

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2025-35>

CONVERGENCIA DIGITAL SOSTENIBLE. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BLOCKCHAIN EN CADENAS DE SUMINISTRO AGRÍCOLAS: RUTAS HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LATINOAMÉRICA

Suescum Coelho, Car-Emyr

Universidad Metropolitana
Caracas, Venezuela

csuescum@unimet.edu.ve

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1104-7800>

Suescum Coelho, Carluys

Universidad Latinoamericana y del Caribe
Caracas, Venezuela

carluyscoelho@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2044-7684>

Suescum Coelho, Carlysmar

Centro de Estudios Gerenciales Avanzados
Caracas, Venezuela

carlysmarcoelho.cega@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5959-4380>

Suescum Coelho, Carelys

Centro de Estudios Gerenciales Avanzados
Caracas, Venezuela

carelyscoelho.cega@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1922-8165>

Coelho Freitas, Carmen María

Centro de Estudios Gerenciales Avanzados
Caracas, Venezuela

carmencoelho.cega@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1599-6266>

RESUMEN

En Latinoamérica las cadenas de suministro agrícolas se encuentran ante el gran desafío que representa el evolucionar hacia modelos de negocios que sean mucho más sostenibles, eficientes y transparentes. La convergencia digital entre tecnologías innovadoramente disruptivas como la inteligencia artificial (IA) y blockchain se vislumbran como un eje estratégico para impulsar esa transición hacia la economía circular. Esta investigación documental y cualitativa, se basó en la revisión crítica de la literatura académica más reciente presente en bases de datos académicas de alto impacto(2023–2025). Los hallazgos encontrados demuestran que la IA aportan valor en la predicción de los rendimientos de las cosechas, la gestión logística y la reducción de pérdidas postcosecha mediante el empleo algoritmos y análisis de datos en

tiempo real, mientras que blockchain por su parte garantiza trazabilidad, transparencia y consolidación de la confianza inter-actor, al registrar de forma inmutable cada etapa de la cadena productiva. La integración refuerza la eficiencia operativa habilitando la implementación de prácticas circulares como la logística inversa de envases o la redistribución de excedentes alimentarios, reduciendo progresivamente los residuos generados en pro de la sostenibilidad. Se concluye que la sinergia IA-blockchain es un catalizador de cambios positivos para la generación de cadenas agroalimentarias más resilientes, competitivas y alineadas con los ODS, sin embargo, aún persisten ciertos desafíos asociados a la inversión en infraestructura digital, interoperabilidad y capacitación, los cuales ameritan ser atendidos para una adopción efectiva en Latinoamérica.

Palabras clave: blockchain, cadena de suministro agrícola, economía circular, inteligencia artificial, sostenibilidad.

ABSTRACT

In Latin America, agricultural supply chains face the significant challenge of evolving toward business models that are much more sustainable, efficient, and transparent. The digital convergence between innovatively disruptive technologies such as artificial intelligence (AI) and blockchain is seen as a strategic pillar to drive this transition toward a circular economy. This qualitative documentary research was based on a critical review of the most recent academic literature available in high-impact academic databases (2023–2025). The findings demonstrate that AI adds value in predicting crop yields, managing logistics, and reducing post-harvest losses using algorithms and real-time data analysis. Blockchain ensures traceability, transparency, and strengthens inter-stakeholder trust by immutably recording each stage of the production chain. The integration reinforces operational efficiency by enabling the implementation of circular practices such as reverse packaging logistics or the redistribution of surplus food, progressively reducing waste generated in favor of sustainability. It is concluded that the AI-blockchain synergy is a catalyst for positive change for the generation of more resilient, competitive, and SDG-aligned agri-food chains. However, certain challenges associated with investment in digital infrastructure, interoperability, and training remain, which merit addressing for effective adoption in Latin America.

Keywords: agricultural supply chain, artificial intelligence, blockchain, circular economy, sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

Las cadenas de suministro agrícola enfrentan retos de sostenibilidad, eficiencia y transparencia; problemas como la pérdida de alimentos, la dificultad para rastrear el origen de los productos, desperdicio de recursos y falta de confianza entre actores son comunes en los sistemas agroalimentarios. Aquí el enfoque de economía circular contribuye a la sostenibilidad al minimizar residuos, manteniendo los recursos en uso mediante la reutilización, reciclaje y reducción de desperdicios en el ciclo productivo.

Las tecnologías digitales han surgido como herramientas para transformar las cadenas agroalimentarias hacia mayores niveles de sostenibilidad. Entre ellas la inteligencia artificial (IA) y Blockchain, cuya aplicación conjunta es novedosamente prometedora en este sector (Pakseresht et al., 2023). Para Hong & Xiao (2024) la IA ofrece capacidades de análisis predictivo y automatización de decisiones en etapas como la producción (pronóstico de rendimientos y detección de plagas) y la logística (optimización de rutas, consumo energético y gestión de inventarios), contribuyendo en la eficiencia y reducción de desperdicios (Assimakopoulos et al., 2024).

Blockchain por su parte provee un sistema de registro distribuido e inmutable que asegura la trazabilidad, transparencia e incremento de la confianza entre productores, distribuidores y consumidores (Ordoñez et al., 2024; Kashyap et al., 2025). Pero es a partir de la combinación

de ambas tecnologías que surge el potencial de impulsar modelos de negocio circulares en la agricultura al facilitar el intercambio seguro de datos y la coordinación inteligente de la cadena para reducir el impacto ambiental (Agrawal et al., 2025). La investigación identificará cómo la integración IA - Blockchain puede mejorar la gestión de la cadena de suministro agrícola bajo un enfoque de economía circular en Latinoamérica, esperando que la sinergia aumente exponencialmente la eficiencia y trazabilidad, disminuyendo pérdidas y facilitando prácticas circulares en la cadena.

2. MARCO CONCEPTUAL

La economía circular en la agricultura busca cerrar los ciclos de materiales y energía, minimizando residuos al reintroducir subproductos en la cadena productiva, no en vano, uno de los problemas críticos en las cadenas agroalimentarias latinoamericanas es el alto nivel de pérdidas y desperdicios a lo largo de la postcosecha, procesamiento y distribución. Buena parte de la producción nunca llega a consumirse, generando ineficiencias económicas y daños ambientales (Pakseresht et al., 2023). Con esta realidad, la adopción de tecnologías emergentes permitirá transitar de la linealidad, hacia cadenas de suministro circulares.

La inteligencia artificial (IA) ha demostrado que puede aportar mejoras en la productividad y el uso eficiente de recursos en la cadena agrícola, valiéndose de técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos masivos para la planificación de los cultivos, manejo de insumos y logística de distribución (Ali et al., 2024). Algoritmos de IA se han utilizado para predecir rendimientos de cultivos, detectar enfermedades tempranamente y optimizar rutas de transporte, reduciendo mermas y costos al alinear la oferta con la demanda (Elbasi, 2023). Para Banerjee et al., (2024) la IA aplicada en agricultura reduce las pérdidas postcosecha y mejora la eficiencia global de la cadena de valor al automatizar procesos y toma de decisiones con datos en tiempo real.

Blockchain mejora la trazabilidad, transparencia y confianza en las cadenas de suministro agroalimentarias (Ordoñez et al., 2024), pues al funcionar como un libro mayor distribuido donde cada transacción o evento (siembra, cosecha, empaque o transporte) queda registrado de forma inmutable y verificable por todos los participantes autorizados (Kashyap et al., 2025), permite construir un historial completo pormenorizado de cada producto desde su origen hasta su llegada al consumidor, garantizando que la información sobre calidad, certificaciones y manejo jamás sea alterada.

La robustez de la trazabilidad habilita prácticas de economía circular como la separación y reciclaje de empaques mediante sistemas de devolución de envases vacíos, vinculando cada envase a un registro único en blockchain (Santos et al., 2024). Además tiene el potencial de reducir las pérdidas de alimentos al mejorar la coordinación, eliminando asimetrías de información entre actores e incrementando la confianza del consumidor en productos sostenibles (Ahmad et al., 2024).

La integración IA-blockchain promete maximizar los beneficios individuales en pro de la sostenibilidad; por un lado la IA puede analizar los datos compartidos en tiempo real a través de blockchain para optimizar las operaciones (ajustes según registros de inventario y calidad almacenados en la cadena), por otro, la confianza y seguridad que brinda blockchain en la calidad de los datos alimenta a los algoritmos de IA con información fidedigna y oportuna, mejorando sus recomendaciones. Charles et al. (2023) destacan que la convergencia de IA con blockchain abre nuevas oportunidades de trazabilidad, seguridad y eficiencia en la gestión de la demanda y la logística. La aplicación conjunta en las cadenas agrícolas impulsará una transición hacia sistemas más circulares al mejorar la eficiencia, trazabilidad y sostenibilidad, más allá de los desafíos técnicos u organizacionales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de investigación documental con diseño cualitativo de alcance exploratorio y descriptivo. Para ello se llevó a cabo una revisión de literatura reciente en bases de datos académicas como: Scopus, WoS, IEEE Xplore, Springer, sobre la integración de IA y blockchain en cadenas de suministro agrícolas, haciendo énfasis en los estudios publicados entre los años 2023 y 2025.

En la búsqueda se utilizaron palabras clave como: inteligencia artificial, blockchain, cadena de suministro agrícola, economía circular y sostenibilidad en los idiomas español, y sus equivalentes en portugués e inglés, seleccionando fuentes que abordaran aplicaciones concretas o evaluaciones de estas tecnologías en contextos agroalimentarios, priorizando las publicaciones de artículos en revistas arbitradas y congresos de alto impacto. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo y síntesis de los hallazgos, identificando primeramente las coincidencias y seguidamente las divergencias entre estudios. Es menester acotar que al no trabajar con datos primarios de campo, no se aplicaron instrumentos estadísticos; sin embargo, la triangulación de múltiples fuentes permitió fundamentar las conclusiones de una manera robusta mitigando sesgos en la interpretación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de blockchain incrementa significativamente la confianza y trazabilidad (de la granja o el campo a la mesa) al registrar cada eslabón del proceso productivo en una red inmutable. Esto se traduce en mayor transparencia y confianza entre los actores al verificar el origen y las condiciones de producción de una manera transparente, reduciendo fraudes y mejorando la eficiencia administrativa; datos trazables que permitirán monitorear condiciones de calidad en tiempo real, alertando sobre desviaciones y garantizando la calidad hasta el destino final.

Una sinergia clave identificada en la revisión fue la capacidad de estas tecnologías en la reducción de pérdidas postcosecha y desperdicios, la IA aporta modelos predictivos que ajustan la oferta a la demanda y optimizan la logística evitando excedentes no comercializados. A su vez, la información plasmada en blockchain facilita una reacción más rápida ante excedentes o riesgos, tal como ocurriría con lotes de alimentos próximos a expirar (Kashyap et al., 2025). La combinación de IA para pronósticos y optimización con blockchain para trazabilidad puede reducir la merma de alimentos al mejorar la visibilidad del flujo de productos y habilitar decisiones informadas para su redistribución o procesamiento alternativo (Treiblmaier & Garaus, 2023).

Un caso destacado de circularidad es el uso blockchain en esquemas de logística inversa, Santos et al. (2024) presentan un modelo donde cada envase de agroquímico se registra en una cadena de bloques, de modo que tras su uso puede ser rastreado y retirado para ser sometidos a un reciclaje seguro, solución que asegura que esos materiales potencialmente contaminantes reingresen al ciclo productivo en lugar de desecharse inapropiadamente.

El dueto IA - blockchain conlleva mejoras en eficiencia operativa, reducción de costos y eliminación de intermediaciones innecesarias. La automatización de pagos con contratos inteligentes reduce costos administrativos y tiempos de transacción, mientras que los algoritmos de IA optimizan el uso de recursos (energía, transporte), disminuyendo los costos logísticos (Hong & Xiao., 2024), se ha observado, además, una reducción de la huella ambiental, haciendo a las cadenas de suministro más ágiles, resilientes y sustentables.

Del mismo modo, existen desafíos que parten de la brecha digital en zonas rurales, la falta de estándares de interoperabilidad y la necesidad de capacitación, las cuales en conjunto se perfilan como obstáculos para escalar estas soluciones, por ello será indispensable promover una gobernanza colaborativa que involucre a todos los stakeholders a fin de maximizar los beneficios y minimizar los riesgos de la transformación digital agroalimentaria

Los resultados respaldan la idea de que la integración IA - Blockchain puede transformar positivamente la gestión de la cadena de suministro agrícola al mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad, hallazgo que se alinea con la tendencia global hacia la agricultura inteligente y sostenible, indicando que las inversiones en digitalización, al realizarse con visión integradora y

centrada en principios de economía circular, tienen el potencial de crear cadenas más competitivas y respetuosas con el medio ambiente.

5. CONCLUSIONES

La integración IA - Blockchain mejora la gestión de la cadena de suministro agrícola y contribuye a la transición hacia un modelo de economía circular, pero de manera particular incrementa la eficiencia operativa, optimiza procesos, reduce costos y tiempo, a la vez que fortalece la trazabilidad y transparencia, minimizando pérdidas de alimentos y residuos. Estas mejoras permiten implementar prácticas circulares como la reutilización de materiales y la disminución del desperdicio, alineando la producción agroalimentaria con objetivos de sostenibilidad ambiental, social y económica. La combinación de tecnologías permite que la IA se nutra de datos trazables de blockchain y que blockchain aproveche la IA para optimizar decisiones sentando las bases de una agricultura inteligente, circular, resiliente y competitiva.

La escalabilidad de estos beneficios para Latinoamérica necesita superar desafíos que parten del mejoramiento de la infraestructura digital en zonas rurales, de los estándares de interoperabilidad y de capacitar a los agricultores. La integración se perfila como un catalizador clave evolutivo hacia cadenas de suministro agrícolas más sostenibles, transparentes y eficientes, en plena concordancia con los principios de la economía circular y agenda 2030 para el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- Agrawal, K., Goktas, P., Holtkemper, M., Beecks, C., & Kumar, N. (2025). AI-driven transformation in food manufacturing: a pathway to sustainable efficiency and quality assurance. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1553942>
- Ali, Z., Zain, M., Pathan, M. & Mooney, P. (2024). Contributions of artificial intelligence for circular economy transition leading toward sustainability: an explorative study in agriculture and food industries of Pakistan. *Environment Development Sustainability* 26. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03458-9>
- Ahmad, A, Ordoñez, J, Alexopoulos, A, Koutras, K, Kalogeras, A, Stefanidis, K, Cartujo, P, García, L, & Martos, V (2024). Agricultura 4.0: Integrando Blockchain para una Producción Más Eficiente y Sostenible. *REIDOCREA*, 13(15), 206-212. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/90630/13-15.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Assimakopoulos, F., Vassilakis, C., Margaris, D., Kotis, K., & Spiliotopoulos, D. (2024). Artificial intelligence tools for the agriculture value chain: status and prospects. *Electronics*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/electronics13224362>
- Charles, V., Emrouznejad, A., & Gherman, T. (2023). A critical analysis of the integration of blockchain and artificial intelligence for supply chain. *Annals of Operations Research*, 327(1), 7–47. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05169-w>
- Elbasi, E., Zaki, C., Topcu, A., Abdelbaki, W., Zreikat, A., Cina, E., Shdefat, A., & Saker, L. (2023). Crop Prediction Model Using Machine Learning Algorithms. *Applied Sciences*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/app13169288>
- Hong, Z., & Xiao, K. (2024). Digital economy structuring for sustainable development: the role of blockchain and artificial intelligence in improving supply chain and reducing negative environmental impacts. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53760-3>
- Kashyap, A., Shukla, O., Soni, G., & Ramtiyal, B. (2025). Blockchain-driven circular economy practices in perishable supply chain for mitigating food loss and waste. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 1–27. <https://doi.org/10.1007/s11518-025-5657-9>
- Ordoñez, C., Ramírez, G., & Corrales, J. (2024). Blockchain and agricultural sustainability in South America: a systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1347116>

- Pakseresht, A., Yavari, A., Ahmadi, S., & Hakelius, K. (2023). The intersection of blockchain technology and circular economy in the agri-food sector. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.11.002>
- Santos, R., Teles, E., & Freires, F. (2024). Applying the circular economy framework to blockchain agricultural production. *Sustainability*, 16(18). <https://doi.org/10.3390/su16188004>
- Treiblmaier, H., & Garaus, M. (2023). Using blockchain to signal quality in the food supply chain: The impact on consumer purchase intentions and the moderating effect of brand familiarity. *International Journal of Information Management*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102514>

Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2025 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2025 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.