\_40269/TSP\\_CMC\\_40269.pdf](https://cdn.techscience.cn/files/cmc/2023/TSP_CMC-77-2/TSP_CMC_40269/TSP_CMC_40269.pdf)
- Pesqueira, A. (2022). Are agile supply chain management and blockchain beneficial to industry and patients? focus group with healthcare and pharmaceutical professionals. Part 2.  
[https://www.teknoscienze.com/tks\\_article/are-agile-supply-chain-management-and-blockchain-beneficial-to-industry-and-patients-focus-group-with-healthcare-and-pharmaceutical-professionals-part-2/](https://www.teknoscienze.com/tks_article/are-agile-supply-chain-management-and-blockchain-beneficial-to-industry-and-patients-focus-group-with-healthcare-and-pharmaceutical-professionals-part-2/)
- Pineda et al. (2021). Inteligencia artificial aplicada a la cadena de suministro globales. *Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba*.  
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstreams/be7f326c-50e5-43dd-a0c8-90ea4cbaeec5/download>
- Raja, A., y Muthuswamy, P. (2022). Influence of blockchain technology in manufacturing supply chain and logistics. *Logistics*, 6(1), 15.
- Raman et al. (2021). A survey paper on blockchain technologies in supply chain management. *Int. J. Res. Eng. Sci*, 9(6), 79-86.  
<https://www.academia.edu/download/83029715/M9067986.pdf>
- Shah, S., Rutherford, R., y Menon, S. (2020). Emerging technologies of IoT usage in global logistics. In *2020 International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM)* (pp. 251-257). IEEE.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9051530/>

- Saha et al. (2022). The interplay of emerging technologies in pharmaceutical supply chain performance: An empirical investigation for the rise of Pharma 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 181, 121768.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162522002931>
- Sarkis et al. (2021). Emerging challenges and opportunities in pharmaceutical manufacturing and distribution. *Processes*, 9(3), 457.
- Saxena et al. (2022). Blockchain-based supply-chain management: a bibliometric analysis. *湖南大学学报 (自然科学版)*, 49(06). [https://www.researchgate.net/profile/Charu-Saxena-2/publication/361462206\\_BLOCKCHAIN-BASED\\_SUPPLY-CHAIN\\_MANAGEMENT\\_A\\_BIBLIOMETRIC\\_ANALYSIS\\_httpsjohunsnetindexphabstract385html/links/62b2e10689e4f1160c92f2a9/BLOCKCHAIN-BASED-SUPPLY-CHAIN-MANAGEMENT-A-BIBLIOMETRIC-ANALYSIS-https-johunsnet-indexphp-abstract-385html.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Charu-Saxena-2/publication/361462206_BLOCKCHAIN-BASED_SUPPLY-CHAIN_MANAGEMENT_A_BIBLIOMETRIC_ANALYSIS_httpsjohunsnetindexphabstract385html/links/62b2e10689e4f1160c92f2a9/BLOCKCHAIN-BASED-SUPPLY-CHAIN-MANAGEMENT-A-BIBLIOMETRIC-ANALYSIS-https-johunsnet-indexphp-abstract-385html.pdf)
- Shamsuzzoha, A., Ndzibah, E., y Kettunen, K. (2020). Data-driven sustainable supply chain through centralized logistics network: Case study in a Finnish pharmaceutical distributor company. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100013.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666049020300268>
- Sharma et al. (2020). Internet of things (IoT) in pharmaceutical manufacturing, warehousing, and supply chain management. *SN Computer Science*, 1(4), 232.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-020-00248-2>
- Shcherbakov, V., y Silkina, G. (2021). Supply chain management open innovation: Virtual integration in the network logistics system. *Journal of Open Innovation: Technology*,

- Market, and Complexity*, 7(1), 54.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S219985312200823X>
- Shukla, M., y Tiwari, M. K. (2017). Big-data analytics framework for incorporating smallholders in sustainable palm oil production. *Production Planning y Control*, 28(16), 1365-1377.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2017.1375145>
- Singh et al. (2020). Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention. *Sensors*, 20(14), 3951.  
<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/14/3951>
- Stough, R. R. (2017). New technologies in logistics management. In *Handbook of Logistics and Supply-Chain Management* (Vol. 2, pp. 513-520). Emerald Group Publishing Limited.  
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/9780080435930-034>
- Sudha, C., y Jesu, V. (2024). TrackChain: Hyperledger based pharmaceutical supply chain—Resource utilization perspective. *Heliyon*, 10(1).  
[https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(23\)10458-0.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(23)10458-0.pdf)
- Tejero, J., y Martín, S. (2007). *Innovación y mejora de procesos logísticos: Análisis, diagnóstico e implantación de sistemas logísticos*. Esic Editorial.  
[https://books.google.es/books?hl=esylr=yid=rf-OkQFjcoQCyoi=fndypg=PA13ydq=proceso+log%C3%ADstico+en+la+empresayots=OY4Rs7qTtDysig=TDq2n3RctE\\_FjmFoA2bcSCqN12c](https://books.google.es/books?hl=esylr=yid=rf-OkQFjcoQCyoi=fndypg=PA13ydq=proceso+log%C3%ADstico+en+la+empresayots=OY4Rs7qTtDysig=TDq2n3RctE_FjmFoA2bcSCqN12c)
- Teodorescu, M., y Korchagina, E. (2021). Applying blockchain in the modern supply chain management: Its implication on open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 80. <https://www.mdpi.com/2199-8531/7/1/80>

- Vasiliu et al. (2023). Impact of Blockchain-Digital Twin Technology on Precision Health, Pharmaceutical Industry, and Life Sciences: Conference Proceedings, Conv2X 2023. *Blockchain in Healthcare Today*, 6.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10770801/>
- Vásquez et al. (2023). Tecnologías del internet de las cosas aplicadas en la cadena de suministro. una revisión sistemática. *Gestión de Operaciones Industriales*, 2(01), 8-26.  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/RINGIND/article/view/5408>
- Wei, F., Alias, C., y Noche, B. (2019). Applications of digital technologies in sustainable logistics and supply chain management. *Innovative Logistics Services and Sustainable Lifestyles: Interdependencies, Transformation Strategies and Decision Making*, 235-263.  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-98467-4\\_11](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-98467-4_11)
- Wong et al. (2023). Digitalization enhancement in the pharmaceutical supply network using a supply chain risk management approach. *Scientific reports*, 13(1), 22287.  
<https://www.nature.com/articles/s41598-023-49606-z>
- Zhang et al. (2021). Pharmaceutical cold chain management based on blockchain and deep learning. *Journal of Internet Technology*, 22(7), 1531-1542.  
<https://jit.ndhu.edu.tw/article/view/2624/2644>
- Zoughalian et al. (2022). A blockchain secured pharmaceutical distribution system to fight counterfeiting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 4091. <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/7/4091>