

Oportunidades y aplicaciones de los contratos inteligentes: una visión desde la literatura empresarial, académica y científica

Opportunities and applications of smart contracts: A vision from the business, academic and scientific literature

Rubén Trejo Guardado¹, Eduardo Alejandro Carmona², Herlinda Goretti López Verver y Vargas², Iván Saúl Jiménez Hernández², Norma Guadalupe Pérez Martínez², Blanca Yasmin Vázquez Trejo²

¹ Unidad académica de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Zacatecas, México.
Email: ruben.trejoguardado@unizacatecas.edu.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-5175>.
Autor correspondiente.

² Unidad académica de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

RESUMEN

Objetivo. En el presente trabajo se revisa la producción bibliográfica referente a los contratos inteligentes desde el punto de vista empresarial, académico y científico. El objetivo es analizar de manera precisa cómo se da la relación entre los contratos inteligentes y cadena de bloques para establecer así un contexto en el desarrollo de ambos.

Diseño/Metodología/Enfoque. Se consultó la base de datos de *Scopus*, utilizando la palabra clave "SMART CONTRACT". Se decidió utilizar la herramienta bibliométrica *SciMAT* para el estudio bibliométrico con el enfoque basado en un análisis conjunto de palabras y el índice-h, para la visualización de diagramas y áreas temáticas de una forma relativamente sencilla para dos periodos de 2010 a 2018 y de 2019 a 2021.

Resultados/Discusión. Resultó necesario conocer el concepto de contratos inteligentes para el futuro del derecho contractual y de la economía digital. Algunas instituciones y personas estarán en contra de que se consideren como alternativas legales autorizadas; no obstante, por el adelanto tecnológico que se presenta en la actualidad solo será cuestión de tiempo su desarrollo.

Conclusiones. Los contratos inteligentes son una innovación tecnológica que a través del uso de la tecnología *blockchain* realiza transacciones de manera segura, rápida y casi sin riesgo de incumplimiento.

Keywords: *SciMAT*; contratos inteligentes; *blockchain*; inteligencia artificial; inteligencia financiera; industria 4.0.

Recibido: 08-01-2022. **Aceptado:** 02-06-2022

Editor: José Ricardo López-Robles

Cómo citar: Guardado, R. T., Carmona, E. A., Verver y Vargas, H. G. L., Hernández, I. S. J., Martínez, N. G. P., & Trejo, B. Y. V. (2022). Opportunities and applications of smart contracts: A vision from the business, academic and scientific literature. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*; 2(1), 1-20. DOI: 10.47909/ijsmc.v2i2.32

Copyright: © 2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the CC BY-NC 4.0 license which permits copying and redistributing the material in any medium or format, adapting, transforming, and building upon the material as long as the license terms are followed.

ABSTRACT

Objective. In the present work, the bibliographical production referring to smart contracts is reviewed from the business, academic and scientific points of view. The aim is to analyze precisely how the relationship between smart contracts and blockchain occurs to establish a context in both developments.

Design/Methodology/Approach. The *Scopus* database was consulted using the keyword: "smart contract". It was decided to use the *SciMAT* bibliometric tool for the bibliometric study with the approach based on a joint analysis of words and the h-index to visualize diagrams and thematic areas relatively simply for two periods: 2010-2018 and 2019-2021.

Results/Discussion. It was necessary to know the concept of smart contracts for the future of contract law and the digital economy. Some institutions and people will be against considering them as authorized legal alternatives; However, due to the technological advance currently being presented, their development will only be a matter of time.

Conclusions. Smart contracts are a technological innovation that, through blockchain technology, carry out transactions safely, quickly and with almost no risk of non-compliance.

Keywords: *SciMAT*; smart contract; blockchain; artificial intelligence; financial intelligence; industry 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

EL USO de los contratos se remonta a la Roma antigua, donde el acto se realizaba de manera verbal, basado en la palabra de honor. Este se formalizaba con un apretón de manos (Padilla Sánchez, 2020). Pero con la evolución de la economía mundial, este acto de honor ya no fue suficiente y surgió la necesidad de dejar constancia por escrito y legalizado. Esto con la finalidad de prevenir grandes problemas al momento de cumplir la obligación por la contraparte.

La esencia de los contratos es la significación patrimonial, a través de un acuerdo de voluntades en las que se generan derechos y obligaciones entre los contratantes. La función principal es generar efectos jurídicos. Aparte de la inteligencia artificial, la cadena de bloques (Blockchain, en inglés), constituye una aplicación importante que se le ha dado a este sistema es en los contratos inteligentes. Estos contratos consisten en ejecutar acuerdos establecidos entre dos o más partes contratantes a través de un programa informático. Se realizan ciertas acciones condicionadas a que sucedan o no, como consecuencia del cumplimiento o incumplimiento de condiciones específicas ya pactadas (Leonardo B Furstenau *et al.*, 2020; López-Robles, Otegi-Olaso, *et al.*, 2019). Es decir, se ejecutan y se hacen cumplir de manera autónoma, siempre y cuando sucedan las condiciones programadas.

En los últimos años, la innovación, investigación y desarrollo en el tema de contratos ha

jugado un papel importante. Pues con la aplicación de las tecnologías que han ido revolucionando el sistema de los servicios financieros, ahora también se está aplicando en los servicios jurídicos, como se ha venido observando en la ejecutividad de las obligaciones de un contrato. Es decir, el uso de cadena de bloques como base para el uso de los contratos inteligentes (Hernandez-Gutierrez *et al.*, 2021; López-Robles, Rodríguez-Salvador, *et al.*, 2019).

El concepto contrato inteligente se utilizó por primera vez en 1996 por Nick Szabo, quien era un abogado y científico computacional (Padilla Sánchez, 2020). Mediante el uso de protocolos criptográficos robustos, él empezó a desarrollar un software que se asemejaba a cláusulas contractuales, las cuales resultaban vinculantes para las partes y reducían las posibilidades de incumplimiento. De igual forma, plantea la posibilidad de crear nuevas instituciones mediante contratos inteligentes en el marco de la revolución digital. Por otro lado, afirmaba que el término de contrato inteligente no involucra el uso de inteligencia artificial, pero sí el uso de algoritmos computacionales que serían utilizados en todo tipo de contratos.

No obstante, el uso de los contratos inteligentes es reciente y se dio como consecuencia de la creación de *Ethereum*, la cual es una plataforma global que se caracteriza por usar un código abierto para aplicaciones descentralizadas (Valencia Ramírez, 2019). Aunque no se le ha dado suficiente difusión ni explicación sobre su funcionamiento, ni sobre sus efectos jurídicos, de lo que hay pocos estudios y pronunciamientos

realizados. En este contexto, existen diferentes conceptos del término contrato inteligente. Lo primero que se llega a tener en mente es que se trata de contratos que se relacionan directamente con la inteligencia artificial o desarrollo de software especializado basado en esta, sin embargo, se trata de otro tipo de conceptualización.

De esta manera, se puede definir a los contratos inteligentes como acuerdos contractuales autoejecutables entre dos o más partes. También se puede decir que son contratos con ejecución automatizada (Legerén-Molina, 2018), los cuales cobrarán vida solo si las partes cumplen con los requisitos estipulados. Habrá quienes señalen a los contratos inteligentes como: “sistemas que automáticamente mueven activos digitales según las reglas arbitrarias preespecificadas”, según lo hace Buterin en su libro: “Ethereum White Paper: A Next Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform” (Laskowski & Kim, 2016; Padilla Sánchez, 2020). Mientras que otros como Raskin lo define como: “acuerdos cuya ejecución es automática y es efectuada a través de un código de computadora puesto en funcionamiento a través de un programa ejecutable” (Valencia, 2019).

Actualmente sabemos que los contratos inteligentes están diseñados para operar bajo la tecnología *blockchain*. Uno de los principales desafíos que presenta es la manera en que se deben ejecutar las transacciones, pues se generan preocupaciones sobre la regulación de las operaciones asociadas a aplicaciones de *blockchain*. La tecnología de bloques, después de la aparición del internet, se proyecta como un prometedor avance tecnológico (Palomo Zurdo, 2018), caracterizado por su inmutabilidad de los registros y su sistema de encriptación. Así pues la trascendencia de los contratos inteligentes radica en la desmaterialización de este, con la presentación de los términos y condiciones de forma electrónica, expresado en lenguaje alfanumérico y registrado en una cadena de bloques inmodificable (Valencia Ramírez, 2019). La ejecución automática de los contratos inteligentes es una de las principales características que poseen, a través de lo cual se consideran inmutables. Esto puede generar varios problemas, pues si se requiere realizar algún ajuste posterior, será imposible.

Una de las principales características del campo de la investigación es su multidisciplinariedad, la cual se puede observar en la diversidad de campos que analiza, ya que abarca la medicina, ingenierías, matemáticas, y hasta las ciencias sociales. No se puede dejar de lado las tecnologías de la información, desarrollo de software, entre otras, con las que se busca dar solución a las problemáticas generados en el mundo globalizado. Para analizar estos desarrollos científicos se han generado técnicas que permiten conocer el crecimiento evolutivo y análisis específico con relación a la producción científica, tales como la bibliometría (Leonardo Bertolin Furstenau *et al.*, 2020; Gamboa-Rosales *et al.*, 2022; Rodríguez-Salvador *et al.*, 2022).

De esta manera, en la presente investigación se pretende estudiar la producción científica relacionada con los contratos inteligentes, tomando en consideración que en la actualidad se observa un crecimiento en la producción de material referente a este tema en particular. El análisis se hará en la base de datos *Scopus* para el periodo 2010 a 2021. Se emplearán algunos indicadores bibliométricos y, con ayuda de la herramienta *SciMAT*, se identificarán las principales temáticas, su relación y evolución, entre otros aspectos (Furstenau *et al.*, 2022; Gamboa-Rosales *et al.*, 2021; López-Robles *et al.*, 2020).

2. METODOLOGÍA Y PREPARACIÓN DE DATOS

Resulta de suma importancia para el presente estudio bibliométrico la aplicación de una metodología específica que permita observar de manera gráfica las relaciones que existen entre los distintos nodos que aparecen en torno al tema bajo estudio (Cobo *et al.*, 2011; M. J. Cobo *et al.*, 2012). Sin duda alguna, el valor de la técnica y métodos bibliométricos permiten evaluar la productividad, la calidad y la evolución científica (Garfield & Merton, 1979), de forma tal que permita reconocer los elementos básicos y relaciones que existen entre los elementos que conforman el mapa científico (Gamboa-Rosales *et al.*, 2020; Herrera-Viedma *et al.*, 2020b; López-Robles, Guallar, *et al.*, 2019) referente al tema que nos ocupa. Por esta razón, se tomó la decisión de utilizar la herramienta *SciMAT*

para descubrir el avance y desarrollo científico en torno al tema de contratos inteligentes con base en el uso de *blockchain*.

2.1. Metodología

Un estudio bibliométrico se encuentra vinculado históricamente con la idea de que se puede representar el conocimiento por la cuantificación documental en los que éste se expresa (Jiménez-Contreras, 2000). Las técnicas y métodos que se utilizan en este tipo de estudios cada vez son más comunes y van adquiriendo mayor aceptación para medir la productividad, contenido y calidad científica, así como la evolución del tema de estudio.

Con la herramienta *SciMAT* se hace una combinación entre el mapeo científico y el análisis de desempeño, además facilita su uso para analizar un campo específico, en este caso el de Contratos Inteligentes, con lo que se pretende detectar y visualizar los subtemas particulares o bien el bosquejo general de las áreas temáticas que se relacionan con ella. El uso de *SciMAT* como herramienta de software para el estudio bibliométrico se dio con el enfoque basado en un análisis conjunto de palabras y el índice-h. Además de la facilidad con que se pueden eliminar los temas duplicados y la visualización de diagramas y áreas temáticas de una forma relativamente sencilla (Moral-Muñoz et al., 2020).

Como se comentaba previamente, se identificaron cuatro clasificaciones de análisis, el cual gráficamente se representa en cuadrante. Estos

cuadrantes tienen características particulares, lo que permite trazar en un diagrama bidimensional los temas clasificados en cuatro cuadrantes:

- Cuadrante C1: Temas motores. Son aquellos que presentan una alta densidad y una fuerte centralidad, son los que resultan altamente relevantes para desarrollar la estructura en el campo de investigación.
- Cuadrante C2: Temas altamente desarrollados. Estos guardan una fuerte relación con el tema, pero no tienen las características o la importancia adecuada para la investigación.
- Cuadrante C3: Temas emergentes o en declive. Tienen baja densidad y centralidad. Son temas nuevos o ya desaparecidos.
- Cuadrante C4: Temas básicos y transversales. Son temas que no están bien desarrollados, pero resultan relevantes para el campo de estudio.

Con esta metodología se pueden descubrir las distintas áreas temáticas, las cuales se pueden analizar a través de un mapa de evolución, en el cual se observa el vínculo entre los temas en períodos consecutivos (Sternitzke & Bergmann, 2009). A través de un análisis de rendimiento se puede observar la contribución de los temas y áreas temáticas del campo de investigación, realizando la métrica tanto cualitativa como cuantitativamente. Esto permite identificar las áreas más relevantes del campo de estudio.

En la figura 1 se representan de manera gráfica y muy didáctica la interpretación del diagrama estratégico y del mapa científico.

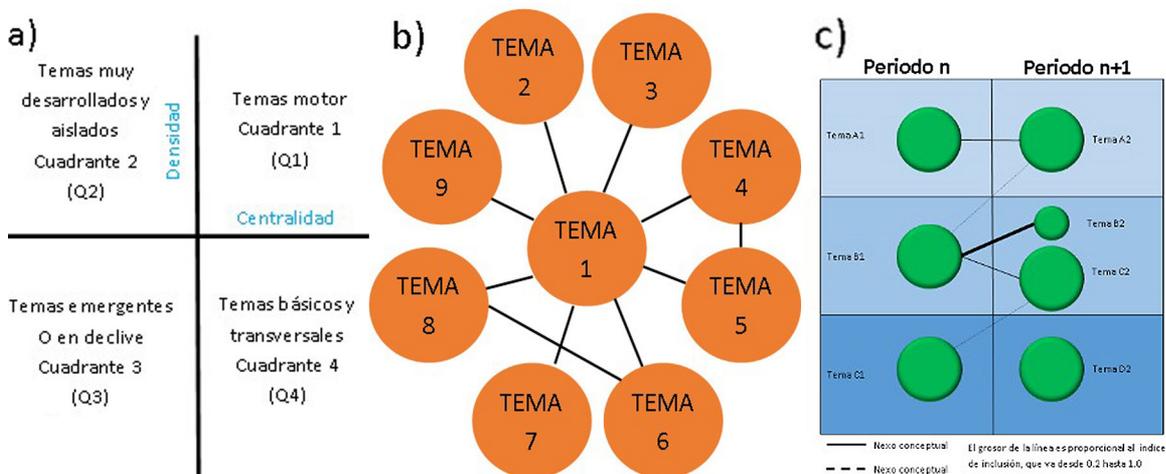


Figura 1. a) Diagrama estratégico, b) Mapa Temático c) Mapa científico o de Evolución temática (Fuente: López-Robles et al., 2019).

2.2. Preparación de datos

Para analizar de manera precisa cómo se da la relación entre los contratos inteligentes y cadena de bloques, se analizó el impacto y rendimiento de cada uno de los enfoques, a través de un análisis de los principales indicadores bibliométricos. Se utilizó la base de datos *Scopus* y se definieron dos periodos para el análisis, 2010-2018 y 2019-2021. Lo anterior se debió a que durante el primer periodo el número de publicaciones es reducido, presentando un mayor crecimiento durante el segundo periodo. La búsqueda se realizó utilizando la palabra clave “SMART CONTRACT”, en inglés y reducida al área temática “Business, Management and Accounting”.

Partiendo de lo anterior, se analizaron los documentos de forma manual a efecto de evitar duplicidad de documentos o bien eliminar documentos relacionados con temas diferentes a los que se pretende analizar, de igual forma aquellos a los que hace referencia a un mismo autor. Así mismo, se analizaron los principales indicadores de rendimiento bibliométrico, tanto de forma individual como conjunta, resaltando la productividad de los autores en términos

de publicaciones y citas, países, áreas de conocimiento y fuentes de información. También, para establecer un nivel común de comparación entre los autores y las publicaciones se evaluaron los resultados aplicando el h-index y H-Classics (Alonso *et al.*, 2009; Herrera-Viedma *et al.*, 2020a; Martínez *et al.*, 2014).

La consulta generada fue la siguiente:

(TITLE-ABS-KEY(“smart contrac”) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA,“BUSI”)) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,“cp”) OR LIMIT-TO(DOCTYPE,“ar”) OR LIMIT-TO(DOCTYPE,“ch”) OR LIMIT-TO(DOCTYPE,“re”) OR LIMIT-TO(DOCTYPE,“bk”)))*

De esta consulta fueron recuperadas las 641 publicaciones para el periodo de 2010 a 2021. La búsqueda se limitó a cinco tipos de documentos: artículos de congreso (51%), artículos (37%), y capítulos de libro (7%). Se realizó una revisión de los resultados a efecto de depurar los temas que no tienen relación. De igual forma, se hizo una agrupación de los conceptos que poseían el mismo significado, para normalizar lo mejor posible los resultados.

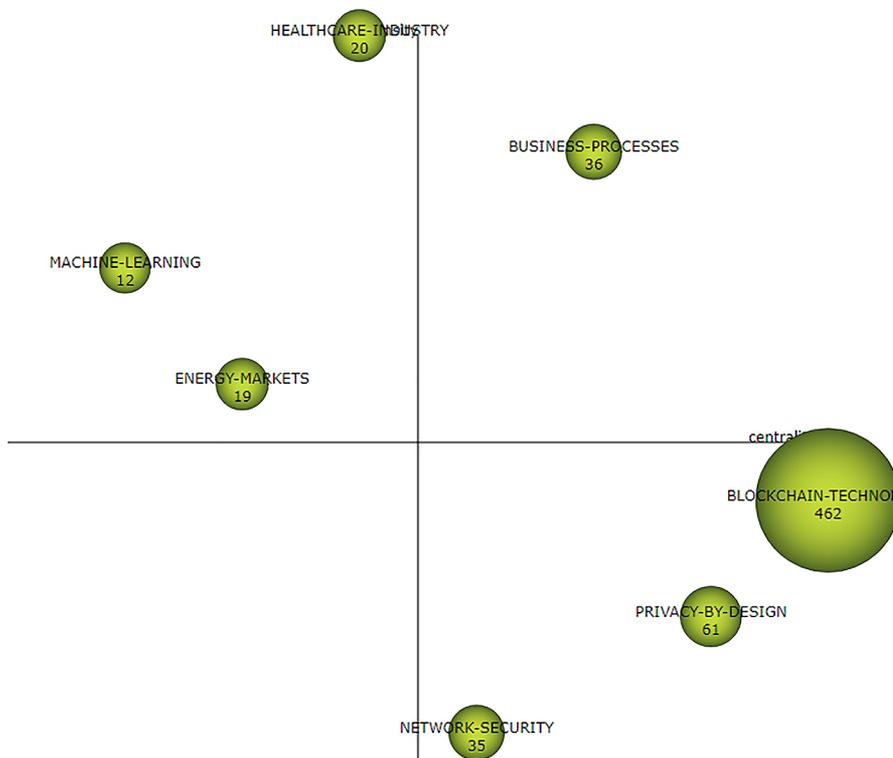


Figura 2. Mapa de temas motores, básicos y transversales.

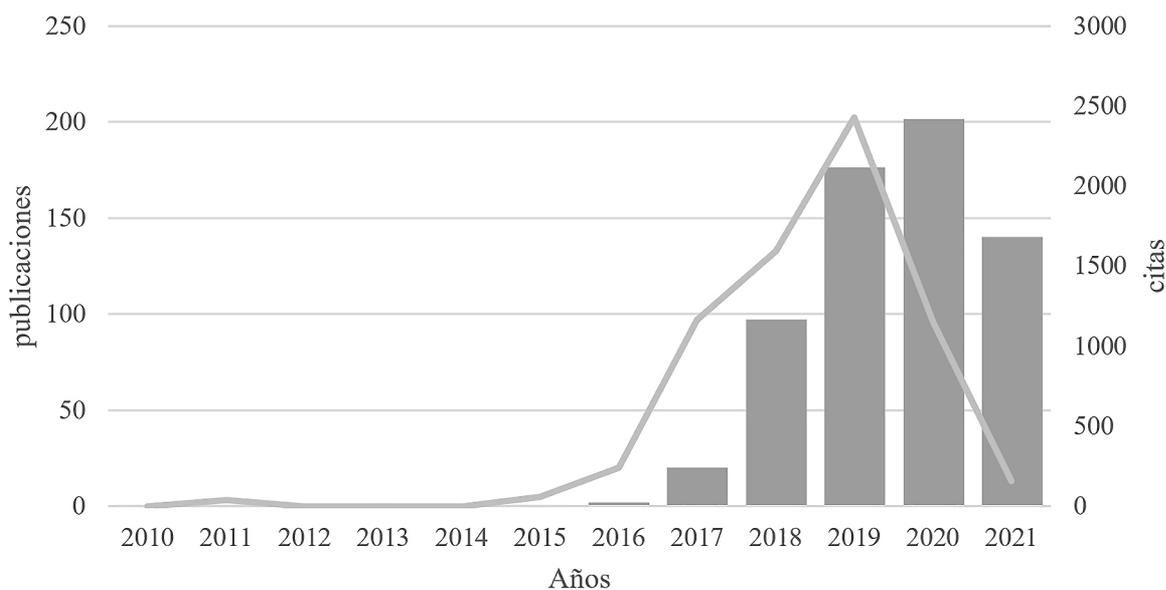


Figura 3. Número de publicaciones y citas por año para el periodo de 2010-2021.

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de rendimiento e impacto

Algunos de los primeros trabajos en bibliometría realizados a principios de siglo fueron resultado de un proceso de curiosidad innata por entender el desarrollo científico. Pero no fue hasta 1978 cuando se demostró que la literatura científica poseía la propiedad de tener un comportamiento estadístico regular (Garfield & Merton, 1979). Para el presente análisis se consideraron los siguientes indicadores: número de publicaciones, autores más productivos, citas recibidas, publicaciones más citadas, organizaciones y distribución geográfica.

3.2. Rendimiento del área de conocimiento

Con base al área de conocimiento se encontraron 641 artículos relacionados con el tema de Negocios, Gestión y Contabilidad, 387 relacionados con la Ciencia de la Computación, 363 sobre Ciencias de la Decisión, 300 sobre Ingeniería, 133 de Ciencias Sociales y 204 en temas diversos. En el presente estudio solamente se analizó el área de conocimiento Negocios, Gestión y Contabilidad.

Como se puede observar en la figura 2, la producción de documentos va en incremento, pues para el año 2017 se tuvo una producción de 20 documentos, mientras que para 2020 se

tuvo una publicación total de 201 documentos. Esto marca una tendencia positiva en el desarrollo del tema. Para 2021 se tiene una cantidad de 140 publicaciones debido a que la consulta se realizó durante el mes de octubre, motivo por el cual parece disminuir con relación al año anterior.

3.3. Autores más productivos y citados, distribución geográfica y organizaciones

Un punto importante para abordar en un estudio bibliométrico es identificar cuáles son los principales autores en cuanto a impacto y productividad se refiere (Manuel Jesús Cobo *et al.*, 2012), así como los países de origen de dichas publicaciones y cuáles son las organizaciones que apoyan y realizan investigación sobre el campo de estudio. Sobre el tema aquí estudiado, los autores más productivos para el periodo 2010-2021, se encuentran en la tabla 1. Mientras que los autores con un mayor número de citas se listan en la tabla 2.

Publicaciones	Autor(es) (citas)
7	State, R. (55)
6	Krishnamachari, B. (42)
5	Stiller, B. (51)
4	Chang, S.E. (161); Di Ciccio, C. (48)

Tabla 1. Autores más productivos.

Número de citas	Autor(es) (publicaciones)
183	Dai J. (2), Vasarhelyi M. A. (2)
236	Kim H. M. (2), Laskowski M. (3).
559	Saberi S. (1), Kouhizadeh M. (1), Sarkis J. (1), Shen L. (1).
230	Sun J. (1), Yan J (2), Zhang K. Z. K. (1).
211	Wang Y (7), Han J. H. (1), Beynon-Davies P. (1).

Tabla 2. Autores más citados

Según la distribución geográfica, se encontró que los Estados Unidos es el país más productivo, seguido por China, India, Alemania, Reino Unido, Italia, Australia, Canadá, entre otros (Véase tabla 3). Mientras que las principales revistas que publican al respecto se presentan en la tabla 4. Por último, las principales áreas de conocimiento identificadas se muestran en la tabla 5.

Publicaciones	País
125	Estados Unidos
62	China, India
53	Alemania
48	Reino Unido
36	Italia
27	Australia, Canadá
24	Rusia
21	Taiwán
18	Austria, Francia, Países Bajos
16	Grecia

Tabla 3. Producción de artículos por país.

Ndoc	Fuentes
3	International Journal of Production Research
2	Business Horizons, Computer Law and Security Review, Supply Chain Management.
1	Australian Accounting Review, Decision Sciences, Electricity Journal, Financial Innovation, Financial Innovation, IEEE Engineering, Management Review, Intelligent Systems in Accounting Finance and Management, International Journal of Information Management, International Journal of Production Economics, Journal Of Cases on Information Technology, Journal of Cleaner Production, Journal of Emerging Technologies in Accounting, Decision Sciences

Tabla 4. Principales revistas que han publicado sobre contratos inteligentes durante el periodo de 2010 a 2021.

Publicaciones	Área de conocimiento
40	Negocios, Gestión y Contabilidad
20	Ciencias de la decisión
17	Informática
11	Ingeniería
9	Ciencias Sociales
6	Economía, econometría y finanzas
5	Medicina
3	Energía
2	Matemáticas
1	Ciencias del Medio Ambiente, Física y Astronomía, Psicología

Tabla 5. Principales áreas de conocimiento identificadas en el análisis bibliométrico.

3.4. Análisis de publicaciones más citadas

Con la aplicación del método H-Classics (Martínez *et al.*, 2014), se identificaron los artículos considerados como clásicos en el campo de la investigación; además, los países, autores, y revistas que realizan contribuciones de alta calidad. Al realizar la consulta en *Scopus*, se observó un índice h de 40. Con este índice, se identificaron las 40 publicaciones más relevantes, las cuales abordan temas relacionados con *blockchain*. En la tabla 6 se observa dicho avance. La tipología documental identificada fue artículos de revista (45), ponencias de congreso (10) y capítulo de libro (1).

La información presentada en la tabla 6 está ordenada de mayor a menor impacto. Llama la atención que, para el 2019, una sola publicación cuenta con 559 citas. Esto significa que tiene una gran aportación al tema analizado. Le siguen otras publicaciones de los años 2016, 2017 y 2018 con un promedio de 200 citas cada uno, mostrando un notable crecimiento.

En el análisis realizado también fue posible identificar 12 áreas de conocimiento relacionadas, de las cuales resalta: Negocios, Gestión y Contabilidad; Ciencias de la Decisión; Ciencias de la Computación; Ingeniería; Ciencias Sociales; Economía; Econometría y Finanzas. En cuanto al comportamiento de la distribución anual de publicaciones y citas, tal como se observa en la figura 4, hay una tendencia positiva. Se tiene un registro total de 6,838 citas acumuladas de 2010 a 2021, presentando un punto máximo durante lo que va del año 2021 con 3,237 citas.

Año de public.	Título del documento	Autor(es)	Fuente	Citas
2019	Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management	Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L.	International Journal of Production Research	559
2018	Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance	Kim H.M., Laskowski M.	Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management	236
2016	Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities	Sun J., Yan J., Zhang K. Z. K.	Financial Innovation	230
2019	Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda	Wang Y., Han J. H., Beynon-Davies P.	Supply Chain Management	211
2017	Toward blockchain-based accounting and assurance	Dai J., Vasarhelyi M. A.	Journal of Information Systems	183
2019	Blockchain Disruption and Contratos Inteligentes	Cong L. W., He Z.	Review of Financial Studies	166
2017	Blockchain technology innovations	Ahram T., Sargolzaei A., Sargolzaei S., Daniels J., Amaba B.	2017 IEEE Technology and Engineering Management Society Conference, TEMSCON 2017	159
2017	Blockchain solutions for big data challenges: A literature review	Karafiloski E., Mishev A.	17th IEEE International Conference on Smart Technologies, EUROCON 2017 - Conference Proceedings	141
2019	Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract-based tracking process	Chang S.E., Chen Y.-C., Lu M.-F.	Technological Forecasting and Social Change	127
2017	A Blockchain-Based Supply Chain Quality Management Framework	Chen S., Shi R., Ren Z., Yan J., Shi Y., Zhang J.	Proceedings - 14th IEEE International Conference on E-Business Engineering, ICEBE 2017 - Including 13th Workshop on Service-Oriented Applications, Integration and Collaboration, SOAIC 207	118
2020	Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain	Dolgui A., Ivanov D., Potryasaev S., Sokolov B., Ivanova M., Werner F.	International Journal of Production Research	117
2017	Introducing ethereum and solidity: Foundations of cryptocurrency and blockchain programming for beginners	Dannen C.	Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners	117
2020	Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature	Queiroz M. M., Telles R., Bonilla S. H.	Supply Chain Management	107
2018	Copyright in the blockchain era: Promises and challenges	Savelyev A.	Computer Law and Security Review	100
2018	Blockchain and the related issues: a review of current research topics	Lu Y.	Journal of Management Analytics	90
2017	Disrupting governance with blockchains and Contratos Inteligentes	Shermin V.	Strategic Change	87
2020	Distributed ledgers and operations: What operations management researchers should know about blockchain technology	Babich V., Hilary G.	Manufacturing and Service Operations Management	83
2017	Blockchain: Emergent industry adoption and implications for accounting	Kokina J., Mancha R., Pachamanova D.	Journal of Emerging Technologies in Accounting	83

Año de public.	Título del documento	Autor(es)	Fuente	Citas
2019	Blockchain technology: A survey on applications and security privacy Challenges	Mohanta B.K., Jena D., Panda S.S., Sobhanayak S.	Internet of Things (Netherlands)	79
2017	Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective	Giancaspro M.	Computer Law and Security Review	75
2019	Blockchain adoption: A value driver perspective	Angelis J., Ribeiro da Silva E.	Business Horizons	74
2019	Beyond Bitcoin: What blockchain and distributed ledger technologies mean for firms	Hughes A., Park A., Kietzmann J., Archer-Brown C.	Business Horizons	72
2019	Blockchain for decentralized transactive energy management system in networked microgrids	Li Z., Bahramirad S., Paaso A., Yan M., Shahidehpour M.	Electricity Journal	68
2015	Creation of smart-contracting collaborations for decentralized autonomous organizations	Norta A.	Lecture Notes in Business Information Processing	58
2019	Makerchain: A blockchain with chemical signature for self-organizing process in social manufacturing	Leng J., Jiang P., Xu K., Liu Q., Zhao J.L., Bian Y., Shi R.	Journal of Cleaner Production	57
2018	Blendcac: A blockchain-enabled decentralized capability-based access control for iots	Xu R., Chen Y., Blasch E., Chen G.	Proceedings - IEEE 2018 International Congress on Cybermatics: 2018 IEEE Conferences on Internet of Things, Green Computing and Communications, Cyber, Physical and Social Computing, Smart Data, Blockchain, Computer and Information Technology, iThings/ GreenCom/CPSCoM/SmartData/ Blockchain/CIT 2018	57
2020	Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges, and research opportunities	Dutta P., Choi T.-M., Somani S., Butala R.	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	56
2018	Bibliometrics-based evaluation of the Blockchain research trend: 2008-March 2017	Miau S., Yang J.-M.	Technology Analysis and Strategic Management	56
2018	Blockchain-Based, Decentralized Access Control for IPFS	Steichen M., Fiz B., Norvill R., Shbair W., State R.	Proceedings - IEEE 2018 International Congress on Cybermatics: 2018 IEEE Conferences on Internet of Things, Green Computing and Communications, Cyber, Physical and Social Computing, Smart Data, Blockchain, Computer and Information Technology, iThings/ GreenCom/CPSCoM/SmartData/ Blockchain/CIT 2018	55

Tabla 6. H-Classic para contratos inteligentes según búsqueda en *Scopus*.

3.5. Países y organizaciones más productivas

El país más productivo es Estados Unidos, seguido por China e India. Por su parte las Fundaciones patrocinadoras que han destacado

por el número de publicaciones apoyadas son la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China, la Comisión Europea, el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Taiwán, la Fundación Nacional de Ciencia, entre otras.

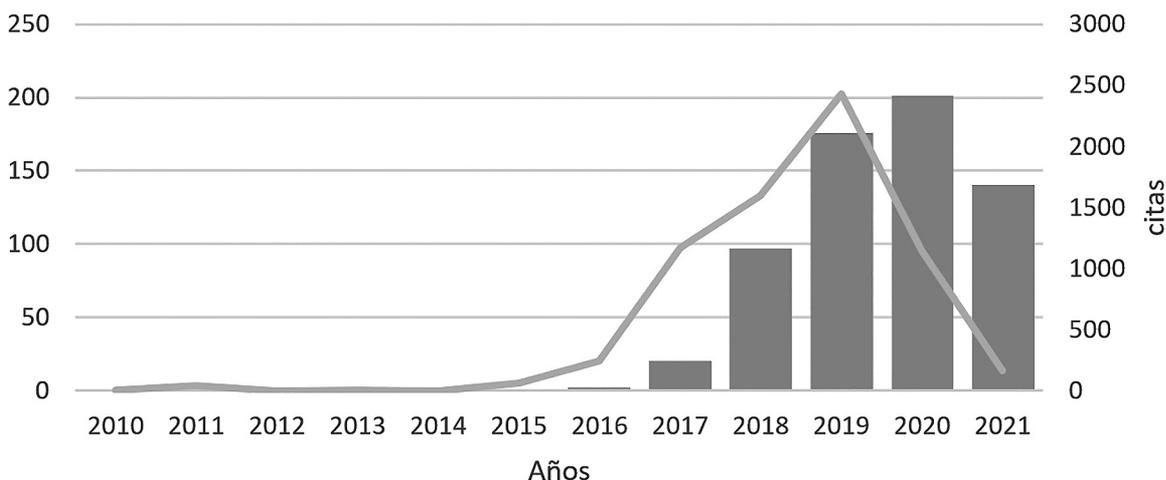


Figura 4. Número de publicaciones y citas por año.

Publicaciones	País	Publicaciones	Organización
13	Estados Unidos de Norteamérica	3	Nanjing University (3)
5	Alemania e India	2	Technical University of Berlin y York University (2)
4	Canadá y Reino Unido	3	Commonwealth Edison, IIIT Bhubaneswar, Ministry of Electronics and IT, Rancs Group LLC, Blockchain Hub, IIIT Sonepat, Rutgers University-Nesark Campus, Pennsylvania State University, The Royal Institute of Technology KTH, State University of New York System, Illinois Institute of Technology KTH, State University of New York System, Illinois Institute of Technology, Lockheed Martin Corporation, University of Victoria, The University of Manchester, University College Dublin, Southeast University Guangdong
3	China		
2	Australia, Brasil, Francia, Hong Kong, Rusia y Taiwan	1	University of Technology National Institute of Technology, Warangal Universidade de São Paulo, Hong Kong Polytechnic University, The University of Adelaide, Southwestern University, Vellore Institute of Technology, RMIT University Worcester Polytechnic Institute, University of Oulu, City University of Hong Kong, Indian Institute of Technology Bombay, University of Kentucky, University of Toronto, Harvard Law School, National Chung Hsing University, Technische Universität Wien

Tabla 7. Principales países e instituciones.

Entre las principales instituciones resaltan *IBM Research* y *Technical University of Berlin* con 9 publicaciones cada una, la *UNSW Sydney* con 8, el *Politecnico di Milano* y la *Universidad de Luxemburgo* con 7, siendo estas las más destacadas.

Conforme va avanzando el tiempo, la disponibilidad de información en torno a contratos inteligentes va en crecimiento, se puede observar que la tendencia de estudiar el tema va en aumento. Mientras que en el año 2010 no se publicó al respecto, en la actualidad se cuenta con un registro de 641 documentos, de los cuales 40 son considerados como información que aporta conocimiento de manera significativa. Las

principales áreas de conocimiento que se pudieron observar al realizar el análisis bibliométrico son las presentadas en la tabla 5.

Los principales tipos de fuente que se produjeron referente al tema de contratos inteligentes se pueden visualizar en la Tabla 8.

4. ANÁLISIS DEL MAPA DE EVOLUCIÓN SOBRE CONTRATOS INTELIGENTES

A continuación se presenta la evolución de contratos inteligentes. Se identifican las principales áreas temáticas durante el periodo de 2010 a 2021, utilizando la herramienta *SciMAT*.

Publicaciones	Fuente
3	International Journal of Production Research
2	Business Horizons; Computer Law And Security Review; Supply Chain Management
1	Australian Accounting Review; Decision Sciences; Electricity Journal; Financial Innovation; IEEE Engineering Management Review; Intelligent Systems in Accounting Finance and Management; International Journal of Information Management; International Journal of Production Economics; Journal of Cases on Information Technology; Journal of Cleaner Production; Journal of Emerging Technologies in Accounting; Journal of Information Systems; Journal of Management Analytics; Lecture Notes in Business Information Processing; Manufacturing and Service Operations Management; Review of Financial Studies; Strategic Change; Technological Forecasting and Social Change; Technology Analysis and Strategic Management; Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review

Tabla 8. Principales fuentes de información.

4.1. Análisis de las principales temáticas de investigación 2010-2021

A efecto de poder analizar la evolución de los temas principales, en la figura 5 se muestra el

diagrama estratégico para el periodo de 2010 a 2021, el cual incluye el número de publicaciones que concentra cada tema y el número de citas según los resultados obtenidos de la consulta en la base de datos de Scopus.

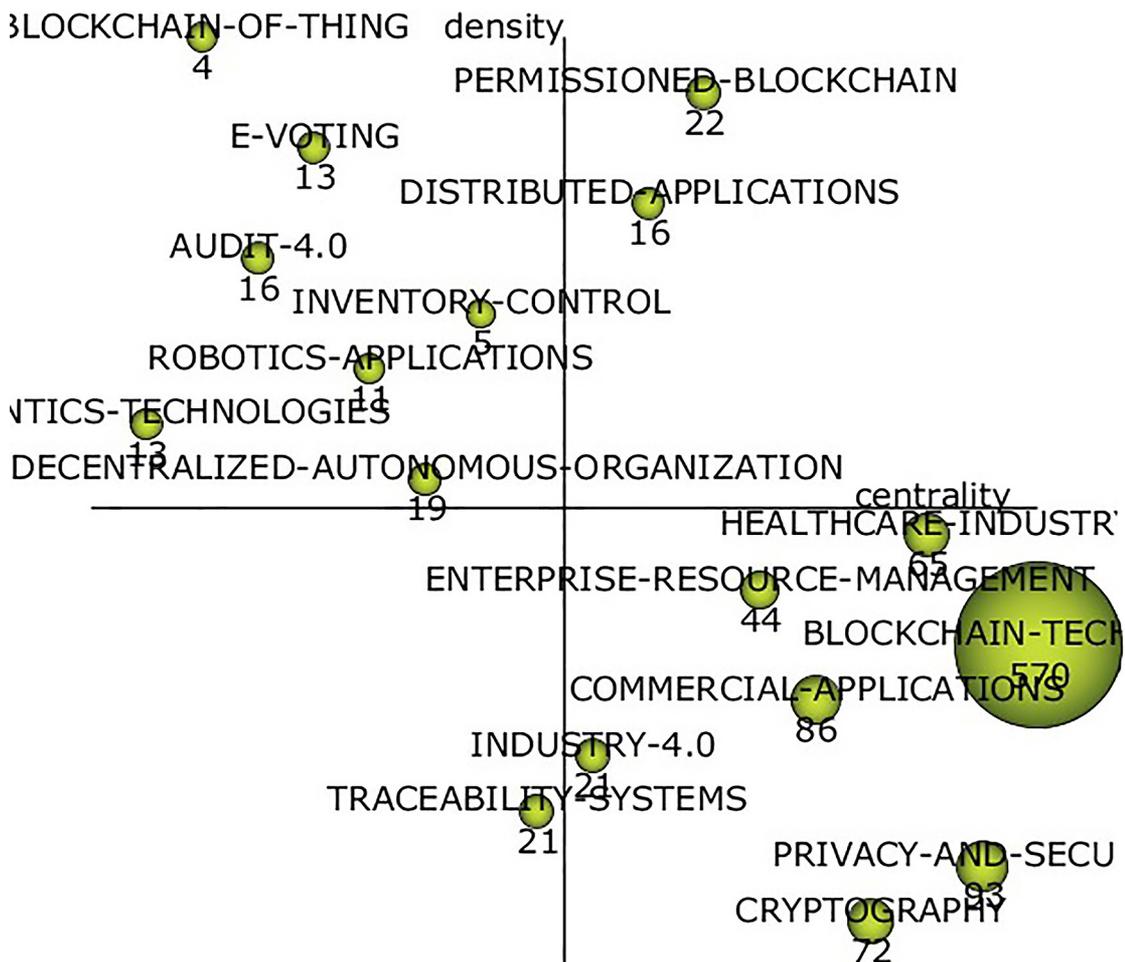


Figura 5. Diagrama estratégico de contratos inteligentes, 2010-2021.

Cluster	Publicaciones	h-Index	Promedio de Citas	Citas
BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY	570	37	10,844	6,181
PRIVACY-AND-SECURITY	93	10	6,495	604
COMMERCIAL-APPLICATIONS	86	12	6,174	531
CRYPTOGRAPHY	72	14	6,819	491
HEALTHCARE-INDUSTRY	65	11	11,169	726
ENTERPRISE-RESOURCE-MANAGEMENT	44	7	4,614	203
PERMISSIONED-BLOCKCHAIN	22	7	9,545	210
INDUSTRY-4.0	21	8	19,143	402
TRACEABILITY-SYSTEMS	21	6	20,429	429
DECENTRALIZED-AUTONOMOUS-ORGANIZATION	19	7	11,684	222
DISTRIBUTED-APPLICATIONS	16	5	6,375	102
AUDIT-4.0	16	7	13,312	213
SEMANTICS-TECHNOLOGIES	13	4	3,231	42
E-VOTING	13	3	5,769	75
ROBOTICS-APPLICATIONS	11	3	2,091	23
INVENTORY-CONTROL	5	5	34	168
BLOCKCHAIN-OF-THING	4	1	0.25	1

Tabla 9. Clústeres que conforman el diagrama estratégico de contratos inteligentes.

Para poder visualizar de manera más clara el desarrollo temático y las relaciones que existen entre las áreas temáticas, se realizó un nuevo análisis utilizando la herramienta *SciMAT* y organizando la información en dos periodos: 2010-2018

y 2019-2021 (véase figura 6). Para el primer periodo se contemplaron nueve años debido al bajo nivel de publicación de documentos (265). Mientras que para el periodo 2, la producción de material creció exponencialmente a 641 documentos.

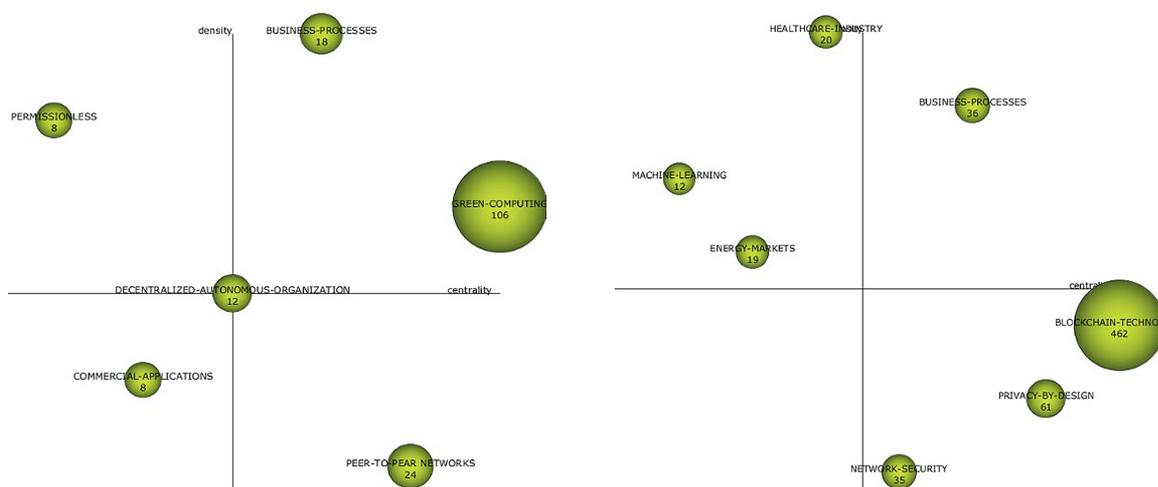


Figura 6. Mapa estratégico sobre el desarrollo temático por periodos:
a) 2010-2018. b) 2019-2021.

Referente a los nodos que aparecen en los mapas estratégicos, por su ubicación en el cuadrante y de acuerdo a la metodología, se puede determinar su centralidad. Es decir, que tanto se acerca al eje de las x , y su densidad en cuanto a qué distancia se encuentra del eje de las y .

Para el primer periodo, el nodo que presenta mayor densidad y centralidad es organización autónoma descentralizada que se encuentra exactamente en el origen; mientras que los valores obtenidos para el resto de los clústeres se observa en la tabla 7.

Período	Temas	Centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
2010-2018	GREEN-COMPUTING	77.56	1	49.27	0.67
	PEER-TO-PEER NETWORKS	10.88	0.83	13.27	0.17
	BUSSINESS-PROCESSES	9.44	0.67	104.29	1
	PERMISSIONLESS	2.27	0.17	50	0.83
	DECENTRALICED-AUTONOMOUS ORGANIZATION	6.49	0.5	41.33	0.5
	COMMERCIAL-APPLICATIONS	3.44	0.33	15.87	0.33
2018-2021	BLOCKCHAIN TECHNOLOGY	39.97	1	10.99	0.43
	PRIVACY-BY-DESIGN	9.27	0.86	8.67	0.29
	HEALTHCARE-INDUSTRY	1.31	0.43	24.77	1
	BUSSINESS-PROCESSES	4.44	0.71	17.67	0.86
	NETWORK-SECURITY	3.19	0.57	6.34	0.14
	MACHINE-LEARNING	0.32	0.14	15.91	0.71
	ENERGY-MARKETS	0.86	0.29	12.5	0.57

Tabla 10. Centralidad y densidad de los nodos principales.

Así pues con relación a los indicadores mencionados en la tabla anterior, el área temática de GREEN-COMPUTING y PEER-TO-PEER-NETWORKS, con valor de 1 y 0.83 son los que presentan mayor centralidad para el primer periodo. Mientras que en el segundo periodo, BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY y PRIVACY-BY-DESIGN son los de mayor centralidad, presentando un valor de 1 y 0.86 respectivamente. Para el indicador de densidad, encontramos que el tema Procesos de Negocio aparece en ambos periodos con una densidad

de 1 para el primer periodo y 0.86 en el segundo.

Resulta de suma importancia recalcar que una misma fuente documental puede estar incluida en varios temas. Lo anterior debido a las palabras utilizadas para su clasificación. Además, se observa en la figura 3 que los temas motores, así como temas básicos y transversales favorecen la consolidación y desarrollo de un campo específico de conocimiento, según su densidad y centralidad. En la figura 8 se observan los nodos y sus redes temáticas.

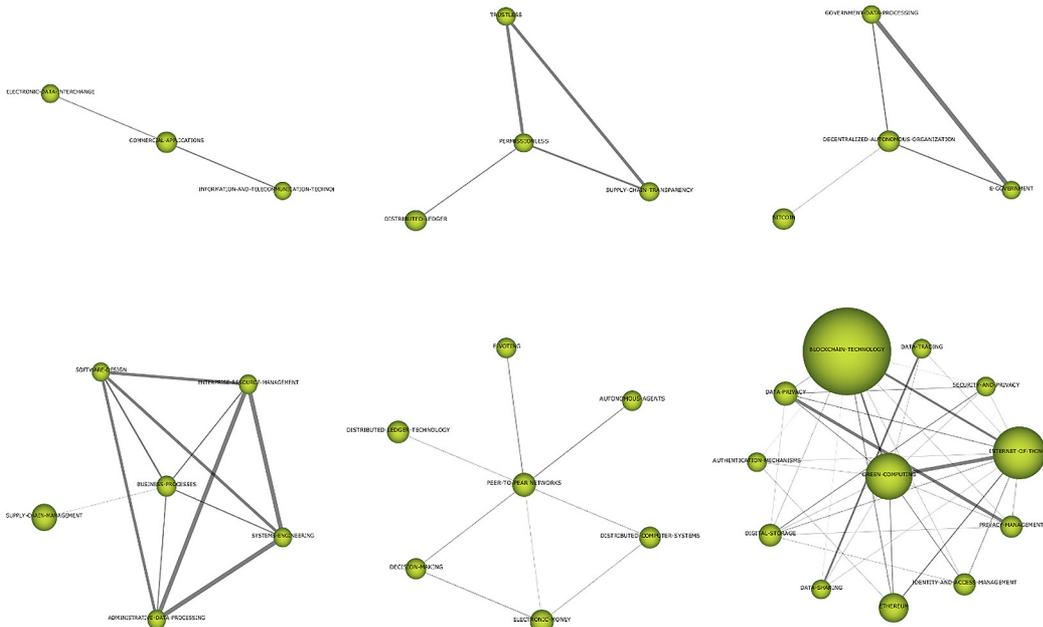


Figura 7. Nodos y redes temáticas del periodo 2010-2018.

Todos los nodos incluidos en las redes temáticas tienen cierto nivel de importancia con los contratos inteligentes. Lo anterior debido a que, directa o indirectamente, están incorporados en el proceso que hace posible la operación de este instrumento jurídico. Por ejemplo, el nodo de GREEN-COMPUTING tiene que ver con la optimización de los recursos tecnológicos, los cuales deben funcionar de manera eficaz y eficiente; pero además, de una manera amigable con el medio ambiente. La importancia del nodo de PEER-TO-PEER NETWORKS radica en la forma en como interactúan los equipos computacionales para procesar una instrucción o fracción del contrato inteligente, es así que cada nodo tiene su aportación con relación a los contratos inteligentes, ya sea de forma directa o indirecta.

A finales del primer periodo, aparece el nodo de GREEN-COMPUTING como un tema motor, pues se ubica en el cuadrante 1 con una centralidad alta de 77.56 y una densidad de 49.27 para un total de 106 publicaciones y 2,837 citas (ver Figura 8 (a)). Este concepto se refiere al alto consumo de energía que requiere la operación y transferencia de datos. Por ejemplo, en 2012, el 7% de la electricidad mundial fue utilizado en este proceso. A pesar de ello, estudios recientes señalan que una vez que se ha puesto en marcha la red, la cantidad de energía que utiliza es casi la misma, no importa si se incrementa el flujo de datos. Su red temática incluye conceptos como: BLOCKCHAIN, INTERNET-OF-THINGS, ETHEREUM, PRIVACY-MANAGEMENT, AUTHENTICATION-MECHANISMS, DIGITAL-STORE, DATA-TRADING, e IDENTITY-AND-ACCESS-MANAGEMENT.

El segundo tema en productividad es PEER-TO-PEER-NETWORKS, el cual es básico o transversal. Se ubica en el cuadrante 4 con una centralidad 10.88 y una densidad de 13.27, con un total de 24 publicaciones y 627 citas, (ver Figura 8 (d)). Aquí se incluyen temas como: E-VOTING, AUTONOMOUS-AGENTS, DISTRIBUTED-COMPUTER-SYSTEM, ELECTRONIC-MONEY, DECISION-MAKING, y DISTRIBUTED-LEDGER-TECHNOLOGY.

El tercer nodo: ORGANIZACIÓN AUTÓNOMA DESCENTRALIZADA, aparece en el centro del cuadrante con una centralidad de 6.49 y una densidad de 41.33 (ver Figura 8 (b)). Contiene 12 publicaciones y 407 citas. El mismo abarca

temas como: GOVERNMENT-DATA-PROCESSING, E-GOVERNMENT, y BITCOIN. En la cuarta posición de productividad aparece: PERMISSIONLESS. Se localiza en el cuadrante 2, por lo que se considera un tema periférico. (ver Figura 8 (c)). Este nodo cuenta con una densidad de 50 y una centralidad de 2.27. Contiene 8 publicaciones y 353 citas, reflejando temas como: TRUSTLESS, SUPPLY-CHAIN TRANSPARENCY y DISTRIBUTED LEDGER.

Para el siguiente periodo analizado, se observa en la Figura 9 las redes temáticas desprendidas de los nodos del periodo 2019-2021. Este se considera el periodo de mayor desarrollo.

El tema BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY es el más representativo en el segundo periodo analizado, el cual cuenta con 462 publicaciones y 3,332 citas. Este tema se encuentra dentro de los temas básicos y transversales por localizarse en el cuadrante 4, e integra principalmente relación con: INTERNET OF THINGS, DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGY, ETHEREUM, DIGITAL STORAGE, SUPPLY CHAIN MANAGEMENT, ELECTRONIC MONEY, entre otros (ver Figura 9 (a)).

PRIVACY-BY-DESIGN (véase Figura 9 (b)) es otro tema relacionado, el cual aborda 5 temas principales como: PRIVACY AND SECURITY, INFORMATION-TECHNOLOGY, DATA SHARING, ARTIFICIAL-INTELLIGENCE y PRIVACY-PROTECTION. De estos conceptos, cabe resaltar el papel que juega la inteligencia artificial para la implementación y uso de contratos inteligentes. El tema de la HEALTHCARE-INDUSTRY (véase Figura 9 (c)) se relaciona con AUTHENTICATION-MECHANISMS, SMART-HEALTHCARE, ELECTRONIC-HEALTH-RECORD y ELECTRONIC-DOCUMENT EXCHANGE. BUSINESS-PROCESSES (véase Figura 9 (d)) es un tema importante, ya que es el único que se ha mantenido durante los dos periodos. Se relaciona directamente con los temas SYSTEMS-ENGINEERING, MANAGEMENT-INFORMATION SYSTEMS, ENTERPRISE-RESOURCE-MANAGEMENT e INTER-ORGANIZATIONAL-PROCESSES.

El estudio de los contratos inteligentes aplicados en las contrataciones públicas sigue siendo un tema serio, debido a que se consideran eventos de alto riesgo como consecuencia de la rigidez en su estructura y los elevados costos

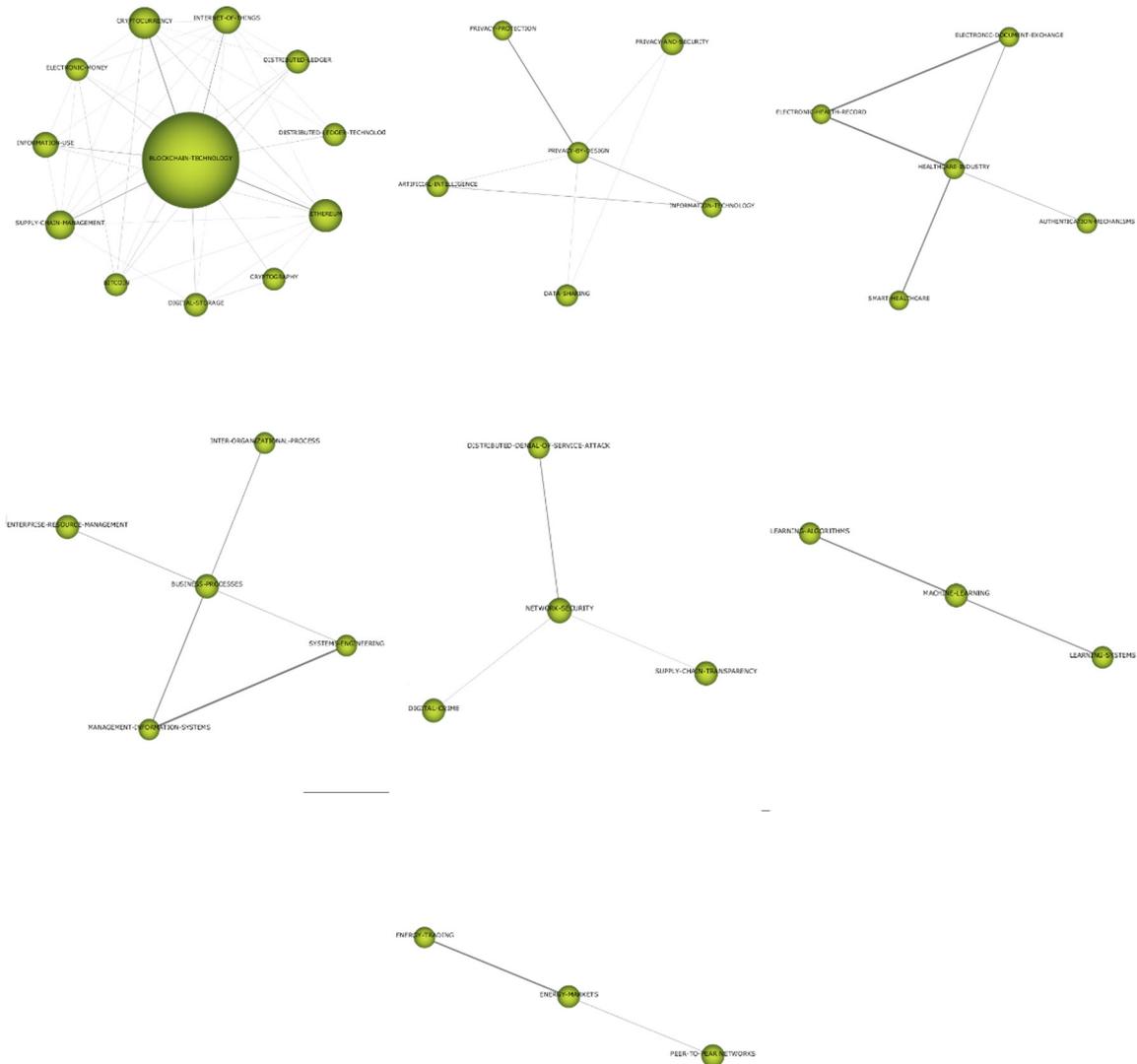


Figura 8. Redes temáticas del periodo 2019-2021 (a) BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY, (b) PRIVACY-BY-DESIGN, (c) HEALTH-CARE INDUSTRY, (d) BUSINESS-PROCESSES, (e) NETWORK-SECURITY, (f) MACHINE-LEARNING y (g) ENERGY-MARKETS.

de implementación de un proceso de esta naturaleza. Este incluye algunos otros factores de riesgo como son los comportamientos ventajosos de los agentes contratados o de los propios servidores públicos. Hasta el momento, la utilidad de *blockchain* ha sido principalmente en torno al registro de transacciones monetarias. Sin embargo, se desconocen muchas otras aplicaciones potenciales sobre esta herramienta. Por ejemplo, en el sector bancario se ofrece la posibilidad de eliminar cualquier intermediario que funja como entidad financiera, lo que traería como beneficio la disminución de costos

asociados y, por ende, una mayor participación del público en la inversión.

Sin duda alguna, el nuevo modelo económico mundial se está basando en la lógica de cadenas de bloque, lo que está teniendo un gran impacto. Además, guarda una relación muy estrecha con el surgimiento del internet de alta velocidad que hoy conocemos. Existe una gran posibilidad que con una regulación del sistema *blockchain* se logre hacer un uso similar del internet del valor como lo hacemos con el internet de la información. De esta manera, con las características propias de la

BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY, como son su lenguaje de código, la desintermediación, autonomía e inmutabilidad, implican nuevos retos tanto para los actores involucrados como para quienes los regulan. La creación de nuevas formas de ejecución automática de los “CONTRATOS INTELIGENTES” ha sido posible con el desarrollo de las tecnologías *blockchain*.

Una característica principal de los contratos inteligentes es su capacidad de autoejecución, lo anterior en cuanto a que realizan de manera automática una serie de transacciones o eventos establecidos de manera previa, con lo que se pretende eliminar la intervención del hombre. Debe resaltarse que otras características particulares que poseen los contratos inteligentes es que no pueden ser modificados ni detenida su ejecución, o mejor dicho, son inmutables. Una vez ingresado el código en el registro descentralizado, su protocolo es imparable, lo que puede generar varios problemas en la realidad.

El segundo tema más productivo es PRIVACY-BY-DESIGN, con 61 publicaciones y 285 citas, el tercer tema más productivo es

BUSINESS-PROCESSES, con 36 publicaciones y 135 citas.

El tema NETWORK-SECURITY, con una producción de 61 documentos y 106 citas, ocupa el cuarto lugar en cuanto a producción se refiere. Se puede comentar que las operaciones registradas en *blockchain* siempre quedan registradas en todos los nodos. Por lo que, el pretender realizar el cambio en uno de ellos sería sumamente sospechoso. Aunado a ello, el complejo sistema de verificación a través de la minería de datos reduce casi a cero cualquier tipo de robo de identidad o de hackeo. La *blockchain* por naturaleza evita a los hackers, pues necesitaría el consenso de la mayoría de los nodos, lo cual resulta casi imposible.

En la tabla 8 se observa la evolución de los nodos principales de la red de conocimiento desarrollados durante estos dos periodos. Como se puede observar, existen temas motores, periféricos y básicos. Solamente se visualizó un tema en declive o emergente durante el primer periodo, en este caso: COMERCIAL-APPLICATIONS.

Tema	P1: 2010-2018 Q (docs citas h-index)	P2: 2019-2021 Q (docs citas h-index)
GREEN-COMPUTING	Q1 (106 2,837 29)	
PEER-TO-PEAR NETWORKS	Q4 (24 627 12)	
BUSINESS-PROCESSES	Q1 (18 351 9)	Q1 (36 135 6)
DECENTRALIZED-AUTONOMOUS-ORGANIZATION	Q0 (12 407 8)	
PERMISSIONLESS	Q2 (8 353 7)	
COMMERCIAL-APPLICATIONS	Q3 (8 106 5)	
BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY		Q4 (462 3,332 24)
PRIVACY-BY-DESIGN		Q4 (61 285 6)
NETWORK-SECURITY		Q4 (35 106 5)
HEALTHCARE-INDUSTRY		Q2 (20 42 4)
ENERGY-MARKETS		Q2 (19 94 4)
MACHINE-LEARNING		Q2 (12 66 4)

Tabla 11. Principales temas de investigación relacionados con contratos inteligentes durante el periodo 2010-2021.

4.2. Mapa de evolución conceptual

Los mapas de evolución conceptual son de mucha utilidad para observar gráficamente el patrón de desarrollo dentro del campo de estudio a través de los periodos analizados. El tamaño de las esferas resulta proporcional al número de publicaciones de cada tema, en este caso, todos los clústeres pertenecen a la misma área temática. Las líneas también tienen un

significado específico, cuando es continua, representa el vínculo temático entre otras áreas. Mientras que cuando es punteada, indica que las áreas temáticas solamente comparten algunas palabras clave. El grosor de la línea es otro indicador, mientras más gruesa sea, mayor es la tasa de inclusión (Manuel Jesús Cobo *et al.*, 2012). A continuación, se muestra la evolución conceptual y el desarrollo de las áreas temáticas identificadas en la figura 6.

En la figura 6 se puede observar la permanencia del área temática BUSINESS-PROCESSES en ambos periodos. Lo que llama la atención es la disminución de citas durante el segundo periodo, ya que, de 351 citas durante el primer periodo, cayó a 135 citas a pesar de que el número de publicaciones aumentó al doble al pasar de 18 a 36 en el segundo periodo (ver Tabla 10). Esto es indicativo de un tema en declive, lo que confirma su aparición en el cuadrante Q3.

En el mapa de evolución conceptual se observan dos cosas importantes, la permanencia en el tiempo de BUSINESS-PROCESSES, y la fuerte relación que se da entre GREEN-COMPUTING y BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY. Sin duda alguna, BLOCKCHAIN-TECHNOLOGY

es un concepto que va adquiriendo mucha importancia dentro de nuestro campo de estudio. Habrá otros temas que se desarrollen en torno a los contratos inteligentes, por ejemplo, la NETWORK-SECURITY y PRIVACY-BY-DESIGN.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Sin duda alguna, el tema de contratos inteligentes ha tenido una evolución positiva desde el año 2010, donde apenas contaba con una publicación y una sola cita. Hasta el 2021, en donde ya se contaba con 641 publicaciones y unos miles de citas, no es más que un indicador de que el tema se encuentra en auge y será fuente de investigación en un futuro inmediato.

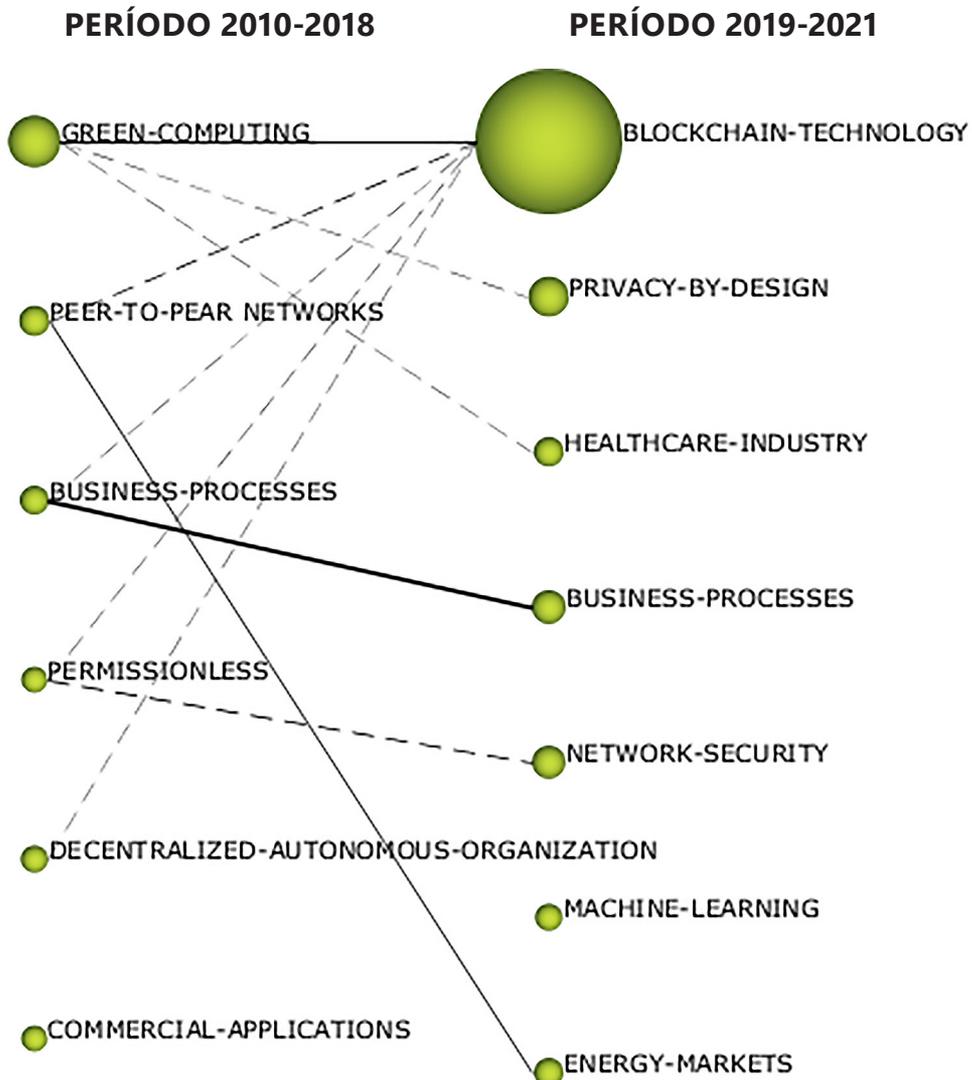


Figura 9. Mapa de evolución conceptual para el período 2010-2021.

Cabe destacar que las 641 publicaciones identificadas del 2010 al 2021 tuvieron un índice H de 40. El promedio de citas por artículo fue de 10.59, el total de citas obtenidas ascendió a 6,367 durante el periodo de análisis. No existió una relación entre los autores más citados con los más productivos. Por lo que se puede decir que no se refleja un equilibrio entre el impacto y el número de publicaciones existentes.

Las organizaciones más productivas sobre el tema en cuestión son: IBM Investigación (9), Universidad Técnica de Berlín (9), UNSW Sydney(8), Politécnico de Milano (7), Universidad de Luxemburgo (7). Igualmente, los países que destacan por publicación son: Estados Unidos (125), China e India (62), Alemania (53), Reino Unido (48), Italia (36).

A manera de historia, se habla de los contratos inteligentes desde hace más de dos décadas. El primero en teorizar dicho concepto fue el criptógrafo estadounidense Nick Szabo. En la actualidad, con el desarrollo de la tecnología *blockchain*, el concepto ha adquirido importancia de nueva cuenta. Es decir, está resurgiendo y convirtiéndose en una realidad. Una característica primordial de los contratos inteligentes es que son auto gestionables; es decir, no requieren de la intervención del hombre. Pues a pesar de que son creados por hombres, también pueden crearse de manera autónoma, ser autorregulables y cuentan con una validez jurídica. Estos no dependen de las autoridades por encontrarse a la vista de los involucrados y porque no pueden ser modificados. La clave de estos tipos de contratos es su capacidad de ejecutarse y hacerse cumplir por sí mismos, sin la intervención de intermediarios.

Dentro de las principales aplicaciones que se vislumbra para los contratos inteligentes, según Maher Alharby y Aad Van Moorsel (2017), están los procesos de arrendamiento, compraventa, etcétera que conformarían un grupo identificado como el internet de las cosas y propiedad inteligente. Otra aplicación es sobre el registro de los derechos de propiedad. Por ejemplo, respecto a las obras musicales, mediante un contrato inteligente, el autor recibiría directamente el pago de parte de la persona que escucha la obra. Una tercera aplicación la podemos observar en el comercio electrónico, con la ventaja de reducir costos de transacción. Como en el caso anterior, el pago se realiza cuando el

cliente reciba a satisfacción el bien o producto objeto del contrato. Estas modalidades pueden ser aplicadas en los procesos de adquisiciones públicas.

Así pues, los contratos inteligentes son una innovación tecnológica que, a través del uso de la tecnología *blockchain*, se realizan transacciones de manera segura, rápida y casi sin riesgo de incumplimiento. A pesar de ello, aún existe un sinfín de dudas respecto a su validez jurídica y respecto a si le aplica toda la legislación vigente para contratos o no. A través de la validación de los datos contenidos en estos contratos, las grandes empresas ya los utilizan para agilizar el proceso de contratación y adquisición de bienes y servicios. Aún existen algunos temas que requieren revisión, como es el no contar con las firmas autógrafas de quienes intervienen en él, y la posibilidad de falsificación de las identidad de las parte.

Resulta necesario pues, conocer el concepto de Contratos Inteligentes para el futuro del Derecho Contractual y de la Economía Digital, sin duda, algunas instituciones y personas estarán en contra de que se consideren como alternativas legales autorizadas, no obstante, por el adelanto tecnológico que se presenta en la actualidad solo será cuestión de tiempo su desarrollo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Autónoma de Zacatecas, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (COZCYT) para la realización de este estudio.

Declaración de contribución

Conceptualización, investigación, administración, recursos, supervisión: Rubén Trejo Guardado.

Curación de datos, Escritura-borrador original, visualización: Eduardo Alejandro Carmona, Norma Guadalupe Pérez Martínez, Blanca Yasmin Vázquez Trejo.

Análisis formal: Eduardo Alejandro Carmona, Iván Saúl Jiménez Hernández.

Validación: Rubén Trejo Guardado, Herlinda Goretta López Verver y Vargas

Redacción: Rubén Trejo Guardado.

Revisión y edición: Norma Guadalupe Pérez Martínez, Blanca Yasmin Vázquez Trejo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés de ningún tipo que pudiera influir en el contenido del presente trabajo de investigación.

Declaración de consentimiento de datos

Los datos generados durante este estudio han sido incluidos en el manuscrito. ●

REFERENCIAS

- ALONSO, S., CABRERIZO, F. J., HERRERA-VIEDMA, E., & HERRERA, F. (2009). A review focused in its variants, computation and standardization for different scientific fields. *Journal of Informetrics*, 3 (4), 273-289.
- COBO, M. J., LÓPEZ-HERRERA, A.-G., HERRERA, E., & HERRERA, F. (2012). *Journal of the American Society for Information Science and Technology*.
- COBO, M. J., LÓPEZ-HERRERA, A. G., HERRERA-VIEDMA, E., & HERRERA, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field [Article]. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>
- COBO, M. J., LÓPEZ-HERRERA, A. G., HERRERA-VIEDMA, E., & HERRERA, F. (2012). *SciMAT: A new science mapping analysis software tool* [Article]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609-1630. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/asi.22688>
- FURSTENAU, L. B., RODRIGUES, Y. P. R., SOTT, M. K., LEIVAS, P., DOHAN, M. S., LÓPEZ-ROBLES, J. R., ... CHOO, K.-K. R. (2022). Internet of things: Conceptual network structure, main challenges and future directions. *Digital Communications and Networks*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.04.027>
- FURSTENAU, L. B., SOTT, M. K., HOMRICH, A. J. O., KIPPER, L. M., AL ABRI, A. A., CARDOSO, T. F., ... COBO, M. J. (2020). 20 Years of Scientific Evolution of Cyber Security: a Science Mapping. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Dubai, UAE.
- FURSTENAU, L. B., SOTT, M. K., KIPPER, L. M., MACHADO, Ê. L., LÓPEZ-ROBLES, J. R., DOHAN, M. S., ... IMRAN, M. A. (2020). Link between sustainability and industry 4.0: trends, challenges and new perspectives. *Ieee Access*, 8, 140079-140096. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3012812>
- GAMBOA-ROSALES, N. K., CASTORENA-ROBLES, A., COBO, M. J., & LÓPEZ-ROBLES, J. R. (2022). Research on Innovative Materials and Technologies for Water Treatment and Water Desalination: A Conceptual Analysis from 1969 to 2019. In *Sustainable Energy-Water-Environment Nexus in Deserts* (pp. 85-93). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-76081-6_9
- GAMBOA-ROSALES, N. K., CELAYA-PADILLA, J. M., HERNANDEZ-GUTIERREZ, A. L., MORENO-BAEZ, A., GALVÁN-TEJADA, C. E., GALVÁN-TEJADA, J. I., ... LÓPEZ-ROBLES, J. R. (2020). Visualizing the Intellectual Structure and Evolution of Intelligent Transportation Systems: A Systematic Analysis of Research Themes and Trends. *Sustainability*, 12(21), 8759. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12218759>
- GAMBOA-ROSALES, N. K., LÓPEZ-ROBLES, L. D., FURSTENAU, L. B., SOTT, M. K., COBO, M. J., & LÓPEZ-ROBLES, J. R. (2021). Determining Technologies Trends and Evolution of Smart Building Technologies by Bibliometric Analysis from 1984 to 2020: Trends, research opportunities and future perspectives. *Handbook of Smart Materials, Technologies, and Devices: Applications of Industry 4.0*, 1-33. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-58675-1_42-1
- GARFIELD, E., & MERTON, R. (1979). *Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities*.
- GARFIELD, E., & MERTON, R. K. (1979). *Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities* (Vol. 8). Wiley New York.
- HERNANDEZ-GUTIERREZ, A. L., HERNÁNDEZ-PONCE, J. R., & LÓPEZ-ROBLES, J. R. (2021). Análisis temático de la investigación,

- desarrollo e innovación dentro de la gestión empresarial y administración de empresas desde 2015 a 2019. *Revista de Estudios Empresariales. Segunda Época* (1), 89-106. <https://doi.org/https://doi.org/10.17561/ree.n1.2021.5602>
- HERRERA-VIEDMA, E., LÓPEZ-ROBLES, J.-R., GUALLAR, J., & COBO, M.-J. (2020a). Global trends in coronavirus research at the time of Covid-19: A general bibliometric approach and content analysis using *SciMAT. El profesional de la información*, 1-20.
- HERRERA-VIEDMA, E., LÓPEZ-ROBLES, J. R., GUALLAR, J., & COBO, M. J. (2020b). Global trends in coronavirus research at the time of Covid-19: A general bibliometric approach and content analysis using *SciMAT. El Profesional de la Información*, 2020, vol. 29, num. 3. <https://doi.org/https://doi.org/10.3145/epi.2020.may.22>
- JIMÉNEZ-CONTRERAS, E. (2000). Los métodos bibliométricos: estado de la cuestión y aplicaciones. *UCM Cuadernos de Documentación Multimedia*, (10), 757-771.
- LASKOWSKI, M., & KIM, H. M. (2016). Rapid prototyping of a text mining application for cryptocurrency market intelligence. 17th IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, IRI 2016,
- LEGERÉN-MOLINA, A. (2018). Los contratos inteligentes en España (La disciplina de los smart contracts)/Smart contracts in Spain; the regulation of smart contracts. *Revista de Derecho civil*, 5(2), 193-241.
- LÓPEZ-ROBLES, J. R., COBO, M. J., GAMBOA-ROSALES, N. K., & HERRERA-VIEDMA, E. (2020). Mapping the Intellectual Structure of the International Journal of Computers Communications and Control: A Content Analysis from 2015 to 2019. International Conference on Computers Communications and Control,
- LÓPEZ-ROBLES, J. R., GUALLAR, J., OTEGI-OLASO, J. R., & GAMBOA-ROSALES, N. K. (2019). El profesional de la información (EPI): bibliometric and thematic analysis (2006-2017). *El profesional de la información*, 28(4), e280417. <https://doi.org/https://doi.org/10.3145/epi.2019.jul.17>
- LÓPEZ-ROBLES, J. R., OTEGI-OLASO, J. R., PORTO-GÓMEZ, I., & COBO, M. J. (2019). 30 years of intelligence models in management and business: A bibliometric review. *International Journal of Information Management*, 48, 22-38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.013>
- LÓPEZ-ROBLES, J. R., RODRÍGUEZ-SALVADOR, M., GAMBOA-ROSALES, N. K., RAMÍREZ-ROSALES, S., & COBO, M. J. (2019). The last five years of Big Data Research in Economics, Econometrics and Finance: Identification and conceptual analysis. *Procedia Computer Science*, 162, 729-736. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.044>
- MARTÍNEZ, M., HERRERA, M., LÓPEZ, J., & HERRERA, E. (2014). H-Classics: Caracterizar el concepto de citas clásicas a través del índice H. *Cienciometría*, 98(3), 1971-1983.
- MORAL-MUÑOZ, J. A., HERRERA-VIEDMA, E., SANTISTEBAN-ESPEJO, A., & COBO, M. J. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. <https://doi.org/https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
- PADILLA SÁNCHEZ, J. A. (2020). Blockchain y contratos inteligentes: Aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos. *Revista de Derecho Privado* (39), 175-201.
- PALOMO ZURDO, R. J. (2018). «Blockchain»: la descentralización del poder y su aplicación en la defensa. *bie3: Boletín IEEE* (10), 885-904.
- RODRIGUEZ-SALVADOR, M., FOX-MIRANDA, I., PEREZ-BENITEZ, B. E., & LOPEZ-ROBLES, J. R. (2022). Research Dynamics of Tissue Spheroids as Building Blocks: A Scientometric Analysis. *International Journal of Bioprinting*, 8(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18063/ijb.v8i3.585>
- STERNITZKE, C., & BERGMANN, I. (2009). Similarity measures for document mapping: A comparative study on the level of an individual scientist. *Scientometrics*, 78(1), 113-130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11192-007-1961-z>
- VALENCIA RAMÍREZ, J. P. (2019). Contratos inteligentes. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(14), 1-10.

