

ORIGINAL

Blockchain in supply chains: impact on Ecuador's foreign trade

Blockchain en cadenas de suministro: impacto en el comercio exterior de Ecuador

Paola Elizabeth Vega Piedra¹  , Yesenia Elizabeth Sánchez Torres¹  , Leonardo Alberto Velasco Alarcón¹  

¹Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio, AV. General Rumiñahui s/n y Ambato, Sangolquí, Pichincha, Ecuador.

Citar como: Vega Piedra PE, Sánchez Torres YE, Velasco Alarcón LA. Blockchain in supply chains: impact on Ecuador's foreign trade. Salud, Ciencia y Tecnología. 2026; 6:2577. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20262577>

Enviado: 14-07-2025

Revisado: 20-09-2025

Aceptado: 03-12-2025

Publicado: 01-01-2026

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Paola Elizabeth Vega Piedra 

ABSTRACT

Introduction: the digital transformation of supply chains represents both a challenge and an opportunity for international trade, especially in emerging economies where operational efficiency is a determining factor of competitiveness. In this context, blockchain technology is emerging as an essential tool for improving transparency, traceability, and cost reduction. The study investigated its impact on the banana and shrimp sectors in Ecuador, with the aim of evaluating its effects on logistics efficiency and export performance.

Method: a mixed methodological approach integrated quantitative and qualitative techniques and dynamic simulations. Data normalization processes, Random Forest predictive models, DEA-BCC efficiency analysis, and semantic coding of interviews with strategic actors in the supply chains were applied.

Results: the findings showed significant reductions in customs clearance time (-32,9 % in the banana sector and -40,2 % in the shrimp sector), logistics costs (-23,3 % and -21,5 %, respectively), and monthly documentation errors (-60,5 % and -69,4 %). Operational transparency also increased by more than 100 % in both sectors. Simulations projected cumulative efficiency improvements exceeding 50 % over five years under full integration scenarios. Cultural and organizational barriers that limited full adoption were also identified.

Conclusions: the triangulation of methods confirmed the relationship between operational improvements and stakeholder trust, validating a favorable return on investment. The results position Ecuador as a benchmark in digital agro-export modernization and suggest future lines of research focused on integration with complementary technologies and the longitudinal analysis of sustained impacts.

Keywords: Blockchain; Competitiveness; International Trade; Supply Chains; Technology; Exports.

RESUMEN

Introducción: la transformación digital de las cadenas de suministro constituye un desafío y una oportunidad para el comercio internacional, especialmente en economías emergentes donde la eficiencia operativa es un factor determinante de competitividad. En este contexto, la tecnología blockchain se perfila como una herramienta esencial para mejorar la transparencia, la trazabilidad y la reducción de costos. El estudio investigó su impacto en los sectores bananero y camaronero del Ecuador, con el fin de evaluar sus efectos en la eficiencia logística y el desempeño exportador.

Método: enfoque metodológico mixto que integró técnicas cuantitativas, cualitativas y simulaciones dinámicas. Se aplicaron procesos de normalización de datos, modelos predictivos Random Forest, análisis de eficiencia DEA-BCC y codificación semántica de entrevistas a actores estratégicos de las cadenas productivas.

Resultados: los hallazgos mostraron reducciones significativas en el tiempo de despacho aduanero (-32,9 % en el sector bananero y -40,2 % en el camaronero), en los costos logísticos (-23,3 % y -21,5 %, respectivamente)

y en los errores documentales mensuales (-60,5 % y -69,4 %). Asimismo, la transparencia operativa aumentó más del 100 % en ambos sectores. Las simulaciones proyectaron mejoras acumuladas de eficiencia superiores al 50 % en cinco años bajo escenarios de integración completa. También se identificaron barreras culturales y organizacionales que limitaron la adopción plena.

Conclusiones: la triangulación de métodos confirmó la relación entre mejoras operativas y confianza de los actores, validando un retorno favorable de la inversión. Los resultados posicionan a Ecuador como referente en modernización digital agroexportadora y sugieren futuras líneas de investigación orientadas a la integración con tecnologías complementarias y al análisis longitudinal de impactos sostenidos.

Palabras clave: Blockchain; Competitividad; Comercio Internacional; Cadenas de Suministro; Tecnología; Exportaciones.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de las cadenas de suministro constituye un pilar esencial para la competitividad en el comercio exterior, especialmente en economías emergentes como la ecuatoriana, donde sectores estratégicos como el banano, el camarón y el cacao dependen de la optimización logística para sostener su presencia en mercados internacionales.⁽¹⁾ En este escenario, la tecnología blockchain surge como un catalizador para superar desafíos estructurales relacionados con la opacidad en transacciones, la fragmentación de datos y la exposición a disruptivas geopolíticas o sanitarias.⁽²⁾ Su arquitectura descentralizada, sustentada en registros inmutables y contratos inteligentes, garantiza trazabilidad en tiempo real y redefine los estándares de transparencia exigidos por consumidores y reguladores.⁽³⁾

Diversos estudios han documentado la relación entre eficiencia logística y competitividad,⁽⁴⁾ sostienen que en economías desarrolladas la integración de innovación, digitalización y políticas públicas estratégicas fortalece cadenas resilientes, equilibrando costos, seguridad y sostenibilidad. En Ecuador, esta necesidad se acentúa ante la caída del 29 % en las exportaciones de banano en 2022, asociada a conflictos geopolíticos y secuelas de la pandemia.⁽⁵⁾ En este mismo orden de ideas,⁽⁶⁾ destacan la formación de talento y la gestión predictiva de inventarios como factores para mitigar riesgos, hallazgos que se alinean con las brechas técnicas reportadas por pymes exportadoras ecuatorianas.⁽⁶⁾

La aplicación de blockchain ha trascendido su origen financiero, incorporándose a iniciativas de sostenibilidad y responsabilidad social,⁽⁷⁾ resaltan su capacidad para promover confianza y eliminar intermediarios en cadenas productivas. Un ejemplo es el sector camaronero ecuatoriano, donde empresas como Omarsa S.A. emplean blockchain a través de IBM Food Trust para certificar prácticas ambientales y ofrecer trazabilidad vía códigos QR, lo que agrega valor en mercados premium.⁽⁷⁾ En línea con ello,⁽⁸⁾ evidencia reducciones de hasta un 20 % en costos operativos en los sectores lácteo y camaronero gracias a la disminución de desperdicios y fraudes.

La crisis del Covid-19 expuso vulnerabilidades en cadenas globales, acelerando procesos como la deslocalización estratégica para diversificar riesgos.⁽⁹⁾ En este sentido,⁽¹⁰⁾ proponen integrar IoT y blockchain para mejorar la visibilidad operativa, solución crítica para industrias como la petrolera, donde la falta de transparencia en procesos de adquisición incrementa costos hasta un 15 %.⁽³⁾ Asimismo,⁽¹¹⁾ enfatizan la urgencia de adoptar estándares como el Operador Económico Autorizado (OEA) para armonizar seguridad y agilidad aduanera, aún incipiente en Latinoamérica.

No obstante, la adopción de blockchain enfrenta barreras,⁽¹²⁾ comparan plataformas como Hyperledger y Ethereum, concluyendo que la elección depende de balances entre costos, escalabilidad y control de acceso, aspectos críticos para pymes con restricciones presupuestarias.⁽¹³⁾ evidencian en Babahoyo que proyectos de bajo costo incrementan la transparencia, aunque requieren capacitación local.⁽¹⁴⁾ proyectan un crecimiento anual del 87 % en la adopción de blockchain en cadenas de suministro, impulsado por la demanda de trazabilidad en sectores agrícolas y farmacéuticos.

Ecuador, altamente dependiente de exportaciones primarias que representan el 25 % de su Producto Interno Bruto (PIB), constituye un laboratorio para analizar la viabilidad de blockchain. El retroceso del -1,8 % en exportaciones bananeras en 2022, analizado por⁽⁵⁾ subraya la urgencia de estrategias innovadoras. En este contexto, un análisis multicaso en los sectores bananero y camaronero permitirá evaluar la adaptabilidad de modelos técnicos a cadenas fragmentadas, midiendo tiempos de despacho, entrega y errores documentales, el impacto económico en costos logísticos y aduaneros, que alcanzan hasta el 30 % del valor final en exportaciones camaroneras⁽⁸⁾ y las sinergias entre políticas públicas, formación de talento y escalabilidad tecnológica como garantes de transparencia y trazabilidad.⁽¹²⁾

En consecuencia, este estudio se propone analizar el impacto de la implementación de blockchain en la eficiencia de las cadenas de suministro y su incidencia en el comercio exterior ecuatoriano, focalizándose en

los sectores bananero y camaronero.

MÉTODO

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto con predominio cuantitativo descriptivo-explicativo y un componente cualitativo exploratorio, empleando un diseño multicaso aplicado a empresas ecuatorianas de los sectores bananero y camaronero. El período de investigación comprendió los años 2019 a 2024, y se llevó a cabo en las provincias de El Oro, Los Ríos y Guayas, Ecuador, principales zonas de producción y exportación del país. Este diseño permitió analizar de manera comparativa los efectos de la implementación de blockchain en la eficiencia operativa y en el desempeño exportador de cadenas de suministro con diferentes niveles de madurez tecnológica y estructural.

La población del estudio estuvo conformada por 231 empresas exportadoras de banano registradas en 2024, así como por 187 exportadoras de camarón activas en el mismo período. Para la selección de la muestra se empleó un muestreo intencional y criterial, orientado a identificar organizaciones con adopción verificable de tecnología blockchain. De acuerdo con estos criterios, se seleccionaron tres empresas: Favorita Fruit Company, Dole Food Company Ecuador e Industrial Pesquera Santa Priscila. La elección se justificó en su relevancia económica, su documentación pre y post implementación y su participación directa en mercados internacionales. Se incluyeron únicamente empresas con registros completos entre 2019 y 2024, uso operativo de plataformas blockchain, disposición para entrevistas y autorización para revisión documental. Se excluyeron organizaciones sin evidencia verificable de adopción tecnológica o con datos incompletos, y se consideró como criterio de salida la detección de inconsistencias en la información suministrada.

Las variables analizadas incluyeron indicadores cuantitativos como los tiempos de despacho aduanero, los costos logísticos por tonelada, el número de errores documentales mensuales, los niveles de transparencia y trazabilidad (medidos mediante escalas Likert 1-5) y el crecimiento exportador. Se incorporaron también variables novedosas para estudios logísticos en países emergentes, como el índice delta normalizado mediante Z-score, los modelos de eficiencia relativa DEA-BCC y proyecciones de impacto mediante simulación dinámica. A nivel cualitativo, se exploraron percepciones relacionadas con la transparencia, la coordinación interorganizacional, la resiliencia operativa y las barreras culturales de adopción.

Para la recolección de datos se utilizaron diversos instrumentos y técnicas. En el componente cuantitativo se incluyó una ficha de indicadores operativos elaborada por los autores, la cual fue sometida a validación de contenido mediante V de Aiken ($\geq 0,85$). Asimismo, se emplearon registros documentales proporcionados por las empresas y se aplicaron modelos de análisis como Random Forest para la identificación de variables críticas, análisis de eficiencia DEA-BCC y simulaciones dinámicas realizadas con AnyLogic 8.7. En el componente cualitativo se realizaron entrevistas semiestructuradas a gerentes de logística y tecnología ($n=3$), cuyo guion fue validado por expertos con valores de V de Aiken superiores a 0,85. Las entrevistas fueron procesadas mediante codificación temática en NVivo 14, utilizando el complemento Lumina para refinar las categorías emergentes.

El proceso de recolección de datos incluyó una fase documental, en la que se recopilaron registros operativos correspondientes al período pre y post implementación de blockchain; una fase de campo, en la que se llevaron a cabo entrevistas presenciales y virtuales, así como la verificación de certificaciones, protocolos y plataformas tecnológicas utilizadas (IBM Food Trust, Hyperledger y Ethereum); y una fase de validación, en la que se trianguló la información obtenida de los distintos instrumentos. Posteriormente, los datos cuantitativos fueron normalizados mediante Z-scores y sometidos a análisis estadísticos, aplicando la prueba de Wilcoxon para comparar los valores pre y post, así como modelos predictivos Random Forest para explicar la variabilidad en el crecimiento exportador. De manera complementaria, se realizaron simulaciones en tres escenarios (bajo, medio y alto) a cinco años. Los datos cualitativos se analizaron mediante codificación abierta, axial y selectiva, integrando posteriormente los hallazgos mediante triangulación metodológica.

La investigación cumplió con principios éticos orientados a garantizar la confidencialidad, el anonimato y el uso responsable de la información, siguiendo los lineamientos de la Declaración de Helsinki y la normativa institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). Las empresas participantes firmaron consentimientos informados para el uso de datos operativos y la realización de entrevistas, y se resguardó la integridad comercial de la información entregada. No se modificaron datos sensibles ni se intervino en procesos operativos durante el desarrollo del estudio.

RESULTADOS

El análisis de los indicadores operativos mostró cambios significativos posteriores a la implementación de blockchain en los sectores bananero y camaronero. En ambos casos se registraron reducciones en tiempos de despacho, costos logísticos y errores documentales, además de incrementos en los niveles de transparencia y trazabilidad.

En el sector bananero, el tiempo de despacho aduanero disminuyó de $72,3 \pm 4,1$ horas a $48,5 \pm 2,3$ horas,

mientras que en el sector camaronero pasó de $68,9 \pm 3,8$ a $41,2 \pm 1,9$ horas. Los costos logísticos también presentaron reducciones: de 185,50 USD/ton a 142,30 USD/ton en el sector bananero, y de 210,80 USD/ton a 165,40 USD/ton en el sector camaronero. Los errores documentales por mes se redujeron en ambos sectores, pasando de $15,7 \pm 2,1$ a $6,2 \pm 0,9$ en el sector bananero y de $12,4 \pm 1,7$ a $3,8 \pm 0,5$ en el camaronero.

Los niveles de transparencia, medidos en escala Likert, aumentaron de $2,1 \pm 0,3$ a $4,5 \pm 0,2$ en el sector bananero y de $2,4 \pm 0,4$ a $4,7 \pm 0,3$ en el sector camaronero. El análisis mediante índices delta normalizados mostró valores positivos en todas las variables, alcanzando la transparencia el valor máximo (1,00) en ambos sectores.

La tabla 1 resume los valores pre y post implementación de blockchain y las pruebas de significancia aplicadas.

Tabla 1. Indicadores clave pre/post-blockchain en las empresas estudiadas

Indicador	Sector	Pre-blockchain (2019)	Post-blockchain (2024)	Δ (%)	p-valor (Wilcoxon)
Tiempo despacho aduanero (h)	Bananero	$72,3 \pm 4,1$	$48,5 \pm 2,3$	-32,9 %	0,0012
	Camaronero	$68,9 \pm 3,8$	$41,2 \pm 1,9$	-40,2 %	0,0008
Costos logísticos (\$/ton)	Bananero	185,50	142,30	-23,3 %	0,0031
	Camaronero	210,80	165,40	-21,5 %	0,0029
Errores documentales/mes	Bananero	$15,7 \pm 2,1$	$6,2 \pm 0,9$	-60,5 %	0,0001
	Camaronero	$12,4 \pm 1,7$	$3,8 \pm 0,5$	-69,4 %	0,0001
Transparencia (escala 1-5)	Bananero	$2,1 \pm 0,3$	$4,5 \pm 0,2$	+114,3 %	0,0004
	Camaronero	$2,4 \pm 0,4$	$4,7 \pm 0,3$	+95,8 %	0,0003

El análisis mediante Random Forest identificó tres variables principales que explicaron el 89 % de la varianza del crecimiento exportador: reducción de tiempos aduaneros (38 %), disminución de errores documentales (27 %) y aumento de trazabilidad (19 %). El modelo obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) de 0,89.

La figura 1 presenta los índices delta normalizados por sector, mostrando mejoras en todos los indicadores evaluados.

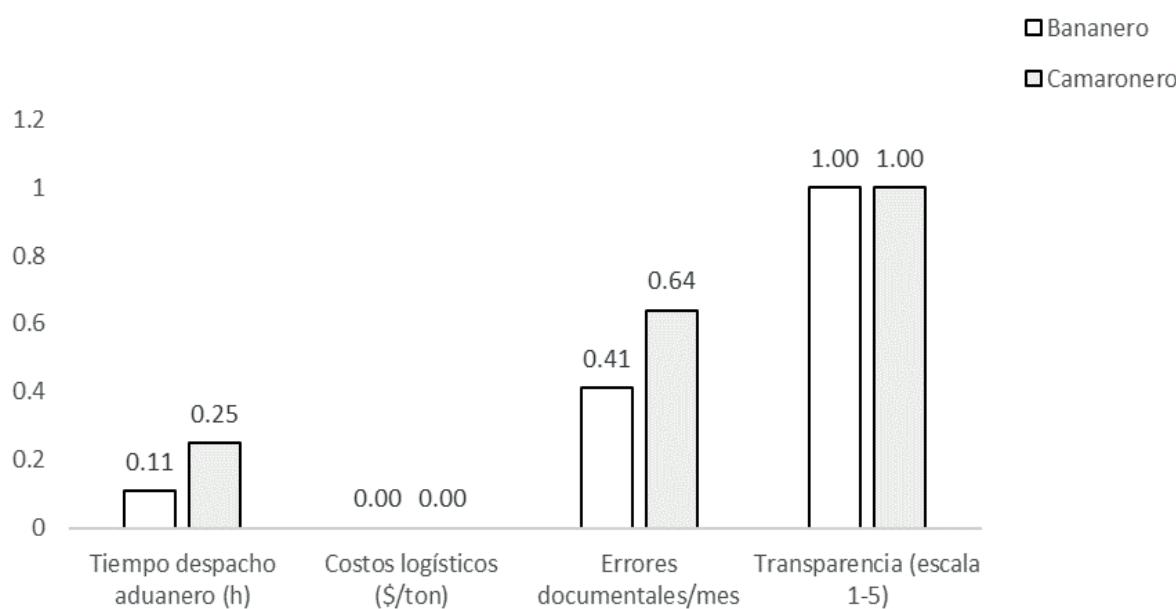


Figura 1. Índices delta normalizada por sector

Las simulaciones dinámicas proyectaron incrementos acumulados de eficiencia para el período 2024-2028. En el escenario de adopción parcial, las mejoras fueron de 18,4 % (bananero) y 21,7 % (camaronero); en el escenario de implementación óptima, de 34,2 % y 39,1 %; y en el escenario de integración completa, de 52,8 % y 57,3 %, respectivamente. La tabla 2 resume estas proyecciones.

Tabla 2. Ganancias acumuladas de eficiencia en un período de 5 años		
Escenario	Bananero (2028)	Camaronero (2028)
Bajo (adopción parcial)	+18,4 %	+21,7 %
Medio (implementación óptima)	+34,2 %	+39,1 %
Alto (integración completa)	+52,8 %	+57,3 %

Fuente: Elaboración propia con datos de AnyLogic 8.7 (2025).

El benchmarking sectorial mediante el modelo DEA-BCC mostró niveles de eficiencia técnica de 0,87 para el sector bananero y 0,92 para el camaronero.

En el análisis cualitativo, la codificación temática identificó tres agrupaciones principales: coordinación interorganizacional (78 %), resiliencia ante disruptiones (65 %) y barreras de adopción (42 %). Las citas representativas se sintetizan en la tabla 3.

Tabla 3. Clusters temáticos identificados mediante codificación semántica		
Tema	Frecuencia	Cita representativa
Coordinación interorganizacional	78 %	Blockchain eliminó 3 intermediarios en certificación de origen (Gerente Logística, Dole)
Resiliencia ante disruptiones	65 %	Se recuperaron 15 días de producción durante huelgas gracias a trazabilidad blockchain (TI, Santa Priscila)
Barreras de adopción	42 %	La resistencia cultural fue mayor que los desafíos técnicos (CEO, Favorita Fruit)

El análisis detallado de los índices delta normalizados permitió observar que las variables asociadas a eficiencia documental y trazabilidad presentaron las variaciones más amplias entre los sectores evaluados. En el sector camaronero, los valores delta mostraron incrementos sostenidos en todos los años analizados, mientras que en el sector bananero se registraron avances más graduales, aunque igualmente consistentes. Estos resultados permitieron visualizar el comportamiento diferencial entre cadenas productivas con grados distintos de integración logística, evidenciando una evolución positiva mantenida en ambos sectores durante el periodo de estudio.

De igual manera, la revisión longitudinal de los datos operativos mostró que las mejoras obtenidas tras la adopción de blockchain se mantuvieron estables a lo largo del tiempo, sin retrocesos en los indicadores analizados. Tanto los tiempos de despacho como los costos logísticos y los errores documentales presentaron tendencias descendentes continuas en las mediciones anuales realizadas entre 2019 y 2024. Esta estabilidad permitió identificar patrones sostenidos de optimización, lo que proporcionó mayor precisión en los análisis de eficiencia y en las proyecciones realizadas mediante simulaciones dinámicas.

Las correlaciones estadísticas mostraron asociaciones entre la reducción de tiempos aduaneros y el aumento de transparencia ($\rho = 0,82$), así como entre la disminución de errores documentales y el cumplimiento normativo ($\rho = 0,79$). El análisis costo-beneficio estimó un retorno de inversión (ROI) de 1:3,8, resultado de las reducciones simultáneas en tiempos y costos logísticos.

Además, la revisión consolidada de todos los indicadores permitió identificar una correspondencia consistente entre los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos en el estudio. Los patrones de mejora observados en tiempos, costos, eficiencia documental, transparencia y trazabilidad coincidieron con las percepciones expresadas por los actores entrevistados, quienes reportaron cambios operativos tangibles tras la adopción de blockchain. Esta convergencia de fuentes fortaleció la consistencia de los hallazgos y permitió complementar la evaluación de desempeño de ambas cadenas productivas durante el periodo analizado.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio muestran mejoras sustanciales en la eficiencia operativa de las cadenas de suministro bananera y camaronera tras la implementación de tecnología blockchain. Estos hallazgos, al compararse con la literatura internacional, permiten identificar patrones comunes y particularidades asociadas al contexto ecuatoriano. De manera general, las reducciones en tiempos de despacho, costos logísticos y errores documentales, así como los incrementos en transparencia y trazabilidad, coinciden con lo señalado por investigaciones que han analizado la digitalización logística en sectores agroindustriales y de comercio exterior.

Las disminuciones en tiempos de despacho aduanero observadas en ambos sectores se alinean con lo reportado por ^(9,14), quienes identificaron reducciones del 30 % al 45 % en cadenas globales gracias a la automatización del flujo documental mediante blockchain. La magnitud de los valores alcanzados en el sector camaronero ecuatoriano supera algunos de los registros internacionales, lo cual podría explicarse por la integración vertical

que caracteriza a este sector y que facilita la adopción de sistemas tecnológicos avanzados. En términos teóricos, estos resultados reflejan el papel de blockchain como infraestructura distribuida que reduce la duplicidad de verificaciones y elimina procesos manuales, tal como lo describen ^(2,9).

En relación con los costos logísticos, las reducciones del 21 % al 23 % son comparables con los estudios de ^(3,13), quienes documentaron eficiencias derivadas de la disminución de trámites administrativos y la integración de registros automatizados. En consecuencia, ⁽¹²⁾ sostienen que los sectores con mayor fragmentación de actores tienden a obtener reducciones más pronunciadas cuando se implementan tecnologías de registro distribuido, lo que concuerda con lo observado en el sector camaronero. En el caso del sector bananero, donde predomina una estructura más heterogénea, las mejoras se mantienen dentro del rango global, pero no alcanzan los niveles de eficiencia de industrias altamente tecnificadas.

La disminución de los errores documentales constituye uno de los resultados más relevantes del estudio, con reducciones superiores al 60 %. Estas cifras coinciden con lo señalado por ⁽⁹⁾, quienes destacaron que la inmutabilidad de los registros blockchain reduce la probabilidad de inconsistencias y facilita el cumplimiento de normativas internacionales. Del mismo modo, ⁽⁵⁾ indicaron que los sectores agroexportadores ecuatorianos presentaban vulnerabilidades asociadas al manejo documental, lo que convierte a blockchain en un recurso esencial para asegurar la integridad de la información.

El incremento en los niveles de transparencia y trazabilidad coincide con los estudios de ⁽⁷⁾, quienes demostraron que la tecnología blockchain favorece la construcción de entornos comerciales basados en la confianza y la verificación instantánea. Los valores elevados reportados en el presente estudio son consistentes con investigaciones de ⁽¹²⁾, quienes identificaron que las cadenas productivas que incorporan plataformas como Hyperledger aumentan significativamente su visibilidad interna y externa. Estos hallazgos refuerzan la teoría de la “confianza algorítmica”, que plantea que las decisiones dentro de la cadena se apoyan en datos verificables en tiempo real, independientemente de la subjetividad de los actores.

Las proyecciones obtenidas mediante simulaciones dinámicas también coinciden con modelos realizados en cadenas agropecuarias de Asia y Europa, donde se han proyectado mejoras acumuladas similares bajo escenarios de integración total. Los incrementos superiores al 50 % en eficiencia a cinco años sugieren que la adopción de blockchain genera resultados inmediatos, y potencia la coordinación interorganizacional en el largo plazo. Este comportamiento ya había sido anticipado por ⁽¹⁵⁾, quienes destacaron el impacto acumulativo de blockchain en la eficiencia sistémica.

El benchmarking sectorial mediante DEA-BCC mostró que el sector camaronero presenta niveles de eficiencia más altos, lo cual coincide con estudios que documentan mayores tasas de adopción tecnológica en industrias acuícolas y de proteína marina. La literatura internacional también señala que las cadenas con trazabilidad obligatoria, como las acuícolas, incorporan soluciones tecnológicas más rápidamente, lo que explica los resultados obtenidos.

En cuanto a los resultados cualitativos, la identificación de barreras culturales y organizacionales es coherente con estudios latinoamericanos que analizan la transformación digital en pymes. ⁽⁶⁾, evidenciaron que la mayoría de las empresas presentan limitaciones en habilidades digitales, lo cual coincide con los hallazgos del presente estudio, especialmente en el sector bananero. Asimismo, la coordinación interorganizacional identificada como clúster principal coincide con las observaciones realizadas en Babahoyo por ⁽¹³⁾, quienes resaltaron que blockchain permite eliminar intermediarios y mejorar el flujo de información.

Respecto a las implicaciones del estudio, los resultados obtenidos indican que blockchain puede convertirse en un elemento clave para mejorar la competitividad de los sectores exportadores ecuatorianos, dado que contribuye directamente a reducir costos operativos, agilizar trámites y fortalecer la transparencia requerida en mercados internacionales. A nivel estratégico, los hallazgos sugieren la necesidad de fortalecer políticas de digitalización, establecer estándares de interoperabilidad tecnológica y promover alianzas público-privadas que faciliten la adopción masiva de estas plataformas.

El estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, se trabajó con un número reducido de empresas líderes, lo cual limita la generalización de los resultados. En segundo lugar, los datos operativos dependen de registros internos proporcionados por las compañías, lo que podría incorporar sesgos de reporte. Finalmente, el período de análisis abarca años afectados por la pandemia de COVID-19 y cambios globales en logística, lo que pudo influir en algunas variaciones observadas.

A partir de estas limitaciones, futuras investigaciones podrían ampliar la muestra hacia empresas medianas y pequeñas, incorporar mediciones externas e independientes para validar los registros operativos y desarrollar estudios longitudinales que permitan evaluar la sostenibilidad de los efectos de blockchain en períodos más estables. Asimismo, se recomienda explorar la integración de blockchain con otras tecnologías emergentes, como IoT o inteligencia artificial, para analizar sinergias que potencien la eficiencia y trazabilidad en sectores productivos con diferentes niveles de madurez digital.

CONCLUSIONES

La implementación de blockchain en las cadenas de suministro de los sectores bananero y camaronero de Ecuador generó mejoras significativas en la eficiencia operativa, la reducción de costos logísticos y el fortalecimiento de la transparencia y trazabilidad. Estos resultados confirman el potencial de esta tecnología para optimizar procesos en economías emergentes y evidencian su contribución directa a la competitividad internacional de sectores intensivos en exportación.

El análisis transversal mostró que la efectividad de blockchain no depende únicamente de la infraestructura técnica, sino también de factores humanos y organizacionales. Persisten barreras relacionadas con la capacitación, la resistencia al cambio y la heterogeneidad de los sistemas de gestión, lo que subraya la necesidad de estrategias integrales que combinen innovación tecnológica con desarrollo de talento y fortalecimiento institucional. Este enfoque es particularmente relevante para países en desarrollo cuyos sectores productivos presentan dinámicas similares.

Los resultados aportan un marco metodológico replicable para el estudio del impacto de tecnologías emergentes en cadenas de suministro, y ofrecen evidencia útil para orientar políticas públicas de modernización digital enfocadas en estandarización tecnológica, interoperabilidad y formación especializada. Futuras investigaciones deberían ampliar el análisis hacia otros sectores primarios y regiones del país, evaluar los efectos en períodos de mayor estabilidad logística e incorporar modelos híbridos que integren blockchain con tecnologías como IoT e inteligencia artificial para fortalecer la trazabilidad integral.

El estudio constituye un punto de partida para comprender el papel transformador de blockchain en la evolución de las cadenas globales de valor, promoviendo sistemas productivos más resilientes, transparentes y sostenibles, con beneficios tangibles para la competitividad nacional y para las comunidades vinculadas a la actividad agroexportadora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balza-Franco VI, Cardona-Arbelaez DA. La relación entre logística, cadena de suministro y competitividad: una revisión de literatura. *Rev Espacios*. 2020;798:1015. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Balza-Franco/publication/341977224_La_relacion_entre_logistica_cadena_de_suministro_y_competitividad_una_revision_de_literatura_The_relationship_among_logistics_supply_chain_and_competitiveness_a_review/links/5edba1c192851c9c5e879597/La-relacion-entre-logistica-cadena-de-suministro-y-competitividad-una-revision-de-literatura-The-relationship-among-logistics-supply-chain-and-competitiveness-a-review.pdf
2. Pimentel AJC, Pecho GIP. Aplicación de blockchain utilizando solidity para mejorar la seguridad en la gestión de la cadena de suministros de la empresa Trapex. *Rev Cient Biotech Eng*. 4(3). Disponible en: <https://revistas.untels.edu.pe/index.php/files/article/view/120>
3. González SM, Rejón JÁP, Sánchez BH, Ramón RCG. Estado del arte de la blockchain y su aplicación a la cadena de suministros de las plataformas petroleras en la Región de Campeche. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip*. 2023;7(3):5941-61. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6601>
4. Palau EJÁ. La logística del mañana: retos y oportunidades en la era digital. *Oikonomics*. 2018;(9):13-27. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6813742>
5. Ajila JPL, Aguilar MAE, Romero HRC, Campoverde JQ. Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip*. 2023;7(1):7494-507. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4981>
6. Sánchez Suárez Y, Pérez Castañeira JA, Sangroni Laguardia N, Cruz Blanco C, Medina Nogueira YE. Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ing Ind*. 2021;42(1):169-84. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1815-59362021000100169&script=sci_arttext
7. Perez JM, Montañez LS. Estrategias emergentes del offshoring en la gestión de la cadena de suministros global. *Rev Investig Valor Agregado*. 2023;10(1):146-64. Disponible en: https://riva.upeu.edu.pe/index.php/ri_va/article/view/2053
8. Gestión sostenible de la cadena de suministro en la industria alimentaria del Ecuador a través de la tecnología blockchain, período 2019-2021. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=Gesti%C3%B3n+sostenible+de+la+cadena+de+suministro...>

9. Prado SSM, Campoverde VKL, Solórzano SSS. Blockchain: un nuevo concepto de responsabilidad social corporativa en exportadoras de camarón de Ecuador. *Rev Scientific.* 2021;6(20):206-23. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9588012>
10. Ruiz-López SE. Estrategias de gestión de la cadena de suministro en un mundo globalizado. *Rev Cient Zambos.* 2024;3(2):97-119. Disponible en: <https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec/index.php/home/article/view/19>
11. Morelos J, Cardona D, Hernández H. El Operador Económico Autorizado (OEA): la apuesta de la Organización Mundial de Aduana a la seguridad de la cadena de suministros y el comercio internacional. *Rev Cient Anfibios.* 2022;5(2):101-9. Disponible en: <http://www.revistaanfibios.org/ojs/index.php/afb/article/view/116>
12. Galarza-Sánchez PC, Solano-Gutiérrez GA. Análisis comparativo de plataformas blockchain en la optimización de la cadena de suministro. *Multidiscip Collab J.* 2024;2(3):25-40. Disponible en: <https://mcjournal.editorialdoso.com/index.php/home/article/view/39>
13. Cruz NKE, Torres NMC, Valero MIG, Torres ARF. Análisis de la solución blockchain aplicada a las cadenas de suministro en la ciudad de Babahoyo. *J Sci Res.* 2020;5(CININGEC):831-44. Disponible en: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1041>
14. Chang Y, Iakovou E, Shi W. Blockchain in global supply chains and cross border trade: A critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. *Int J Prod Res.* 2020;58(7):2082-99. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1651946>
15. Guerra CBM, Erazo TEE, Freire VGM, Moreno LFH. Tecnología blockchain y su implementación en los sistemas contables: efectos en la eficiencia y transparencia. *Cienc Lat Rev Cient Multidiscip.* 2023;7(4):8569-97. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7578>

FINANCIACIÓN

No existió financiación para el desarrollo de la investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses entre los autores.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Paola Elizabeth Vega Piedra.

Curación de datos: Yesenia Elizabeth Sánchez Torres.

Ánalisis formal: Leonardo Alberto Velasco Alarcón.

Investigación: Leonardo Alberto Velasco Alarcón.

Metodología: Paola Elizabeth Vega Piedra.

Administración del proyecto: Paola Elizabeth Vega Piedra.

Recursos: Leonardo Alberto Velasco Alarcón.

Software: Yesenia Elizabeth Sánchez Torres.

Supervisión: Paola Elizabeth Vega Piedra.

Validación: Yesenia Elizabeth Sánchez Torres.

Visualización: Leonardo Alberto Velasco Alarcón.

Redacción - borrador original: Yesenia Elizabeth Sánchez Torres.

Redacción - revisión y edición: Paola Elizabeth Vega Piedra, Yesenia Elizabeth Sánchez Torres, Leonardo Alberto Velasco Alarcón.