

REVISIÓN NARRATIVA/SISTEMÁTICA/METAANÁLISIS

Rastreado los Retos de Blockchain en la Sanidad: Un modelo temático y un análisis bibliométrico

Mohammad Mehraeen, Doctor , y Laya Mahmoudi, Candidata a Doctora 

Departamento de Gestión, Universidad Ferdowsi de Mashhad, Mashhad, Irán Autor

correspondiente: Laya Mahmoudi, Email: laya.mahmoudi@mail.um.ac.ir DOI:

<https://doi.org/10.30953/bhty.v7.335>

Palabras clave: análisis bibliométrico, aplicación blockchain, sanidad, Latent Dirichlet Allocation, topic modeling

Resumen

La aplicación de la tecnología blockchain a la asistencia sanitaria ofrece soluciones prometedoras a algunos retos clave relacionados con el intercambio de datos, la privacidad, la seguridad y el control de acceso. Sin embargo, varias barreras impiden la adopción generalizada de blockchain y han impulsado los esfuerzos de investigación. Este estudio pretende realizar un análisis bibliométrico de 196 documentos indexados en la base de datos Scopus para examinar su estructura, impacto, colaboradores y revistas. El análisis bibliométrico proporciona información sobre la estructura de publicación y citación, así como sobre los autores, universidades, países, revistas y estudios más citados. Además, identifica las palabras clave más frecuentes y sus patrones de co-ocurrencia sobre los retos del blockchain en la sanidad. Para revelar la estructura temática latente de esta bibliografía, también se emplea un enfoque de modelado temático mediante la Asignación de Dirichlet Latente (LDA). Como resultado de estos hallazgos, se ha analizado cuantitativamente el panorama de la investigación en esta área, identificando seis retos críticos en relación con el uso de blockchain en la asistencia sanitaria: privacidad/seguridad de los datos, integración con dispositivos inteligentes, interoperabilidad, escalabilidad, gobernanza y coste.

Resumen en lenguaje sencillo

A pesar del potencial de la tecnología blockchain para mejorar la atención sanitaria, su adopción generalizada sigue siendo limitada. Este estudio examina la investigación realizada sobre los retos de blockchain en la atención sanitaria. Se realizó un análisis bibliométrico de 196 estudios para aclarar el estado actual de esta área de investigación. Además, se utilizó una técnica de modelado temático para identificar los principales retos: privacidad/seguridad de los datos, integración con dispositivos inteligentes, interoperabilidad, escalabilidad, gobernanza y coste. Este análisis demuestra que la privacidad/seguridad de los datos y la integración con dispositivos inteligentes son los retos predominantes en cuanto a su tamaño temático. Estos resultados proporcionan una visión global de los obstáculos a los que se enfrenta blockchain en la sanidad y destacan áreas para futuras investigaciones.

Enviado: 8 de julio de 2024; Aceptado: 25 de agosto de 2024; Publicado: 20 de diciembre de 2024

In el último siglo, los avances tecnológicos en el sector sanitario han revolucionado notablemente la industria. Tras los avances y el creciente uso de Internet, los sistemas de comunicación en línea se están convirtiendo en una prioridad para los distintos usuarios⁽¹⁾. Lo que genera una cantidad cada vez mayor de datos personales sobre la salud. En consecuencia, el sector sanitario se enfrenta a un reto importante que requiere la gestión adecuada y la recuperación segura de cantidades masivas de datos para hacer frente a esta preocupación. Sin embargo, los datos sanitarios son en su mayoría inaccesibles, no están estandarizados en todos los sistemas y son difíciles de entender y utilizar,

En concreto, como los datos de los pacientes están dispersos por toda la cadena de valor del sector sanitario y el intercambio de información está sujeto a múltiples niveles de control de permisos, los datos vitales no siempre son accesibles cuando se necesitan. Para hacer frente a este reto, la tecnología blockchain ha recibido una atención considerable por su potencial aplicación a la sanidad.

La tecnología blockchain ofrece un sistema excepcionalmente transparente y seguro para intercambiar información con un riesgo mínimo de filtración o modificación del sistema de seguridad. En la cadena de bloques, varias copias de la información se

compartida entre varios nodos de una red blockchain.³ Como resultado, estos sistemas distribuidos que dependen de muchos nodos para desempeñar diferentes funciones en la red pueden garantizar su integridad, seguridad, coherencia y fiabilidad.

A pesar de los beneficios presenciados o estudiados por la comunidad investigadora en la revolución del blockchain para los retos de la sanidad, esta tecnología aún se enfrenta a importantes preocupaciones en cuanto a su adopción por parte de toda la industria sanitaria mundial⁴. Dado que la tecnología blockchain presenta retos para la industria sanitaria, este estudio rastrea y analiza estos retos empleando el análisis biblio-métrico para proporcionar una visión general del campo y un método de análisis de texto basado en el modelado de temas para identificar retos específicos.

Los objetivos de este estudio son dos:

1. Cuantificar y analizar los resultados de la investigación, el impacto y los patrones de colaboración en el campo de los retos del blockchain en la sanidad.
2. Identificar contribuyentes clave, publicaciones influyentes y revistas líderes en este dominio.

Para descubrir los temas y retos dominantes que se discuten en la literatura mediante técnicas de modelado temático, este artículo se organiza de la siguiente manera: La sección 2 presenta los trabajos relacionados realizados sobre el tema en cuestión. En la Sección 3 se analizan las metodologías empleadas en este estudio. La sección 4 presenta los resultados del análisis bibliométrico y la detección de temas. La Sección 5 presenta la discusión y las conclusiones.

Como novedad tecnológica, la tecnología blockchain ha suscitado un gran interés entre los investigadores, lo que ha dado lugar a la publicación de varios estudios que examinan su potencial innovador y sus diversas aplicaciones en el sector sanitario. A pesar del potencial transformador de blockchain en el ámbito de la salud, también se enfrenta a desafíos que están dando lugar a una amplia investigación para abordar estos desafíos desde diferentes puntos de vista⁵. Como resultado, se han realizado varias revisiones sistemáticas en los últimos años para sintetizar y resumir los resultados de diversos estudios que abordaron las aplicaciones y los desafíos de blockchain en la asistencia sanitaria.

Las revisiones que proporcionan un análisis exhaustivo indican que la tecnología blockchain no sólo puede ayudar a mejorar la seguridad, la privacidad, el intercambio de datos y el control de acceso a los historiales médicos, sino que también se enfrenta a retos debido a la escalabilidad, la interoperabilidad, el almacenamiento y los costes (Tabla 1). Entre estas revisiones más específicas⁶, la atención se centra en identificar y proponer posibles soluciones para categorías de retos específicas, como la escalabilidad.

Metodología

El marco metodológico empleado en este estudio se ilustra en la Figura 1. Explicaciones detalladas de los datos

adquisición, preparación y análisis mediante herramientas bibliométricas y de modelización temática.

Adquisición de datos

Centrado en los retos de la cadena de bloques en la sanidad, este estudio empleó un riguroso proceso de recopilación de datos del repositorio Scopus de Elsevier, que cubre ampliamente la literatura académica. Una de las principales ventajas de Scopus es su capacidad para organizar la información bibliográfica en categorías, codificar el material recuperado y analizar automáticamente la información. Para encontrar las publicaciones, se utilizaron diferentes combinaciones de palabras clave: blockchain, challenges y healthcare, con el fin de garantizar la mayor cobertura posible de los estudios relevantes. La búsqueda, realizada en febrero de 2024, se basó únicamente en los títulos de los artículos y las palabras clave, utilizando operadores lógicos "OR" para frases sinónimas relacionadas con retos, asistencia sanitaria y diferentes formas de blockchain, todas ellas conectadas por tres condiciones "AND":

```
("blockchain" OR "block-chain") AND ("healthcare" OR "medical" OR "health") AND ("challenge" OR "obstacle" OR "issue" OR "barrier")
```

De la búsqueda se obtuvo un total de 196 artículos. Estas publicaciones, escritas en inglés, incluyeron artículos, revisiones y documentos de conferencias, todos publicados entre 2017 y 2023. Para el análisis, los detalles relacionados con los documentos colectados se exportaron a un archivo Excel CSV (Comma Separated Values).

Análisis bibliométrico

En este estudio se aplicó un enfoque bibliométrico al análisis de los indicadores más importantes y comunes. Basándonos en la metodología descrita por Goodell y colaboradores¹³, realizamos un análisis bibliométrico exhaustivo para examinar la estructura de publicaciones y citas, identificar los autores, universidades y países más productivos, destacar los estudios con mayor número de citas, determinar las revistas más productivas y realizar análisis de ocurrencia y co-ocurrencia de palabras clave. Además, el análisis de co-ocurrencia se visualizó utilizando VOSviewer, que cuenta con una interfaz fácil de usar y proporciona una visión general de las palabras clave de autor e índice y su co-ocurrencia. Además, este programa informático se utilizó para crear un diagrama de red de las relaciones de coautoría entre países con el fin de ilustrar el alcance de sus colaboraciones en la producción de publicaciones académicas.

Modelización de temas: Preparación y análisis de datos

Para realizar un análisis temático, los datos recopilados deben preprocesarse en una primera fase mediante una serie de procedimientos que permitan obtener un modelo temático.

Tabla 1. Resumen de revisiones bibliográficas sobre blockchain Resumen de las revisiones bibliográficas sobre blockchain en la sanidad.

Estudio	Objetivo	Métodos	Fuente	Años cubiertos/ artículos (N)	Principales resultados
AbuHalimeh & Ali ⁶	Llevar a cabo una revisión exhaustiva para identificar los retos asociados a la calidad de los datos cuando se utiliza la tecnología blockchain en la asistencia sanitaria.	SLR	Scopus, ACM, Emerald, Science Direct, Web of Science, IEEE	2016-22 (49)	<ul style="list-style-type: none"> Blockchain en la atención sanitaria plantea retos significativos en torno a la calidad de los datos, factores tecnológicos, de adopción y operativos clasificados.
Singh et al. ⁷	Examina la tecnología blockchain y su aplicación en la atención sanitaria, incluidos los retos, comparaciones y posibles soluciones.	Revisar	Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, ACM Digital Library y SpringerLink	N/A (84)	<ul style="list-style-type: none"> La seguridad, la privacidad, la interoperabilidad y el intercambio de datos son retos a los que se enfrentan los sistemas sanitarios actuales; blockchain puede abordar estas cuestiones. La escalabilidad, la privacidad, la gobernanza, los estándares, la propiedad y los costes son retos en la adopción de blockchain para la sanidad.
Taherdoost ⁸	Revisar la investigación sobre la privacidad y la seguridad de blockchain en la atención sanitaria, centrándose en las aplicaciones y los retos prácticos.	SLR	Scopus	2017-22 (65)	<ul style="list-style-type: none"> Blockchain en la asistencia sanitaria está creciendo y se puede utilizar para controlar el acceso a los registros médicos, compartir datos y mejorar la privacidad. La adopción de blockchain se enfrenta a varios desafíos, como la escalabilidad y la interoperabilidad.
Kumar et al. ⁹	Examina las aplicaciones de la cadena de bloques en la sanidad impulsadas por la IA y sus retos.	SLR y Metaanálisis (PRISMA)	IEEE Xplore, PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, Web of Science, DOAJ, ResearchGate	2012-22 (100)	<ul style="list-style-type: none"> Los historiales médicos, incluidos los datos sanitarios, pueden almacenarse y compartidos mediante la tecnología blockchain. Blockchain y la IA en la sanidad tienen algunos retos abiertos (por ejemplo, privacidad, ancho de banda, normativa y confianza).
Sharma et al. ¹⁰	Una visión global de las aplicaciones basadas en blockchain en varios ámbitos para identificar retos y orientaciones para futuras investigaciones.	SLR	Google Académico	2015-19 (161)	<ul style="list-style-type: none"> Blockchain es más comúnmente utilizado en IoT, almacenamiento en la nube, y la asistencia sanitaria. Los retos de aplicación asociados a las cadenas de bloques incluyen el almacenamiento, la escalabilidad, la privacidad y la seguridad.
Agrawal et al. ¹	Revisan 10 aplicaciones y herramientas de cadenas de bloques, abordando la escalabilidad, la inmutabilidad, la robustez, la latencia de la red, la audibilidad y la trazabilidad.	SLR	IEEE Access, IEEE Transactions, ACM Computing Surveys, Computers & Security, Sistemas informáticos de la futura generación	2017-22 (>150)	<ul style="list-style-type: none"> Se identifican aplicaciones basadas en Blockchain: académicas, aviación, banca, car sharing, voto electrónico, sanidad, Internet de las cosas, derechos de propiedad intelectual y cadena de suministro. La escalabilidad, la latencia, la sobrecarga de almacenamiento, las vulnerabilidades de seguridad, la falta de privacidad, el elevado consumo de energía, los problemas de interoperabilidad, los problemas de usabilidad y la incertidumbre normativa se presentan como retos y cuestiones pendientes con la tecnología blockchain.

continuación

Cuadro 1 (continuación) (Continuación) Resumen de las revisiones bibliográficas sobre blockchain en la asistencia sanitaria.

Estudio	Objetivo	Métodos	Fuente	Años cubiertos/ artículos (N)	Principales resultados
Ratta et al. ¹¹	Analizan las aplicaciones de la integración blockchain-IoT en la atención sanitaria, identificando los retos y las soluciones propuestas.	SLR	IEEE, Elsevier, Springer	2016-21 (30)	<ul style="list-style-type: none"> Blockchain puede mitigar las vulnerabilidades de IoT en la atención sanitaria al proporcionar descentralización, transparencia y seguridad. Entre los retos a los que se enfrentan las soluciones blockchain-IoT para la sanidad se encuentran la interoperabilidad, la escalabilidad, el almacenamiento, la estandarización y el convencer a médicos y pacientes para que compartan información.
Khatiri et al. ¹²	Realizan un análisis exhaustivo de los retos y tendencias de la implantación de soluciones de cadena de bloques en el sector sanitario.	SLR	IEEE Xplore, Science Direct, Springer Link, ACM Digital Library, PubMed	2015-20 (50)	<ul style="list-style-type: none"> Centrarse en áreas como el intercambio de datos, las HCE, el control de acceso y los ensayos clínicos es una tendencia creciente en la investigación de la sanidad con blockchain. Los principales retos que plantea el uso de blockchain en la sanidad son la seguridad, la privacidad, la escalabilidad, la interoperabilidad, la velocidad, la falta de conocimientos especializados y los elevados costes de la infraestructura sanitaria.
Mazlan et al. ⁵	Realizar una revisión sistemática de los retos de escalabilidad a los que se enfrentan las aplicaciones sanitarias basadas en blockchain y sus posibles soluciones.	SLR	IEEE, ACM, PubMed	- (41)	<ul style="list-style-type: none"> Se identificaron los principales retos para la escalabilidad: tamaño de los bloques, gran volumen de datos, número de transacciones y limitaciones del protocolo. Se proponen 16 soluciones clasificadas en tres categorías: optimización del almacenamiento (3 soluciones) y rediseño de la cadena de bloques (13 soluciones).

ACM: Association for Computing Machinery; IA: inteligencia artificial; IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers; DOAJ: Directory of Open Access Journals; DPI: derechos de propiedad intelectual; IoT: Internet de las cosas; N/A: no disponible; SLR: revisión sistemática de la literatura.

corpus depurado. El estudio utilizó títulos, resúmenes y palabras clave de los 196 artículos almacenados en el archivo CSV. Para ello, todos los datos textuales del conjunto de datos se convirtieron a minúsculas, un proceso conocido como conversión a minúsculas, que es esencial para evitar representaciones duplicadas de la misma palabra debido a variaciones en el uso de mayúsculas. De este modo se consigue la coherencia y uniformidad del corpus. A continuación, se eliminaron del texto los caracteres especiales y los signos de puntuación que interferían en el proceso de modelado temático. Para refinar aún más el conjunto de datos y hacer hincapié en los términos más relevantes e informativos, se excluyeron del conjunto de datos las stopwords comunes "the", "and" e "in". Este paso permite racionalizar el proceso de modelado temático en términos de sobrecarga computacional.

Además, se aplicaron técnicas de stemming y lematización para normalizar los datos textuales. El proceso de stemming transforma las palabras en sus formas raíz, mientras que la lematización transforma las palabras en sus formas base. Al converger las variaciones de una misma palabra, ambas técnicas aumentaron la calidad del conjunto de datos y mejoraron la representación del corpus.

Detección de temas: Asignación latente de Dirichlet

Para la detección de temas, se utilizó la Asignación de Dirichlet Latente (LDA), uno de los algoritmos más utilizados para el modelado de temas¹⁴. El LDA se basa en el supuesto de que cada documento del corpus contiene varios temas diferentes¹⁵ en distintas proporciones, cada uno de los cuales representa una distribución de probabilidad sobre un conjunto fijo de palabras. Basándose en este supuesto, el algoritmo LDA crea una estructura temática latente del corpus a partir de los patrones de co-ocurrencia de palabras en los documentos¹⁶.

Para implementar el modelado temático basado en LDA en este estudio, el corpus textual preprocesado, obtenido mediante los pasos de preprocesamiento, se transformó en una matriz de términos de documento (DTM), que sirvió de entrada para el algoritmo LDA. Mediante esta transformación, se pudo crear un formato numérico del corpus, lo que permitió a LDA identificar temas latentes y sus distribuciones de palabras de forma eficiente. El reto más importante al que se enfrenta el modelado temático es la selección del número óptimo de temas para un corpus¹⁷. Por consiguiente, en este estudio se utilizó la puntuación de coherencia como métrica para identificar el número óptimo de temas para un corpus.

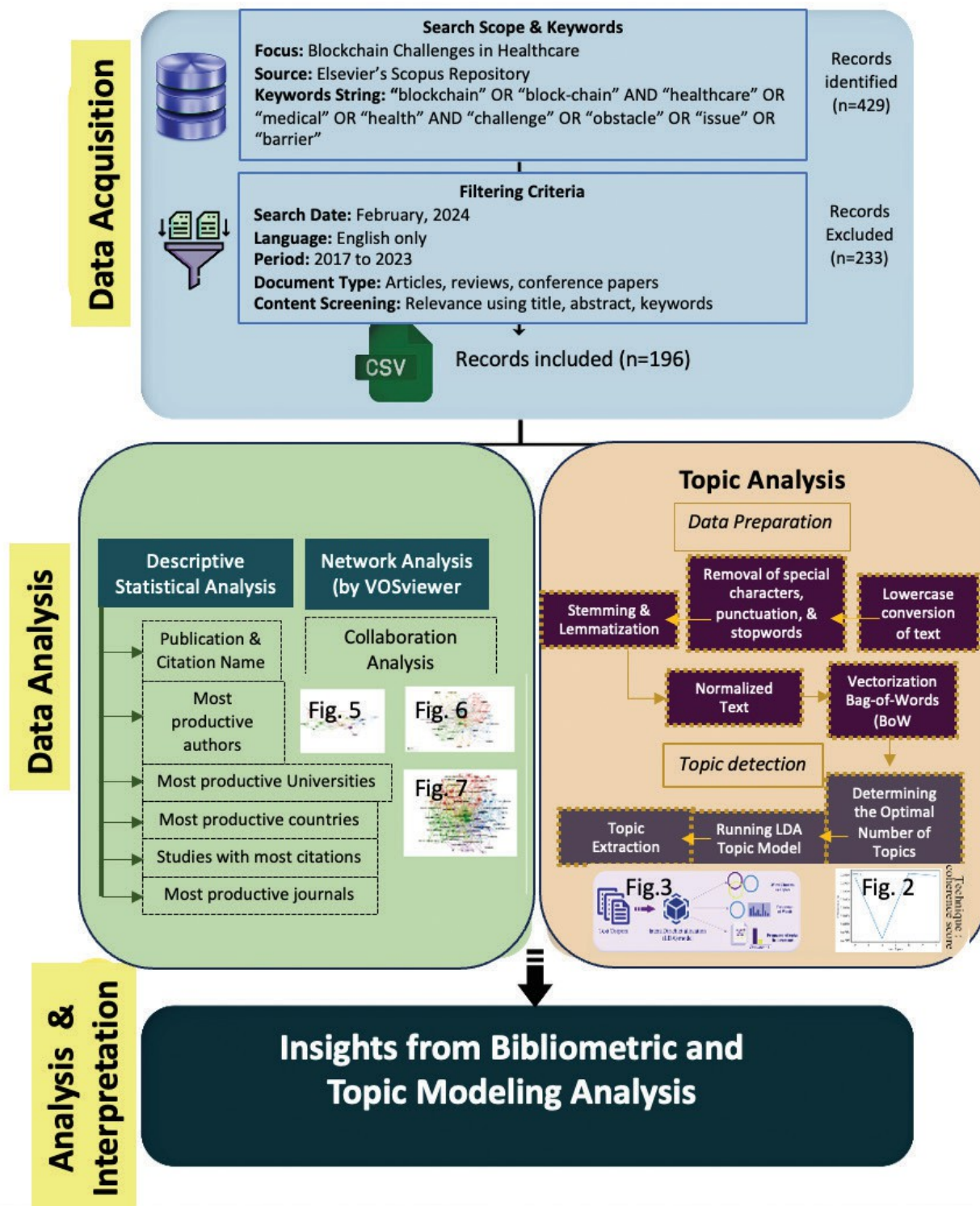


Fig. 1. Marco de investigación para el análisis bibliométrico y el modelado temático. Véanse en las figuras 2, 3, 5, 6 y 7 los gráficos de dispersión detallados y la ilustración mostrada en esta figura.

de temas. En el cálculo de la coherencia, se comprueba la consistencia de las palabras que constituyen un tema. Las puntuaciones de coherencia más altas indican una mayor calidad de los temas,⁽¹⁸⁾ lo que proporciona una mejor interpretabilidad de los temas. El número óptimo

El número óptimo de temas era seis, determinado por la puntuación de coherencia (Figura 2 y Tabla 2), lo que indica el codo de la curva en coherencia, y añadir temas más allá de seis no mejoró significativamente la coherencia.

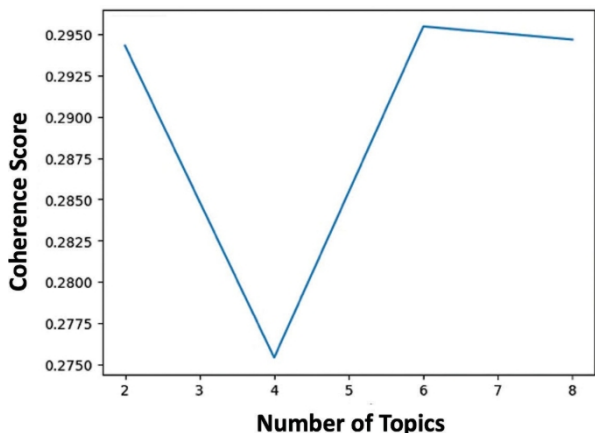


Fig. 2. Puntuación de coherencia para la asignación de Dirichlet latente. Véase la figura 1 para mayor contexto.

Tabla 2. Puntuación de coherencia por número de temas. Puntuación de coherencia según el número de temas.

Temas (n)	Puntuación de coherencia
2	0.2943
4	0.2754
6	0.2955
8	0.2947

La figura 3 ilustra la estructura del modelado temático LDA utilizando distribuciones Dirichlet para las distribuciones de temas y palabras. Este modelo incluye tres niveles: el nivel de corpus, el nivel de documento y el nivel de palabra⁽¹⁹⁾. En el nivel de corpus, α y β son los parámetros globales, que representan la distribución de temas entre documentos y las distribuciones de palabras para cada tema, respectivamente. El parámetro θ ,

una variable a nivel de documento, indica las proporciones de temas en un documento concreto. Por último, las variables z y w corresponden al nivel de palabra, donde z especifica el tema asignado a una palabra concreta, y w representa una palabra asociada a un tema determinado.

Resultados

Estructura de publicaciones y citas

La Tabla 3 presenta información sobre el número de artículos publicados en el ámbito de la sanidad, con especial atención a los retos de blockchain, y las estructuras generales de citas que aparecen en estos artículos. Esta información también se representa en la Figura 1, que muestra las tendencias en el recuento de publicaciones y el número de citas para este tema desde 2017. Comenzando con una única publicación en 2017, hubo un crecimiento constante durante los primeros años, con más del doble de la producción del año anterior. Las publicaciones de 2021 alcanzaron las 48 y revelaron un salto significativo. La tendencia al alza de la producción continuó durante 2022 y 2023.

Como se muestra, el número de publicaciones realizadas para estudiar los retos a los que se enfrenta blockchain en la sanidad está creciendo notablemente. También hay pruebas de que la gran mayoría de los artículos altamente citados se publicaron durante el periodo comprendido entre 2019 y 2021. En concreto, la Tabla 3 y la Figura 4 revelan un aumento constante durante los 2 primeros años, seguido de un notable incremento hasta alcanzar las 1.695 citas en 2019. Después de este pico, se produjo una ligera disminución marcada por un rápido descenso en los años siguientes. En concreto, alrededor del 4,5% de los artículos adquirieron más de 150 citas, el 3,5% más de 100, el 7,14% más de 20, el 14,79% más de 10, el 9,69% más de 5, y casi el 24% recibió más de una cita.

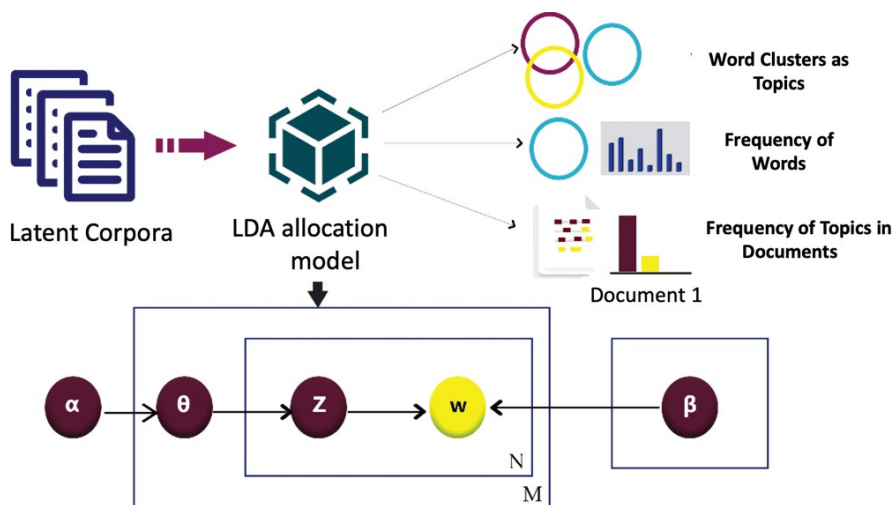


Fig. 3. Representación gráfica del modelo Latent Dirichlet Allocation (LDA). Véase la figura 1 para mayor contexto. α : Hiperparámetro Dirichlet para proporciones de temas; θ : proporciones de temas por documento; Z : asignación de temas por palabra; W : palabra observada; β : distribuciones tema-palabra; M : números de documentos; N : los números de palabras en un documento concreto.

Tabla 3. Estructura general de citas de los estudios que abordan los retos de blockchain en sanidad.

Año	>150	>100	>50	>20	>10	>5	>1	Total de estudios	Total de citas
2017	1	0	0	0	0	0	0	1	247
2018	0	1	3	1	0	0	1	6	364
2019	4	1	1	1	3	1	2	13	1,695
2020	2	1	4	3	5	1	3	21	1,236
2021	2	2	6	7	8	6	12	48	1,352
2022	0	2	0	6	5	7	18	46	571
2023	0	0	0	4	8	4	11	57	336

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 a partir de Scopus; los valores numéricos >150, >100, >50, >20, >10, >5 y >1 denotan el número de citas que ha recibido cada estudio.

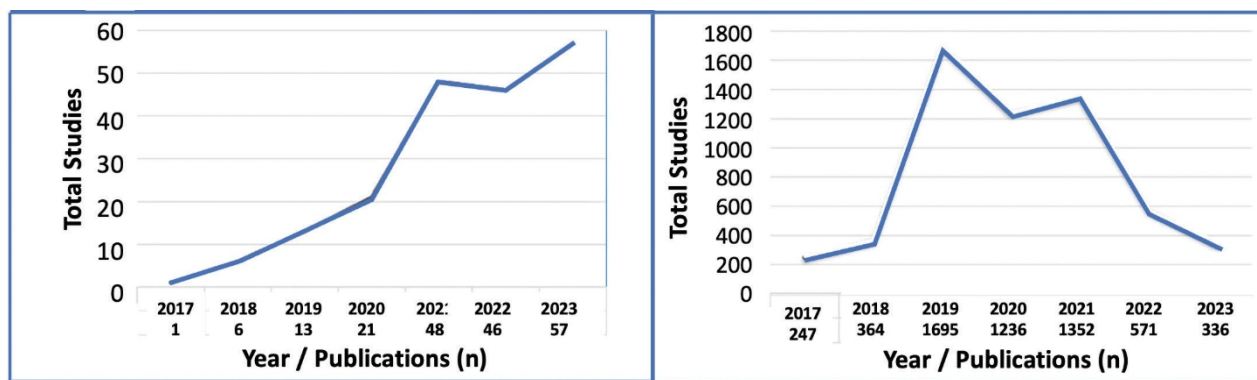


Fig. 4. Tendencias en las publicaciones y en las citas que abordan la investigación sobre los retos de blockchain en la sanidad.

Autores más productivos

En la Tabla 4 se presenta una lista de los 10 autores más productivos que han estudiado los retos de la cadena de bloques en la sanidad. Esta tabla muestra cuántos estudios se han publicado sobre este tema por los autores más productivos, cuántas citas han recibido sus estudios y su influencia académica y productividad en el campo. Además de estas métricas, se llevó a cabo una evaluación de la contribución de cada autor dentro del tema en cuestión, teniendo en cuenta tanto el número de artículos producidos con respecto al número total de publicaciones en el campo como el número de citas entre el número total de publicaciones revisadas.

Jayaraman y Salah, de la Universidad Khalifa de los Emiratos Árabes Unidos, demuestran una notable producción investigadora con un elevado número de citas, lo que pone de manifiesto contribuciones de gran impacto, con una media del 14,63% de producción sobre el total de estudios. El mayor número de citas, como muestra la Tabla 4, se atribuye a siete estudios cuyos autores son los investigadores Kumar, del Instituto Thapar de Ingeniería y Tecnología de la India, y Choo, de la Universidad de Texas en San Antonio (Estados Unidos). Refleja la notable influencia de estos estudios en otras investigaciones y su importante contribución al campo. Además, el mayor índice h corresponde a Bhushan, de la Universidad Estatal de Ohio (Estados Unidos), lo que demuestra la alta calidad de sus estudios.

Universidades más productivas

La tabla 5 presenta una lista de las 10 universidades con el mayor número de artículos publicados sobre los retos de la cadena de bloques en la sanidad. Junto con el número total de producciones y citas recibidas, estas universidades se comparan en términos de país, QS World University Rankings y el número de publicaciones que alcanzan umbrales de citación de 50, 100 y 150. Como puede verse, la Universidad de Estudios del Petróleo y la Energía de la India y la Universidad Khalifa de Ciencia y Tecnología de los Emiratos Árabes Unidos son las que cuentan con un mayor número de publicaciones. Con el mismo número de publicaciones, la Universidad Khalifa de Ciencia y Tecnología ha recibido un total de 266 citas, lo que es notable en comparación con las publicaciones de la Universidad de Estudios sobre Petróleo y Energía.

Cuántas más citas reciben las publicaciones, más significativas son sus contribuciones al avance del conocimiento, lo que indica que son muy valoradas en este campo. De acuerdo con esto, la Universidad de Texas en San Antonio y el Instituto Thapar de Ingeniería y Tecnología ocupan las dos primeras posiciones como universidades más influyentes, con 843 y 702 citas, respectivamente, seguidas del Instituto Universitario Nirma de Tecnología, con 440 citas. Además de la información relativa a las publicaciones en el área abordada por cada universidad,

Tabla 4. Autores más productivos del estudio de los retos de blockchain en sanidad.

Ranking	Autor	Institución	TP	TC	TP/total estudios (%)	CT/citas totales (%)	H	>5	>20	>50	>100
1	Jayaraman, R.	Universidad Khalifa, EAU	6	254	14.63	8.7	43	2	0	2	1
2	Salah, K.	Universidad Khalifa, EAU	6	254	14.63	8.7	66	2	0	2	1
3	Ellahham, S.	Cleveland Clinic, Abu Dhabi, EAU	5	121	12.20	4.2	32	2	0	2	0
4	Kumar, N.	Instituto Thapar de Ingeniería y Tecnología, India	4	702	9.76	24.2	119	1	1	0	2
5	Tanwar, S.	Nirma University, India	4	436	9.76	15.0	72	2	0	0	1
6	Yaqoob, I.	Universidad Charles Sturt, Australia	4	193	9.76	6.7	49	1	0	1	1
7	Bhushan, B.	The Ohio State University, Estados Unidos	3	40	7.32	1.4	144	3	0	0	0
8	Choo, KKR.	Universidad de Texas en San Antonio, Estados Unidos	3	806	7.32	27.8	94	0	0	1	2
9	Kumar, A.	University of Petroleum and Energy Studies, India	3	39	7.32	1.3	45	3	0	0	0
10	Mantas, G.	Universidad de Greenwich, Reino Unido	3	55	7.32	1.9	23	2	1	0	0

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 a partir de Scopus: H: índice h; CT: citas totales; CT/citas totales (%): el porcentaje de citas totales que ha recibido cada autor en relación con las citas totales; TP: publicaciones totales; TP/estudios totales (%): el porcentaje de publicaciones totales de cada autor en relación con las publicaciones totales. Los valores numéricos >150, >100, >50, >20, >10, >5 y >1 denotan el número de citas que ha recibido cada estudio.

Tabla 5. Universidades más productivas para los retos de blockchain en sanidad.

Puesto	Instituto, país	TP	TC	CT/total de estudios (%)	CT/citas totales (%)	EQ	>5	>20	>50	>100
1	Universidad de Estudios del Petróleo y la Energía, India	7	44	14.89	1.43	901-950	3	0	0	0
2	Universidad Khalifa de Ciencia y Tecnología, EAU	7	266	14.89	8.67	230	3	0	2	1
3	Instituto Thapar de Ingeniería y Tecnología, India	5	702	10.64	22.88	951-1,000	1	1	0	2
4	Universidad Nirma, Instituto de Tecnología, India	5	440	10.64	14.34	N/A	4	0	0	1
5	Cleveland Clinic Abu Dhabi, EAU	5	121	10.64	3.94	N/A	1	0	2	0
6	Universidad de Texas en San Antonio, Estados Unidos	4	843	8.51	27.48	1,001-1,200	1	0	1	2
7	Instituto de Tecnología de Vellore, India	4	50	8.51	1.63	851-900	5	0	0	0
8	Universiti Putra Malaysia, Malasia	4	278	8.51	9.06	158	0	1	0	2
9	Federation University Australia, Australia	3	247	6.38	8.05	791-800	0	1	1	1
10	Universidad Charles Darwin, Australia	3	77	6.38	2.51	601-610	2	0	1	0

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 a partir de Scopus: QS: Quacquarelli Symonds World University Rankings; TC: citas totales; TC/citas totales (%): el porcentaje de citas totales que ha recibido cada autor en relación con las citas totales; TP: publicaciones totales; TP/estudios totales (%): el porcentaje de publicaciones totales de cada autor en relación con las publicaciones totales. Los valores numéricos >5, >20, >50, >100 denotan el número de citas que ha recibido cada estudio.

La clasificación mundial actual de estas universidades, según Quacquarelli Symonds (QS), se obtiene del sitio web QS World Universities Ranking y se presenta. Como se muestra, las principales universidades e institutos que se centran en el avance de la tecnología blockchain en la asistencia sanitaria siguen una amplia gama de clasificaciones QS World University, lo que demuestra los diversos niveles de impacto y experiencia. En este sentido, Universiti Putra Malaysia y Khalifa

University of Science and Technology muestran una presencia global más fuerte que las demás instituciones de la Tabla 5, con unas clasificaciones QS World University de 158 y 230, respectivamente.

Países más productivos

La Tabla 6 compara las contribuciones académicas de los distintos países en función de la producción investigadora y las métricas de impacto.

Tabla 6. Países con más publicaciones sobre los retos de blockchain en la sanidad.

Puesto	Nombre	TP	CT	TP/total estudios (%)	CT/citas totales (%)	>5	>20	>50	>100
1	India	87	1,387	39.19	19.63	24	3	2	3
2	Estados Unidos	28	1,839	12.61	26.03	7	3	8	5
3	Pakistán	18	651	8.11	9.22	7	3	1	2
4	Reino Unido	16	454	7.21	6.43	2	4	2	1
5	Malasia	15	421	6.76	5.96	3	2	1	2
6	Arabia Saudí	11	520	4.95	7.36	5	1	0	2
7	Corea del Sur	10	178	4.50	2.52	4	2	1	0
8	Australia	9	382	4.05	5.41	4	1	2	1
9	China	9	931	4.05	13.18	2	4	1	2
10	Emiratos Árabes Unidos	9	301	4.05	4.26	1	2	2	1

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 a partir de Scopus;CT: citas totales;CT/citas totales (%): el porcentaje de citas totales que ha recibido cada autor en relación con las citas totales;TP: publicaciones totales;TP/estudios totales (%): el porcentaje de publicaciones totales de cada autor en relación con las publicaciones totales; los valores numéricos >5, >20, >50, >100 denotan el número de citas que ha recibido cada estudio.

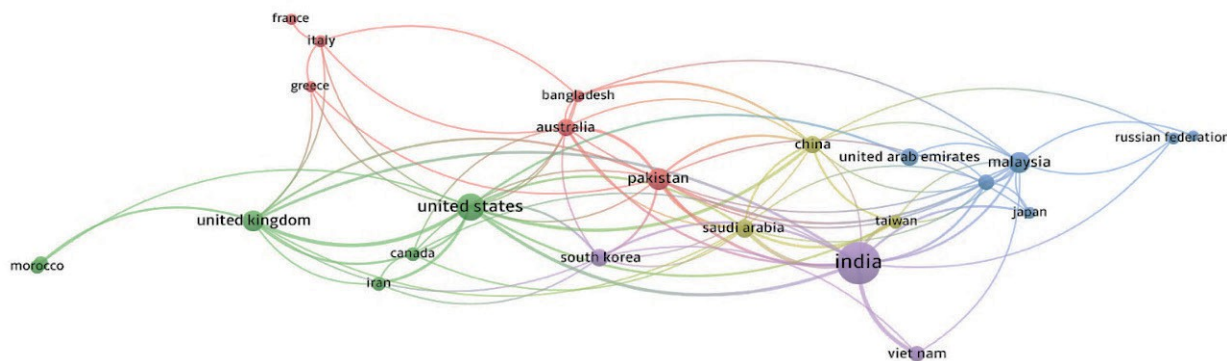


Fig. 5. Colaboración entre investigadores de distintos países. Véase la Figura 1 para mayor contexto.

Hay varias métricas para comparar los países de la lista, incluido el número total de artículos, el número total de citas, su ratio de contribución a la publicación en relación con el total de estudios y su ratio de contribución a las citas en relación con el total de citas. Además, muestra cómo se distribuye la investigación altamente citada dentro de cada país según el número de publicaciones con recuentos de citas que superan los umbrales especificados (>5, >20, >50 y >100).

Según los datos, India es el país con mayor número de publicaciones y citas, lo que indica que la investigación tiene un impacto y una producción significativos. A pesar de que el número total de publicaciones es menor, Estados Unidos es el país que recibe más citas de sus publicaciones en comparación con India, lo que sugiere un mayor grado de impacto. Tras Estados Unidos e India, China y Pakistán ocupan la tercera y cuarta posición, respectivamente, en cuanto al número de citas de publicaciones en el campo especificado.

Como se muestra en la Tabla 6, los estudios más influyentes recibieron más de 50 y 100 citas y fueron realizados por investigadores de Estados Unidos e India. En concreto, Estados Unidos destaca por contribuir con un 13

artículos que recibieron más de 50 o 100 citas, con 8 de los 13 artículos que recibieron más de 50 citas y cinco artículos que recibieron más de 100 citas. En comparación, cinco estudios publicados por investigadores indios recibieron más de 50 y 100 citas, incluidos dos con más de 50 citas y tres con más de 100. Está claro que Estados Unidos encabeza la lista de estudios influyentes, seguido de India.

Por otra parte, la Figura 5 muestra las colaboraciones realizadas entre investigadores de distintos países para los estudios en el campo abordado. Según la información de la Tabla 6, la mayoría de las publicaciones en el área de estudio proceden de India y Estados Unidos, seguidos de Pakistán y Reino Unido. Por consiguiente, cuantos más estudios publique cada país, mayores serán los nodos que los representen. Además, los bordes indican los esfuerzos de investigación en colaboración entre países, y cuanto más gruesos son los bordes, más intensa es la colaboración. Además, los países de un mismo grupo se diferencian por colores, lo que indica una mayor frecuencia de colaboraciones regionales o temáticas entre ellos.

Tabla 7. Estudios más citados. Estudios con más citas recibidas.

Puesto	Título	Autores	Editor	Año	Tipo de documento	CT (N)	CT/citas totales (%)
1	Blockchain en aplicaciones sanitarias: Retos y oportunidades de investigación	McGhin,T, et al.	Academic Press	2019	Reseña	517	17.99
2	Un estudio de blockchain desde el punto de vista de las aplicaciones, los retos y las oportunidades	Monrat, AA, et al.	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos Inc.	2019	Revisar	516	17.98
3	Blockchain para IoT habilitado para 5G para la automatización industrial: Una revisión sistemática, soluciones y retos	Mistry I, et al.	Academic Press	2020	Artículo	416	14.50
4	Aplicaciones de la tecnología blockchain en medicina y sanidad: Retos y perspectivas de futuro	Siyal AA, et al.	MDPI AG	2019	Artículo	279	9.73
5	Soluciones de cadena de bloques para los retos de los macrodatos: Una revisión bibliográfica	Karafiloski E. & Mishev A.	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos Inc.	2017	Documento de la conferencia	247	8.61
6	Aplicaciones de Blockchain para garantizar la seguridad y privacidad de los sistemas de historia clínica electrónica: Un estudio	Shi S, et al.	Elsevier Ltd.	2020	Revista	233	8.12
7	Estudio sobre la adopción de blockchain en IoT: Retos y soluciones	Uddin, MA. et al.	Universidad de Zhejiang	2021	Revista	171	5.95
8	Desafíos y oportunidades de las aplicaciones de la tecnología de cadena de bloques en el futuro de la asistencia sanitaria	Mackey TK, et al.	BioMed Central Ltd.	2019	Artículo	170	5.93
9	Blockchain geoespacial: Promesas, retos y escenarios en salud y sanidad	Kamel Boulos MN, et al.	BioMed Central Ltd.	2018	Editorial	167	5.82
10	Aplicación de Blockchain e Internet de las Cosas en Sanidad y Sec-tor Médico: Aplicaciones, retos y perspectivas de futuro	Ratta P. et al.	Hindawi Limited	2021	Revista	159	5.54

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 según Scopus;TC:Total Citation;TC/Total Citations (%): el porcentaje del total de citas que ha recibido cada autor en relación con el total de citas.

*Tipo de documento según la clasificación de Scopus.

Estudios con más citas

La tabla 7 recoge una selección de las publicaciones académicas con mayor número de citas que investigan los retos de la tecnología blockchain en la sanidad. Observando esta tabla, se pueden identificar las contribuciones más importantes, influyentes y populares a los retos de la sanidad con blockchain.

El número total de citas recibidas por cada artículo fue el criterio para clasificar las publicaciones, que luego se enumeraron en orden descendente. Como se ilustra, el artículo de McGhin y sus colegas¹⁹ publicado en 2019 por Academic Press es el más citado y contribuye con casi el 18% al total. Además de analizar las aplicaciones y los beneficios de blockchain en la asistencia sanitaria, este artículo revisa los principales desafíos que persisten en su despliegue. Como resultado, se identificaron e informaron cinco retos principales: escalabilidad, incentivos a la minería, ataques específicos a blockchain y gestión de claves/filtración de claves. El otro estudio más citado fue el realizado por Monrat y sus colegas²⁰ y publicado por el Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Los autores realizaron un estudio comparativo para investigar

los retos que plantea la implantación de blockchain en la sanidad. En ellos se señalan cinco retos, entre ellos la escalabilidad, la privacidad, la interoperabilidad, el consumo de energía y las cuestiones normativas. Cabe destacar que los dos artículos más citados son de tipo revisión, como se muestra en la tabla 7. Además, la tabla revela que la mitad de los 10 artículos más citados son de tipo revisión. Además, la tabla revela que la mitad de los 10 estudios más citados (5 de 10) son también artículos de revisión.

Revistas más productivas

La tabla 8 ilustra una visión general de las métricas de rendimiento de las 10 principales revistas que presentan el mayor índice de productividad en el campo estudiado. Los indicadores del número total de artículos publicados, el total de citas, el índice H, el factor de impacto y el factor de impacto a 5 años se proporcionan para indicar la influencia y la visibilidad que tiene una revista en el mundo académico. En cuanto al número de publicaciones consideradas en los criterios de clasificación de las revistas de la tabla 8, la revista *Journal of Network and Computer Applications y Sensors*, ambas con factores de impacto e índices h dignos de mención, tienen el mayor número de publicaciones notables. Del mismo modo, las revistas *Sensors y Lecture Notes in Networks and Systems*

Tabla 8. Las revistas más productivas sobre inteligencia blockchain en sanidad.

Puesto	Nombre	TP	TC	TP/total estudios (%)	CT/citas totales (%)	H	IF	5Y-IF	>5	>20	>50	>100
1	<i>Journal of Network and Computer Applications</i>	6	754	14.63	62.4	129	8.7	7.3	1	1	3	1
2	<i>Sensores</i>	6	83	14.63	6.9	219	3.9	4.1	1	2	0	0
3	<i>Notas de clase sobre redes y sistemas</i>	6	7	14.63	0.6	27	0.54	N/A	0	0	0	0
4	<i>Acceso IEEE</i>	4	65	9.76	5.4	204	4.82	4.676	1	1	1	0
5	<i>Revista IEEE Internet of Things</i>	4	139	9.76	11.5	149	11.61	12.64	2	1	1	0
6	<i>Avances en sistemas inteligentes y computación</i>	4	27	9.76	2.2	58	0.21	0.63	2	0	0	0
7	<i>Notas de clase sobre el tratamiento de la información empresarial</i>	3	74	7.32	6.1	56	1.05	0.87	1	0	1	0
8	<i>Biblioteca de referencia de sistemas inteligentes</i>	3	25	7.32	2.1	35	0.85	0.66	3	0	0	0
9	<i>EAI Springer Innovaciones en comunicación e informática</i>	3	3	7.32	0.2	19	0.78	0.89	0	0	0	0
10	<i>Revista IEEE de Informática Biomédica y Sanitaria</i>	2	35	4.88	2.9	146	8.33	7.38	1	1	0	0

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 a partir de Scopus: H: índice h; FI: factor de impacto;CT:citas totales;CT/citas totales (%): el porcentaje de citas totales que ha recibido cada autor en relación con las citas totales;TP: publicaciones totales;TP/estudios totales (%): el porcentaje de publicaciones totales de cada autor en relación con las publicaciones totales.Los valores numéricos >5, >20, >50, >100 denotan el número de citas que ha recibido cada estudio.

han publicado el mismo número de artículos que el *Journal of Network and Computer Applications*. Sin embargo, difieren significativamente en términos de citas y factores de impacto, lo que indica que las publicaciones en el *Journal of Network and Computer Applications* tienen una mayor influencia en comparación con las otras dos revistas en el campo especificado. Después del *Journal of Network and Computer Applications* en este campo, la *IEEE Internet of Things* (IoT) recibió el mayor número de citas para el total de sus publicaciones en este campo, como se muestra en la Tabla 8. Para evaluar las revistas que publican la investigación de mayor calidad, proporcionamos los índices h para cada revista. Entre las revistas reconocidas por su alta calidad de investigación se encuentran *Sensors*, *IEEE Access* y *IEEE IoTs Journal*, con índices h de 219, 204 y 149, cada una de las cuales demuestra un impacto académico excepcional.

Además, el factor de impacto y el factor de impacto a 5 años son métricas anuales medidas por Thomson Reuters *Journal Citation Reports*. En concreto, el factor de impacto se calcula a partir del número total de citas recibidas en un año determinado por los artículos publicados en los últimos 2 años, dividido por el número total de dichos artículos. El método de cálculo del factor de impacto quinquenal es similar. Sin embargo, tiene en cuenta las citas recibidas en los últimos 5 años y se divide por el número de artículos publicados durante ese tiempo. Estos indicadores proporcionan a los investigadores información sobre la influencia y el impacto de las citas de cada revista dentro de su campo. Con un factor de impacto y un factor de impacto de 5 años de la revista de 11,61 y 12,64, respectivamente, el *Journal of IEEE Internet of Things* destaca entre las demás revistas.

Análisis de ocurrencia y co-ocurrencia de palabras clave

En esta sección se presentan los resultados del análisis de ocurrencia y co-ocurrencia de palabras clave con el software VOSviewer versión 1.6.19. Para ello, se decidió considerar por separado las palabras clave de índice y de autor para este análisis. Estos dos tipos de palabras clave difieren en sus fuentes de origen: las palabras clave de autor son proporcionadas por el autor o autores, mientras que las palabras clave de índice son generadas por servicios de indexación como Scopus⁽²¹⁾El análisis de co-ocurrencia reveló un menor número de palabras clave de autor, con 473 frente a las 990 palabras clave de índice determinadas por Scopus.

El cuadro 9 presenta dos listas de las 20 palabras clave principales, por separado para cada tipo de palabra clave, que muestran los términos seleccionados con más frecuencia en las publicaciones recopiladas. Como se muestra en la parte superior de la lista de palabras clave de autor, "seguridad" y "privacidad" son las más prioritarias, con 43 y 27 menciones, respectivamente, después de blockchain y atención sanitaria, que son los términos principales en este ámbito. Además, estas palabras clave con una fuerza de enlaces considerable ponen de manifiesto su importancia y sus prioridades. Sin embargo, el orden de las palabras clave más repetidas en la lista del índice difiere debido a los distintos términos empleados por Scopus para conceptos más amplios. En concreto, el concepto de "seguridad" se refleja a través de diferentes términos como "Network security" y "Security challenges", que en conjunto aparecen 52 veces.

En consecuencia, "seguridad" también podría situarse en primer lugar, seguido de los términos principales. Además, el total combinado de apariciones de "privacidad de los datos" y "privacidad" que transmiten el mismo concepto alcanza las 29,

Tabla 9. Los 20 autores y las palabras clave más importantes de las publicaciones estudiadas.

Puesto	Autor palabra clave	Ocurrencias	Fuerza total del enlace	Rango	Palabra clave del índice	Ocurrencias	Fuerza total del enlace
1	Blockchain	138	342	1	Blockchain	136	1,006
2	Sanidad	87	342	2	Sanidad	95	738
3	Seguridad	43	146	3	Internet de las cosas	46	382
4	Privacidad	27	93	4	Libro mayor distribuido	22	218
5	Internet de las cosas	20	65	5	Almacenamiento digital	22	194
6	IoT	16	52	6	Sector sanitario	22	163
7	Contrato inteligente	11	38	7	Seguridad	21	206
8	Computación en nube	9	35	8	Sistemas sanitarios	21	204
9	Aprendizaje automático	8	32	9	Seguridad en la red	19	196
10	Cadena de suministro	8	32	10	Contratos inteligentes	12	85
11	Bitcoin	8	29	11	Historia clínica electrónica	16	158
12	Inteligencia artificial	8	28	12	Privacidad de los datos	15	159
13	Criptomonedas	8	28	13	Sectores sanitarios	15	125
14	Interoperabilidad	8	19	14	Privacidad	14	160
15	Ethereum	7	23	15	Gestión de la información	14	128
16	Consenso	7	20	16	Humano	13	126
17	Libro mayor distribuido	7	19	17	Interoperabilidad	12	103
18	Grandes datos	6	26	18	Aplicaciones sanitarias	12	94
19	Criptografía	6	22	19	Retos de seguridad	12	89
20	Computación en la niebla	6	21	20	Control de acceso	11	123

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 a partir de Scopus; la clasificación se basa en el número total de apariciones.

clasificación después de "seguridad". Para visualizar las ocurrencias de las palabras clave en las redes, se determinó un umbral de cuatro ocurrencias de las palabras clave para ambos tipos de palabras clave. Véanse las figuras 6 y 7. Como se muestra en las redes presentadas, un nodo representa cada palabra clave, y el tamaño del nodo está correlacionado con el número de veces que la palabra clave se repite en las publicaciones estudiadas. Además, los grupos de palabras clave que aparecen juntas con frecuencia se muestran en diferentes colores. El resultado fue la creación de cinco grupos de palabras clave índice y siete grupos de palabras clave autor, cada uno de los cuales comprende un conjunto de palabras clave relacionadas que representan temas de investigación específicos.

Temas dominantes mediante LDA

En esta sección se presentan los resultados del modelado temático de los retos de la cadena de bloques en la sanidad. Los tópicos dominantes en este estudio se organizan en seis clústeres, que muestran las mejores puntuaciones de coherencia y el número óptimo de tópicos. Los temas que se extrajeron de las palabras clave representativas mediante el algoritmo LDA se etiquetaron a continuación y se muestran en la Tabla 10.

Grupo 1: Privacidad y seguridad de los datos

Este clúster, que muestra la contribución más significativa de los seis clústeres, aborda principalmente los problemas de privacidad y seguridad como principales retos que surgen al implementar la tecnología blockchain en los sistemas sanitarios. Aunque la tecnología blockchain proporciona datos

transparencia y mejora la gestión de datos debido a su naturaleza descentralizada, se enfrenta a limitaciones relacionadas con ciertos ataques o problemas de seguridad. Este tema sugiere abordar estas cuestiones cruciales para la adopción con éxito de la cadena de bloques en la asistencia sanitaria⁽²²⁾

Grupo 2: Integración con IoT y dispositivos inteligentes

El tema predominante en este clúster gira en torno a la integración de la tecnología blockchain con el IoT y los dispositivos inteligentes dentro de los sistemas sanitarios. Al aprovechar la conectividad de varios dispositivos inteligentes, que permite compartir datos de forma segura y en tiempo real, esta integración plantea varios retos clave. Este clúster destaca la transferencia segura de datos entre dispositivos IoT y redes blockchain como uno de los principales retos. También aborda la cuestión de la limitación de recursos en muchos dispositivos IoT, que conduce a la necesidad de protocolos estandarizados para garantizar un intercambio de datos sin fisuras (véase la referencia⁽²³⁾).

Grupo 3: Interoperabilidad

Estos estudios de conglomerados revelan que la interoperabilidad y los estándares de datos se consideran obstáculos para la adopción de blockchain en la sanidad (véase la referencia⁽²³⁾). Las organizaciones con distintas prioridades y normativas complican la gestión de la identidad descentralizada, los permisos y los contratos inteligentes. Los desafíos de interoperabilidad en la atención médica requieren esfuerzos coordinados entre las partes interesadas para desarrollar sistemas basados en estándares abiertos y un marco digital unificado.

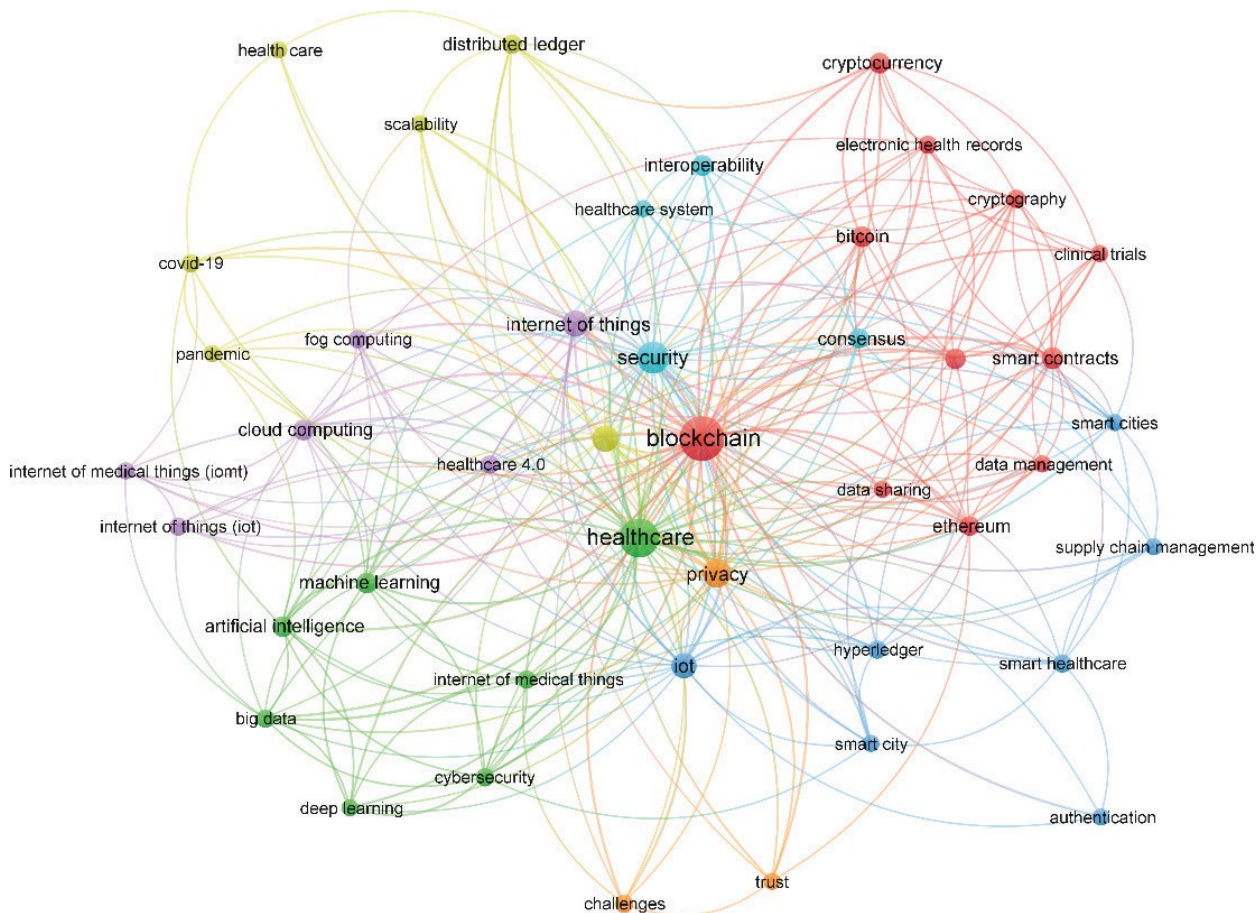


Fig. 6. Red de co-ocurrencia de palabras clave de autor con un umbral de 4, mostrando 44 de 473 palabras clave que cumplieron el umbral. Véase la Figura 1 para mayor contexto.

Grupo 4: Escalabilidad

Este clúster se dedica principalmente a los retos de escalabilidad. Dado que el sector sanitario genera un volumen creciente de datos, transacciones y participantes, las redes blockchain se enfrentan a varios retos de escalabilidad. Estos retos incluyen limitaciones en el tamaño de los bloques y un número cada vez mayor de nodos de la red^(5,24). Aunque se han rediseñado las arquitecturas de blockchain y se ha optimizado el almacenamiento, persisten los problemas de escalabilidad, lo que impide su adopción generalizada. La integración de la sanidad con tecnologías emergentes como IoT y la computación en la nube puede acelerar la generación de datos, lo que intensificará los retos de escalabilidad a los que se enfrenta blockchain.

Grupo 5: Gobernanza

El sector sanitario puede beneficiarse de las soluciones blockchain colaborando con pacientes, proveedores, pagadores, fabricantes de dispositivos y sistemas sanitarios. La adopción de la cadena de bloques requiere una nueva gobernanza y coordinación entre las partes interesadas del sector sanitario. Por lo tanto, han surgido retos de gobernanza que están siendo abordados por los estudios de este grupo (véase la referencia²⁵). Los retos que plantea la gobernanza incluyen la gestión de grandes

redes de entidades, el establecimiento de políticas de intercambio de datos, la resolución de conflictos y la armonización de incentivos.

Grupo 6: Coste

La agrupación también profundiza en otro de los retos que plantea el uso de la tecnología de cadena de bloques en la sanidad, que es la inversión inicial para implantarla. Aunque se cree que la tecnología blockchain reducirá los costes a largo plazo gracias a la mejora de la eficiencia, las operaciones de la cadena de suministro y los gastos administrativos, el "elevado coste" se cita repetidamente en los documentos como un impedimento para el éxito del proyecto (véase la referencia²⁶).

Debate y conclusiones

Este estudio ha realizado un análisis bibliométrico y un modelado de temas de publicaciones académicas, abordando los desafíos de blockchain en la industria de la salud. En primer lugar, se proporcionó la estructura general de la publicación y citación de la investigación para indicar cómo ha evolucionado la investigación desde 2017. Los hallazgos demuestran una creciente atención a esta área de investigación, con un notable aumento en el número de publicaciones en 2021-2023.

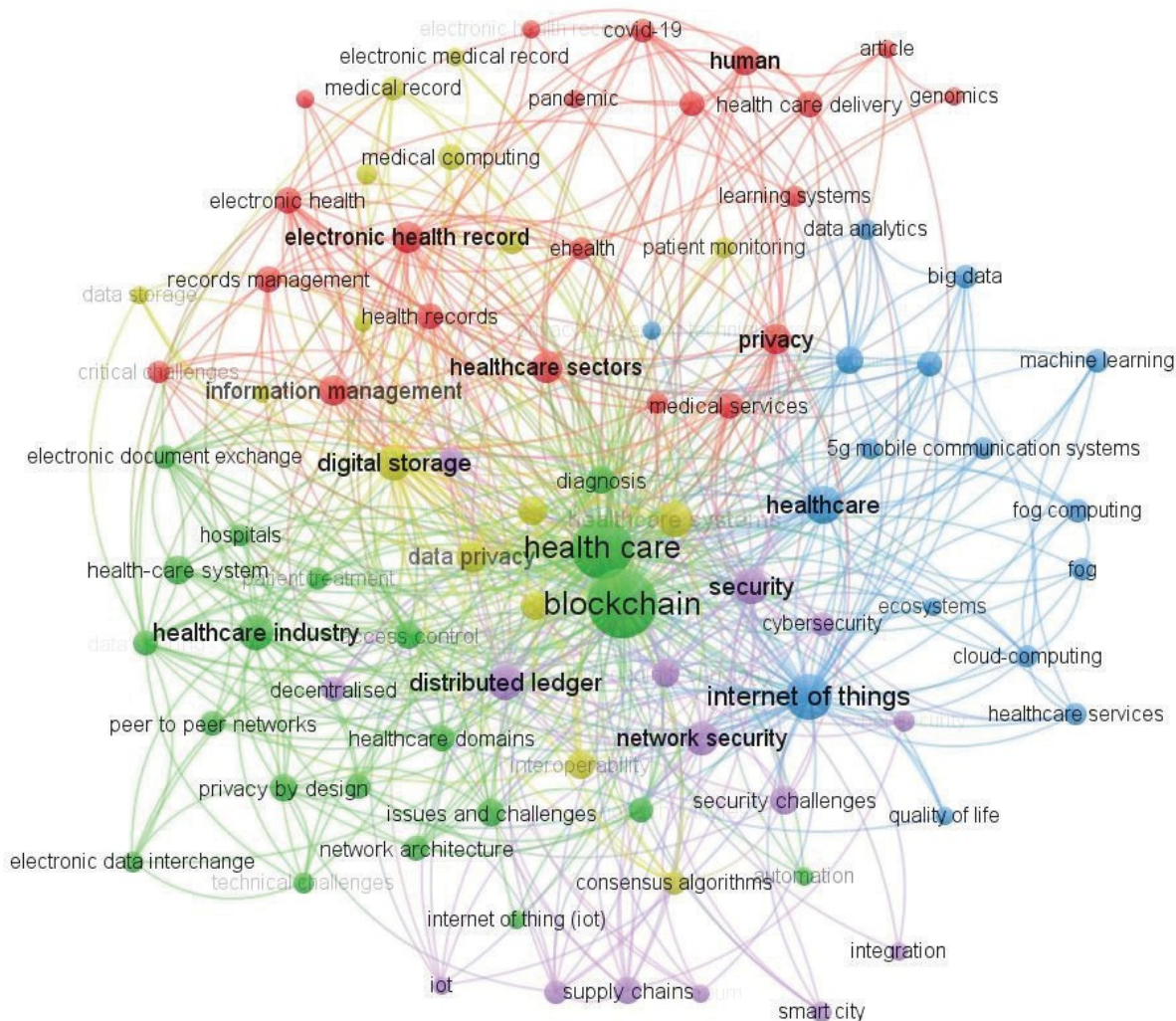


Fig. 7. Red de co-ocurrencia de palabras clave de índice con un umbral de 4, mostrando 89 de 990 palabras clave que cumplieron el umbral. Véase la Figura 1 para mayor contexto.

Tabla 10. Temas dominantes sobre los retos de blockchain en la sanidad.

Nº de tema	Nombre del tema	Palabras clave	Tamaño del tema (%)
1	Privacidad y seguridad de los datos	sanidad, blockchain, seguridad, tecnología, datos, sistema, salud, reto, solución, paciente, gestionar, privacidad, servicio, uso, aplicación	38.78
2	Integración con IoT y dispositivos inteligentes	sanidad, blockchain, sistema, datos, IoT, tecnología, inteligente, reto, red, problema, servicio, dispositivo, médico, información, integración	28.06
3	Interoperabilidad	blockchain, tecnología, sanidad, aplicación, industria, reto, sistema, salud, potencial, registro, datos, dominio, proceso, desarrollar, dígito	14.80
4	Escalabilidad	blockchain, sanidad, big data, tecnología, reto, aplicación, industria, IoT, plataforma, servicio, desarrollar, evaluación, datos, modelo, paciente	7.65
5	Gobernanza	blockchain, datos, sanidad, seguridad, reto, gestionar, paciente, gobernanza, seguridad, tecnología, descentralizado, convergencia, proceso, adoptar, diseño	5.61
6	Coste	blockchain, sanidad, tecnología, datos, coste, reto, seguridad, eficiencia, gestionar, problema, médico, sistema, servidor, característica, contrato inteligente	5.10

*Las palabras de cada lista están ordenadas en función de su ponderación. La mayor ponderación indica mayor importancia o relevancia para el tema. Los temas se seleccionaron en función de estos términos ponderados determinando su importancia dentro de cada tema.

IoT: Internet de las cosas.

Tabla 11. Principales autores, universidades, países y revistas que se centran en los retos de blockchain en la sanidad.

	Total de publicaciones	Total de citas
Autores	<ul style="list-style-type: none"> • Jayaraman, R. • Salah, K. • Ellahham, S. 	<ul style="list-style-type: none"> • Choo, KKR. • Kumar, N. • Tanwar, S.
Universidades	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Estudios del Petróleo y la Energía • Universidad Jalifa de Ciencia y Tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Texas en San Antonio • Instituto Thapar de Ingeniería y Tecnología
Países	<ul style="list-style-type: none"> • India • Estados Unidos • Pakistán 	<ul style="list-style-type: none"> • Estados Unidos • India • China
Revistas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Revista de Redes y Aplicaciones Informáticas</i> • <i>Sensores</i> • <i>Lecture Notes en Redes y Sistemas</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Revista de Redes y Aplicaciones Informáticas</i> • <i>Revista IEEE Internet of Things</i> • <i>Sensores</i>

Los datos se recuperaron en febrero de 2024 a partir de Scopus.

Las publicaciones siguieron un patrón sinusoidal con un pico, experimentando tasas de citación aceleradas y un posterior declive. Posteriormente, se identificaron los autores, universidades, países y revistas más productivos a partir de indicadores bibliométricos y se presentaron previamente. Además, se presentaron los estudios que recibieron más citas por sus influyentes contribuciones. La tabla 11 presenta un resumen del análisis bibliométrico basado en el total de publicaciones y el total de citas.

Asimismo, McGhin y colaboradores¹⁹ y Monrat y colaboradores²⁰ se reconocen como estudios muy citados, lo que refleja su importancia en este campo. Además, se utilizaron tanto palabras clave de autor como de índice para los análisis de ocurrencia y co-ocurrencia de palabras clave, lo que revela que la seguridad, la privacidad de los datos y la interoperabilidad se encuentran entre los temas más candentes de la investigación.

El modelado temático expone seis retos predominantes que persisten en la bibliografía: privacidad/seguridad de los datos, integración con IoT y dispositivos inteligentes, interoperabilidad, escalabilidad, gobernanza y costes. Los resultados coinciden estrechamente con los de estudios anteriores, como el de Singh y sus colegas⁷, que señalaron la escalabilidad, la privacidad, la gobernanza, las normas, la propiedad y los costes como los principales retos. Mientras que los estudios de revisión anteriores, como el de Ratta y colegas⁽¹¹⁾ examinaron los desafíos que surgen al integrar redes de cadena de bloques con dispositivos IoT, este estudio lo destaca como un área de desafío más prominente, lo que refleja la creciente convergencia de blockchain con IoT en aplicaciones sanitarias. Los hallazgos de esta investigación ayudarán a los investigadores a señalar las cuestiones abiertas que requieren una investigación adicional a medida que la industria se esfuerza por capitalizar la promesa de la tecnología blockchain.

Este estudio tiene varias limitaciones que deben abordarse en futuros trabajos. En primer lugar, este estudio se centró en

las publicaciones indexadas en Scopus, por lo que faltan trabajos relevantes de otras bases de datos. En segundo lugar, aunque el modelado temático LDA aporta información valiosa a partir de la estructura latente, se pueden emplear técnicas de modelado temático más avanzadas para comprender mejor la bibliografía.

Financiación

Esta investigación no ha recibido financiación externa.

Conflictos de intereses

No hay conflictos de intereses.

Colaboradores

El Dr. Mehraeen contribuyó significativamente al desarrollo del estudio a través de la conceptualización y la supervisión. Además, desempeñó un papel clave en la revisión y edición del manuscrito para mejorar la calidad y claridad del trabajo final.

La Sra. Mahmoudi contribuyó al diseño y la ejecución del estudio. Desempeñó un papel fundamental en la recopilación y el análisis de datos, garantizando la exactitud y pertinencia de los resultados. También se encargó de redactar el manuscrito, interpretar los resultados y estructurar el artículo.

Declaración de disponibilidad de datos (DAS), intercambio de datos, reproducibilidad y repositorios de datos.

Los datos que respaldan las conclusiones de este estudio se obtuvieron de la base de datos Scopus.

Aplicación de texto generado por IA o tecnología relacionada

Se utilizó ChatGPT para mejorar gramaticalmente el manuscrito siempre que fue necesario.

Referencias

- Agrawal K, Aggarwal M, Tanwar S, Sharma G, Bokoro PN, Sharma R. An extensive blockchain based applications survey: tools, frameworks, opportunities, challenges and solutions. *IEEE Access*. 2022;10:116858–906. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3219160>
- Attaran M. Blockchain technology in healthcare: challenges and opportunities. *Int J Healthcare Manag*. 2022;15(1):70–83. <https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1843887>
- Ahmed Teli T, Masoodi F, editores. Blockchain in healthcare: challenges and opportunities. Proceedings of the international conference on IoT based control networks & intelligent systems-ICICNIS; 2021 [citado 2024 Jul 1]. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3882744
- Duy PT, Hien DTT, Hien DH, Pham V-H, editores. Una encuesta sobre las oportunidades y desafíos de la adopción de la tecnología Blockchain para la innovación revolucionaria. *Actas del 9º Simposio Internacional sobre Tecnología de la Información y la Comunicación*; 2018 [citado 2024 Jul 1]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329637834_A_survey_on_opportunities_and_challenges_of_Blockchain_technology_adoption_for_revolutionary_innovation.
- Mazlan AA, Daud SM, Sam SM, Abas H, Rasid SZA, Yusof MF. Scalability challenges in healthcare blockchain system-a systematic review. *IEEE Access*. 2020;8:23663-73.
- AbuHalimeh A, Ali O. Comprehensive review for healthcare data quality challenges in blockchain technology. *Front Big Data*. 2023;6:1173620. <https://doi.org/10.3389/fdata.2023.1173620>
- Singh D, Monga S, Tanwar S, Hong W-C, Sharma R, He Y-L. Adopción de la tecnología blockchain en la asistencia sanitaria: desafíos, soluciones y comparaciones. *Appl Sci*. 2023;13(4):2380. <https://doi.org/10.3390/app13042380>
- Taherdoost H. Privacy and security of blockchain in health-care: applications, challenges, and future perspectives. *Sci*. 2023;5(4):41. <https://doi.org/10.3390/sci5040041>
- Kumar R, Arjunaditya, Singh D, Srinivasan K, Hu Y-C, editores. AI-powered blockchain technology for public health: a contemporary review, open challenges, and future research directions. *Health-care*. 2022;11:81. <https://doi.org/10.3390/healthcare11010081>
- Sharma P, Jindal R, Borah MD. A review of blockchain-based applications and challenges. *Wirel Pers Commun*. 2022;1–43. <https://doi.org/10.1007/s11277-021-09176-7>
- Ratta P, Kaur A, Sharma S, Shabaz M, Dhiman G. Application of blockchain and internet of things in healthcare and medical sector: applications, challenges, and future perspectives. *J Food Qual*. 2021;2021(1):7608296. <https://doi.org/10.1155/2021/7608296>
- Khatri S, Alzahrani FA, Ansari MTJ, Agrawal A, Kumar R, Khan RA. A systematic analysis on blockchain integration with health-care domain: scope and challenges. *IEEE Access*. 2021;9:84666–87. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3087608>
- Goodell JW, Kumar S, Lim WM, Pattnaik D. Artificial intelligence and machine learning in finance: identifying foundations, themes, and research clusters from bibliometric analysis. *J Behav Exp Financ*. 2021;32:100577. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100577>
- Jelodar H, Wang Y, Yuan C, Feng X, Jiang X, Li Y, et al. Asignación latente de Dirichlet (LDA) y modelado de temas: modelos, aplicaciones, una encuesta. *Multim Tools Appl*. 2019;78:15169-211. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6894-4>
- Törnberg A, Törnberg P. Musulmanes en el discurso de los medios sociales: combinar el modelado de temas y el análisis crítico del discurso. *Discurso Context Media*. 2016;13:132-42. <https://doi.org/10.1016/j.dcm.2016.04.003>
- Chan J, Dow SP, Schunn CD. Las mejores ideas de diseño, ¿vienen (realmente) de fuentes de inspiración conceptualmente distantes? En: Sub-rahmanian E, Odumoso T, Tsao J, editores. *Engineering a Better Future*. Cham: Springer; 2018, p. 111-39.
- Sohrabi B, Vanani IR, Shineh MB. Modelado de temas y clasificación de documentos del ciberespacio utilizando minería de textos. *J Cyberspace Stud*. 2018;2(1):103-25.
- Allahyari M, Kochut K, editores. Descubriendo temas coherentes con modelos de temas de entidad. 2016 IEEE/WIC/ACM Conferencia internacional sobre inteligencia web (WI). IEEE; 2016 [citado 2024 Jul 1]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311486508_Discovering_Coherent_Topics_with_Entity_Topic_Models
- McGhin T, Choo K-KR, Liu CZ, He D. Blockchain en aplicaciones de atención médica: desafíos y oportunidades de investigación. *J Netw Comput Appl*. 2019;135:62-75. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.02.027>
- Monrat AA, Schelén O, Andersson K. Una encuesta de blockchain desde las perspectivas de aplicaciones, desafíos y oportunidades. *IEEE Access*. 2019;7:117134–51. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2936094>
- Juana A, Kango U, Singh SK, Abdussamad ZK, Ismail YL. Tendencias de palabras clave de investigación relacionadas con la red y las habilidades negociables en la era digital: una revisión bibliométrica. *Int J Prof Bus Rev*. 2023;8(6):e01027-e. <https://doi.org/10.26668/business-review/2023.v8i6.1027>
- Yaqoob I, Salah K, Jayaraman R, Al-Hammadi Y. Blockchain para la gestión de datos sanitarios: oportunidades, retos y recomendaciones futuras. *Neural Comput Appl*. 2022;1-16.
- Oikonomou FP, Mantas G, Cox P, Bashashi F, Gil-Castañeira F, González J, editores. A blockchain-based architecture for secure IoT-based health monitoring systems. 2021 IEEE 26th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD). IEEE; 2021 [citado 2024 Jul 1]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/356822593_A_Blockchain-based_Architecture_for_Secure_IoT-based_Health_Monitoring_Systems
- Pandey P, Litoriya R. Implementing healthcare services on a large scale: challenges and remedies based on blockchain technology. *Health Policy Technol*. 2020;9(1):69-78. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.01.004>
- Zhang JZ, He W, Shetty S, Tian X, He Y, Behl A, et al. Understanding governance and control challenges of blockchain technology in healthcare and energy sectors: a historical perspective. *J Manag Hist*. 2023. <https://doi.org/10.1108/JMH-12-2022-0086>
- Gökalp E, Gökalp MO, Çoban S, Eren PE. Analysing opportunities and challenges of integrated blockchain technologies in healthcare. *Sistemas de información: investigación, desarrollo, aplicaciones, educación: 11th SIGSAND/PLAIS Euro Symposium 2018, Gdansk, Polonia, 20 de septiembre de 2018, Actas 11*. 2018 [citado 2024 Jul 1]; p. 174-83. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327229059_Analysing_Opportunities_and_Challenges_of_Integrated_Blockchain_Technologies_in_Healthcare

Propiedad intelectual: Este es un artículo de acceso abierto distribuido de acuerdo con la licencia Creative Commons Attribution Non-Comercial (CC BY-NC 4.0), que permite a otros distribuir, adaptar, mejorar este trabajo de forma no comercial, y licenciar sus trabajos derivados en diferentes términos, siempre que el trabajo original se cite adecuadamente, y el uso no sea comercial. Véase <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>.