



**Somos calidad,
somos USC**

Estrategias de trazabilidad digital para la prevención del comercio ilegal de medicamentos: Revisión sistemática.

Autor

Nathalia Reyes Madariaga

Químico farmacéutico

Director

Jorge Humberto Restrepo Zapata

**Grupo de Investigación
GISI**

**Línea de Investigación
Cuidado de la Salud**

**Facultad de Ciencias Básicas
Química Farmacéutica
Universidad Santiago de Cali
Santiago de Cali - Colombia
2026**

IMPACTOS

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico	Identificación de métodos de trazabilidad digital que pueden reducir las pérdidas económicas relacionadas con el comercio ilegal de medicamentos.	Industria farmacéutica, entidades regulatorias, sistema de salud.
Responsabilidad social	Generación de conocimiento enfocado en la protección de la salud pública ante medicamentos falsificados.	Pacientes.
Científico	Revisión sistemática actualizada sobre tecnologías de trazabilidad digital en la industria farmacéutica.	Estudiantes, investigadores y comunidad académica.
Indicadores de Gestión	Sugerencia de herramientas tecnológicas que optimizan la supervisión y regulación de la cadena de suministro farmacéutica.	Autoridades sanitarias e instituciones de salud.
Tecnológico	Estudio y comparación de tecnologías como blockchain, IoT y serialización en el ámbito farmacéutico.	Sector farmacéutico y tecnológico.
Técnico	Análisis de la eficiencia de los métodos digitales en comparación con los métodos convencionales de control sanitario.	Profesionales de la salud.
Ambiental	Mejora de procesos logísticos que ayudan a minimizar el desperdicio de medicamentos.	Sistema de salud y medio ambiente.
Social	Contribución a la reducción del riesgo relacionado con el uso de medicamentos falsificados.	Población general.
Cultural	Fomento del uso de tecnologías digitales en la gestión de la salud y el fortalecimiento de la cultura de seguridad en el medicamento.	Profesionales de la salud y comunidad científica.

Estrategias de trazabilidad digital para la prevención del comercio ilegal de medicamentos

Nathalia Reyes Madariaga¹ (nathalia.reyes00@usc.edu.co)

Salud integral GISI, Programa de Química Farmacéutica. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Santiago de Cali. Campus Pampalinda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

El presente trabajo se centró en el problema del tráfico ilegal de medicamentos, una cuestión que pone en peligro la salud pública debido a la presencia de productos falsificados en la cadena de distribución farmacéutica. El objetivo de esta investigación fue examinar cómo las tecnologías de trazabilidad digital, en particular la serialización, blockchain y el Internet de las Cosas (IoT), pueden servir como herramientas para combatir la falsificación de medicamentos y mejorar la seguridad del sistema farmacéutico.

La metodología utilizada consistió en una revisión sistemática de la literatura, en la que se seleccionaron y analizaron estudios científicos recientes de bases de datos reconocidas, aplicando criterios de inclusión y exclusión que priorizaban la actualidad, relevancia y calidad de la información.

Los hallazgos mostraron que las tecnologías de trazabilidad digital proporcionan ventajas importantes en comparación con los métodos convencionales, facilitando la identificación única de los medicamentos, el seguimiento en tiempo real y el registro seguro de los datos. Además, se determinó que la serialización es la estrategia más común en el ámbito regulatorio, mientras que blockchain e internet de las cosas tienen un alto potencial para aumentar la transparencia y el control en la cadena de suministro.

Se concluyó que la incorporación de estas tecnologías constituye una solución eficaz para disminuir el comercio ilegal de medicamentos, mejorando la trazabilidad, la identificación de irregularidades y la protección de la salud pública. No obstante, se destacó la necesidad de reforzar la investigación aplicada y fomentar su aplicación a mayor escala, especialmente en entornos con limitaciones tecnológicas.

Palabras clave: Falsificación de medicamentos; Seguridad farmacéutica; Sistemas de trazabilidad.

TÍTULO DEL ARTÍCULO EN INGLÉS

ABSTRACT

This study focused on the issue of illegal drug trafficking, a problem that threatens public health due to the presence of counterfeit products in the pharmaceutical distribution chain. The objective of this research was to examine how digital traceability technologies, particularly serialization, blockchain, and the Internet of Things (IoT), can serve as tools to combat drug counterfeiting and improve the safety of the pharmaceutical system.

The methodology used consisted of a systematic literature review, in which recent scientific studies from recognized databases were selected and analyzed, applying inclusion and exclusion criteria that prioritized the timeliness, relevance, and quality of the information.

The findings showed that digital traceability technologies provide significant advantages compared to conventional methods, facilitating the unique identification of medicines, real-time tracking, and secure data recording. In addition, it was determined that serialization is the most common strategy in the regulatory field, while blockchain and the Internet of Things have high potential to increase transparency and control in the supply chain.

It was concluded that the incorporation of these technologies constitutes an effective solution to reduce the illegal trade of medicines, improving traceability, the identification of irregularities, and the protection of public health. However, the need to strengthen applied research and promote their large-scale implementation was highlighted, especially in environments with technological limitations.

Keywords: *Counterfeit medicines; Pharmaceutical safety; Traceability systems*

HIGHLIGHTS

- La serialización posibilita la identificación individual de los medicamentos, haciendo más fácil su comprobación instantánea.
- La combinación de blockchain e IoT aumenta la protección, claridad y vigilancia constante de los productos en el sector farmacéutico.
- La adopción simultánea de tecnologías digitales constituye la táctica más eficiente para mejorar la seguridad en el ámbito farmacéutico.

1. INTRODUCCIÓN

El aseguramiento de la calidad, la seguridad y la autenticidad de los fármacos es un elemento esencial en los sistemas de salud, ya que influye directamente en los resultados del tratamiento y en la protección de la vida de los pacientes. En este sentido, la distribución de medicamentos falsificados y de calidad inferior se ha convertido en un problema mundial que impacta considerablemente tanto a naciones desarrolladas como a las que están en desarrollo, siendo estas últimas las más afectadas (World Health Organization, 2024).

Los medicamentos falsificados son aquellos que han sido producidos de forma engañosa, con calidad inferior, etiquetados de manera incorrecta o que no se ajustan a las normativas establecidas, y que pueden incluir componentes inapropiados o peligrosos que representan serios peligros para la salud (Pisani et al., 2021). Estos productos también son identificados como productos de calidad subestándar que incumplen las normas y requerimientos de calidad, a causa de prácticas deficientes de fabricación con bajos controles de calidad (OMS, 2024). Son producidos y distribuidos con la intención de engañar al usuario y obtener una ganancia económica sobre ello (OMS, 2024). La falsificación de fármacos sigue siendo un problema serio para la salud pública, ya que los productos ilegales o falsificados pueden tener componentes erróneos, cantidades inexactas o inexistentes de principios activos o elementos nocivos que pueden causar toxicidades, fallos en los tratamientos y, por ende, amenazan la vida de los individuos (OMS & ONUDD, 2025).

La existencia de medicamentos falsificados y aquellos de baja calidad representa una problemática social que genera un riesgo creciente para la salud pública a nivel mundial, ya que pueden llevar a la ineficacia del tratamiento, al incremento de la resistencia a los antimicrobianos y a la pérdida de confianza por parte de los pacientes en los sistemas de salud (Feeney et al., 2024). Ante esta situación, organismos internacionales han destacado la importancia de mejorar los sistemas de control, monitoreo y educación para identificar y luchar de manera específica contra la falsificación de medicamentos en cada fase de la cadena de suministro (Gorani, 2023)rani, 2023).

El aumento del comercio ilegal de fármacos está vinculado con la globalización de los mercados y la creciente complejidad de las cadenas de suministro de medicamentos, que involucran a diversos participantes y procesos logísticos. Esta complicación hace que la supervisión y el control de los productos sean más difíciles, permitiendo la infiltración de medicamentos falsos en canales tanto formales como informales (Pathak et al., 2023). En este contexto, los métodos de control sanitario tradicionales, que se fundamentan en inspecciones físicas, auditorías y registros manuales, tienen limitaciones en cuanto a trazabilidad, rapidez y capacidad de respuesta ante casos de falsificación. Esta situación no solo tiene un efecto perjudicial sobre la salud de los pacientes, sino que además ocasiona importantes pérdidas económicas a la industria farmacéutica y disminuye la confianza de la sociedad en los sistemas de salud (Feeney et al., 2024; Ofori-Parku, 2022). Investigaciones recientes han indicado que la continua circulación de medicamentos falsificados en el mercado puede elevar los gastos de atención médica debido a tratamientos ineficaces, hospitalizaciones innecesarias y el empleo de terapias adicionales para mitigar los efectos negativos relacionados con fármacos de inferior calidad (Cáceres-Pérez et al., 2025; Feeney et al., 2024). Asimismo, los estudios coinciden en que la desconfianza por parte de los pacientes no solo disminuye la adherencia a los tratamientos, sino que también puede incitar un aumento de la automedicación con productos no regulados, incrementando así los peligros para la salud pública (Cáceres-Pérez et al., 2025).

Ante estas limitaciones, en los últimos años han surgido diferentes métodos de trazabilidad digital destinados a mejorar el seguimiento y control de los medicamentos a lo largo de toda la cadena de distribución. Entre estos métodos se destacan la serialización digital, la tecnología blockchain y el Internet de las Cosas (IoT), que permiten registrar, almacenar y compartir información en tiempo real sobre el trayecto de los productos farmacéuticos (Rajora, 2023a). Estas innovaciones brindan beneficios como la inalterabilidad de los datos, la claridad en las transacciones y la posibilidad de identificar irregularidades de manera temprana, lo que fortalece los sistemas de vigilancia de la salud pública (Mangala et al., 2024a).

Varios estudios han señalado que la introducción de sistemas de trazabilidad digital puede aumentar la confiabilidad de la cadena de suministro, disminuir el riesgo de falsificaciones y ayudar en la localización de aspectos críticos en el proceso logístico (Irawan et al., 2025). No obstante, la integración de estas tecnologías también se enfrenta a retos significativos, como los gastos de implementación, la compatibilidad entre diferentes sistemas, las limitaciones regulatorias y la capacitación requerida para el personal implicado (Jabbar et al., 2021).

A pesar del creciente interés en estas estrategias, la información disponible en la literatura científica se encuentra dispersa y muestra diferencias en los métodos utilizados, los entornos de implementación y los hallazgos presentados. Esta circunstancia complica la comprensión completa del verdadero efecto de las tecnologías de trazabilidad digital en la lucha contra el tráfico ilegal de medicamentos, además de su posible uso en contextos particulares como el de Colombia.

En este contexto, el objetivo de esta investigación es examinar la información científica existente sobre las tácticas de trazabilidad digital implementadas en el sector farmacéutico para combatir el comercio ilegal de medicamentos, a través de una revisión sistemática. Este método facilitará la identificación de las tecnologías clave empleadas, la comparación de su eficiencia en relación con las técnicas convencionales de supervisión sanitaria y la evaluación de sus ventajas y desventajas, con la finalidad de proporcionar información significativa para la toma de decisiones en el campo de la salud pública y la normativa farmacéutica.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló como una revisión sistemática de la literatura, orientada a examinar la información científica existente en relación con las estrategias de trazabilidad digital utilizadas en el sector farmacéutico para prevenir el comercio ilegal de fármacos.

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática de literatura científica publicada en los últimos cinco años, con el objetivo de garantizar la relevancia y actualidad de la información reunida. Los artículos elegidos se organizaron con el software de referencia Mendeley, facilitando la eliminación de artículos duplicados y la clasificación adecuada de las fuentes. Además, se identificaron y describieron las estrategias principales de trazabilidad digital reportadas, considerando su categoría, modo de funcionamiento y nivel de implementación dentro de la cadena de suministro farmacéutica.

Por otro lado, se llevó a cabo una evaluación comparativa sobre la eficiencia de las tecnologías de trazabilidad digital en comparación con los métodos tradicionales de control sanitario que hay actualmente. De cada investigación se extrajo información relevante, incluyendo el tipo de tecnología utilizada, el contexto en el que se aplica y los resultados principales obtenidos. Luego, se compararon los métodos digitales con los procedimientos convencionales de control, como las inspecciones físicas, los registros manuales y las auditorías tradicionales.

La estrategia de búsqueda se diseñó mediante la combinación de palabras clave y operadores booleanos tales como (AND, OR), con el objetivo de optimizar la obtención de información pertinente. Se utilizaron términos en inglés debido a su mayor presencia en la literatura científica.

La revisión se enfocó en examinar la efectividad de las estrategias de trazabilidad digital, más que en su eficacia médica directa, ya que el propósito del estudio se dirige al análisis de los sistemas de control y administración en la cadena de suministro farmacéutica.

De igual manera, se consideró la variabilidad en los formatos de los estudios incluidos, reconociendo posibles restricciones asociadas con las diferencias en métodos, contextos y tecnologías, las cuales fueron tenidas en cuenta durante el análisis y la discusión de los resultados.

2.1. Búsqueda bibliográfica y criterios de inclusión y exclusión.

Se elaboró una estrategia de búsqueda bibliográfica organizada mediante el empleo de descripciones controladas y términos clave vinculados a la trazabilidad digital en el sector farmacéutico y la falsificación de medicamentos, tales como drug traceability, pharmaceutical supply chain, counterfeit medicines, blockchain, serialization e Internet of Things para garantizar una buena cobertura de literatura académica.

Seguidamente, se llevó a cabo la selección de las bases de datos científicas, dando prioridad a fuentes académicas de reconocimiento y confiables como ScienceDirect, SpringerLink, Taylor and Francis Group, Oxford University Press, SAGE Journals, Dialnet y Google Académico, las cuales se encontraron en la base de datos de la universidad (Bases de Datos - Universidad Santiago de Cali, n.d.).

Con el fin de asegurar la calidad y relevancia de los datos recolectados, se definieron criterios de inclusión tales como artículos académicos publicados entre 2020 y 2026, investigaciones centradas en tecnologías de trazabilidad digital aplicadas a fármacos o del sector farmacéutico, estudios que hablaran sobre blockchain, serialización, IoT u otras tecnologías de seguimiento, publicaciones en inglés o español, artículos accesibles en texto completo y estudios publicados en revistas científicas que estuvieran indexadas.

En lo que respecta a los criterios de exclusión, no se tomaron en cuenta las publicaciones anteriores a 2020, investigaciones que no estuvieran vinculadas con la industria farmacéutica, materiales que carecieran de fundamento científico (como blogs, opiniones y literatura gris no verificada), artículos repetidos y estudios que no permitieran el acceso al texto completo.

El método de extracción de datos se llevó a cabo en varias etapas, siguiendo el flujo propuesto por PRISMA, el cual consta de una primera etapa de identificación en el que se recopilaban todos los artículos obtenidos a partir de las ecuaciones de búsqueda en las bases de datos seleccionadas, seguidamente se realizó una depuración donde se eliminaron los registros duplicados utilizando el gestor bibliográfico Mendeley, se continuó con un cribado o denominado (screening) donde se revisaron los títulos y resúmenes de los estudios para verificar su pertinencia con el objetivo de la investigación, además se realizó la etapa de elegibilidad en la que se realizó una lectura completa de los artículos seleccionados para confirmar el cumplimiento de los criterios de inclusión y finalmente se hizo una inclusión final donde se seleccionaron los estudios que cumplieron con todos los criterios establecidos para su análisis en la revisión (Yepes-Núñez et al., 2021).

3. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática facilitó analizar los diferentes enfoques de trazabilidad digital implementados en la cadena de suministro farmacéutica, poniendo especial énfasis en la serialización digital, el uso de blockchain y el Internet de las Cosas (IoT). Estas tecnologías se han sugerido como alternativas novedosas para mejorar los sistemas de control sanitario y disminuir la problemática del comercio ilegal de medicamentos (Rajora, 2023b).

Blockchain

La tecnología blockchain ha sido objeto de diversas investigaciones como una alternativa novedosa para optimizar la trazabilidad y la seguridad en la cadena de suministro de medicamentos, especialmente en relación con la problemática del comercio ilícito de medicamentos (Akram et al., 2024). Varios estudios coinciden en que su diseño descentralizado facilita la creación de registros permanentes y verificables de cada operación, lo que asegura la genuinidad de los productos y complica la modificación de la información a lo largo de la red logística (Gupta et al., 2026).

Uno de los principales hallazgos destaca la facilidad con la que se pueden crear sistemas de seguimiento de principio a fin, donde cada fase del proceso de fabricación, distribución y entrega se documenta de manera segura (Sandoval Mesa et al., 2025). Esto permite validar el origen de los medicamentos en tiempo real, disminuyendo considerablemente el riesgo de que productos falsificados entren al mercado (Gomasta et al., 2023).

Seguidamente, se ha demostrado que la tecnología blockchain favorece la claridad y la confianza entre los participantes en la cadena de suministro de medicamento (Kumarswamy & Sampigerayappa, 2024) s. Al ofrecer un acceso común a datos verificados, simplifica la colaboración entre productores, proveedores, farmacias y organismos de regulación, mejorando los sistemas de control sanitario y permitiendo identificar de manera más ágil las anomalías (Kumarswamy & Sampigerayappa, 2024).

Además, Otro punto importante que se ha destacado en las investigaciones es la habilidad de la tecnología blockchain para combinarse con instrumentos como los contratos inteligentes, que automatizan la validación y verificación de procesos en la cadena de suministro (Aziz et al., 2025). Esta característica posibilita, por ejemplo, impedir de manera automática la distribución de productos que no satisfacen los estándares de autenticidad (S. Kumar et al., 2024).

Desde la perspectiva del efecto en la falsificación, las pruebas indican que la adopción de blockchain puede disminuir notablemente las posibilidades de fraude, dado que cada transacción del medicamento se documenta y es susceptible de auditoría (Sun et al., 2024). Esto no solo complica la inclusión de productos falsos, sino que también posibilita el seguimiento de su procedencia si se identifican anomalías, favoreciendo las acciones de regulación y corrección (Padma & Ramaiah, 2024).

Sin embargo, las investigaciones también resaltan limitaciones significativas. Estas incluyen los elevados gastos de implementación, la exigencia de tecnología o infraestructura avanzada y la falta de estandarización entre los sistemas. Asimismo, hay obstáculos regulatorios que complican su integración a gran escala, sobre todo en naciones con un desarrollo tecnológico inferior (Peron et al., 2025).

Así, se descubrió que, a pesar de que los hallazgos son importantes, una buena parte de las pruebas proviene de investigaciones teóricas o de marcos conceptuales, y hay una menor cantidad de aplicaciones efectivas a gran escala. Esto muestra la urgencia de seguir explorando cómo se puede aplicar blockchain de manera práctica en situaciones reales, especialmente en los sistemas de salud de naciones en desarrollo (Shetty et al., 2022).

Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se ha establecido como una tecnología fundamental para mejorar la trazabilidad en la cadena de suministro de productos farmacéuticos, especialmente en la batalla contra los medicamentos falsificados. Su contribución principal se basa en la habilidad de incorporar sensores inteligentes, dispositivos de seguimiento y sistemas de comunicación que posibilitan el monitoreo en tiempo real del movimiento y la condición de los fármacos, produciendo datos constantes a lo largo de toda la logística (Mangala et al., 2024b).

Uno de los descubrimientos más significativos en la literatura asegura que el Internet de las Cosas facilita el monitoreo exacto de factores esenciales como la localización, la temperatura, la humedad y las condiciones de conservación de los fármacos. Esta habilidad es crucial para identificar irregularidades durante el traslado y la conservación, que pueden relacionarse tanto con problemas logísticos como con la posible aparición de productos falsificados o alterados (Adeyemo et al., 2025a).

Por otro lado, se ha demostrado que la utilización de dispositivos de IoT incrementa notablemente la claridad en la cadena de suministro de productos farmacéuticos, abordando una de las principales limitaciones de los sistemas convencionales: la dispersión de la información. Al posibilitar la recolección y el envío constante de datos, el IoT ayuda a detectar de manera temprana irregularidades, como desvíos en las rutas de entrega o problemas en la cadena de frío (Adeyemo et al., 2025b).

Otro punto clave señalado en la investigación es que el IoT no se limita a la vigilancia pasiva, sino que también facilita la automatización de las operaciones en la red de suministro. Los dispositivos de detección y los actuadores pueden conectarse con sistemas de gestión para producir avisos automáticos o accionar respuestas ante situaciones inusuales, lo que fortalece la habilidad de respuesta ante riesgos potenciales relacionados con medicamentos falsificados (Turki et al., 2023).

Asimismo, se resalta en la literatura que el Internet de las Cosas es más eficiente cuando se combina con otras tecnologías como blockchain, mencionado anteriormente. En estos sistemas híbridos, la información recogida por los sensores de IoT se guarda en plataformas seguras y que no pueden ser modificadas, asegurando así la veracidad de los datos y mejorando los procesos de verificación de medicamentos. Este método integrado ayuda a disminuir considerablemente las posibilidades de engaño en la cadena de suministro de productos farmacéuticos (Turki et al., 2023).

Desde el punto de vista funcional, los reportes concuerdan en que la adopción del IoT ayuda a disminuir la posibilidad de que medicamentos falsificados lleguen al mercado, al facilitar un monitoreo más riguroso y constante de los productos. La posibilidad de seguir cada movimiento y estado del medicamento crea un ambiente más claro y seguro, tanto para los participantes de la cadena como para los pacientes (C, 2025).

Sin embargo, también se reconocen limitaciones significativas. Entre estas se encuentran los problemas vinculados a la protección de la información, dado que los aparatos IoT podrían ser susceptibles a ataques

cibernéticos. De igual manera, la adopción de estas innovaciones demanda una infraestructura tecnológica sofisticada, compatibilidad entre diferentes sistemas y una considerable inversión de capital, lo que puede complicar su integración en naciones en desarrollo (Adeyemo et al., 2025b).

Por consiguiente, los descubrimientos indican que, a pesar de que el IoT se presenta como una herramienta muy valiosa para mejorar la trazabilidad y evitar el tráfico ilegal de medicamentos, su eficacia está sujeta a una adecuada incorporación en sistemas digitales más amplios. En este contexto, la fusión del IoT con tecnologías como blockchain y análisis de datos se establece como una estrategia fundamental para reforzar la seguridad de la cadena de suministro de productos farmacéuticos a escala global (Nabli et al., 2025).

Serialización digital

La serialización digital se ha establecido como una de las estrategias más eficaces para mejorar la trazabilidad en la cadena de suministro de productos farmacéuticos y luchar contra el tráfico ilegal de medicamentos. Este avance tecnológico implica la creación de códigos únicos para cada producto, lo que facilita su seguimiento individual desde el momento de la producción hasta su entrega, asegurando un mejor control y claridad a lo largo de toda la cadena logística (Gaurav Kumar, 2023).

La serialización posibilita la creación de sistemas de seguimiento que garantizan la coherencia de la cadena de suministro (Stempniak Krystian, 2024). Al documentar el desplazamiento de cada producto farmacéutico, se hace más sencillo identificar productos falsificados, puesto que cualquier irregularidad en la información o repetición de códigos puede ser reconocida de forma inmediata (G. Kumar, 2023c).

Inclusive, la información muestra que la serialización digital se ha integrado como un requisito indispensable en varios marcos regulatorios a nivel internacional, como la Ley de Seguridad en la Cadena de Suministro de Medicamentos (DSCSA) en Estados Unidos y la Directiva sobre Medicamentos Falsificados (FMD) en Europa (Laurent Adrien, 2026). Estas normativas requieren la identificación única de cada fármaco y la comprobación de su autenticidad a lo largo de la cadena, lo que ha facilitado una mejora notable en la identificación de medicamentos falsificados (*Ley de Seguridad de La Cadena de Suministro de Medicamentos (DSCSA)* | FDA, n.d.).

Cabe destacar que, la serialización posibilita la comprobación inmediata de los medicamentos a través del escaneo de códigos únicos en lugares clave de la cadena, como farmacias y distribuidores. Este procedimiento ayuda a detectar productos sospechosos y a generar alertas anticipadas, lo que ayuda a prevenir que los pacientes reciban medicamentos falsificados (Thimas Steve, 2024).

De igual manera, aumenta la claridad y el seguimiento al proporcionar acceso a datos específicos sobre el origen, la historia y el proceso del medicamento. Esto no solo refuerza los sistemas de supervisión sanitaria, sino que también simplifica las revisiones y las decisiones de las entidades reguladoras (Dhoke, 2025a).

Desde el punto de vista del efecto sobre la falsificación, se ha mostrado que los sistemas de serialización han facilitado la identificación de casos auténticos de medicamentos falsificados en la cadena de suministro a través de la detección de números de serie que son inválidos o que no están activos (Melia et al., 2024). Estos sistemas han probado su eficacia al permitir el seguimiento del origen de los productos engañosos y su retirada del mercado de forma oportuna (Melia et al., 2024).

A pesar de esto, también se reconocen limitaciones significativas. Estas incluyen los obstáculos vinculados a la adopción de tecnología, los gastos involucrados y la necesidad de que los sistemas de diversos actores en la cadena sean compatibles entre sí, como las limitaciones de los métodos anteriormente mencionados (Dhoke, 2025a). Es decir que, la eficacia de la serialización se basa en el estricto cumplimiento por parte de todos los involucrados, lo que puede representar un impedimento en entornos con menor avance tecnológico (Aarav Gupta, 2023).

A causa de esto, se indica que, si bien la serialización digital es una herramienta muy eficiente para combatir el tráfico ilegal de medicamentos, su efecto es más significativo cuando se combina con sistemas digitales más sofisticados, como ocurre con los anteriores métodos de trazabilidad digital mencionados anteriormente. En este contexto, la serialización se establece como el fundamento de los sistemas actuales de trazabilidad, sobre el cual

se pueden añadir tecnologías adicionales para mejorar la seguridad en la cadena de suministro de productos farmacéuticos (G. Kumar, 2023c).

En otro orden de ideas, los métodos tradicionales para la trazabilidad en la cadena de suministro de medicamentos han dependido, por lo general, de sistemas centralizados, anotaciones en papel, procesos manuales y supervisión por lotes. Aunque estos métodos permiten un seguimiento general de los fármacos, carecen de visibilidad a nivel individual y no proporcionan acceso instantáneo a la información, lo que restringe la posibilidad de detectar irregularidades en la cadena o dificultar la verificación de la autenticidad de los productos (G. Kumar, 2023a).

También, estos métodos convencionales dependen de una correcta transmisión de información entre los diversos participantes de la cadena (fabricantes, distribuidores y farmacias), lo que provoca inconsistencias en los datos, riesgos de errores humanos como pérdida de registros y complica la unificación de la información (G. Kumar, 2023a). Esta falta de cohesión disminuye la habilidad para seguir el rastro preciso o trazabilidad de un medicamento y restringe la efectividad en la identificación de productos fraudulentos (Patra, 2023a). Además, los sistemas tradicionales a menudo se fundamentan en verificaciones posteriores a la venta, como revisiones y pruebas de muestras, lo que representa un enfoque reactivo en lugar de uno que prevenga problemas. Este tipo de monitoreo limita la capacidad para identificar medicamentos falsificados antes de que lleguen a los pacientes, aumentando los riesgos para la salud pública debido a que estos medicamentos ya pudieron haber sido consumidos (Patra, 2023a).

En cuanto a las limitaciones, una de las principales desventajas de los métodos convencionales es la carencia de una visión integral en la cadena de suministro. La falta de sistemas que puedan trabajar juntos complica la detección de medicamentos falsificados, ya que no existe una sola fuente confiable de información que permita comprobar la autenticidad de los productos al instante (Raj et al., 2025). Además, estos sistemas son muy susceptibles a la alteración de datos, debido a su dependencia de bases de datos centralizadas y registros manuales. Esta vulnerabilidad puede ser explotada por personas malintencionadas para introducir medicamentos falsos sin ser detectados a tiempo (Raj et al., 2025).

Otra desventaja crucial es la incapacidad para rastrear medicamentos a nivel de cada unidad. La utilización de sistemas que se basan en lotes impide identificar con exactitud qué unidades específicas han sido afectadas, lo cual dificulta llevar a cabo medidas correctivas, como retiradas selectivas o investigaciones detalladas sobre el origen del problema (Patra, 2024).

Es por ello que, en comparación con los métodos convencionales, las herramientas de trazabilidad digital como la serialización, blockchain y el internet de las cosas ofrecen un seguimiento más exacto, seguro y eficaz de los fármacos a lo largo de toda la cadena de suministro. Estas herramientas implementan sistemas de identificación única y supervisión continua, lo que mejora considerablemente la capacidad para identificar medicamentos falsificados (Patra, 2024).

Uno de los principales aspectos positivos de estas técnicas es la trazabilidad a nivel unitario, que posibilita la identificación individual de cada medicamento (Patra, 2023b). Esto representa un progreso notable en comparación con los sistemas tradicionales, ya que simplifica la validación de autenticidad en cualquier etapa de la cadena y facilita la detección de irregularidades como la duplicación de códigos o productos no registrados (Dhoke, 2025b).

Al mismo tiempo, las tecnologías digitales permiten la supervisión en tiempo real, lo que fortalece la capacidad de respuesta ante situaciones sospechosas. A diferencia de los enfoques tradicionales, que son principalmente reactivos, los sistemas digitales permiten identificar anomalías de inmediato, evitando que medicamentos falsificados lleguen al consumidor final (Dhoke, 2025b).

Otro elemento fundamental es el aumento en la claridad y confiabilidad de la información. Las plataformas digitales permiten consolidar datos de diversos participantes en sistemas que pueden trabajar juntos, disminuyendo la fragmentación de la información y simplificando la auditoría a lo largo de toda la cadena de suministro (G. Kumar, 2023b). Esto refuerza los mecanismos de control de salud y eleva la confianza en el sistema farmacéutico. Se puede señalar que, la aplicación de tecnologías digitales favorece una identificación más efectiva del tráfico ilegal de medicamentos, ya que ayuda a reconocer patrones anormales en la distribución y a rastrear el origen de

productos falsificados. Esto no solo incrementa la seguridad del paciente, sino que también permite que las autoridades realicen intervenciones más rápidas y eficaces (Dhoke, 2025b).

Por último, la documentación respalda que la implementación de sistemas digitales de trazabilidad no solo potencia la seguridad, sino que también mejora la eficiencia operativa dentro de la cadena de suministro farmacéutica. La automatización de procesos, la disminución de errores humanos y la optimización en la gestión de datos son beneficios significativos en comparación con los enfoques tradicionales, respaldando la necesidad de llevar a cabo su aplicación a gran escala en la actualidad (Raj et al., 2025).

En última instancia, durante la elaboración de esta revisión, se observó una limitación significativa relacionada con la recolección y organización de datos. A pesar de que se encontraron fuentes sobre la trazabilidad en el sector farmacéutico, la documentación que une directamente las tecnologías digitales con la lucha contra el comercio ilícito de medicamentos fue considerablemente escasa y desorganizada, lo que complicó el desarrollo de un análisis más exhaustivo y detallado. Además, se identificaron menciones de métodos de trazabilidad más sofisticados que se basan en técnicas químicas como marcadores químicos o análisis para validar medicamentos; sin embargo, la información existente sobre estas metodologías fue limitada, poco uniforme y, en numerosos casos, de naturaleza preliminar, lo que dificultó su incorporación en el análisis principal de esta revisión.

4. CONCLUSIONES

La revisión sistemática realizada ha permitido examinar de manera profunda la función de las tecnologías digitales de trazabilidad, como la serialización, blockchain y el Internet de las Cosas, en la prevención del tráfico ilegal de medicamentos. Se ha mostrado que estas herramientas suponen un avance notable con respecto a las técnicas tradicionales en el ámbito de la cadena de suministro farmacéutica. A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que la trazabilidad digital no solo facilita el seguimiento de los medicamentos, sino que también refuerza la seguridad, la transparencia y la eficacia del sistema farmacéutico en su totalidad.

En cuanto a las implicaciones, los resultados de esta revisión evidencian que la incorporación de tecnologías digitales en la trazabilidad de medicamentos afecta de manera directa a la protección de la salud pública. La capacidad de identificar medicamentos de forma individual, comprobar su autenticidad en tiempo real y seguir su trayecto de manera continua disminuye de forma considerable el riesgo de que productos falsificados lleguen al consumidor. Esto significa una evolución en los modelos de vigilancia sanitaria, moviéndose de acciones reactivas hacia estrategias preventivas fundamentadas en datos, lo que constituye un avance esencial en la lucha contra el comercio ilegal de medicamentos.

Desde el ámbito del conocimiento, este estudio ayuda a solidificar la información existente sobre el uso de tecnologías emergentes en la cadena de suministro farmacéutica, combinando diferentes enfoques tecnológicos que muchas veces se han analizado por separado. La comparación entre serialización, blockchain e IoT ha permitido establecer que estas tecnologías deben ser vistas no como soluciones aisladas, sino como elementos que se complementan dentro de un sistema completo de trazabilidad digital. Este enfoque sistémico introduce una perspectiva innovadora en el área farmacéutica y la gestión logística, fortaleciendo el desarrollo de estrategias más sólidas y efectivas.

Asimismo, se concluye que, aunque la serialización es actualmente la tecnología más ampliamente utilizada gracias a su aceptación regulatoria, su eficacia se ve notablemente incrementada al combinarse con herramientas como blockchain e IoT. Esta fusión permite abordar simultáneamente tres aspectos esenciales: la identificación del producto, la seguridad de la información y el monitoreo en tiempo real. Por lo tanto, se concluye que los modelos híbridos de trazabilidad son la opción más prometedora para combatir la falsificación de medicamentos a nivel mundial.

Las principales repercusiones de esta revisión resaltan la urgencia de impulsar la digitalización de la cadena de suministro farmacéutica, especialmente en naciones en desarrollo donde los sistemas tradicionales aún dominan y son más vulnerables. La adopción de tecnologías de trazabilidad digital no solo ayudaría a disminuir el comercio ilegal de medicamentos, sino que también aumentaría la confianza en los sistemas de salud, mejoraría la calidad de los servicios farmacéuticos y optimizaría la gestión logística.

No obstante, también se reconocen importantes obstáculos vinculados a la adopción de estas tecnologías, tales como los altos gastos de implementación, la necesidad de contar con infraestructura tecnológica, la falta de compatibilidad entre sistemas y las limitaciones regulatorias. Estas restricciones indican que la transición hacia sistemas de trazabilidad digital debe tratarse de forma gradual y estratégica, a través de políticas públicas, regulaciones adecuadas y colaboración entre los diferentes participantes del sistema farmacéutico.

A partir de los resultados obtenidos, se sugieren nuevas hipótesis de investigación centradas en ahondar en el impacto de estas tecnologías. En particular, se plantea que una implementación combinada de serialización, blockchain e IoT disminuye considerablemente más la circulación de medicamentos falsificados en comparación con la aplicación individual de cada tecnología. Además, se propone investigar la conexión entre el grado de digitalización de la cadena de suministro y la eficacia en la identificación de actividades ilícitas, así como el efecto de estas tecnologías en la sostenibilidad y los costos operativos del sistema farmacéutico.

Respecto a las futuras líneas de investigación, se aconseja llevar a cabo estudios empíricos que analicen la aplicación real de sistemas de trazabilidad digital en contextos específicos, con el objetivo de evaluar su efectividad en situaciones reales. También se considera importante investigar cómo se integran estas tecnologías con herramientas de inteligencia artificial y análisis de datos, lo que podría mejorar aún más la detección y prevención del comercio ilegal de medicamentos. Adicionalmente, se recomienda examinar los problemas regulatorios y éticos relacionados con la digitalización de la trazabilidad, así como su impacto en la privacidad y la seguridad de la información.

Finalmente, se llega a la conclusión de que la trazabilidad digital es un recurso esencial para abordar los retos contemporáneos en la seguridad de los medicamentos, siendo un elemento central en la actualización de la cadena de suministro de productos farmacéuticos. Su adopción no solo satisface una demanda tecnológica, sino que también refleja un compromiso con la protección de la salud pública, la claridad en el sistema y la lucha contra el tráfico ilegal de medicamentos en todo el mundo.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los profesores que, durante este proceso, ofrecieron su guía, saberes y apoyo educativo, siendo clave para el avance de este proyecto. De igual forma, se valora la ayuda de mis compañeras, quienes, a través del intercambio de ideas y la cooperación en la búsqueda de información, proporcionaron insumos valiosos para la elaboración de este estudio.

6. DECLARACION DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran que no han usado herramientas de inteligencia artificial (IA) en la creación de este artículo

7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarav Gupta. (2023, August 18). *Pharmaceutical Drug Serialization: A Comprehensive Review*. <https://www.scipublications.com/journal/index.php/ujpp/article/view/786>
- Adeyemo, K. S., Mbata, A. O., & Balogun, O. D. (2025a). Combating Counterfeit Drugs in the U.S. Pharmaceutical Supply Chain: The Potential of Blockchain and IoT for Public Health Safety. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, 4(6), 1730–1739. <https://doi.org/10.62225/2583049X.2024.4.6.4103>
- Adeyemo, K. S., Mbata, A. O., & Balogun, O. D. (2025b). Combating Counterfeit Drugs in the U.S. Pharmaceutical Supply Chain: The Potential of Blockchain and IoT for Public Health Safety. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, 4(6), 1730–1739. <https://doi.org/10.62225/2583049X.2024.4.6.4103>
- Akram, W., Joshi, R., Haider, T., Sharma, P., Jain, V., Garud, N., & Singh, N. (2024). Blockchain technology: A potential tool for the management of pharma supply chain. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 20(6), 156–164. <https://doi.org/10.1016/J.SAPHARM.2024.02.014>

- Aziz, A., Suman, S., Sohail, S. S., & Madsen, D. Ø. (2025). Leveraging blockchain for combatting drug counterfeiting in the pharmaceutical sector. *Cogent Business & Management*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2551811>
- C, N. (2025). An Intelligent Drug Traceability Framework for Secure and Transparent Pharmaceutical Supply Chain. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 13(9), 2234–2237. <https://doi.org/10.22214/IJRASET.2025.74403>
- Cáceres-Pérez, A. R., Suárez-González, J., Santoveña-Estévez, A. M., Fariña-Espinoza, J. B., Cáceres-Pérez, A. R., Suárez-González, J., Santoveña-Estévez, A. M., & Fariña-Espinoza, J. B. (2025). *The Current Situation of Medicines Quality in Low- and Middle-Income Countries: New Challenges to be Addressed*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1009420>
- Dhoke, S. (2025a). Innovations and Challenges in Pharmaceutical Supply Chain, Serialization and Regulatory Landscape. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4(1), 7–12. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2025.6002>
- Dhoke, S. (2025b). Innovations and Challenges in Pharmaceutical Supply Chain, Serialization and Regulatory Landscape. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4(1), 7–12. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2025.6002>
- Feeney, A. J., Goad, J. A., & Flaherty, G. T. (2024). Global perspective of the risks of falsified and counterfeit medicines: A critical review of the literature. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2024.102758>
- Gaurav Kumar. (2023). Securing pharmaceutical supply chain using digital drug serialization. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 10(1), 015–020. <https://doi.org/10.30574/WJAETS.2023.10.1.0244>
- Gomasta, S. S., Dhali, A., Tahlil, T., Anwar, M. M., & Ali, A. B. M. S. (2023). PharmaChain: Blockchain-based drug supply chain provenance verification system. *Heliyon*, 9(7), e17957. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E17957>
- Gorani, M. (2023). Pharmaceutical Supply Chain Distribution: Mitigating the Risk of Counterfeit Drugs. *Open Journal of Medical Sciences*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.31586/ojms.2023.1211>
- Gupta, V., Saxena, S. K., & Bhambri, P. (2026). Ensuring integrity and transparency in healthcare supply chains: A blockchain-driven approach. *Harnessing the Potential of Blockchain Technology in the Smart Healthcare*, 303–313. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-30192-6.00009-4>
- Irawan, H., Putri Abidin, A. A., & Alamsyah, A. (2025). An analytics-based model for securing the healthcare drug distribution network with blockchain. *Healthcare Analytics*, 8, 100440. <https://doi.org/10.1016/j.health.2025.100440>
- Jabbar, S., Lloyd, H., Hammoudeh, M., Adebisi, B., & Raza, U. (2021). Blockchain-enabled supply chain: analysis, challenges, and future directions. *Multimedia Systems*, 27(4), 787–806. <https://doi.org/10.1007/S00530-020-00687-0>
- Kumar, G. (2023a). Pharmaceutical Drug Packaging and Traceability: A Comprehensive Review. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 19–25. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2023.769>
- Kumar, G. (2023b). Pharmaceutical Drug Packaging and Traceability: A Comprehensive Review. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 19–25. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2023.769>
- Kumar, G. (2023c). Securing pharmaceutical supply chain using digital drug serialization. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 10(1), 015–020. <https://doi.org/10.30574/WJAETS.2023.10.1.0244>
- Kumar, S., Mehra, R., & Arya, R. (2024). Enhancing Pharmaceutical Supply Chain Security: Counterfeit Drug Detection Using Blockchain Technology. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.5039786>
- Kumarswamy, S., & Sampigerayappa, P. A. (2024). Leveraging Blockchain Technology to Establish a Transparent and Counterfeit-Resistant Pharmaceutical Supply Chain. *Journal Europeen Des Systemes Automatisés*, 57(5), 1429–1443. <https://doi.org/10.18280/JESA.570518>
- Laurent Adrien. (2026, June 4). *DSCSA frente a la Directiva de Medicamentos Falsificados de la UE: Guía de serialización y trazabilidad farmacéutica* | IntuitionLabs. <https://intuitionlabs.ai/articles/dscsa-vs-eu-fmd-serialization-traceability>
- Ley de Seguridad de la Cadena de Suministro de Medicamentos (DSCSA)* | FDA. (n.d.). Retrieved April 7, 2026, from <https://www.fda.gov/drugs/drug-supply-chain-integrity/drug-supply-chain-security-act-dscsa>
- Mangala, N., Naveen, D. R., Reddy, B. E., Buyya, R., Venugopal, K. R., Iyengar, S. S., & Patnaik, L. M. (2024a). Secure pharmaceutical supply chain using blockchain in IoT cloud systems. *Internet of Things*, 26, 101215. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101215>

- Mangala, N., Naveen, D. R., Reddy, B. E., Buyya, R., Venugopal, K. R., Iyengar, S. S., & Patnaik, L. M. (2024b). Secure pharmaceutical supply chain using blockchain in IoT cloud systems. *Internet of Things*, 26, 101215. <https://doi.org/10.1016/J.IOT.2024.101215>
- Melia, E., English, A., & Naughton, B. D. (2024). The impact of global falsified medicines regulation on healthcare stakeholders in the legitimate pharmaceutical supply chain: a systematic review. *Frontiers in Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/FMED.2024.1429872>
- Nabli, H., Ghannem, A., Djemaa, R. Ben, & Sliman, L. (2025). How innovative technologies shape the future of pharmaceutical supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 199, 110745. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2024.110745>
- Ofori-Parku, S. S. (2022). Fighting the global counterfeit medicines challenge: A consumer-facing communication strategy in the US is an imperative. *Journal of Global Health*, 12, 03018. <https://doi.org/10.7189/jogh.12.03018>
- OMS. (2024, December 3). *Productos médicos de calidad subestándar y falsificados*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/substandard-and-falsified-medical-products>
- OMS, & ONUDD. (2025, July 24). *La OMS y la UNODC publican un informe histórico sobre medicamentos contaminados e instantánea a tomar medidas para proteger a los pacientes de daños prevenibles*. <https://www.who.int/news/item/24-07-2025-who-and-unodc-release-landmark-report-on-contaminated-medicines--urging-action-to-protect-patients-from-preventable-harm>
- Padma, A., & Ramaiah, M. (2024). Blockchain based solution for secure information sharing in pharma supply chain management. *Heliyon*, 10(22), e40273. <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2024.E40273>
- Pathak, R., Gaur, V., Sankrityayan, H., & Gogtay, J. (2023). Tackling Counterfeit Drugs: The Challenges and Possibilities. *Pharmaceutical Medicine*, 37(4), 1. <https://doi.org/10.1007/s40290-023-00468-w>
- Patra, S. (2023a). Serialized Drug Traceability in the Supply Chain Using Distributed Ledger Technology. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 47–53. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2023.815>
- Patra, S. (2023b). Serialized Drug Traceability in the Supply Chain Using Distributed Ledger Technology. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 47–53. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2023.815>
- Patra, S. (2024). Securing Pharmaceutical Supply chain to Combat Active Pharmaceutical Ingredient Counterfeiting. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3(1), 15–21. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2024.1015>
- Peron, M., Saporiti, N., Pozzi, R., & Ciano, M. P. (2025). Blockchain in the pharmaceutical sector: empirical evidence on the associated challenges and countermeasures. *International Journal of Production Economics*, 288, 109685. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2025.109685>
- Pisani, E., Hasnida, A., Rahmi, M., Kok, M. O., Harsono, S., & Anggriani, Y. (2021). Substandard and Falsified Medicines: Proposed Methods for Case Finding and Sentinel Surveillance. *JMIR Public Health and Surveillance*, 7(8). <https://doi.org/10.2196/29309>
- Raj, A., Yadav, · Tushar, Patil, S., Kalra, · Atin, Sardana, · Satish, & Pradip Nirbhavane, ·. (2025). Counterfeit medicine: a major public health concern and effective remedies for combatting the crisis. *Discover Pharmaceutical Sciences* 2025 1:1, 1(1), 4-. <https://doi.org/10.1007/S44395-025-00004-6>
- Rajora, N. (2023a). Pharmaceutical Drug Traceability by Blockchain and IoT in Enterprise Systems. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 11–18. <https://doi.org/10.31586/ujpp.2023.749>
- Rajora, N. (2023b). Pharmaceutical Drug Traceability by Blockchain and IoT in Enterprise Systems. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 11–18. <https://doi.org/10.31586/UJPP.2023.749>
- Sandoval Mesa, N. H., Pava Díaz, R. A., Sandoval Mesa, N. H., & Pava Díaz, R. A. (2025). Aplicación de blockchain a la cadena de suministros de medicamentos: una revisión bibliométrica. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 17(2), 188–212. <https://doi.org/10.22335/RLCT.V17I2.2128>
- Shetty, A. D., Shenoy, S. S., Sreedhar, D., Shetty, A., Rao, R., & D'souza, K. J. (2022). Traceability of counterfeit drugs in pharma supply chain through Blockchain Technology - A Systematic Review of the Evidence. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 15(2), 908–912. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2022.00152>
- Stempniak Krystian. (2024, September 5). *La serialización de medicamentos como método para combatir el fraude* | TTMS. <https://tms.com/serialization-of-medicines-an-effective-tool-in-the-fight-against-frauds-in-the-pharmaceutical-market/>
- Sun, Y., Wang, F., & Zhuo, X. (2024). Blockchain adoption of pharmaceutical firms in a competitive market: Pricing, drug traceability and consumer awareness. *International Journal of Production Economics*, 276, 109356. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2024.109356>
- Thimas Steve. (2024, June 19). *Puntos clave para el cumplimiento de la DSCSA 2024*. <https://www.drugzone.com/blog/key-takeaways-for-dscsa-2024-compliance>

- Turki, M., Cheikhrouhou, S., Dammak, B., Baklouti, M., Mars, R., & Dhahbi, A. (2023). NFT-IoT Pharma Chain : IoT Drug traceability system based on Blockchain and Non Fungible Tokens (NFTs). *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 35(2), 527–543. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUCI.2022.12.016>
- World Health Organization. (2024, December 3). *Productos médicos de calidad inferior y falsificados*. https://www-who-int.translate.goog/news-room/fact-sheets/detail/substandard-and-falsified-medical-products?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
- Yepes-Núñez, J. J., Urrútia, G., Romero-García, M., & Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/J.RECESP.2021.06.016>