



# TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN APLICADA EN LA MEDICINA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY APPLIED IN MEDICINE: A SYSTEMATIC REVIEW

Christian Jairo Tinoco-Plasencia <sup>1,a</sup>

## RESUMEN

**Objetivo:** Desarrollar una revisión de artículos para evaluar la evidencia sobre la tecnología blockchain aplicada en la medicina. **Métodos:** El estudio es de tipo documental, diseño bibliográfico, enmarcado en una revisión sistemática. La recolección de los artículos se realizó en las bases de datos Scopus, Web of Sciences, Pro Quest y SienceDirect, desde el 1 de enero de 2018 hasta el 31 de julio de 2023. Los descriptores fueron blockchain, tecnología y medicina. Se elaboró el diagrama PRISMA y se consideró los criterios de inclusión: artículos originales, con acceso abierto que aborden el tema y en cualquier idioma. Se hallaron 70 artículos, de los cuales 11 conformaron la muestra. **Resultados:** Se analizaron las diversas aplicaciones de la tecnología blockchain en la medicina, entre ellas su integración con inteligencia artificial (IA) para el análisis centrado en datos; en cuanto al desarrollo de sistemas de trazabilidad, sin embargo, su mayor aplicabilidad está en el registro de historias médicas de pacientes, cuya aplicación fue exitosa. A pesar de esto, se comprobó su uso incipiente, en la medicina, debido a la ausencia de estudios al respecto. **Conclusiones:** La aplicación de la tecnología blockchain en la medicina es muy escasa, a pesar del potencial que posee para el registro y resguardo de datos médicos; por lo tanto, se debe profundizar el estudio de la misma.

**Palabras clave:** Blockchain; Inteligencia Artificial; Trazabilidad; Historias Médicas. (Fuente: DeCS- BIREME)

## ABSTRACT

**Objective:** Develop an articles review to evaluate the existing evidence on blockchain technology applied in medicine. **Methods:** The study was of a documentary type, bibliographic design, framed in a systematic review. The harvest of articles was carried out in the Scopus, Web of Sciences, Pro Quest and ScienceDirect databases from January 1, 2018 to July 31, 2023. The descriptors were blockchain, technology and medicine. The PRISMA diagram was prepared considering the inclusion criteria: original articles, with open access; that address the subject and in any language. The search yielded 70 articles, of which 11 formed the sample. **Results:** The various applications of blockchain technology in medicine were discussed, including its integration with artificial intelligence (AI) for data-centric analysis; regarding the development of traceability systems, however, its greatest applicability is in the registration of medical records of patients, whose application was successful. Despite this, its incipient use in medicine was verified due to the lack of studies in this regard. **Conclusions:** The application of blockchain technology in medicine is very scarce, despite the potential it has for the registration and safeguarding of medical data, therefore, its study should be deepened.

**Keywords:** Blockchain; Artificial Intelligence; Traceability; Medical Records. (Source: MESH-NLM)

<sup>1</sup> Escuela de Posgrado, Universidad Ricardo Palma(URP). Lima, Perú. South America.

<sup>a</sup> Doctorando en Administración de Negocios Globales, URP, MBA, Ingeniero Industrial, Docente Investigador Renacyt.

Citar como: Tinoco-Plasencia CJ. Tecnología blockchain aplicada en la medicina: una revisión sistemática. Rev Fac Med Hum. 2024;24(1):144-161. doi 10.25176/RFMH.v24i1.5900

Journal home page: <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH>

Artículo publicado por la Revista de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Ricardo Palma. Es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons: Creative Commons Attribution 4.0 International, CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con revista.medicina@urp.pe





## INTRODUCCIÓN

En vista de los innegables avances tecnológicos en el campo de la medicina, se plantea la necesidad de incorporar, en esta área, la tecnología blockchain, la cual involucra una base de datos que permite recopilar y almacenar grandes cantidades de información, que se puede compartir de forma descentralizada y su crecimiento ha sido sustancial durante la última década. Considerada como la base fundamental de las criptomonedas, entre ellas el Bitcoin, diversos autores han analizado su aplicación en otros campos, gracias a sus características de seguridad y privacidad. En tal sentido, ha sido empleada en medicina para diferentes propósitos, como el registro de datos, las transacciones y el mantenimiento a través de contratos inteligentes<sup>(1)</sup>.

Ciertamente, la aparición de la tecnología blockchain, como una forma responsable y transparente de almacenar y distribuir información, está cimentando el camino para resolver problemas serios de privacidad, seguridad e integridad de datos en el área de la medicina<sup>(2)</sup>. En un contexto general, la tecnología blockchain es una herramienta para el registro distribuido de transacciones de datos digitales mediante una red persona a persona (peer-to-peer o P2P), que pueden distribuirse de forma pública o privada a los usuarios, lo cual permite almacenar cualquier tipo de información de manera confiable y verificable<sup>(3,4)</sup>. Por otra parte, a diferencia de otros tipos de bases de datos administrada por terceros, la blockchain es una cadena de bloques descentralizada, lo que implica que ningún usuario puede controlar sus transacciones de manera personal. La descentralización es una característica fundamental del blockchain, ya que le otorga el control al sistema en vez de al usuario y esto permite una mayor transparencia y seguridad<sup>(5,6)</sup>.

Dentro de este marco, el manejo de la tecnología blockchain tiene cinco fundamentos básicos: el primero está constituido en el control de los datos, el cual es independiente; es decir, ninguna persona controla los datos, sin embargo, cada actor puede verificar sus registros; el segundo es la comunicación, que solo se genera entre pares; el tercero indica que los usuarios pueden permanecer en el anonimato o proporcionar una prueba de su identidad; el cuarto principio se refiere a que las transacciones actuales no se pueden cambiar; por último, el quinto principio indica que cada transacción está vinculada a la anterior<sup>(7,8)</sup>. Dentro de los retos que enfrenta la industria de la medicina, uno de

los principales es la carencia de mecanismos seguros y confiables para el almacenamiento y acceso a los datos. En este sentido, la tecnología blockchain permite que la información sea almacenada y compartida de manera segura y descentralizada, lo cual restringe que personas no autorizadas puedan modificarlos<sup>(9)</sup>. Además, esta tecnología tiene la capacidad de rastrear el historial y la autenticidad de los productos médicos, como medicinas recetadas y dispositivos médicos. Esta capacidad permite identificar las adulteraciones y asegurar que los pacientes reciban medicamentos genuinos y seguros<sup>(10)</sup>. En este marco, la blockchain posee un mecanismo para que las empresas farmacéuticas puedan realizar una trazabilidad completa sobre un medicamento, que les permite acceder de manera confiable a los datos de producción, efectos secundarios reportados y supervisión de las condiciones necesarias para su traslado y almacenamiento<sup>(11)</sup>.

En este orden de ideas, el estudio de Farahat et al.<sup>(12)</sup> propone el diseño de un sistema IoMT (internet of medical things o internet de las cosas médicas) para almacenar información médica de los pacientes, la cual es enviada de forma remota mediante internet. El modelo propuesto plantea que cada registro médico es almacenado a través de la tecnología blockchain, por medio de un bloque que se conecta al bloque anterior por una función hash: una operación criptográfica que produce identificadores únicos e irrepetibles a raíz de un dato suministrado<sup>(13)</sup>.

De manera similar, el estudio de Sonkamble et al.<sup>(14)</sup> aborda la gestión descentralizada de datos médicos de los pacientes (PCHDM) dentro del marco de registros médicos electrónicos (EHR) basados en blockchain para asegurar la confidencialidad, el control de acceso y la privacidad de registro. La arquitectura de este modelo estuvo centrada en el paciente y en el control del almacenamiento seguro de sus datos en los EHR. Igualmente, el estudio de Mendoza et al.<sup>(15)</sup> analiza el uso de blockchain para generar un algoritmo que desarrolle un contrato inteligente, para usuarios de una plataforma de registros médicos. Este algoritmo contribuye a solucionar los problemas de autenticación y confiabilidad del acceso a las plataformas de atención médica. El estudio propone un algoritmo, en el que las operaciones de gestión de la historia médica se ejecutan e integran de manera automatizada en un





entorno distribuido.

En un contexto diferente, el estudio de Albakri & Alqahtani<sup>(16)</sup> plantea el desarrollo de un IoMT mediante un sistema de atención médica inteligente fundamentado en blockchain, el cual emplea encriptación con un modelo óptimo de aprendizaje profundo (BSHS-EODL). El método BSHS-EODL permite la transmisión segura de imágenes asistida por blockchain y modelos de diagnóstico para el entorno IoMT. Este modelo combina clasificación de datos, recopilación de datos y cifrado de imágenes. A pesar de estas evidencias, existen una serie de retos asociados al uso de la tecnología blockchain para el diseño de redes de información médica, que incluyen la percepción de los pacientes hacia este tipo de redes, los riesgos de seguridad y privacidad, la transparencia en el intercambio de datos, las exigencias de procesamiento y los costos de implementación<sup>(16,17)</sup>.

Adicionalmente, existen limitaciones y restricciones propias de la tecnología blockchain, como incentivos mineros, amenazas mineras, la administración de claves, así como la seguridad y confidencialidad de los datos; esto sin considerar las restricciones legislativas, la ausencia de leyes que regulen el uso de la tecnología blockchain en la medicina, que, por lo general, requiere de permisos, escalabilidad y acuerdos para compartir registros<sup>(19)</sup>.

Uno de los aspectos más relevantes para adoptar la tecnología blockchain en la medicina es la seguridad de los datos. Al respecto, la mayoría de los proveedores de atención médica y hospitales han mejorado sus precauciones de seguridad de datos. No obstante, los cortafuegos actuales para datos médicos pueden obstaculizar la investigación médica y la colaboración en el tratamiento de la salud. Por el contrario, la computación en la nube y el uso de macrodatos implican compartir datos médicos entre diversos usuarios y organizaciones, lo que es necesario para posibilitar el análisis y ofrecer servicios de atención médica más efectivos, así como planes de tratamiento innovadores<sup>(20,21,22)</sup>. Efectivamente, con la aplicación de blockchain, el amplio uso de la información médica de los pacientes podría presentar desafíos en términos de procesamiento, costos y escalabilidad limitada. Al mismo tiempo, pueden surgir dilemas éticos, ya que un manejo inadecuado podría comprometer o infringir el

derecho de los pacientes a mantener el anonimato de su historial clínico<sup>(23,24,25)</sup>.

Considerando que la seguridad y privacidad de los datos médicos son elementos cruciales que deben ser garantizados. Es esencial preservar la confidencialidad, integridad y autenticación del servidor durante la transferencia de datos. La principal meta es compartir datos de salud de manera práctica, empleando diversos enfoques para alcanzar los objetivos finales. Las plataformas de almacenamiento e infraestructura, basadas en blockchain, ofrecen una nueva perspectiva en la informática médica, con varias ventajas con respecto a los métodos tradicionales<sup>(26,27,28)</sup>.

No obstante, existen diversos ejemplos de este modelo implementado en la medicina, como es el caso de MedicalChain, diseñado para resolver problemas como tiempos lentos de acceso a la información médica, disgregación de los registros de un paciente en diferentes instituciones médicas y riesgos de seguridad en el resguardo de la información médica, entre otros. Para abordar estas cuestiones, la propuesta sugiere que los pacientes cuenten con un único registro electrónico verificado y fiable que contenga todo el historial médico y la misma se pueda compartir con los médicos para facilitar nuevos diagnósticos<sup>(29)</sup>.

De forma similar, se han desarrollado diversas propuestas, como el caso de Lluncor et al.<sup>(30)</sup>, quienes desarrollaron un modelo basado en blockchain con el propósito de prevenir la alteración de los informes de reconocimiento médico legal (RML) del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Cajamarca, Perú. La propuesta considera un modelo mejorado, basado en tecnología blockchain para fortalecer la seguridad del contenido de los informes de RML, generados a través del Sistema DICEMEL (Sistema de División Central Médico Legal). Estos informes se procesan en el ámbito administrativo y médico y son solicitados por las autoridades competentes como la Policía Nacional del Perú, Fiscalías Penales, DEMUNA y Poder Judicial, entre otros. Actualmente, IBM se encuentra inmerso en el desarrollo de su iniciativa Healthchain, la cual tiene como objetivo centralizar la información médica de los pacientes en América Latina, mediante la implementación de la tecnología blockchain en IBM Cloud. Esta iniciativa busca potenciar la atención al paciente al fomentar la medicina de precisión y



automatizar las tareas administrativas, al mismo tiempo que asegura la integridad de la información. Asimismo, la aplicación de blockchain podría incrementar la eficacia de los diagnósticos realizados por robots con inteligencia artificial al recopilar grandes volúmenes de información validada<sup>(31)</sup>.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, se plantea la ejecución del presente estudio de revisión sistemática con la finalidad de evaluar la evidencia sobre la tecnología blockchain aplicada en la medicina. En síntesis, el estudio tiene como objetivo general determinar la información científica acerca de la tecnología blockchain aplicada en medicina, con la finalidad de sistematizar los estudios y los hallazgos más relevantes alcanzados en el área y establecer recomendaciones. Por otro lado, el primer objetivo específico consiste en identificar las aplicaciones que se le ha dado a la tecnología blockchain en la medicina, para poder evaluar el campo de aplicación actual. Mientras que el segundo objetivo específico se refiere a precisar los hallazgos obtenidos en los estudios, en los que se aplicó la tecnología blockchain en la medicina, con el propósito de evaluar el desempeño de la misma y establecer las respectivas conclusiones.

## MÉTODOS

### Tipo y diseño de la investigación

El estudio es de tipo documental, caracterizado por enfocarse en el proceso de búsqueda, análisis e interpretación de información secundaria, que es obtenida a partir de estudios ejecutados por otros autores de fuentes documentales<sup>(32)</sup>. Asimismo, el diseño es bibliográfico, que consiste en interpretar datos reportados por fuentes bibliográficas o si no se dispone de conocimientos suficientes para obtener información de la realidad<sup>(33)</sup>. Por otro lado, el presente estudio se enmarcó en una revisión sistemática, que el Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions<sup>(34)</sup> define como estudios con objetivos claros, criterios de elegibilidad previamente definidos, metodología explícita y repetible, búsqueda sistemática, evaluación de la validez, presentación organizada, síntesis de las características y resultados de los mismos.

Adicionalmente, el presente estudio se fundamentó en la declaración Preferred Reporting Item for Systematic Reviews (PRISMA). Esta metodología es una guía para

realizar estudios completos de revisión sistemática, para lo cual se consideran los avances en las técnicas para seleccionar, analizar y sintetizar investigaciones<sup>(35)</sup>.

### Estrategia de búsqueda

Los artículos de la revisión sistemática se buscaron en las bases de datos: Scopus, Web of Sciences, Pro Quest y ScienceDirect y se emplearon los motores de búsqueda específicos de cada uno. El proceso de búsqueda se realizó desde el 1 de enero de 2018 hasta el 31 de julio de 2023. Para tal fin, se emplearon una serie de descriptores o palabras clave, con la finalidad de identificar, de forma precisa, los estudios desarrollados sobre el tema. En este sentido, los descriptores definidos fueron blockchain, tecnología y medicina, los cuales se buscaron dentro del título de cada publicación, mediante el operador booleano: And.

### Procedimiento de búsqueda

El estudio se desarrolló según el procedimiento descrito en la Declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), lanzada en 2009 con el propósito de asistir a los autores de revisiones sistemáticas en la documentación transparente de la razón detrás de la revisión, las acciones realizadas por los autores y los hallazgos obtenidos. La versión actualizada PRISMA 2020 reemplaza a la edición de 2009 e incorpora una nueva guía de presentación para las publicaciones, lo que refleja avances en los métodos utilizados para identificar, seleccionar, evaluar y sintetizar estudios<sup>(36,37)</sup>.

De acuerdo con Linares et al.<sup>(38)</sup>, es crucial que el proceso de revisión sea meticulosamente planificado desde el principio para minimizar sesgos y descartar estudios irrelevantes o de baja calidad. Una revisión sistemática implica la elaboración de un resumen crítico y reproducible de los resultados presentes en las publicaciones, relacionadas con un tema o pregunta específica. Con el objetivo de mejorar la redacción científica, se debe presentar de manera estructurada la metodología para elaborar una revisión sistemática. Para determinar la población y muestra del estudio, se elaboró el diagrama de flujo contemplado en la metodología PRISMA, que, según Ciapponi<sup>(39)</sup>, debe describir las diversas fases del proceso: registros identificados, número de estudios incluidos, excluidos y motivos de las exclusiones. El diagrama PRISMA se elaboró considerando los siguientes criterios de



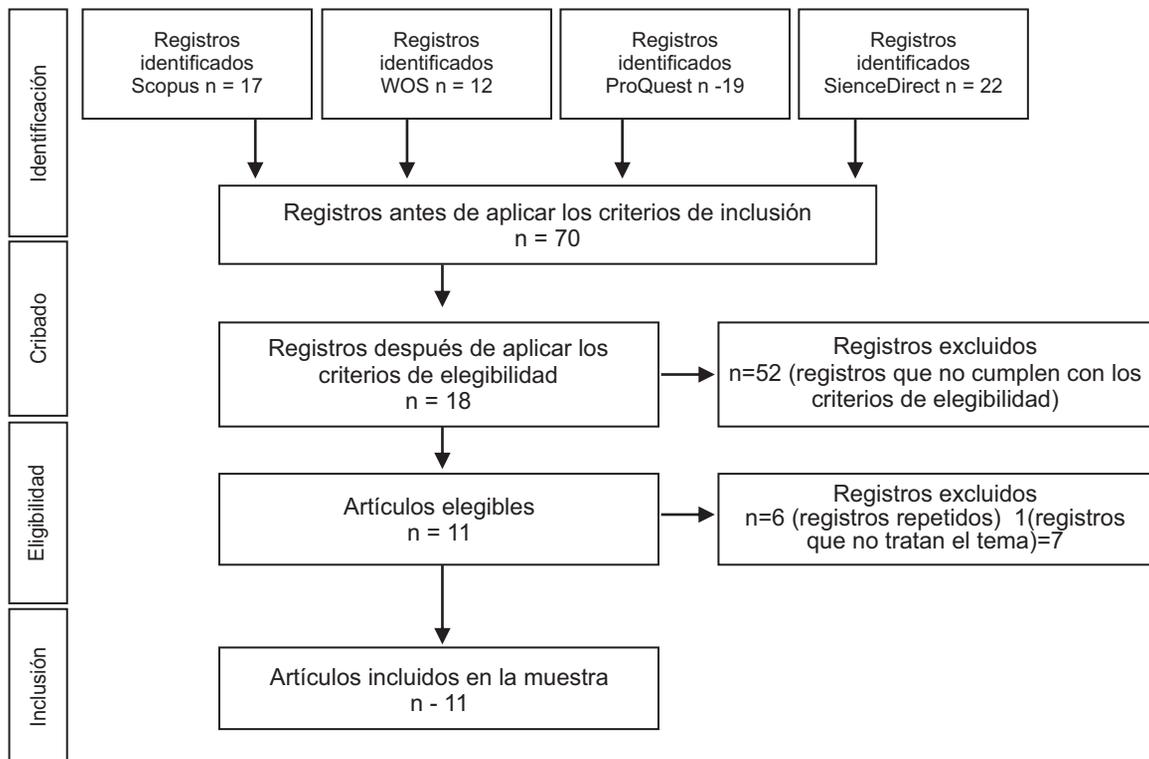


inclusión de los artículos: 1) originales, 2) con acceso abierto, 3) que aborden la tecnología blockchain aplicada en medicina, 4) elaborados en cualquier idioma. Además, se excluyeron los artículos de revisión sistemática, cartas al editor y opiniones de expertos.

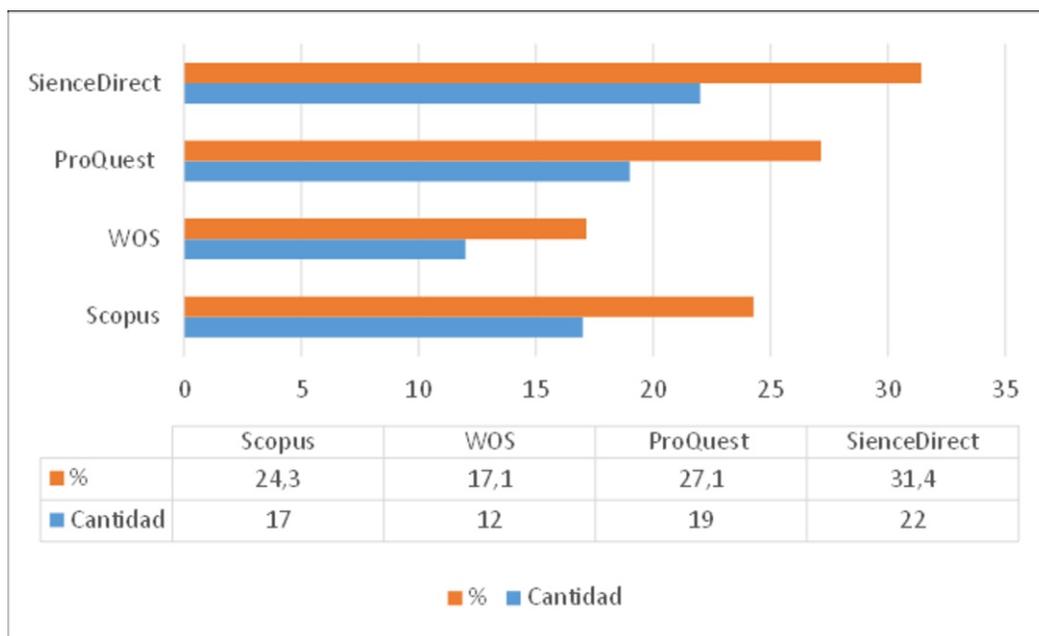
**Selección de estudios**

Con la búsqueda inicial, se obtuvo 70 publicaciones y se consideraron las cuatro bases de datos seleccionadas, luego de aplicados los descriptores, el operador booleano y el rango de fechas definidos previamente. Para refinar esta búsqueda, se aplicaron los criterios de inclusión establecidos anteriormente; en este sentido, se excluyeron 52 estudios y la búsqueda quedó reducida a 18 publicaciones, a las cuales se les revisó el título y el resumen con el objetivo de constatar el cumplimiento de los criterios de inclusión. Por consiguiente, se excluyeron seis artículos repetidos y uno por no contener las variables en el título. En consecuencia, la muestra quedó integrada por 11 artículos.

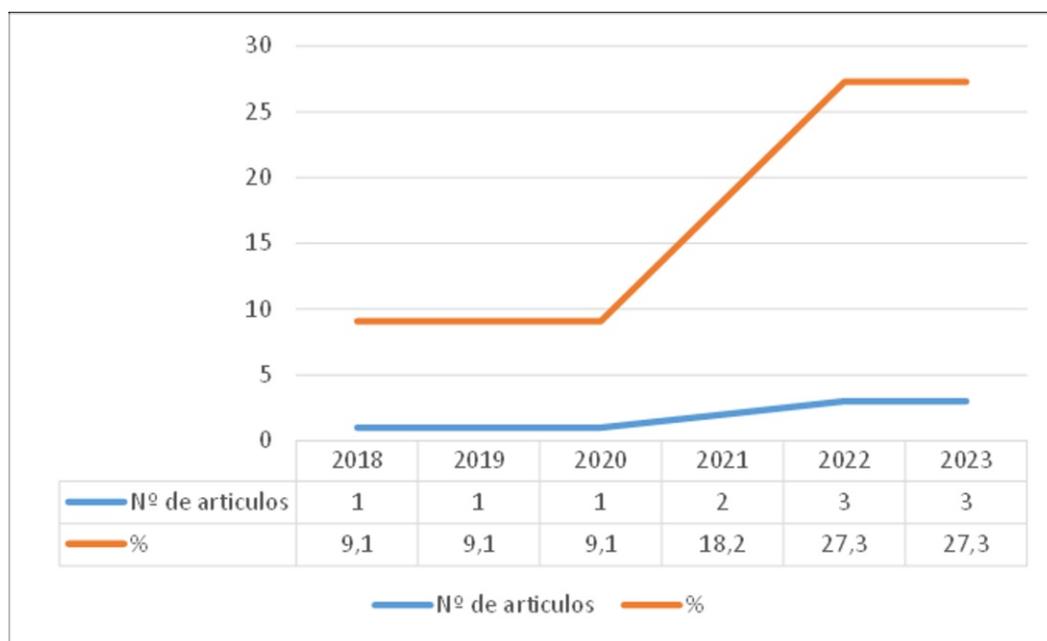
En la figura 1 se muestra el diagrama PRISMA, que describe el proceso de búsqueda, identificación y selección de la muestra definitiva del presente estudio de revisión sistemática. Asimismo, en la figura 2, se presenta el número de artículos identificados en cada base de datos en la búsqueda inicial; cabe destacar que la mayoría de las publicaciones están indexadas en SienceDirect. De manera similar, en la figura 3, se describe el número de artículos de la muestra publicados en cada año; en tal sentido, la mayoría de los trabajos se desarrollaron durante los años 2022 y 2023. Adicionalmente, a estas 11 publicaciones se le realizó un proceso evaluación de la calidad que permitió derivar conclusiones enfocadas en sus descubrimientos y también identificar las limitaciones observadas, con el objetivo de llevar a cabo una verificación reproducible y exenta de sesgos. A pesar de que, actualmente, existen diferentes herramientas para evaluar la calidad de las revisiones sistemáticas, en el presente estudio se optó por emplear un método de verificación que incluye los aspectos presentados en la tabla 1.



**Figura 1.** Diagrama PRISMA.



**Figura 2.** Resultados de la búsqueda inicial de artículos.



**Figura 3.** Resultados del número de artículos de la muestra por año.



**Tabla 1.** Aspectos de la evaluación de la calidad de los artículos seleccionados.

Criterio	Descripción
Actualidad	Las publicaciones seleccionadas son estudios actuales relacionados con la tecnología blockchain aplicada en medicina.
Exhaustividad	Los trabajos son los más relevantes en el área de estudio. Además, se ejecutaron empleando instrumentos válidos y confiables.
Amplitud	Del total de trabajos encontrados, la muestra se considera suficiente. En cada uno, se comprobó el empleo de una muestra representativa.
Riesgo de sesgo	Según la evidencia recopilada, no se identificaron sesgos que pudieran cuestionar la confiabilidad de la revisión. Además, los estudios presentan diseños transversales. Los modelos estadísticos fueron aplicados correctamente.
Estructuración	La revisión se llevó a cabo en forma ordenada y sistemática, siguiendo la metodología.
Pertinencia	Las metodologías examinadas, en los estudios elegidos, resultan apropiadas para ahondar en el tema.
Claridad	Desde una perspectiva gramatical y sintáctica, la narrativa de la revisión es apropiada, además de ser clara y fácil de comprender en su fluidez.
Precisión	Las palabras empleadas se adecúan al vocabulario específico del campo de estudio y a los elementos que se detallan.

## RESULTADOS

### Información científica acerca de la tecnología blockchain aplicada en medicina

Los artículos seleccionados fueron tabulados tomando en cuenta diversos aspectos: autor, fecha de publicación, título, revista y metodología empleada, tal como se observa en la tabla 2. En consecuencia, el

análisis de la información destaca lo siguiente: solo un artículo se publicó en los años 2018, 2019 y 2020, mientras que dos, en 2021 y tres, en los años 2022 y 2023. Además, los artículos fueron publicados en nueve revistas diferentes. Por otra parte, tres se desarrollaron bajo una metodología cualitativa, mientras que el resto, ocho, según una metodología mixta.

**Tabla 2.** Artículos seleccionados.

Autor/Año	Título	Revista	Metodología
Krittanawong et al. (2020)	Integrating blockchain technology with artificial intelligence for cardiovascular medicine	Nature Reviews Cardiology	Cualitativa
Xiao et al. (2023)	Application of Blockchain Sharding Technology in Chinese Medicine Traceability System	Computers, Materials & Continua	Mixta

Li et al. (2022)	An Exploratory Study on the Design and Management Model of Traditional Chinese Medicine Quality Safety Traceability System Based on Blockchain Technology	Security and Communication Networks	Mixta
Radanović & Likić (2018)	Opportunities for Use of Blockchain Technology in Medicine	Applied Health Economics and Health Policy	Cualitativa
Siyal et al. (2019)	Applications of Blockchain Technology in Medicine and Healthcare: Challenges and Future Perspectives	Cryptography	Cualitativa
Ortiz et al. (2023)	Increasing the security and traceability of biological samples in biobanks by blockchain technology	Computer Methods and Programs in Biomedicine	Mixta
Ait et al. (2022)	Design and implementation of a New Blockchain-based digital health passport: A Moroccan case study	Informatics in Medicine Unlocked	Mixta
Garrido et al. (2021)	A simulation-based AHP approach to analyze the scalability of EHR systems using blockchain technology in healthcare institutions	Informatics in Medicine Unlocked	Mixta
Liu et al. (2023)	P-PBFT: An improved blockchain algorithm to support large-scale pharmaceutical traceability	Computers in Biology and Medicine	Mixta
Rehman et al. (2022)	A secure healthcare 5.0 system based on blockchain technology entangled with federated learning technique	Computers in Biology and Medicine	Mixta
Tan et al. (2021)	Retinal photograph-based deep learning algorithms for myopia and a blockchain platform to facilitate artificial intelligence medical research: a retrospective multicohort study	The Lancet Digital Health	Mixta

### Aplicaciones de la tecnología blockchain en medicina y poblaciones estudiadas

En la tabla 3, se presentan las aplicaciones más usadas de la tecnología blockchain en la medicina; según los estudios que conformaron la muestra, destacaron: integración con inteligencia artificial (IA) para el análisis centrado en datos y el flujo de información en medicina

cardiovascular, sistema de trazabilidad de la medicina tradicional china (TCM), gestión de datos para la atención médica, manejo de historias clínicas electrónicas, investigación clínica, detección de fraudes médicos, neurociencia, industria farmacéutica y gestión de un biobanco, entre otros.



**Tabla 3.** Aplicaciones de la tecnología blockchain en medicina y población estudiada.

Autor/Año	Principales aplicaciones	Población
Krittanawong et al. (2020)	El estudio plantea el uso de IA en la medicina cardiovascular, mediante la tecnología de blockchain, dado que proporciona una interoperabilidad segura entre las partes interesadas en silos y las fuentes de datos centralizados. En otras palabras, se busca la integración de blockchain con IA para el análisis centrado en datos y el flujo de información, sus limitaciones y posibles aplicaciones en la medicina cardiovascular.	Tecnología blockchain con IA aplicada a la medicina cardiovascular
Xiao et al. (2023)	El estudio analiza la aplicación de la tecnología blockchain Sharding en el sistema de trazabilidad de la TCM. Para garantizar la calidad de la TCM, se implementan cadena de bloques para diseñar el esquema de trazabilidad de rastreo de origen. A pesar de que estos esquemas pueden asegurar la integridad, la compartibilidad, la credibilidad y la inmutabilidad de TCM, de forma más efectiva, se exponen muchos problemas con el rápido crecimiento de los datos en blockchains, como gastos generales costosos, cuellos de botella de rendimiento y la arquitectura tradicional no es adecuada para datos con crecimiento dinámico. En este sentido, se propone una arquitectura de trazabilidad TCM novedosa y liviana basada en blockchain usando sharding (LBS-TCM). Esta arquitectura emplea fragmentación para desarrollar un mecanismo de trazabilidad novedoso que admita operaciones más convenientes para los requisitos de TCM, como carga, consulta y descarga.	Diseño de un esquema de trazabilidad para la medicina tradicional china.
Li et al. (2022)	El estudio persigue construir un sistema de trazabilidad de seguridad de calidad de la medicina tradicional china (TCM), basado en tecnología blockchain, mediante el análisis del proceso comercial y características de supervisión de la cadena de suministro de TCM. La tecnología blockchain es una novedosa forma de aplicar la tecnología informática, como el almacenamiento de datos distribuidos, la transmisión entre pares, el mecanismo de consenso, el algoritmo de cifrado, entre otras. Permite la descentralización, no manipulación, manejo transparente y abierto, y la trazabilidad de datos. La función de no manipulación, la función hash y la marca de tiempo pueden resolver de manera efectiva el problema de trazabilidad de la cadena de suministro de TCM.	Sistema de trazabilidad, seguridad y calidad de la medicina tradicional china, basado en blockchain

Radanović & Likić (2018)	<p>El estudio evalúa las posibles aplicaciones del blockchain en el campo de la medicina, que podría incluir su uso en los registros de salud electrónicos, seguros de salud, investigación biomédica, procesos de adquisición y suministro de medicamentos y educación médica. Específicamente, describe las siguientes aplicaciones: registros electrónicos de salud, salud pública, educación, seguros y pólizas de adquisiciones, investigación biomédica, calidad y gestión de la cadena de suministro para el control de medicamentos. Asimismo, plantea que la utilización de blockchain no está exenta de debilidades, que esta tecnología es todavía inmadura y carece de conocimiento público o incluso experto, lo que dificulta tener una visión estratégica clara de su verdadero potencial. Actualmente, existen problemas con la escalabilidad, la seguridad de los contratos inteligentes y la adopción por parte del usuario.</p>	Tecnología blockchain en medicina.
Siyal et al. (2019)	<p>El estudio analiza la aplicación de la tecnología blockchain en la gestión de datos para la atención médica. Además, considera el potencial de la tecnología blockchain en el campo de la medicina, la genómica, la telemedicina, la telemonitorización, la salud electrónica, la neurociencia y las aplicaciones de atención médica personalizada, por su mecanismo de estabilización y seguridad de los datos, para que los usuarios puedan interactuar a través de diferentes tipos de transacciones. Dentro de las aplicaciones que se detallan están el desarrollo de historias clínicas electrónicas, la investigación clínica, la detección de fraudes médicos, la neurociencia, la industria farmacéutica y la investigación.</p>	Tecnología blockchain en medicina
Ortiz et al. (2023)	<p>El estudio describe un contrato inteligente de blockchain para garantizar la trazabilidad de los procesos realizados en un biobanco, con la finalidad de garantizar la trazabilidad. Una de las principales funciones de un biobanco es almacenar muestras biológicas en condiciones de alta calidad para futuras investigaciones. Por lo tanto, una aplicación para gestionar un biobanco, basado en web, puede realizar diferentes tareas: consentimiento informado, confidencialidad, sin fines de lucro, respeto a las normas de calidad y seguridad, incluida la trazabilidad de las muestras.</p>	Contrato inteligente blockchain para mejorar la trazabilidad de un biobanco.
Bennacer et al. (2022)	<p>El estudio analiza el diseño de un pasaporte de salud digital privado basado en blockchain, para asegurar la protección de información sensible, seguridad y privacidad entre todos los actores: Gobierno, Ministerio del Interior, Ministerio de Salud, verificadores, que cumplen con la Comisión Nacional para el Control de la Protección de Datos Personales (CNDP) y la Ley Marroquí 09-08. Se propone una de solución de marco arquitectónico, en la que se identifican dos tipos de actores: autorizados y no autorizados, para restringir y controlar el acceso a la información personal de los ciudadanos.</p>	Integración de un pasaporte de salud digital privado basado en Blockchain para todos los actores



Garrido et al. (2021)	El estudio se basa en un enfoque AHP para analizar la escalabilidad de los sistemas historias clínicas electrónicas (EHR) utilizando tecnología blockchain en instituciones de atención médica. Con la finalidad de seleccionar el protocolo blockchain que aporte el mejor rendimiento a la escalabilidad en la implementación de un sistema EHR basado en BT en una institución de salud de alta prioridad (HP-HI).	Análisis riguroso de tres protocolos blockchain: Ethereum, Dogecoin y Bitcoin y cinco aspectos de transacciones: enviadas, recibidas, fallidas, nodos y costos.
Liu et al. (2023)	El estudio tiene como meta analizar un algoritmo blockchain (P-PBFT) mejorado para respaldar la trazabilidad farmacéutica a gran escala. Este algoritmo combinado con tecnología blockchain, denominado tolerancia a fallas bizantinas prácticas farmacéuticas (P-PBFT) basado en PBFT, permite resolver problemas de alta latencia, alta sobrecarga del sistema y pequeña escala admitida en la aplicación actual de trazabilidad farmacéutica. El algoritmo combina las características de una cadena de suministro farmacéutica, optimiza el protocolo de consistencia en el algoritmo original, divide los nodos de red a gran escala en diferentes conjuntos de consenso por velocidad de respuesta y realiza un consenso de agrupación.	P-PBFT, algoritmo de blockchain
Rehman et al. (2022)	El estudio persigue realizar un análisis de la aplicación de la tecnología blockchain entrelazada con el aprendizaje federado en el cuidado de la salud 5.0. Se plantea la construcción de un sistema de monitoreo seguro de la salud 5.0, mediante el uso de la tecnología de blockchain y un sistema de detección de intrusos. Que permitirá detectar actividades maliciosas en una red de atención médica y monitorear a los pacientes a través de sensores médicos, con el objetivo de predecir enfermedades y tomar las medidas necesarias. Esta aplicación mejorará la calidad de vida de los pacientes, además de disminuir el estrés y los costos de atención médica. Se comprobó que el IoMT permite una serie de funciones en el campo de la tecnología de la información, una de las cuales es la atención médica inteligente e interactiva.	Construcción de un sistema de monitoreo de salud seguro en atención médica 5.0 por medio de una blockchain.
Tan et al. (2021)	El estudio busca diseñar algoritmos de aprendizaje profundo basados en fotografías retinales para la miopía y una plataforma blockchain para facilitar la investigación médica de inteligencia artificial. En este sentido, se desarrollaron y probaron algoritmos de aprendizaje profundo basados en fotografías de la retina para la detección de la degeneración macular miópica y miopía alta, para lo que se usó un total de 226 686 imágenes de la retina. Primero, se entrenaron y validaron internamente los algoritmos de datos de Singapur y, luego, se probaron externamente en conjuntos de datos de China, Taiwán, India, Rusia y el Reino Unido. También, se comparó el rendimiento de los algoritmos de aprendizaje con la opinión de seis expertos, mediante un conjunto de datos seleccionados al azar de 400 imágenes de los conjuntos de datos externos. Como prueba, se utilizó una plataforma de IA basada en blockchain, para demostrar la aplicación real de la transferencia segura de datos, la transferencia de modelos y las pruebas de modelos en tres sitios en Singapur y China.	226.686 imágenes de la retina para identificar degeneración macular miópica y miopía alta. Se seleccionaron aleatoriamente 400 imágenes para comparar el desempeño de algoritmos y el de seis evaluadores expertos.

### Hallazgos obtenidos en los estudios en los que se aplicó la tecnología blockchain en la medicina

Los resultados alcanzados en los estudios que conforman la muestra se presentan en la tabla 4, donde se destacan los hallazgos en el empleo de blockchain para facilitar la integración con IA, para establecer un

manejo seguro de datos o plataformas de atención médica. Asimismo, se presentan resultados del uso de blockchain en los sistemas de salud, para registrar datos clínicos y utilizar estándares de datos que puedan ser replicados por otras organizaciones.

**Tabla 4.** Hallazgos obtenidos con la aplicación de la tecnología blockchain en medicina.

Autor/Año	Principales aplicaciones
Krittanawong et al. (2020)	<p><b>Hallazgo relevante:</b> Blockchain representa una base natural para estandarizar estructuras de datos de salud para entrenamiento de IA, ensayos clínicos y fines regulatorios.</p> <p><b>Otros aspectos relevantes:</b> La tecnología blockchain puede acelerar el desarrollo de datos mediante aplicaciones de IA. Por ejemplo, las redes neuronales se entrenaron utilizando ECG de un monitor portátil en 53 549 pacientes, por lo que se proporcionó precisión diagnóstica a nivel de cardiología para arritmias. El uso de blockchain puede facilitar la integración segura de datos de otros proveedores o plataformas de atención médica, aumentar instancias de esas arritmias en los datos conjuntos, para mejorar el entrenamiento. Por consiguiente, existen diversas estrategias para integrar blockchain con IA. Un desafío novedoso sería combinar datos de diversas fuentes cardiovasculares, como monitores de ECG portátiles, otros dispositivos portátiles, registros médicos electrónicos hospitalarios, biobancos y datos no médicos como registros de actividad, redes sociales o hilos de correo electrónico.</p>
Xiao et al. (2023)	<p><b>Hallazgo relevante:</b> Se implementó LBS-TCM basado en el código fuente abierto de Ethereum utilizando lenguaje Golang. El entorno de hardware estuvo constituido por una computadora Apple, con procesador Intel Core i7, memoria de 32 GB y 1T de espacio en disco duro. Posteriormente se cargó la información recopilada de TCM al sistema LBS-TCM para la prueba. La arquitectura consta de una capa líder de cadena de bloques de fragmentos como su componente principal, que emplea un mecanismo de fragmentación para rastrear convenientemente TCM.</p> <p><b>Otros aspectos relevantes:</b> Se recopiló información sobre medicinas tradicionales chinas producida por diferentes fabricantes. Por ejemplo, nombre de los productos, principales materias primas para la producción, empresa de producción, escala de la empresa de producción, ámbito comercial de la empresa productora y lugar de producción. El análisis empírico demostró que la arquitectura tiene un mejor rendimiento en muchos aspectos en comparación con las arquitecturas de cadena de bloques tradicionales, como el procesamiento de transacciones de TCM, la consulta de transacciones de TCM, la carga de TCM, etc. El seguimiento de TCM se convirtió en una operación eficiente, que garantiza la calidad y proporciona una gran comodidad para el análisis posterior de TCM y la investigación retrospectiva.</p>



Li et al.  
(2022)

**Hallazgo relevante:** El modelo de gestión de trazabilidad de calidad de TCM, mediante blockchain, incluye: macropolíticas nacionales, leyes y reglamentos de TCM, sistema de gestión de trazabilidad de seguridad, plataforma de servicio de trazabilidad de seguridad, estandarización de trazabilidad de seguridad, supervisión e inspección gubernamental, incentivos, y mecanismo de sanciones.

**Otros aspectos relevantes:** En base al análisis de la trazabilidad de TCM, combinado con las necesidades reales de la planificación estratégica china de TCM, el estudio busca combinar y optimizar la estructura organizativa y funciones comerciales, el proceso de control y el proceso de gestión, el soporte técnico y el plan de implementación de la cadena de suministro de TCM. Esto proporciona una garantía para mejorar la calidad de la gestión de trazabilidad de TCM.

Radanović & Likić  
(2018)

**Hallazgo relevante:** En el caso de la salud privada, podría emplearse en la capacitación y control de la información de las instituciones, las circunstancias y el tiempo, así como en la disponibilidad de datos sobre proveedores de atención médica. Hoy, esta tecnología no está lista para un amplio espectro. No obstante, esto podría cambiar si en los años siguientes se superan las dificultades, se desarrollan nuevos conceptos, casos de uso e intereses monetarios.

**Otros aspectos relevantes:** Se analizaron las ventajas más relevantes de la aplicación de esta tecnología en el cuidado de la salud, como el acceso a un gran grupo de servicios de salud anónimos, los datos que pueden usarse para el desarrollo personalizado de fármacos, racionalización de la asistencia sanitaria y de los costos de seguro médico, así como la mejora de las políticas de salud pública.

Siyal et al.  
(2019)

**Hallazgo relevante:** Se determinó que la tecnología blockchain tiene grandes ventajas que ofrecer a la medicina. De igual manera, como el internet revolucionó la atención médica e introdujo la telemedicina, es probable que la tecnología blockchain lleve las ciencias médicas al siguiente nivel y se reduzcan costos de monitoreo, con la posibilidad de contar con un servidor central para gestionar y administrar datos médicos.

**Otros aspectos relevantes:** El empleo de cadenas de bloques en contextos clínicos disminuirá drásticamente el tiempo de procesamiento, dado que tan pronto un paciente se inscriba en un estudio, los datos recolectados estarán disponibles de forma inmediata, debido a la disponibilidad en el libro mayor distribuido.

Ortiz et al.  
(2023)

**Hallazgo relevante:** El estudio permitió desarrollar un conjunto de contratos inteligentes que describen los procesos del biobanco, con la finalidad de mejorar la seguridad, integridad y trazabilidad de las muestras en biobancos. En este sentido, se implementó con éxito una prueba de concepto en la plataforma blockchain de IBM, conocida como Hyperledger Fabric, una cadena de bloques privada y autorizada.

**Otros aspectos relevantes:** Por sus características, la tecnología blockchain es apropiada en un entorno de biobanco, ya que proporciona: conexión compartida, inmutable, distribuida regida por P2P, en el que los diferentes participantes no tienen que confiar entre sí, ya que existe un protocolo de consenso, lo que asegura la seguridad y veracidad de las transacciones. Cada trámite realizado en un biobanco está constituido por una transacción, y, de esta manera, todos los participantes de las redes podrían validar y conocer la información de una muestra, la cual no se puede modificar, debido a la inmutabilidad que aporta la blockchain.

Bennacer et al. (2022)

**Hallazgo relevante:** El diseño del pasaporte incorpora la tecnología blockchain mediante un permiso de vacunas, en la que los nodos solo son entidades permitidas para almacenar información de vacunación y verificar el código de escaneo QR con la información personal de la persona. Para interactuar con la red blockchain, el nodo gobierno puede designar un nodo cliente, que puede incluir los ministerios del interior y salud.

**Otros aspectos relevantes:** Esta entidad, también, se ocupa de entregar la información de vacunación al centro de vacunación o a los profesionales de la salud. Luego, la entidad genera certificados de vacunación para aquellos que hayan sido vacunados. Estos certificados identificarán la entidad responsable de verificar el estado de vacunación de una persona. La información sobre el valor hash de la vacuna se almacena en la red. El registro de estas empresas será realizado por las autoridades gubernamentales marroquíes, que utilizan contratos inteligentes para presentar los nodos blockchain. Además, el sistema blockchain contendrá un resumen hash del certificado de vacunación de cada persona, que se creará después del registro y se usará para facilitar el proceso de verificación de su estado de vacunación.

Garrido et al. (2021)

**Hallazgo relevante:** Se determinó que el protocolo Ethereum es la plataforma con el mejor rendimiento general para el HP-HI. Este hallazgo se basa en un análisis riguroso de tres protocolos de blockchain: Ethereum, Dogecoin y Bitcoin, y cinco criterios para evaluar la escalabilidad en los sistemas EHR basados en BT: transacciones enviadas, recibidas, fallidas y nodos y costo.

**Otros aspectos relevantes:** Esta investigación se desarrolló para evaluar la implementación de sistemas EHR basados en BT en el contexto del sistema de salud colombiano.

Liu et al. (2023)

**Hallazgo relevante:** Los hallazgos experimentales reflejan que el algoritmo de consenso P-PBFT proporciona una latencia más pequeña y un mayor rendimiento para los sistemas de trazabilidad farmacéutica, admite la trazabilidad a mayor escala, alivia de manera efectiva el aumento dramático en la comunicación entre los nodos de la red y reduce la influencia de los nodos maliciosos.



Rehman et al.  
(2022)

**Hallazgo relevante:** El estudio permitió explorar un sistema seguro de atención médica 5.0, basado en tecnología blockchain entrelazada con técnicas de aprendizaje federado para aumentar el rendimiento predictivo. El método RTS-DELM propuesto tiene una tasa de precisión del 93,22% para la predicción de enfermedades y del 96,18% para la detección de intrusos.

**Otros aspectos relevantes:** Además, se destaca que desarrollar un método básico es más económico y más rápido. La complejidad del sistema propuesto, desde el contexto informático, se fundamenta por el creciente número de capas ocultas.

Tan et al.  
(2021)

**Hallazgo relevante:** Se usaron más de 225 000 fotografías de retina de nueve cohortes multiétnicas de seis regiones, obtenidas con diez cámaras de retina diferentes, con lo que se implementó el uso de IA en el campo de la miopía. Esta es una aplicación novedosa basada en blockchain, que considera el diseño del sistema y la decisión del conjunto de técnicas, hasta el nivel de gestión del flujo de trabajo, integración con los sistemas existentes e implementación del conjunto de herramientas.

## DISCUSIÓN

La evidencia en las bases de datos seleccionadas, relacionada con la aplicación de la tecnología blockchain, en medicina, refleja los pocos estudios desarrollados al respecto. Efectivamente, se identificaron 70 publicaciones, de las cuales se seleccionaron 11 que se ajustaron a los criterios de inclusión. Al respecto, se constató que todos los estudios se publicaron en nueve revistas diferentes en idioma inglés; además, hubo publicaciones en cada año del periodo delimitado. En cuanto a los temas abordados, se destacan diversas aplicaciones y características de la tecnología blockchain en la medicina. En este sentido, los estudios de Li et al.<sup>(40)</sup>, Xiao et al.<sup>(41)</sup>, Liu et al.<sup>(42)</sup> abordaron la aplicación de la tecnología blockchain para diseñar un sistema de trazabilidad seguro para manejar la medicina tradicional china y la producción de medicamentos por las empresas farmacéuticas. Por otra parte, los estudios de Siyal et al.<sup>(43)</sup>, Radanović & Likić<sup>(44)</sup>, Krittanawong et al.<sup>(45)</sup>, Tan et al.<sup>(46)</sup>, Garrido et al.<sup>(47)</sup> plantean el análisis y diseño de propuestas de aplicaciones basadas en la tecnología blockchain en el campo de la medicina, así como las oportunidades y retos de su integración con otras tecnologías como la IA, para diseñar redes o sistemas de almacenamiento de datos médicos.

Esto coincide con el estudio de Kumar et al.<sup>(1)</sup>, quienes describen diversos algoritmos para resolver problemas de aprendizaje automático supervisados y no supervisados, combinados con algoritmos de aprendizaje profundo, como redes neuronales y diferentes plataformas que emplean tecnología blockchain impulsados por IA, en el campo de la salud pública. Asimismo, se plantea cómo la IA puede mejorar la identificación y diagnóstico de enfermedades y lo mismo blockchain con la seguridad de los registros médicos, lo que preservaría la privacidad de los propietarios de los registros. En el estudio de Ait et al.<sup>(48)</sup>, se destaca la construcción de un pasaporte médico digital basado en tecnología blockchain, con el objetivo de asegurar la seguridad y privacidad de los datos médicos de los actores: entes gubernamentales marroquíes. En cuanto al estudio de Ortiz et al.<sup>(49)</sup>, se plantea el uso de blockchain para mejorar la seguridad, integridad y trazabilidad de los procesos que se ejecutan en un biobanco.

De forma similar, el estudio de Azaria et al.<sup>(17)</sup> propone un sistema denominado MedRec, diseñado como un sistema para el manejo de registros médicos descentralizado, basado en tecnología blockchain. El sistema proporciona a los pacientes un registro



completo e inalterable, de fácil acceso a su información médica y sitios de tratamiento. Haciendo uso de las características de blockchain, MedRec, se gestiona la autenticación, la confidencialidad, la responsabilidad y el intercambio de datos, aspectos fundamentales en el manejo información confidencial. Por último, el estudio de Rehman et al.<sup>(50)</sup> evaluaron la aplicación de la tecnología blockchain combinada con el IoMT y el aprendizaje federado para el cuidado de la salud 5.0, mediante la construcción de un sistema de monitoreo de salud. Estos hallazgos coinciden con el estudio de Albakri & Alqahtani<sup>(16)</sup>, quienes desarrollaron una nueva técnica BSHS-EODL para la transmisión y el análisis de imágenes médicas en el entorno de IoMT, la cual permite formas de diagnóstico y transmisión de imágenes seguras asistidas por blockchain para la plataforma IoMT. Este método incluye la clasificación y recopilación de datos, así como el cifrado de imágenes. De igual manera, en el estudio de Pava et al.<sup>(11)</sup> se propone que la aplicación de blockchain, en la administración de datos clínicos y la gestión de dispositivos médicos IoMT, permite la generación de un modelo de atención en salud P6, debido a que facilita el manejo de datos médicos descentralizados del paciente.

Asimismo, en el estudio de Ichikawa et al.<sup>(18)</sup>, se plantea la incorporación de teléfonos inteligentes en una red basada en blockchain para el registro de datos médicos. En este sentido, los registros médicos electrónicos se recolectaron mediante los teléfonos inteligentes y se enviaron de forma exitosa a una red blockchain privada de Hyperledger Fabric. La información de la aplicación mHealth se actualizó sin fallas de red. Además, se garantizó que toda la información médica registrada en la red blockchain sea resistente a la manipulación y revisión.

La aplicación de la tecnología blockchain en la medicina ha suscitado un intenso debate sobre su relevancia clínica y su influencia en la práctica médica actual y futura. Según Siyal et al.<sup>(43)</sup>, la transparencia y la inmutabilidad de los registros médicos, en una cadena de bloques, puede mejorar la precisión de los diagnósticos y el seguimiento de pacientes, reducir los errores médicos y mejorar la coordinación de la atención. Sin embargo, Rehman et al.<sup>(50)</sup> sostienen que la por complejidad de implementar esta tecnología, junto con las preocupaciones de privacidad y seguridad de los datos, se plantean desafíos considerables.

La cuestión crucial es si los beneficios potenciales de la tecnología blockchain, como la interoperabilidad de datos y la trazabilidad, superarán los obstáculos y se traducirán en una transformación real en la práctica médica o si esta innovación se mantendrá como un concepto prometedor, pero no completamente realizado. No obstante, este estudio presenta limitaciones como el escaso número de publicaciones analizadas. Se trata de una investigación breve que, como se mencionó previamente, se basó exclusivamente en cuatro bases de datos. Además, la adopción de esta tecnología en entornos médicos es aún incipiente, lo que limita la disponibilidad de datos y casos de uso robustos para análisis. Asimismo, la complejidad de implementar sistemas blockchain en la infraestructura de atención médica, junto con la necesidad de garantizar la seguridad y privacidad de los datos de los pacientes, representa un desafío significativo. La interoperabilidad entre diferentes sistemas de registros médicos electrónicos, basados en blockchain, también es un problema pendiente. Por último, es esencial abordar las preocupaciones regulatorias y éticas relacionadas con la propiedad y el acceso a la información de salud almacenada en una cadena de bloques.

Futuros estudios podrían enfocarse en desarrollar estándares y marcos regulatorios específicos para la gestión de datos de salud en cadenas de bloques, y así abordar las preocupaciones de privacidad y seguridad. Además, la exploración de la interoperabilidad entre sistemas de registros médicos electrónicos, basados en blockchain, se presenta como una necesidad para garantizar la eficacia en la práctica clínica. Investigaciones sobre la integración de contratos inteligentes para automatizar procesos médicos y la exploración de aplicaciones en investigación médica y ensayos clínicos también representan áreas de interés crecientes. En resumen, las futuras investigaciones en esta área tienen el potencial de moldear y mejorar significativamente la atención médica y la gestión de datos de salud en un contexto cada vez más digital.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio de revisión sistemática, se comprobó la existencia de 11 publicaciones relacionadas con el tema de investigación. A pesar de considerar cuatro bases de datos: Scopus, Web of Sciences, Pro Quest y ScienceDirect y un período de seis años de búsqueda (2018 a 2023), se constató la





existencia de pocas investigaciones basadas en la aplicación de la tecnología blockchain en la medicina. Además, la mayoría de los estudios, en los que se implementó esta tecnología, se realizaron con el objetivo de configurar un sistema de integración con otras tecnologías como la IA, para construir redes o sistemas de almacenamiento de registros médicos.

Los hallazgos encontrados reflejan el potencial que tiene la tecnología blockchain para el desarrollo de sistemas de almacenamiento de datos, la seguridad y privacidad de los datos médicos, la trazabilidad segura de la producción, el control de medicamentos y su combinación con el IoMT, para desarrollar sistemas de monitoreo de salud. No obstante, se visualiza el gran potencial a futuro que tiene esta tecnología en el

manejo de la medicina y la salud de las personas. Por otra parte, el estudio presentó ciertas limitaciones: se emplearon cuatro bases de datos, lo que determinó que el número de estudios que conformaron la muestra fuera bajo; además, en la actualidad, la aplicación de esta tecnología en el campo de la medicina es incipiente; por lo tanto, se encontraron pocos estudios transversales analíticos que permitieran ahondar en los hallazgos encontrados.

En consecuencia, se recomienda la ejecución de estudios primarios, que permitan analizar las implicaciones de la adaptación de la tecnología blockchain en la medicina, especialmente en otros contextos que proporcionen soluciones factibles para el manejo y control de los sistemas de salud.

**Contribuciones de autoría:** El autor participó en la génesis de la idea, diseño de proyecto, recolección e interpretación de datos, análisis de resultados y preparación del manuscrito del presente trabajo de investigación.

**Financiamiento:** Autofinanciado.

**Correspondencia:** Christian Jairo Tinoco Plasencia.

**Dirección:** Avenida Caminos del Inca 3075, Lima-Perú.

**Teléfono:** 978218729

**Correo electrónico:** [christian.tinoco@urp.edu.pe](mailto:christian.tinoco@urp.edu.pe)

**Conflictos de intereses:** El autor declara no tener conflicto de interés.

**Recibido:** 04 de Setiembre, 2023.

**Aprobado:** 18 de Enero, 2024.

## REFERENCIAS

- Kumar R, Arjunaditya, Singh D, Srinivasan K, Hu YC. AI-Powered Blockchain Technology for Public Health: A Contemporary Review, Open Challenges, and Future Research Directions. *Healthcare* [Internet]. enero de 2023 [citado 14 de agosto de 2023];11(1):81. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/11/1/81>
- Khezr S, Moniruzzaman M, Yassine A, Benlamri R. Blockchain Technology in Healthcare: A Comprehensive Review and Directions for Future Research. *Appl Sci* [Internet]. 26 de abril de 2019 [citado 14 de agosto de 2023];9(9):1736. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/9/1736>
- Rennock M, Cohn A, Butcher J. Blockchain Technology and Regulatory Investigations. *ET J*. 2018;1(7):35-44.
- Gaggioli A. Blockchain Technology: Living in a Decentralized Everything. *Cyberpsychology Behav Soc Netw* [Internet]. enero de 2018 [citado 14 de agosto de 2023];21(1):65-6. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/cyber.2017.29097.csi>
- Palomo R. «Blockchain»: la descentralización del poder y su aplicación en la defensa. *Bie3 Bol IEEE* [Internet]. 2018 [citado 14 de agosto de 2023];10:885-904. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6555546>
- Uchibeke U, Schneider K, Hosseinzadeh S, Deters R. Blockchain Access Control Ecosystem for Big Data Security. En: 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (IThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData). 2018. p. 1373-8.
- Tucker C, Tapscott D, Iansiti M, Lakhani K. *Blockchain: The Insights You Need from Harvard Business Review*. Harvard Business Press; 2019. 95 p.
- Buterin V. A next generation smart contract & decentralized application platform. *Ethereum White Pap*. 2014;1-36.
- Fiore M, Capodici A, Rucci P, Bianconi A, Longo G, Ricci M, et al. Blockchain for the Healthcare Supply Chain: A Systematic Literature Review. *Appl Sci* [Internet]. 4 de enero de 2023 [citado 14 de agosto de 2023];13(2):686. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/2/686>
- Saeed H, Malik H, Bashir U, Ahmad A, Riaz S, Ilyas M, et al. Blockchain technology in healthcare: A systematic review. *PLOS ONE* [Internet]. 11 de abril de 2022 [citado 14 de agosto de 2023];17(4):e0266462. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0266462>
- Pava R, Pérez J, Niño L. Perspectiva para el uso del modelo P6 de atención en salud bajo un escenario soportado en IoT y blockchain. *Tecnura* [Internet]. 1 de enero de 2021 [citado 14 de agosto de 2023];25(67):112-30. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/16159>
- Farahat I, Aladrousy W, Elhoseny M, Elmougy S, Tolba A. Improving Healthcare Applications Security Using Blockchain. *Electronics* [Internet]. 17 de noviembre de 2022 [citado 14 de agosto de 2023];11(22):3786. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/22/3786>
- Bit2me Academy. ¿Qué es un hash? [Internet]. 2023 [citado 8 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://academy.bit2me.com/que-es-hash/>
- Sonkamble R, Bongale A, Phansalkar S, Sharma A, Rajput S. Secure Data Transmission of Electronic Health Records Using Blockchain Technology. *Electronics* [Internet]. enero de 2023 [citado 14 de agosto de 2023];12(4):1015. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/4/1015>
- Mendoza A, Avelar L, García J, Cruz O. Beneficiary Contracts on a Lightweight Blockchain Architecture Using Smart Contracts: A Smart Healthcare System for Medical Records. *Appl Sci* [Internet]. enero de 2023 [citado 14 de agosto de 2023];13(11):6694. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/11/6694>



