

Cripto-Nube: integración de computación en la nube y blockchain en sectores empresariales: Systematic Literature Review

Miguel Joseph Rodríguez Veliz
Universidad Técnica de Manabí, **UTM**
miguel.rodriguez@utm.edu.ec
Portoviejo, Manabí, Ecuador
Jerimy Isaac Moreira Alcivar
Universidad Técnica de Manabí, **UTM**
jmoreira1969@utm.edu.ec
Rocafuerte, Manabí, Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.56124/encriptar.v8i15.013>

Resumen

Esta investigación analiza la convergencia de la computación en la nube y blockchain, denominada en esta investigación como "Cripto-Nube", y su impacto en los entornos empresariales. La combinación de estas tecnologías ofrece mejoras en seguridad, transparencia y cumplimiento de normativas, como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR). Además, introduce innovaciones como las redes definidas por software (SDN) y la computación en la niebla y en el borde, que optimizan la eficiencia y el procesamiento de datos en tiempo real. El estudio utilizó la metodología PRISMA para realizar una revisión sistemática de la literatura. Las preguntas de investigación se centraron en cómo la integración de blockchain y la computación en la nube mejora los entornos empresariales, cuáles son las mejores prácticas para su implementación y las dificultades asociadas. Entre los beneficios identificados se encuentran la mejora en la seguridad, la trazabilidad y la gestión de datos en sectores como la agricultura, la manufactura, las finanzas y las cadenas de suministro. Las mejores prácticas incluyen el uso de arquitecturas híbridas que combinan blockchain con computación en la niebla y el borde para optimizar el rendimiento. Sin embargo, se destacaron desafíos como la latencia y el bloqueo de proveedor, que complican la implementación de servicios basados en blockchain y computación en la nube. Finalmente, Cripto-Nube puede transformar los entornos empresariales, mejorando la competitividad y la eficiencia de las operaciones. Este trabajo ofrece una base para investigaciones futuras que deseen explorar cómo implementar y optimizar esta convergencia tecnológica en diversos sectores empresariales.

Palabras clave: Cripto-Nube; Blockchain; Computación en la Nube; Escalabilidad; Seguridad.

Crypto-Cloud: Integration of Cloud Computing and Blockchain in Business Sectors: Systematic Literature Review

ABSTRACT

This research analyzes the convergence of blockchain technology and cloud computing, referred to in this study as "Crypto-Cloud," and its impact on business environments. The combination of these technologies offers improvements in security, transparency, and regulatory compliance, such as with the General Data Protection Regulation (GDPR). Additionally, it introduces innovations like Software-Defined Networks (SDN), fog computing, and edge computing, which optimize efficiency and enable real-time data processing. The study employed the PRISMA methodology to conduct a systematic literature review. The research questions focused on how the integration of blockchain and cloud computing enhances business environments, the best practices for implementation, and the associated challenges. Identified benefits include enhanced security, traceability, and data management in sectors such as agriculture, manufacturing, finance, and supply chains. Best practices include the use of hybrid architectures that combine blockchain with fog and edge computing to optimize performance. However, challenges such as latency and vendor lock-in complicate the implementation of blockchain and cloud-based services. Ultimately, Crypto-Cloud can transform business environments, enhancing the competitiveness and efficiency of operations. This work provides a foundation for future research aimed at exploring how to implement and optimize this technological convergence in various business sectors.

Keywords: Crypto-Cloud; Blockchain; Cloud Computing; Scalability; Security.

1. Introducción

La aplicación del uso de blockchain en conjunto con la computación en la nube presenta una gran oportunidad en el aumento de la competitividad y eficiencia en las operaciones de negocios de las empresas. Esta tecnología no solo ofrece ventajas en términos de seguridad y transparencia, sino que también es esencial para cumplir normativas de protección de datos tales como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR). Este reglamento es la causa fundamental para el uso de la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain en los estudios (Ahmad &

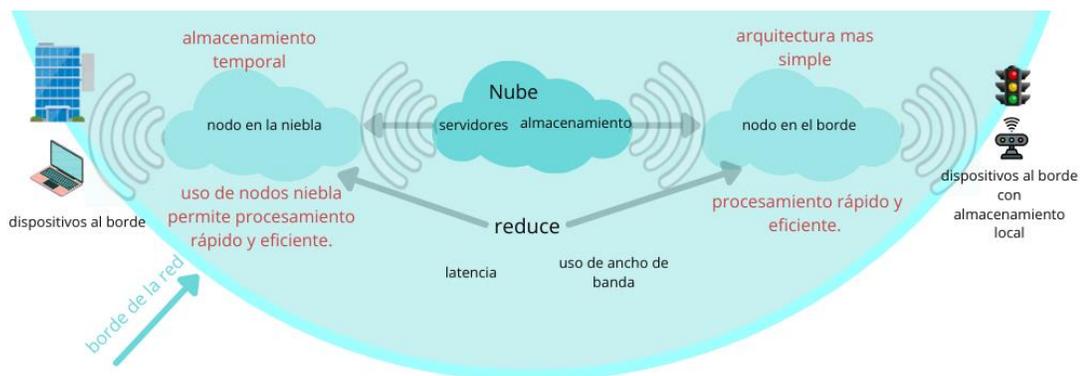
Aujla, 2023; Llanos et al., 2023). La integración descrita como Cripto-Nube también nos ofrece consigo ventajas tecnológicas, como las redes definidas por software (SDN). Las SDN son utilizadas en los estudios de (Rahman et al., 2022; Golightly et al., 2023; Rahman et al., 2021) para optimizar la gestión de recursos y eficiencia de red. Las SDN se mencionan como un punto de partida para el estudio de las redes 6G (Hasan et al., 2024). La descentralización que conlleva el uso de la tecnología blockchain trae diferentes ramas de aplicación para la computación en la nube, tales como la computación en la niebla, mencionada en las investigaciones de (Martinez et al., 2022; Núñez et al., 2022; El Haddouti & El Kettani, 2022; Cai et al., 2022). También aparece la computación al borde, la cual es mencionada en los trabajos investigativos de (Cai et al., 2022; Han et al., 2023; Sakthi & DafniRose, 2022; Saha et al., 2023), estas dos ramas de la computación en la nube son frecuentemente utilizadas en convergencia con blockchain. El aporte principal de esta investigación radica en ofrecer una visión integral y actualizada sobre la integración de la tecnología blockchain y la computación en la nube en entornos empresariales. Esta investigación se centró en analizar la convergencia de la tecnología blockchain y la computación en la nube refiriéndonos a ella como “Cripto-Nube”. Se basó en analizar cómo la integración de estas dos tecnologías ayuda a los entornos empresariales de distintos lugares del mundo.

1.1. Innovaciones Tecnológicas: Computación en la Nube, IoT, y Blockchain

En la era digital actual, la computación en la nube ha revolucionado la manera en que las organizaciones y usuarios acceden a los servicios informáticos, permitiendo la provisión de recursos a través de internet sin necesidad de infraestructura física local. La computación en la nube está compuesta por servicios como IaaS, PaaS y SaaS (Cloud, 2011), lo que ha

facilitado el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos y el desarrollo ágil de aplicaciones. Paralelamente, el Internet de las Cosas (IoT) ha facilitado la interconexión de dispositivos cotidianos, generando grandes cantidades de datos y demandando nuevas estrategias para su gestión y seguridad (Kotel et al., 2023; Rahman et al., 2021). Para optimizar el procesamiento de estos datos, surgieron conceptos como la computación en la niebla y la computación en el borde (Resul & Muhammad, 2023). En las Figuras 1 se presentan las estructuras de la computación en la niebla y en el borde.

Figura 1. Esquema de la computación en la niebla a la izquierda y de la computación en el borde a la derecha.

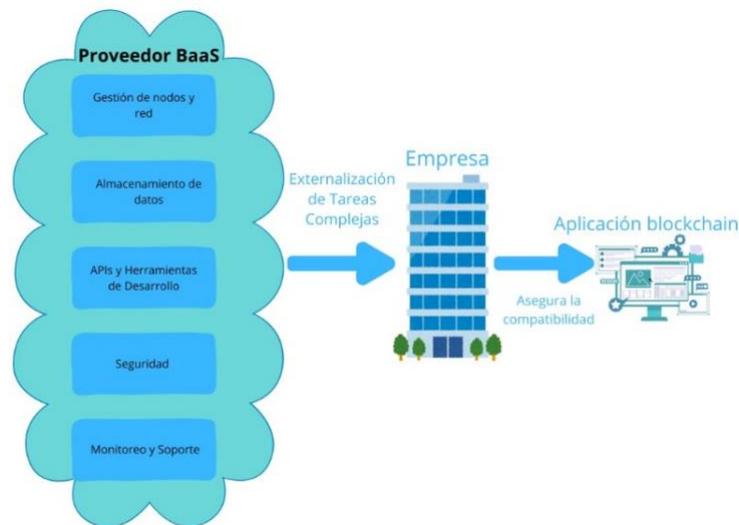


Fuente: Resul & Muhammad (2023).

Estas tecnologías extienden los recursos de la nube hacia los dispositivos finales, permitiendo un procesamiento más rápido y en tiempo real (Samaniego et al., 2016; Wan et al., 2022). Son cruciales para aplicaciones que requieren baja latencia, como los vehículos autónomos y la monitorización de la salud (Saha et al., 2023; Han et al., 2023). Finalmente, el uso de blockchain como tecnología descentralizada ha demostrado su potencial para

asegurar la integridad de los datos (Yadav et al., 2022; Arévalo et al., 2020). Su implementación a través del modelo Blockchain como Servicio (BaaS) facilita su adopción a gran escala (Cai et al., 2022; Singh & Michels, 2018; Weilin et al., 2019). La Figura 2 ilustra el trabajo del que se encarga un proveedor de un servicio BaaS.

Figura 2. Funcionamiento de un servicio BaaS.



Fuente: Weilin et al. (2019).

1.2. Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación que guían esta revisión son: P1. ¿Cómo la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain puede mejorar los entornos empresariales? P2. ¿Qué estudios previos relacionados exploran prácticas de integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain? P3. ¿Cuáles son las mejores prácticas usadas para la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain? P4. ¿Cuáles son las dificultades específicas que surgen al implementar la computación en la nube y la tecnología blockchain?

A continuación, se presenta una organización del documento que describe el desarrollo de esta revisión, basada en la metodología PRISMA, el cual establece los siguientes apartados: introducción, metodología, resultados, discusión y conclusiones.

2. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura basada en las etapas de la metodología PRISMA 2020, que incluye una lista de 27 elementos para guiar el informe de revisiones sistemáticas. Más información en <http://www.prisma-statement.org/>

2.1. Planificación

En la etapa de planificación se organizaron los pasos: objetivo de búsqueda, preguntas de investigación y criterios de inclusión y exclusión. El objetivo principal de esta revisión fue identificar estudios que integran computación en la nube y blockchain en entornos empresariales. Para este propósito, se definieron cuatro preguntas de investigación. Estas preguntas, junto a sus motivaciones, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación de revisión sistemática de la literatura.

Preguntas de Investigación	Resultados esperados
P1. ¿Cómo la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain puede mejorar los entornos empresariales?	Obtener información de la aplicación de Cripto-Nube en entornos empresariales.
P2: ¿Qué estudios previos relacionados exploran prácticas de integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain?	Identificar características útiles para integrar blockchain y computación en la nube.
P3: ¿Cuáles son las mejores	Examinar técnicas eficientes del

prácticas usadas para la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain?	uso de Cripto-Nube.
P4: ¿Cuáles son las dificultades específicas que surgen al implementar la computación en la nube y la tecnología blockchain?	Identificar las dificultades de integrar blockchain y computación en la nube.

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión con el fin de garantizar que los estudios y documentos seleccionados sean relevantes y de alta calidad. Para este análisis sobre la implementación de tecnologías blockchain y computación en la nube en entornos empresariales, se consideraron los criterios descritos en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Documentos que aborden practicas exitosas y dificultades en la implementación de tecnologías blockchain y la computación en la nube en entornos empresariales.	Documentos desactualizados o que no cumplan con los estándares académicos y de investigación.
Estudios relacionados con la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain.	Estudios no relacionados directamente con la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain.
Investigaciones publicadas en los últimos cinco años para asegurar relevancia y actualización de la información.	Investigaciones que no aborden el ámbito empresarial o no proporcionen información relevante.

2.2. Búsqueda y selección

La fase de búsqueda y selección inició definiendo términos enfocados en la integración de blockchain y computación en la nube, así como su uso en entornos empresariales. Se estableció un grupo de artículos preliminares que sirvieron como base para normalizar e identificar términos frecuentes para la

construcción de cadenas de búsqueda candidatas. Los términos incluidos fueron: Blockchain, computación en la nube y entornos empresariales. Como resultado, se definió la cadena de búsqueda: blockchain AND cloud computing AND business environment. La Tabla 3 presenta las bases de datos utilizadas en la revisión junto con la cadena de búsqueda aplicada.

Tabla 3. Cadena de búsqueda aplicada en las fuentes de información.

No.	Bases de datos	Formato de cadena de investigación
1	PubMed	(blockchain) AND (cloud computing) AND (business environment)
2	IEEE Xplore	(blockchain) AND (cloud computing) AND (business environment)
3	Science Direct	(blockchain) AND (cloud computing) AND (business environment)
4	Scopus	(blockchain) AND (cloud computing) AND (business environment)
5	Mendeley	(blockchain) AND (cloud computing) AND (business environment)

La fase de identificación permitió recopilar estudios de las bases de datos seleccionadas para la búsqueda. Estos estudios fueron evaluados en función de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Se realizó una lectura preliminar de los documentos y se evaluó su contenido.

Los estudios fueron sometidos a un proceso de evaluación de calidad, considerando el enfoque general y su contribución a esta investigación. Este análisis permitió identificar elementos estructurales que cumplen con los estándares requeridos para el desarrollo del estudio.

2.3. Extracción de información

En la etapa de extracción de información se incluyeron 3 criterios: propósito del estudio, análisis de resultados, técnicas utilizadas. La Tabla 4 describe detalladamente cada uno de los criterios mencionados.

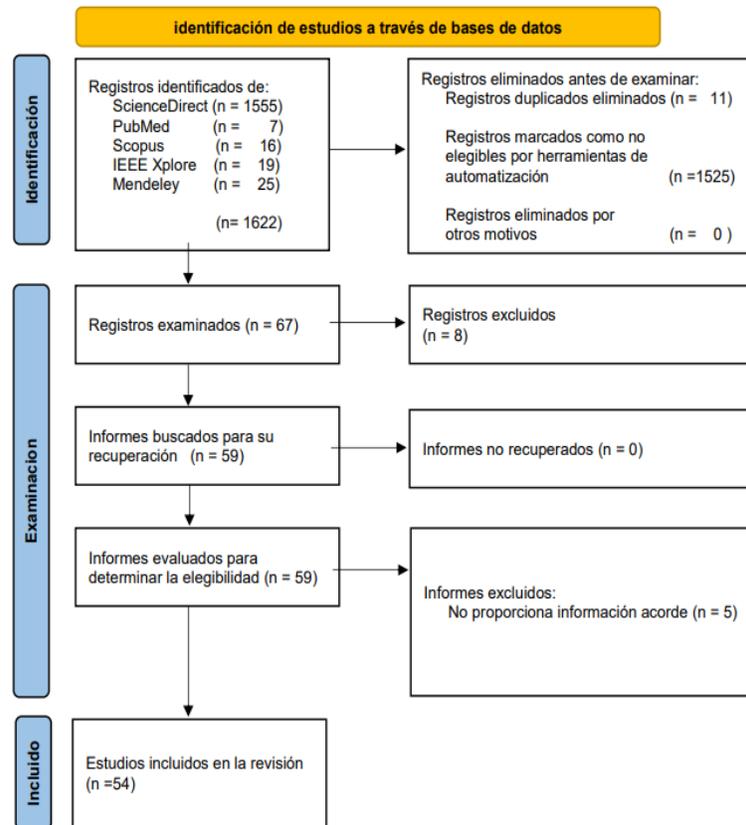
Tabla 4. Descripción de los criterios de extracción de información.

Crterios	Descripción
C1. Propósito del estudio	Identificar el propósito de la investigación y su relación con el enfoque del SLR.
C2. Análisis de resultados	Detectar casos de uso relacionados en diversos contextos de aplicación.
C3. Técnicas utilizadas	Identificar las técnicas empleadas en los diferentes entornos existentes.

3. Resultados y Discusión

En cuanto a los resultados de la búsqueda y selección de artículos, en la fase de identificación, se procesaron inicialmente 1622 estudios. Tras eliminar 11 estudios duplicados y 1525 estudios mediante herramientas de filtrado de las bases de datos, se procedió a evaluar 67 estudios mediante la lectura de títulos, resúmenes y palabras clave. En la fase de evaluación, se analizaron 67 estudios a partir de la lectura del texto completo, de los cuales 5 artículos fueron excluidos por la ausencia de aplicación de técnicas que integraron Cripto-Nube. En la fase de inclusión, se culminó con 54 artículos incluidos en el SLR, que permitieron responder a las preguntas de investigación. La Figura 3 resume los resultados obtenidos durante el proceso de búsqueda y selección de los artículos.

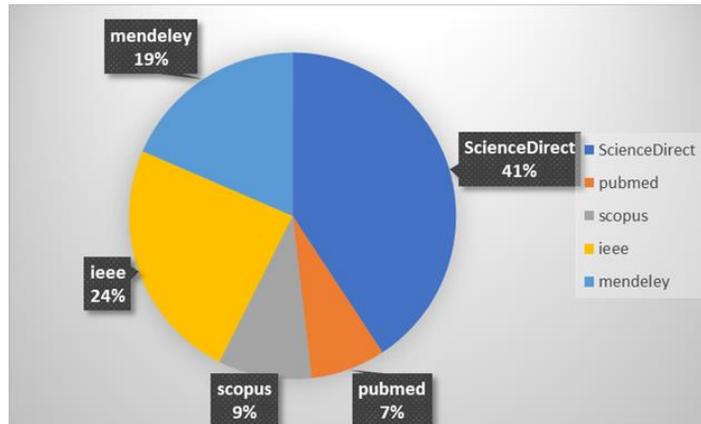
Figura 3. Diagrama de flujo de la búsqueda y selección de artículos.



3.1. Análisis de la calidad de los estudios

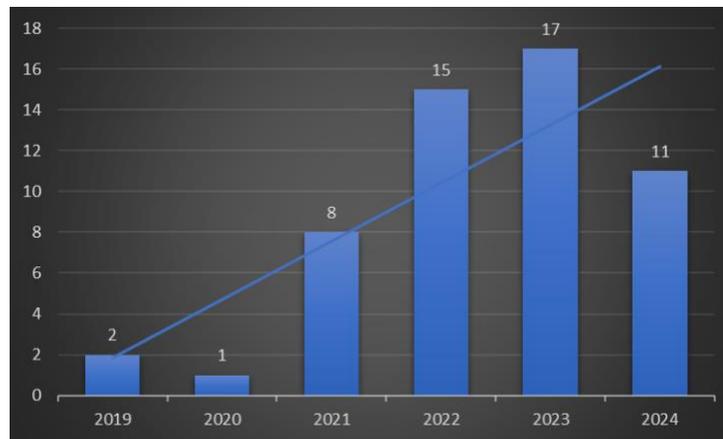
En esta sección se presentan los resultados de la evaluación del texto completo incluido en el SLR. El número de artículos obtenidos fue de 54. En la figura 4 se pueden apreciar los porcentajes obtenidos en la revisión.

Figura 4. Texto completo incluido en SLR, por bases de datos.



La Figura 5 muestra el número de estos estudios por año de publicación, donde se aprecia un claro aumento del interés por este tipo de enfoque de integración entre la computación en la nube y blockchain, Cabe destacar que la recolección de información culminó en marzo de 2024.

Figura 5. Texto completo incluido en SLR, por año de publicación.



3.2. Discusión

En total, se encontraron 54 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión, además de discutir y tomar como referencia la experiencia de los autores en entornos donde la integración de blockchain y computación en la nube se haya utilizado de manera eficiente.

3.3. Contribuciones

La primera pregunta de investigación plantea lo siguiente: P1: ¿Cómo la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain puede mejorar los entornos empresariales? Los hallazgos de diferentes estudios revelan mejoras en seguridad, transparencia e integridad en estos entornos mediante el uso de Cripto-Nube. En la Tabla 5 se aprecian detalladamente los entornos en los cuales se utilizó la integración de computación en la nube y blockchain en los estudios.

Tabla 5. Entornos empresariales y sus mejoras de acuerdo a los estudios examinados.

Artículos	Entornos	Mejoras
(Bhutta & Ahmad, 2021; Oliveira et al., 2023; Sakthi & DafniRose, 2022; Kotel et al., 2023; Usman et al., 2024; Raimundo & Rosário, 2022)	Agricultura	Almacenamiento, seguridad
(Volpe et al., 2022; Thakur et al., 2023; Eljak et al., 2023; Oktian et al., 2022; Mannayee & Ramanathan, 2023)	Manufactura	Seguridad, comunicación, rendimiento
(Nguyen et al., 2024; Mani et al., 2022; He et al., 2024; Li et al., 2021)	Cadena de suministro	Gestión de datos, identificar falsificaciones, trazabilidad, seguridad
(Song et al., 2022; Thach et al., 2021; Abrahams et al., 2024; Mbaya et al., 2023; Sitalakshmi & Ramanathan, 2019)	Finanza	Confianza, seguridad, trazabilidad
(Sunmola & Lawrence, 2024; (Llanos et al., 2023; Corradini et al., 2023; Vărzaru, 2022; Ragu & Ramamoorthy, 2023; Shi et al., 2022; Navin & Rekha, 2023; Sasikumar et al., 2023; Dhiman et al., 2024)	Planificación de recursos	Aplicación legal, organización, seguridad, gestión contable

Las mejoras que ofrece el uso de Cripto-Nube son diversas, además de facilitar la escalabilidad y optimización de los sistemas al tener sus bases en la computación en la nube.

En respuesta a la segunda pregunta de investigación, P2: ¿Qué estudios previos relacionados exploran prácticas de integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain? Al analizar los estudios, se plantean diversas maneras de integrar computación en la nube y blockchain. Las investigaciones exploran áreas como la transparencia, el cumplimiento en el intercambio de datos, las mejoras en el uso de recursos de dispositivos IoT y la seguridad. Los estudios incluyen propuestas para usar otras tecnologías que, unidas a la integración de computación en la nube y blockchain, ofrecen una mayor eficiencia. Algunos estudios proponen no solo el uso de computación en la nube, sino que también implementan computación al borde y computación en la niebla para facilitar una mayor velocidad de intercambio y procesamiento de datos. Además, se menciona el uso de redes definidas por software (SDN), lo cual también contribuye a una mayor rapidez en el intercambio de datos. Tras examinar los estudios, formulamos la Tabla 6, que ofrece una breve explicación sobre cómo se implementa la arquitectura de un servicio BaaS.

Tabla 6. Descripción de los tipos de arquitecturas BaaS.

Arquitectura	Definición
<i>Estándar</i>	Es una arquitectura solamente dada por el proveedor de servicio BaaS, una arquitectura meramente en la nube.
<i>Híbrida</i>	Arquitectura que a pesar de estar alojada en la nube utilizan otros modelos como la niebla o el borde, para mejorar la rapidez.

En respuesta a la pregunta P3: ¿Cuáles son las mejores prácticas usadas para la integración de la computación en la nube y la tecnología blockchain? Las mejores prácticas incluyen la implementación de arquitecturas híbridas y modulares, como S-HIDRA (Núñez et al., 2022), el uso de contratos inteligentes para automatizar procesos y mejorar la seguridad, y la adopción de soluciones descentralizadas de gestión de identidades y control de acceso. Además, se destaca la importancia de fomentar la interoperabilidad mediante estándares abiertos, optimizar recursos y costos a través de la combinación de tecnologías de borde (Zhang et al., 2021; Zhu et al., 2021; Garg et al., 2021), niebla (Song & Lee, 2020; Núñez et al., 2022) y nube (Son et al., 2022), así como diseñar soluciones escalables, flexibles y confiables (Corradini et al., 2023). En la Tabla 7 se presenta una matriz que detalla las arquitecturas de las prácticas y las tecnologías implementadas.

Tabla 7. Resultados del análisis de las mejores prácticas.

Artículo	Arquitectura	Proyecto	Tecnologías añadidas
(Huan et al., 2021)	Hibrida	ALLSTAR	Inteligencia artificial, aprendizaje automático y DevOps
(Núñez et al., 2022)	Hibrida	S-HIDRA	SDN, computación en la niebla
(Cai et al., 2022)	Hibrida	RBaaS	Sistema robusto, computación en la niebla
(Zhu et al, 2021)	Hibrida	Sistema de gestión de acceso (AMS)	Computación en el borde
(Singh & Michels, 2018)	Estándar	BaaS	-----

(Weilin et al., 2019)	Estándar	NutBaaS	Plataforma mejorada
-----------------------	----------	---------	---------------------

(Gupta et al., 2024)	Estándar	FPISMF	Cifrado AES
----------------------	----------	--------	-------------

Finalmente, en respuesta a la pregunta P4: ¿Cuáles son las dificultades específicas que surgen al implementar la computación en la nube y la tecnología blockchain? El análisis de los estudios incluidos en la revisión nos llevó a identificar las siguientes dificultades: la latencia, el bloqueo de proveedor y la desconfianza de las empresas. La latencia es un problema crítico en los sistemas que integran computación en la nube y blockchain debido al tiempo necesario para la minería de transacciones en blockchain y al procesamiento y verificación de transacciones entre los nodos (Rahman et al., 2021; El Haddouti & El Kettani, 2022; Cai et al., 2022; Huang, 2024). El bloqueo de proveedores es otra dificultad que surge al elegir una plataforma BaaS, ya que puede limitar la flexibilidad y aumentar los costos a largo plazo; por ello, es importante evaluar exhaustivamente las características y políticas de los proveedores (Cai et al., 2022). Por último, la desconfianza de las empresas conlleva una reticencia a implementar técnicas nuevas y más eficientes (Abad et al., 2024; Moslemzadeh et al., 2022; Huma et al., 2023), y esta desconfianza puede crear barreras organizacionales.

Esta revisión sistemática de la literatura concluyó con 54 artículos relevantes que demuestran cómo la investigación y optimización de estas tecnologías en conjunto está aumentando gradualmente con el paso del tiempo, mostrando un incremento constante.

4. Conclusiones

Se exploraron una gran diversidad de técnicas de integración de computación en la nube y blockchain. Se revisaron 54 artículos los cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, lo que facilitó el responder las preguntas de investigación que fueron propuestas en la revisión sistemática de la literatura (SLR). Se exploraron diferentes aspectos como la aplicación de Cripto-Nube ayuda a los entornos empresariales a mejorar los aspectos de integridad, seguridad y transparencia de sus datos. La integración de blockchain y computación en la nube puede transformar los entornos empresariales, fomentando la innovación y el crecimiento. Adoptando estrategias bien planificadas, es capaz de proporcionar un marco robusto y seguro, mejorando la competitividad y eficiencia de las empresas, siempre y cuando se aborden adecuadamente los desafíos tecnológicos y organizacionales. Finalmente, la presente investigación proporciona una visión a otros investigadores sobre la integración de la computación en la nube y blockchain, facilitando la identificación de técnicas adecuadas, y siendo así una guía útil para investigaciones futuras en este campo.

5. Referencias

- Abad-Segura, E., Infante-Moro, A., González-Zamar, M.-D., & López-Meneses, E. (2024). **Influential factors for a secure perception of accounting management with blockchain technology.** *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*, 10(2), 100264. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100264>
- Abrahams, T. O., Ewuga, S. K., Kaggwa, S., Uwaoma, P. U., Hassan, A. O., & Dawodu, S. O. (2024). **Mastering compliance: A comprehensive review of regulatory frameworks in accounting and cybersecurity.** *Computer Science & IT Research Journal*, 5(1), 120–140. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i1.709>
- Ahmad, H., & Aujla, G. S. (2023). **GDPR compliance verification through a user-centric blockchain approach in multi-cloud environment.** *Computers & Electrical Engineering: An International Journal*, 109(108747), 108747.

- <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108747>
- Akter, M., Kummer, T.-F., & Yigitbasioglu, O. (2024). **Looking beyond the hype: The challenges of blockchain adoption in accounting.** *International Journal of Accounting Information Systems*, 53(100681), 100681. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100681>
- Bhutta, M. N. M., & Ahmad, M. (2021). **Secure identification, traceability and real-time tracking of agricultural food supply during transportation using internet of things.** *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 9, 65660–65675. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3076373>
- Bin Hasan, K. M., Sajid, M., Lapina, M. A., Shahid, M., & Kotecha, K. (2024). **Blockchain technology meets 6 G wireless networks: A systematic survey.** *Alexandria Engineering Journal*, 92, 199–220. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.02.031>
- Cai, Z., Yang, G., Xu, S., Zang, C., Chen, J., Hang, P., & Yang, B. (2022). **RBaaS: A robust blockchain as a service paradigm in cloud-edge collaborative environment.** *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 10, 35437–35444. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3161744>
- Cano Arévalo, L. G., Cárdenas Méndez, J. E., & Otaya Claros, L. J. (2020). **Blockchain innovación como ventaja competitiva en Colombia.** <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f26c5e5d-c92d-4356-9144-d1e96a0a323f/content>
- Corradini, F., Marcelletti, A., Morichetta, A., Polini, A., Re, B., & Tiezzi, F. (2023). **A flexible approach to multi-party business process execution on blockchain.** *Future Generations Computer Systems: FGCS*, 147, 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.05.006>
- Das, R., & Inuwa, M. M. (2023). **A review on fog computing: Issues, characteristics, challenges, and potential applications.** *Telematics and Informatics Reports*, 10(100049), 100049. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2023.100049>
- Dhiman, P., Saini, N., Gulzar, Y., Turaev, S., Kaur, A., Nisa, K. U., & Hamid, Y. (2024). **A review and comparative analysis of relevant approaches of Zero Trust network model.** *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24(4), 1328. <https://doi.org/10.3390/s24041328>
- Eljak, H., Ibrahim, A. O., Saeed, F., Hashem, I. A. T., Abdelmaboud, A., Syed, H. J., Abulfaraj, A. W., Ismail, M. A. B., & Elsafi, A. (2024). **E-learning-based cloud computing environment: A systematic review, challenges, and opportunities.** *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 12, 7329–7355.

- <https://doi.org/10.1109/access.2023.3339250>
- Garg, S., Kaur, K., Kaddoum, G., Garigipati, P., & Aujla, G. S. (2021). **Security in IoT-driven mobile edge computing: New paradigms, challenges, and opportunities**. *IEEE network*, 35(5), 298–305. <https://doi.org/10.1109/mnet.211.2000526>
- Golightly, L., Modesti, P., Garcia, R., & Chang, V. (2023). **Securing distributed systems: A survey on access control techniques for cloud, blockchain, IoT and SDN**. *Cyber Security and Applications*, 1(100015), 100015. <https://doi.org/10.1016/j.csa.2023.100015>
- Gupta, S., Kuchipudi, R., Sohail, M., Singh, K., Mahalakshmi, J., & Sarabu, A. (2024). **Fake product identification for small and medium firms (FPISMF) using blockchain technology**. *Measurement. Sensors*, 33(101164), 101164. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101164>
- Haddouti, S. E. L., & Kettani, M. D. E.-C. E. L. (2022). **A secure and trusted fog computing approach based on blockchain and identity federation for a granular access control in IoT environments**. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications : IJACSA*, 13(3). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0130368>
- Han, D., Liu, Y., Zhang, F., & Lu, Y. (2024). **Game-theoretic private blockchain design in edge computing networks**. *Digital Communications and Networks*. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2023.12.001>
- He, Y., Zhou, Z., Pan, Y., Chong, F., Wu, B., Xiao, K., & Li, H. (2024). **Review of data security within energy blockchain: A comprehensive analysis of storage, management, and utilization**. *High-Confidence Computing*, 100233, 100233. <https://doi.org/10.1016/j.hcc.2024.100233>
- Hu, S., Lin, J., Du, X., Huang, W., Lu, Z., Duan, Q., & Wu, J. (2023). **ACSarF: a DRL-based adaptive consortium blockchain sharding framework for supply chain finance**. *Digital Communications and Networks*. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2023.11.008>
- Huang, Y. (2024). **Smart home system using blockchain technology in green lighting environment in rural areas**. *Heliyon*, 10(4), e26620. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26620>
- Jamshed, H., DHA Suffa University Karachi, Zahid, A., Hasan, R. U., Hussain, A., Islam, N. E., DHA Suffa University Karachi, Pakistan, DHA Suffa University Karachi, Pakistan, DHA Suffa University Karachi, Pakistan, & University Of Missouri, Colombia, USA. (2023). **A review of blockchain technology in big data paradigm**. *Journal of Independent Studies and Research - Computing*, 21(1). <https://doi.org/10.31645/jisrc.23.21.1.2>

- Kotel, S., Sbiaa, F., Kamoun, R. M., & Hamel, L. (2023). **A Blockchain-based approach for secure IoT.** *Procedia Computer Science*, 225, 3876–3886. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.383>
- Li, W., Wu, J., Cao, J., Chen, N., Zhang, Q., & Buyya, R. (2021). **Blockchain-based trust management in cloud computing systems: a taxonomy, review and future directions.** *Journal of Cloud Computing Advances Systems and Applications*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-021-00247-5>
- Llanos, J. T., Carr, M., & Rana, O. (2023). **Using the blockchain to enable transparent and auditable processing of personal data in cloud- based services: Lessons from the Privacy-Aware Cloud Ecosystems (PACE) project.** *Computer Law and Security Report*, 51(105873), 105873. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2023.105873>
- Mani, V., Prakash, M., & Lai, W. C. (2022). **Cloud-based blockchain technology to identify counterfeits.** *Journal of Cloud Computing Advances Systems and Applications*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00341-2>
- Mannayee, V., & Ramanathan, T. (2023). **An efficient SDFRM security system for blockchain based internet of things.** *Intelligent Automation & Soft Computing*, 35(2), 1545–1563. <https://doi.org/10.32604/iasc.2023.027675>
- Martinez-Rendon, C., González-Compeán, J. L., Sánchez-Gallegos, D. D., & Carretero, J. (2023). **CD/CV: Blockchain-based schemes for continuous verifiability and traceability of IoT data for edge–fog–cloud.** *Information Processing & Management*, 60(1), 103155. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2022.103155>
- Mbaya, E. B., Adetiba, E., Badejo, J. A., Wejin, J. S., Oshin, O., Isife, O., Thakur, S. C., Moyo, S., & Adebisi, E. F. (2023). **SecFedIDM-V1: A secure federated intrusion detection model with blockchain and deep bidirectional long short-term memory network.** *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 11, 116011–116025. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3325992>
- Moslemzadeh Tehrani, P., Kotsis, G., & Rizky Pranata, A. (2022). **Blockchain technology for addressing privacy and security issues in cloud computing.** *International Conference on Cyber Warfare and Security*, 17(1), 194–200. <https://doi.org/10.34190/iccws.17.1.41>
- Ngoc Thach, N., Thanh Hanh, H., Ngoc Huy, D. T., Gwozdziwicz, S., Viet Nga, L. T., & Thanh Huong, L. T. (2021). **Technology quality management of the industry 4.0 and cybersecurity risk management on current banking activities in emerging markets - the case in Vietnam.** *International Journal for Quality Research*, 15(3),

- 845–856. <https://doi.org/10.24874/ijqr15.03-10>
- Nguyen, T., Nguyen, H., & Nguyen Gia, T. (2024). **Exploring the integration of edge computing and blockchain IoT: Principles, architectures, security, and applications.** *Journal of Network and Computer Applications*, 226(103884), 103884. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2024.103884>
- Núñez-Gómez, C., Carrión, C., Caminero, B., & Delicado, F. M. (2023). **S-HIDRA: A blockchain and SDN domain-based architecture to orchestrate fog computing environments.** *Computer Networks*, 221(109512), 109512. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109512>
- Oktian, Y. E., Heo, S., & Kim, H. (2022). **SIGNORA: A blockchain-based framework for dataflow integrity provisioning in an untrusted data pipeline.** *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 10, 89714–89731. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3199878>
- Oliveira, M., Chauhan, S., Pereira, F., Felgueiras, C., & Carvalho, D. (2023). **Blockchain protocols and edge computing targeting Industry 5.0 needs.** *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(22), 9174. <https://doi.org/10.3390/s23229174>
- Peter Mell, T. G. (2011). **The NIST definition of cloud computing.** *National institute of science and technology, special publication*, 800(2011), 145. <https://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>
- Prasad, S. N., & Rekha, C. (2023). **Block chain based IAS protocol to enhance security and privacy in cloud computing.** *Measurement. Sensors*, 28(100813), 100813. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100813>
- Ragu, & Ramamoorthy. (2023). **A blockchain-based cloud forensics architecture for privacy leakage prediction with cloud.** *Healthcare Analytics*, 4(100220), 100220. <https://doi.org/10.1016/j.health.2023.100220>
- Rahman, A., Islam, M. J., Band, S. S., Muhammad, G., Hasan, K., & Tiwari, P. (2023). **Towards a blockchain-SDN-based secure architecture for cloud computing in smart industrial IoT.** *Digital Communications and Networks*, 9(2), 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.11.003>
- Rahman, A., Islam, M. J., Montieri, A., Nasir, M. K., Reza, M. M., Band, S. S., Pescape, A., Hasan, M., Sookhak, M., & Mosavi, A. (2021). **SmartBlock-SDN: An Optimized Blockchain-SDN Framework for Resource Management in IoT.** *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 9, 28361–28376. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3058244>

- Raimundo, R. J., & Rosário, A. T. (2022). **Cybersecurity in the Internet of Things in industrial management**. Applied Sciences (Basel, Switzerland), 12(3), 1598. <https://doi.org/10.3390/app12031598>
- Saha, S., Bera, B., Das, A. K., Kumar, N., Islam, S. H., & Park, Y. (2023). **Private blockchain envisioned access control system for securing industrial IoT-based pervasive edge computing**. IEEE access: practical innovations, open solutions, 11, 130206–130229. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3333441>
- Sakthi, U., & DafniRose, J. (2022). **Blockchain-enabled smart agricultural knowledge discovery system using edge computing**. Procedia Computer Science, 202, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.04.011>
- Samaniego, M., Jamsrandorj, U., & Deters, R. (2016). **Blockchain as a Service for IoT**. 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData).
- Sasikumar, A., Ravi, L., Devarajan, M., Vairavasundaram, S., Selvalakshmi, A., Kotecha, K., & Abraham, A. (2023). **A decentralized resource allocation in edge computing for secure IoT environments**. IEEE access: practical innovations, open solutions, 11, 117177–117189. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3325056>
- Shi, Z., Zhou, H., de Laat, C., & Zhao, Z. (2022). **A Bayesian game-enhanced auction model for federated cloud services using blockchain**. Future Generations Computer Systems: FGCS, 136, 49–66. <https://doi.org/10.1016/j.future.2022.05.017>
- Singh, J., & Michels, J. D. (2018). **Blockchain as a Service (BaaS): Providers and Trust**. 2018 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (EuroS&PW). <https://doi.org/10.1109/eurospw.2018.00015>
- Son, S., Kwon, D., Lee, J., Yu, S., Jho, N.-S., & Park, Y. (2022). **On the design of a privacy-preserving communication scheme for cloud-based digital twin environments using blockchain**. IEEE access: practical innovations, open solutions, 10, 75365–75375. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3191414>
- Song, Y. J., & Lee, J. K. (2020). **A blockchain-based fog-enabled energy cloud in internet of things**. Journal of Logistics, Informatics and Service Science. <https://doi.org/10.33168/jliss.2020.0204>
- Song, Y., Sun, C., Peng, Y., Zeng, Y., & Sun, B. (2022). **Research on multidimensional trust evaluation mechanism of FinTech based on blockchain**. IEEE access: practical innovations, open solutions, 10, 57025–57036.

<https://doi.org/10.1109/access.2022.3177275>

- Sunmola, F., & Lawrence, G. L. (2024). **Key success factors for integration of blockchain and ERP systems: A systematic literature review**. *Procedia Computer Science*, 232, 775–782. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.077>
- Thakur, G., Kumar, P., Deepika, Jangirala, S., Das, A. K., & Park, Y. (2023). **An effective privacy-preserving blockchain-assisted security protocol for cloud-based digital twin environment**. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 11, 26877–26892. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3249116>
- Usman, M., Sarfraz, M. S., Aftab, M. U., Habib, U., & Javed, S. (2024). **A blockchain based scalable domain access control framework for industrial internet of things**. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 12, 56554–56570. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3390842>
- Vărzaru, A. A. (2022). **Assessing digital transformation of cost accounting tools in healthcare**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 15572. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315572>
- Venkatraman, S., 1 Department of Information Technology, Melbourne Polytechnic, VIC, Australia, Venkatraman, R., & 2 Institute of Systems Science, National University of Singapore, Singapore. (2019). **Big data security challenges and strategies**. *AIMS Mathematics*, 4(3), 860–879. <https://doi.org/10.3934/math.2019.3.860>
- Volpe, G., Mangini, A. M., & Fanti, M. P. (2022). **An architecture combining blockchain, docker and cloud storage for improving digital processes in cloud manufacturing**. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 10, 79141–79151. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3194264>
- Wan, J., Chen, B., Wang, S., Xia, M., Li, D., & Liu, C. (2018). **Fog computing for energy-aware load balancing and scheduling in smart factory**. *IEEE transactions on industrial informatics*, 14(10), 4548–4556. <https://doi.org/10.1109/tii.2018.2818932>
- Yadav, R., Ritambhara, Vaigandla, K. K., Ghantasala, G. S. P., Singh, R., & Gangodkar, D. (2022). **The block chain technology to protect data access using intelligent contracts mechanism security framework for 5G networks**. *2022 5th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*.
- Zhang, J., Lu, C., Cheng, G., Guo, T., Kang, J., Zhang, X., Yuan, X., & Yan, X. (2021). **A blockchain-based trusted edge platform in edge computing environment**. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(6), 2126. <https://doi.org/10.3390/s21062126>
- Zheng, W., Zheng, Z., Chen, X., Dai, K., Li, P., & Chen, R. (2019). **NutBaaS: A Blockchain-**

as-a-Service Platform. IEEE access: practical innovations, open solutions, 7, 134422–134433. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2941905>

Zhou, H., Shi, Z., Ouyang, X., & Zhao, Z. (2021). **Building a blockchain-based decentralized ecosystem for cloud and edge computing: an ALLSTAR approach and empirical study.** Peer-to-Peer Networking and Applications, 14(6), 3578–3594. <https://doi.org/10.1007/s12083-021-01198-z>

Zhu, Y., Huang, C., Hu, Z., Al-Dhelaan, A., & Al-Dhelaan, M. (2021). **Blockchain-enabled Access Management System for edge computing.** Electronics, 10(9), 1000. <https://doi.org/10.3390/electronics10091000>