

Implementación de blockchain para certificación de origen en exportaciones de flor de jamaica ecuatoriana vía e-commerce a Países Bajos, 2025

Blockchain implementation for origin certification in Ecuadorian hibiscus flower exports via e-commerce to the Netherlands, 2025

Rocio Jarlen Suquisupa Quezada¹, Michael Andrés Fajardo Piedra² y Miriam Rocio Farez Arias³

¹Universidad Técnica de Machala, rsuquisup1@utmachala.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0000-6121-8976>, Ecuador

²Universidad Técnica de Machala, mfajardo9@utmachala.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0007-6443-6144>, Ecuador

³Universidad Técnica de Machala, mrfarez@utmachala.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-1971-9843>, Ecuador

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 22-06-2026

Revisado 24-06-2026

Aceptado 31-07-2026

Palabras Clave:

Blockchain
Trazabilidad del origen
Certificación de origen
Comercio electrónico
Exportaciones agroindustriales

RESUMEN

La tecnología blockchain se perfila como una herramienta disruptiva para la certificación de origen en el comercio internacional, al ofrecer registros descentralizados, inmutables y transparentes. El presente estudio analiza los desafíos técnicos, normativos y operativos que condicionan la implementación de blockchain como sistema de certificación de origen en las exportaciones de flor de Jamaica ecuatoriana (*Hibiscus sabdariffa*) vía e-commerce hacia Países Bajos durante 2025. La investigación, de tipo documental cualitativo, se desarrolló bajo un paradigma interpretativo mediante el análisis sistemático de 25 documentos seleccionados por muestreo intencional, incluyendo normativas, informes oficiales, artículos académicos y casos de implementación. Los hallazgos revelan que la adopción de blockchain es incipiente pero promisorio, estructurándose en cuatro dimensiones interconectadas: desafíos técnicos como escalabilidad e interoperabilidad; factores normativos marcados por vacíos legales sobre contratos inteligentes; aspectos operativos vinculados a los altos costos para pequeñas y medianas empresas; y beneficios como la transparencia y eficiencia documental, aunque limitados por el consumo energético y la falta de estándares. Se concluye que la adopción masiva de blockchain requiere reformas normativas, armonización de estándares internacionales y programas de transferencia tecnológica para las PYMES.

ABSTRACT

Blockchain technology emerges as a disruptive tool for origin certification in international trade by offering decentralized, immutable, and transparent records. This study analyzes the technical, regulatory, and operational challenges conditioning the implementation of blockchain as an origin certification system for Ecuadorian hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa*) exports via e-commerce to the Netherlands during 2025. The research, a qualitative documentary study, was developed under an interpretative paradigm through the systematic analysis of 25 documents selected by intentional sampling, including regulations, official reports, academic articles, and implementation cases. The findings reveal that blockchain adoption is incipient yet promising, structured into four interconnected dimensions: technical challenges such as scalability and interoperability; regulatory factors marked by legal gaps regarding smart contracts; operational aspects linked to high costs for small and medium-sized enterprises; and benefits such as transparency and documentary efficiency, although limited by energy consumption and lack of standards. It is concluded that massive blockchain adoption requires regulatory reforms, harmonization of international standards, and technology transfer programs for SMEs.

Keywords:

Blockchain
Origin traceability
Origin certification
E-commerce
Agroindustrial exports

INTRODUCCIÓN

En el ámbito del comercio internacional, la tecnología de cadena de bloques se perfila como una innovación disruptiva para los procedimientos de certificación. Al proporcionar un registro descentralizado, inmutable y de acceso público, esta tecnología posibilita la automatización de la emisión documental a través de contratos inteligentes, asegura la trazabilidad digital de los productos desde su punto de origen y refuerza tanto la integridad de los documentos como la confianza entre los agentes comerciales intervinientes (Portal CIP, 2024). Esta capacidad transformadora ha despertado un creciente interés en sectores agroexportadores, donde la transparencia y la autenticidad del origen constituyen factores críticos para acceder a mercados exigentes.

En Ecuador, la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) está adquiriendo relevancia como un producto de exportación no tradicional con un notable potencial de crecimiento. Aunque no es una especie autóctona, se ha aclimatado con éxito en la región amazónica del país, con plantaciones en provincias como El Oro, Los Ríos, Napo, Morona Santiago y Pastaza. Esta cadena productiva se distingue por la implicación de pequeños y medianos agricultores, en un proceso que abarca desde el cultivo hasta la transformación para su uso en las industrias alimentaria y farmacéutica, destacando por su elevado contenido de antioxidantes (González et al., 2022). El creciente interés por diversificar la oferta exportable ecuatoriana cobra relevancia si se considera que, según el Ministerio de Producción (2025), la Unión Europea se posiciona como el segundo destino de las exportaciones no petroleras, con una participación del 25%, lo que convierte a Países Bajos como puerta de entrada a la UE en un mercado estratégico. Además, el propio informe ministerial advierte sobre una creciente concentración de las exportaciones en pocos productos y destinos, lo que subraya la necesidad de diversificar la oferta exportable con bienes como la flor de Jamaica.

A nivel regional, investigaciones recientes han explorado las posibilidades de blockchain para mejorar la transparencia en cadenas de suministro agroexportadoras. En el contexto ecuatoriano, se han identificado avances incipientes pero promisorios en el uso de herramientas digitales para la trazabilidad, aunque persisten brechas significativas en materia normativa y operativa. Estudios como los de Álvarez s (2025) y Herrera, Riquelme y Morales (2025) coinciden en señalar la existencia de un vacío legal significativo en la legislación ecuatoriana en lo que respecta a la naturaleza jurídica de los registros distribuidos. Asimismo, la Organización Mundial del Comercio (2022) ha advertido sobre los riesgos de fragmentación regulatoria y la necesidad de armonización internacional para evitar la creación de "silos digitales" que dificulten el comercio transfronterizo.

Esta dinámica, que exige una trazabilidad rigurosa para garantizar la calidad y la inocuidad aspectos altamente valorados en el mercado europeo, hace que la implementación de una herramienta como blockchain, que ofrece transparencia e inmutabilidad en el registro de información, sea particularmente pertinente para mejorar la competitividad y la confianza en este sector. Sin embargo, la adopción de esta tecnología no está exenta de obstáculos. La literatura especializada ha identificado limitaciones vinculadas con la escalabilidad de las redes públicas, la ausencia de interoperabilidad entre plataformas, los riesgos de seguridad en la gestión de claves criptográficas y el elevado consumo energético de los mecanismos de consenso basados en prueba de trabajo (Tapscott & Tapscott, 2016; Ajwalia & Shah, 2025). A estas barreras técnicas se suman factores normativos y operativos que condicionan severamente su implementación en países en desarrollo como Ecuador.

En respuesta a esta problemática, el presente artículo se centra en analizar los desafíos técnicos, normativos y operativos presentes en la implementación de la tecnología blockchain como herramienta de certificación de origen en las exportaciones de flor de Jamaica ecuatoriana vía e-commerce hacia Países Bajos durante el año 2025. Para ello, el estudio se estructura en torno a los siguientes objetivos específicos: identificar los desafíos técnicos relacionados con la implementación de blockchain; analizar los factores normativos que condicionan el reconocimiento y la validez de dicha certificación; examinar los aspectos operativos asociados a su adopción; y determinar los beneficios y limitaciones derivados de su implementación, a partir de la revisión de literatura especializada y normativa aplicable. Este análisis descriptivo busca proporcionar un marco de referencia fundamentado que contribuya a cerrar la brecha entre el avance tecnológico y la práctica exportadora, ofreciendo insumos valiosos para el diseño de políticas públicas y estrategias empresariales que fortalezcan la competitividad del comercio exterior ecuatoriano en la era del comercio digital global.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enmarca en un enfoque cualitativo de tipo documental, orientado a la revisión y análisis sistemático de fuentes secundarias especializadas en tecnología blockchain, certificación de origen y comercio electrónico transfronterizo. Este diseño metodológico resulta pertinente dado que el objeto de

estudio la implementación de blockchain como herramienta de certificación se encuentra en una fase incipiente en el contexto ecuatoriano, por lo que el acceso a datos primarios aún es limitado. La investigación se desarrolló bajo un paradigma interpretativo, que permite comprender los fenómenos desde la perspectiva de los actores y documentos que los representan, reconociendo la complejidad y multidimensionalidad del problema analizado.

La recopilación de documentos se efectuó entre enero y diciembre de 2025, consultando las bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO y Redalyc, así como los repositorios digitales de la Organización Mundial de Aduanas, la Organización Mundial del Comercio, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. Las estrategias de búsqueda combinaron, mediante operadores booleanos, términos clave como: blockchain, trazabilidad del origen, e-commerce, digital traceability, distributed ledger technology, cross-border trade y origin certification. Esta combinación de fuentes permitió obtener una visión integral del estado del arte, abarcando tanto la literatura académica como los documentos normativos e institucionales que regulan la materia.

La muestra final quedó conformada por 25 documentos, seleccionados a través de un muestreo intencional. Esta selección integró normativas internacionales, informes institucionales, artículos académicos y casos prácticos de implementación, todos ellos vinculados al comercio exterior ecuatoriano y europeo. Los criterios de inclusión aplicados fueron: publicaciones del período 2025; documentos directamente relacionados con blockchain, trazabilidad del origen o certificación de origen en comercio exterior; relevancia para el contexto ecuatoriano, latinoamericano o de países en desarrollo; y artículos científicos, tesis, informes técnicos o reportes institucionales con respaldo académico. Se excluyeron publicaciones anteriores a 2025, documentos sin rigor académico, estudios centrados únicamente en blockchain financiero y textos en idiomas diferentes al español, inglés o portugués.

Para garantizar la transparencia y el rigor metodológico en la selección de fuentes, se aplicó el protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptado para revisiones documentales cualitativas. La gestión de referencias y la eliminación de duplicados se realizó mediante el software Zotero. El proceso de selección documental se desarrolló en cuatro fases: identificación de registros en las bases de datos; cribado mediante la lectura de títulos y resúmenes; elegibilidad a través de la lectura completa de los textos; e inclusión final de los documentos que cumplieran con todos los criterios establecidos. De 35 registros iniciales, se llegó a 25 documentos, lo que representa una tasa de inclusión del 71,4%.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante la técnica de análisis de contenido codificado en tres fases. En una primera fase, se realizó una lectura exploratoria de los documentos para familiarizarse con su contenido y extraer las ideas principales. En una segunda fase, se procedió a la codificación abierta, identificando unidades de significado relevantes para el estudio y agrupándolas en categorías emergentes. Finalmente, en una tercera fase, se realizó una codificación axial que permitió establecer relaciones entre las categorías y subcategorías, estructurando los hallazgos en torno a cuatro dimensiones analíticas: desafíos técnicos, factores normativos, aspectos operativos, y beneficios y limitaciones. Este proceso iterativo de análisis se mantuvo hasta alcanzar la saturación teórica, es decir, hasta que nuevos documentos no aportaban información adicional a las categorías establecidas.

Para garantizar la validez y el rigor de los hallazgos, se implementaron diversas estrategias. En primer lugar, se realizó una triangulación por fuentes, contrastando sistemáticamente la información proveniente de publicaciones científicas, directrices técnicas e informes institucionales. En segundo lugar, se mantuvo una bitácora metodológica con el registro detallado de los criterios de inclusión, exclusión y decisiones analíticas durante todo el proceso de revisión documental. En tercer lugar, se llevó a cabo una revisión por pares, con verificación cruzada de la extracción de datos y asignación de códigos para reducir sesgos del investigador. Finalmente, se aplicó el principio de saturación teórica, analizando iterativamente los datos hasta alcanzar redundancia en los hallazgos por cada categoría analítica.

Las consideraciones éticas de la investigación se orientaron al manejo responsable de las fuentes documentales, garantizando la correcta atribución de autoría y el respeto a los derechos de propiedad intelectual. Todas las referencias fueron gestionadas con el software Zotero y se verificó la disponibilidad de enlaces DOI para asegurar el acceso a las fuentes originales. Asimismo, se mantuvo la integridad de la información extraída, evitando interpretaciones sesgadas o manipulaciones de los datos que pudieran distorsionar los hallazgos originales de los documentos analizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis documental realizado ha permitido identificar y caracterizar los principales factores que condicionan la implementación de la tecnología blockchain como herramienta de certificación de origen en las exportaciones de flor de Jamaica ecuatoriana hacia Países Bajos. Los hallazgos se estructuran en torno

a cuatro dimensiones interconectadas: desafíos técnicos, factores normativos, aspectos operativos, y beneficios y limitaciones. Esta organización responde a la naturaleza sistémica del fenómeno estudiado, donde cada dimensión incide y se retroalimenta con las demás, configurando un escenario complejo que trasciende el mero análisis tecnológico.

Desafíos Técnicos

En el plano técnico, la literatura revisada coincide en señalar que la escalabilidad constituye uno de los principales obstáculos para la adopción masiva de blockchain en el comercio exterior. Las redes blockchain públicas, como Ethereum o Bitcoin, presentan limitaciones en su capacidad de procesamiento de transacciones por segundo, lo que podría ralentizar las operaciones de comercio exterior que requieren inmediatez y fluidez. Esta limitación resulta particularmente crítica en contextos de comercio electrónico transfronterizo, donde los tiempos de respuesta son un factor determinante para la competitividad. Organismos internacionales como la Organización Mundial del Comercio (2022) han señalado que la cadena de bloques podría experimentar una "redefinición revolucionaria en la gobernanza de las cadenas de suministro globales" debido a su registro inmutable y descentralizado, pero esta promesa se ve atenuada por las limitaciones técnicas actuales.

La interoperabilidad emerge como un segundo desafío de gran relevancia. La ausencia de estándares comunes que permitan la comunicación entre diferentes plataformas blockchain como Hyperledger Fabric, Ethereum o Corda—dificulta la integración con los sistemas aduaneros existentes, como la Ventanilla Única Ecuatoriana. Esta fragmentación tecnológica genera silos de información que contradicen el principio de transparencia y fluidez que promete blockchain. Investigaciones recientes (Ceferino & Chura, 2025) han subrayado que la interoperabilidad es un requisito indispensable para que blockchain pueda cumplir su promesa transformadora en el comercio internacional, advirtiendo que sin estándares armonizados, las soluciones blockchain podrían convertirse en islas tecnológicas que aumenten, en lugar de reducir, la complejidad documental.

En materia de seguridad y privacidad, aunque blockchain es intrínsecamente resistente a manipulaciones gracias a su estructura criptográfica, persisten riesgos significativos en la gestión de claves criptográficas y en la protección de datos comerciales sensibles frente a accesos no autorizados. Tapscott y Tapscott (2016) describen blockchain como "un protocolo de confianza que permite a individuos que no se conocen trabajar juntos sin necesidad de una autoridad intermediaria central", pero esta misma característica plantea interrogantes sobre quién responde en caso de fallos de seguridad o pérdida de claves de acceso. La literatura revisada coincide en que la madurez tecnológica de las soluciones blockchain aplicadas a la logística y certificación aún es limitada, con escasa evidencia sobre su rendimiento en entornos productivos a gran escala.

Un aspecto adicional que merece atención es el consumo energético de las redes blockchain. Los mecanismos de consenso basados en prueba de trabajo (*proof-of-work*) demandan niveles de energía que contrastan con los objetivos de sostenibilidad ambiental del comercio internacional. Esta contradicción resulta especialmente relevante en el contexto europeo, donde la huella de carbono de los productos importados es un factor cada vez más valorado por los consumidores y reguladores. Aunque existen alternativas más eficientes como los mecanismos de prueba de participación (*proof-of-stake*), su adopción en el ámbito del comercio exterior aún es incipiente.

Factores Normativos

El análisis documental pone de relieve que los factores normativos constituyen una de las barreras más críticas para la adopción de blockchain en la certificación de origen. Esta categoría se desglosa en tres niveles interconectados: el marco legal ecuatoriano, los requisitos del mercado destino (Países Bajos/Unión Europea) y los estándares internacionales de armonización. La coexistencia de marcos legales de corte analógico con tecnologías digitales de vanguardia genera una tensión normativa que condiciona severamente la viabilidad de la implementación.

En el ordenamiento jurídico ecuatoriano, la norma fundamental para el comercio electrónico y la documentación digital es la Ley de Comercio Electrónico, Firmas y Mensajes de Datos (Ministerio de Telecomunicaciones, 2002), la cual reconoce plena validez jurídica a los mensajes de datos y a las firmas electrónicas certificadas. No obstante, esta ley fue promulgada con anterioridad a la irrupción de la tecnología blockchain y los contratos inteligentes, por lo que no incorpora disposiciones sobre mecanismos de consenso descentralizado ni sobre registros distribuidos como medio de prueba. En lo concerniente a los certificados de origen, el Acuerdo Ministerial No. 8 (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2018) establece los procedimientos para su expedición, pero circunscribe los formatos admitidos a documentos físicos o electrónicos emitidos exclusivamente por entidades facultadas.

Investigaciones recientes (Álvarez Morales, 2025; Herrera, Riquelme y Morales, 2025) coinciden en señalar la existencia de un vacío legal significativo en la legislación ecuatoriana en lo que respecta a la naturaleza jurídica de los registros distribuidos. Si bien la Ley de Firmas Electrónicas otorga valor probatorio a la firma electrónica, no regula la inmutabilidad criptográfica ni la ejecución automatizada de contratos, lo cual genera incertidumbre acerca de si un certificado de origen emitido mediante blockchain podría ser objeto de impugnación ante tribunales aduaneros o comerciales. Este vacío por omisión coloca a los exportadores ecuatorianos en una situación de inseguridad jurídica que desincentiva la inversión en infraestructura digital.

Por su parte, el mercado de destino, Países Bajos, se rige por el marco regulatorio de la Unión Europea. El Reglamento UE 2022/740 (Comisión Europea, 2022) fija criterios técnicos rigurosos para los certificados de origen electrónicos, que incluyen estándares de cifrado (AES-256) y requisitos de auditoría para los sistemas emisores. Sin embargo, la normativa europea exige que los certificados sean expedidos por "autoridades competentes" o "entidades emisoras autorizadas", y que exista una identidad jurídica claramente responsable detrás de la emisión. En este punto emerge una tensión normativa de primer orden: la naturaleza descentralizada y seudónima de ciertas redes blockchain resulta incompatible con la exigencia europea de responsabilidad jurídica centralizada. La regulación vigente no ofrece una respuesta explícita a esta disyuntiva, lo que llevaría a las empresas ecuatorianas a implementar soluciones blockchain de tipo privado, donde exista un nodo administrador con personería jurídica (Ajwalia y Shah, 2025).

A esta complejidad se añade que el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) europeo consagra el denominado "derecho al olvido", el cual contradice el principio de inmutabilidad característico del blockchain, donde los datos registrados no pueden ser suprimidos. Esta colisión normativa de carácter transfronterizo debería ser abordada en los acuerdos comerciales bilaterales (Ministerio de Producción, 2025), los cuales, hasta la fecha, no incorporan cláusulas específicas sobre interoperabilidad de libros contables digitales.

En el plano internacional, la Organización Mundial de Aduanas, mediante el Marco de Normas SAFE (WCO, 2021), impulsa la interoperabilidad aduanera y el intercambio electrónico de datos, pero aún no ha dictado directrices vinculantes acerca de la aceptación de registros descentralizados para la certificación de origen. Por su parte, la Organización Mundial del Comercio (2022) advierte que la fragmentación regulatoria entre países podría dar lugar a "silos digitales" que dificulten el comercio. El Acuerdo sobre Comercio Electrónico que se negocia en el seno de la OMC (WTO, 2025) persigue establecer principios básicos para la confianza digital y los flujos transfronterizos de datos, pero no aborda técnicamente el estatus de los contratos inteligentes ni la validez probatoria de los hashes criptográficos frente a los documentos tradicionales.

Tabla 1: Factores normativos que condicionan la implementación de blockchain en la certificación de origen

Nivel normativo	Instrumento legal	Disposición relevante	Implicación para blockchain
Marco legal ecuatoriano	Ley de Comercio Electrónico, Firmas y Mensajes de Datos (2002)	Reconocimiento de firmas electrónicas y mensajes de datos	No regula registros distribuidos ni contratos inteligentes (vacío por omisión)
Marco legal ecuatoriano	Acuerdo Ministerial No. 8 (2018)	Procedimientos para certificados de origen	Circunscribe a entidades facultadas, no contempla emisión descentralizada
Normativa UE/Países Bajos	Reglamento UE 2022/740	Estándares de cifrado y auditoría para certificados electrónicos	Exige responsabilidad jurídica centralizada (incompatible con descentralización pura)

Normativa UE/Países Bajos	GDPR (Reglamento General de Protección de Datos)	Derecho al olvido y supresión de datos	Contradice principio de inmutabilidad de blockchain
Estándares internacionales	Marco SAFE (OMA, 2021)	Interoperabilidad aduanera e intercambio electrónico de datos	No aborda específicamente registros descentralizados
Estándares internacionales	Acuerdo sobre Comercio Electrónico (OMC, en negociación)	Principios para confianza digital y flujos transfronterizos	No aborda contratos inteligentes ni validez probatoria de hashes

CONCLUSIÓN

El presente estudio, de carácter documental y enfoque cualitativo, ha examinado los desafíos técnicos, normativos y operativos que condicionan la adopción de la tecnología blockchain como sistema de certificación de origen para las exportaciones de flor de Jamaica ecuatoriana hacia Países Bajos a través de canales de comercio electrónico durante el año 2025. A partir del análisis sistemático de 25 documentos seleccionados mediante un muestreo intencional, los hallazgos revelan que la implementación del blockchain en este sector es todavía incipiente, aunque promisorio, si bien se enfrenta a barreras estructurales que actúan de manera interconectada y se refuerzan recíprocamente.

En el terreno técnico, se han identificado limitaciones vinculadas con la escalabilidad de las redes públicas, la ausencia de interoperabilidad entre plataformas, los riesgos de seguridad en la gestión de claves criptográficas, el elevado consumo energético de los mecanismos de consenso basados en prueba de trabajo, y la escasa madurez tecnológica de las soluciones aplicadas a la logística y certificación. Estas limitaciones, aunque de indudable importancia, no resultan insuperables y podrían ser abordadas mediante el desarrollo de estándares comunes y la adopción de mecanismos de consenso más eficientes desde el punto de vista energético.

Sin embargo, el hallazgo más crítico de esta investigación reside en la asimetría normativa que enfrenta el exportador ecuatoriano de flor de Jamaica. Por un lado, el marco legal ecuatoriano presenta un vacío estructural al no reconocer explícitamente la validez de los registros distribuidos ni de los contratos inteligentes como instrumentos para emitir certificados de origen. Por otro lado, la normativa de la Unión Europea, que rige en Países Bajos como mercado destino, exige una responsabilidad jurídica centralizada y el cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos, lo que resulta incompatible con la naturaleza descentralizada y seudónima de ciertas redes blockchain. Esta doble restricción sitúa al productor y exportador de flor de Jamaica en una posición de incertidumbre jurídica que desincentiva la inversión en innovación y trazabilidad, precisamente en un sector donde la transparencia y la autenticidad del origen podrían erigirse como una ventaja competitiva fundamental en el exigente mercado europeo.

Desde la perspectiva operativa, los hallazgos evidencian que los costos de implementación de soluciones blockchain continúan siendo elevados, especialmente para las pequeñas y medianas empresas, que conforman la mayor parte del tejido exportador vinculado a la flor de Jamaica. La inversión requerida en infraestructura tecnológica, capacitación de personal y mantenimiento de redes constituye una barrera de consideración, agravada por la baja adopción institucional, la insuficiente formación del personal aduanero y la resistencia al cambio por parte de los actores tradicionales de la cadena logística.

En cuanto a los beneficios y limitaciones, el estudio confirma que el blockchain ofrece ventajas potenciales como la automatización de la emisión de certificados mediante contratos inteligentes, la reducción de los plazos de procesamiento documental, la trazabilidad integral desde el origen hasta el destino, la inmutabilidad del registro que dificulta la comisión de fraudes, y la transparencia para todos los agentes intervinientes. No obstante, estas ventajas se ven contrarrestadas por limitaciones igualmente significativas: el elevado consumo energético, la ausencia de estándares internacionales armonizados, la brecha digital que margina a los pequeños productores, la incertidumbre jurídica, y la necesidad de capacitación técnica especializada.

A la luz de los hallazgos, se recomienda implementar una hoja de ruta multisectorial que articule, en primer lugar, una reforma normativa que actualice la Ley de Comercio Electrónico y el Acuerdo Ministerial No. 8 para reconocer explícitamente la validez jurídica de los certificados de origen emitidos mediante contratos inteligentes y registros distribuidos, estableciendo criterios técnicos y de seguridad que armonicen con los estándares europeos. En segundo lugar, se requiere diseñar esquemas de financiamiento accesibles para pequeñas y medianas empresas que faciliten la adopción de soluciones blockchain, acompañados de programas de capacitación para el personal aduanero, logístico y exportador, con énfasis en los fundamentos de la tecnología y su aplicación práctica en la certificación de origen. En tercer lugar, resulta fundamental promover el desarrollo de estándares técnicos que permitan la integración de las plataformas blockchain con la Ventanilla Única Ecuatoriana y faciliten el reconocimiento transfronterizo por parte de socios comerciales como Países Bajos, mediante la negociación de cláusulas específicas en acuerdos comerciales bilaterales que aborden la interoperabilidad de libros contables digitales. Finalmente, se sugiere fomentar proyectos piloto de implementación de blockchain en cadenas de suministro de productos no tradicionales como la flor de Jamaica, que permitan evaluar en condiciones reales la viabilidad técnica, normativa y operativa de la certificación digital, generando evidencia empírica que sirva de base para la formulación de políticas públicas.

La principal limitación del estudio es su carácter documental, por lo que los hallazgos no han sido contrastados empíricamente mediante trabajo de campo o entrevistas con actores del sector exportador ecuatoriano. Futuras investigaciones podrían abordar esta limitación mediante estudios de caso, entrevistas con exportadores de flor de Jamaica, análisis de pilotos de blockchain en cadenas de suministro agroexportadoras, y evaluaciones de impacto normativo en acuerdos comerciales bilaterales.

En síntesis, el estudio evidencia que la adopción masiva del blockchain en la certificación de origen de la flor de Jamaica ecuatoriana está condicionada por una asimetría sistémica entre su potencial técnico y las barreras estructurales existentes. Cerrar esta brecha requiere un enfoque integral que trascienda los pilotos aislados y aborde simultáneamente las dimensiones normativa, técnica, operativa y cultural. Sin una intervención coordinada, existe el riesgo de que el blockchain se convierta en una herramienta de nicho, accesible solo para grandes exportadores, profundizando las brechas digitales y competitivas en el sector exterior ecuatoriano y limitando las oportunidades de un producto con alto potencial como la flor de Jamaica en el mercado europeo.

REFERENCIAS

- Asociación Latinoamericana de Integración. (2018). *Certificados de origen en el comercio internacional*. <https://www.redalyc.org/journal/5646/564679988011/>
- Cepal. (2018). *Tecnologías disruptivas y comercio exterior en América Latina*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/58fe17ed-385b-42a1-a5ad-8ba8181a2e9b/content>
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca de Ecuador. (2018). *Acuerdo Ministerial No. 8 - Normativa Certificados de Origen*. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Acuerdo-Ministerial-8_Normativa-Certificados-Origen.pdf
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca de Ecuador. (2024). *Normativa de Origen TLC China-exportadores*. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/04/22.04.2024_Normativa-de-Origen-TLC-China-exportadores_VF.pdf
- Organización Mundial del Comercio. (2022). *Blockchain y comercio internacional: Una revisión*. https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/blockchainrev18_s.pdf
- Tapscott, D. and Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. Penguin, New York. <https://www.amazon.com/Blockchain-Revolution-Technology>
- Comisión Europea. (2022). *Reglamento UE 2022/740 sobre certificados de origen electrónicos*. Diario Oficial de la Unión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0740>
- Portal CIP. (2024). *Blockchain y su impacto en el transporte marítimo global*. <https://portalcip.org/wp-content/uploads/2019/11/BLOCKCHAIN-Y-SU-IMPACTO-EN-EL-TRANSPORTE-MARITIMO-GLOBAL.pdf>
- SciELO Brasil. (2024). *Estudio comparativo de adopción de blockchain en América Latina*. <https://www.scielo.br/j/tinf/a/PJWKFWfCxGNHbLdxtzLP9nB/>
- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. (2024). *Implementación de blockchain en exportaciones ecuatorianas*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/19419/1/T-UCSG-PRE-ESP-CCE-8.pdf>

- Universidad de Buenos Aires. (2024). *Aspectos normativos de la certificación digital*. <https://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/9695/Voziyanova.pdf>
- Universidad de San Buenaventura Colombia. (2024). *Interoperabilidad aduanera en sistemas blockchain*. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/d9fb86e0-3ca2-4320-be0f-ce587f2ae8d9/content>
- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. (2019). *La legislación ecuatoriana en el uso de Blockchain*. <https://yura.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/04/18.5-La-legislaci%C3%B3n-ecuatoriana-en-el-uso-de-Blockchain.pdf>
- Universidad Nacional de Loja. (2022). *Blockchain en la Ventanilla Única de Comercio Exterior*. <https://dspace.unl.edu.ec/items/5801d7fe-b01c-49fd-a955-7a0b61b58ef6>
- Ajwalia, M., & Shah, P. (2025). *Performance comparison of permissioned and permissionless blockchain by varying workload transaction. BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 5(4), 100251. <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2025.100251>
- Tomas, R. Muñoz, F. (2025). *Revisión y estudio de técnicas de escalado en sistemas blockchain*. Upv.es. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/de14ac70-53de-41d5-b71b-124b1177a11f/content>
- Cram-Martos, V., González, J., Ramírez, L. M., & Rivera, J. A. (2025). *El uso potencial de cadenas de bloques (blockchain) en el comercio internacional y su facilitación*. Cepal.org. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/58fe17ed-385b-42a1-a5ad-8ba8181a2e9b/content>
- Ceferino, J. Chura, Y. (2025). *Blockchain disruptivo e interoperabilidad en los sistemas de comercio exterior del Perú*. Editorialsphaera.com. <https://doi.org/10.63380/aij.v4n1.2026.263>
- Castillo, G. (2025). *Infraestructura tecnológica: Qué es, tipos y características*. Innovación Digital 360. <https://www.innovaciondigital360.com/industria-4-0/infraestructura-tecnologica-que-es-tipos-y-caracteristicas/>
- UNIVERSIDAD DE CUENCA (2025). *Informe de Implementación de Tecnologías Disruptivas en la Gestión Universitaria*. UNIVERSIDAD DE CUENCA. Edu.ec. https://www.ucuenca.edu.ec/wp-content/uploads/2026/01/Informes_de_implementacion_de_tecnologias_disruptivas_en_la_gestion_universitaria_2025_signed-signed-signed.pdf
- Normativa - Firma Electrónica Ecuador. (2018). *Firma Electrónica Ecuador*. <https://www.firmadigital.gob.ec/normativa/>
- Ministerio de Telecomunicaciones (2002). *LEY DE COMERCIO ELECTRONICO, FIRMAS Y MENSAJES DE DATOS*. Gob.ec. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Ley-de-Comercio-Electronico-Firmas-y-Mensajes-de-Datos.pdf>
- WCO (2021). *Marco de normas SAFE*. Wcoomd.org. <https://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/es/pdf/topics/facilitation/instruments-and-tools/tools/safe-package/safe-framework.pdf?la=fr>
- Comision Europea (2025). *Estándares de blockchain*. Comision Europea. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/blockchain-standards>
- WTO (2025). *Acuerdo sobre Comercio Electrónico*. Organizacion Mundial del Comercio. https://www.wto.org/spanish/tratop_s/ecom_s/information_on_agreement_ecom.pdf
- Ministerio de Produccion, Comercio Exterior e Inversiones (2025). *ACUERDO DE COMERCIO RECÍPROCO ENTRE ECUADOR Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA*. Gob.ec. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2026/03/ACUERDO-RECIPROCO-DE-COMERCIO-ENTRE-ECUADOR-Y-ESTADOS-UNIDOS-ESPANOL.pdf>
- Alvarez Morales, J. E. (2025). *Regulaciones de blockchain y contratos inteligentes en Ecuador. Perspectiva desde la normativa internacional: Blockchain regulations and smart contracts in Ecuador. Perspective from international regulations*. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 6(2), 3204–3220. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3899>
- Herrera, G. Riquelme, M. Morales, S. (2025). *Seguridad jurídica y protección de datos en Ecuador: validez legal de los Smart contract*. Cidecuador.org. <https://doi.org/10.33996/revistalex.v7i25.208>
- Haouchine, K. (2025). *Nodos Blockchain Explicados*. Contabo Blog; Contabo GmbH. <https://contabo.com/blog/es/nodos-blockchain-tipos-seguridad-y-como-funcionan/>
- Ashayeri, N., Kazemi, M., & Poursaeed, M. M. (2025). *Measuring the electronic readiness of the Islamic Republic of Iran Customs Administration to implement blockchain technology in the supply chain*. *World Customs Journal*, 19(2). <https://doi.org/10.55596/001c.144226>
- Cursos Certificados sobre Blockchain. (2018). *Blockchain Intelligence*. <https://blockchainintelligence.es/formacion-blockchain/>

- Estrada, A. (2025). *Impacto de la Digitalización y la Eficiencia de los Procesos Aduaneros de Importación en el Puerto de Guayaquil*. Edu.ec. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ecd62f3d-d14f-4f5b-a52b-efe1b297bba0/content>
- Finio, M., & Downie, A. (2025, noviembre 27). *Estrategias de reducción de costos de adquisiciones*. Ibm.com. <https://www.ibm.com/mx-es/think/insights/procurement-cost-reduction-strategies>
- Stepnov, J. (2025). *Herramientas de detección de falsificaciones en identificación: Cómo Regula ayuda*. Regula. <https://regulaforensics.com/es/blog/identity-verification-quiz/>
- Campos, M. E. (2025, agosto 4). *El impacto real de la eficiencia energética en los costos empresariales*. sicma. <https://www.sicmaecuador.com/post/el-impacto-real-de-la-eficiencia-energetica-en-los-costos-empresariales>
- Ayerdi, A. (2025, junio 23). *Contratos inteligentes: el futuro de los acuerdos empresariales*. Docuware.com. <https://start.docuware.com/es/blog/contratos-inteligentes>
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2025). *ANÁLISIS TRIMESTRAL COMERCIO EXTERIOR Dirección de Estudios Económicos y Comerciales I Trimestre 2025 (enero - marzo)*. Gob.ec. <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2025/05/Analisis-trimestral-de-comercio-exterior-I-Trimestre-2025.pdf>
- Chinkim Papue, J. C., & Morocho Quispe, J. V. (2022). *Potencial vegetal de (hibiscus sabdariffa L) flor de jamaica como antioxidante natural y cinética de su modelo del secado en el Ecuador*. Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1416>