

# El uso potencial de cadenas de bloques (*blockchain*) en el comercio internacional y su facilitación

Virginia Cram-Martos  
Joaquín González  
Lautaro M. Ramírez  
Javiera Arteaga Rivera



NACIONES UNIDAS

CEPAL

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

[Deseo registrarme](#)

---

Conozca nuestras redes sociales y otras fuentes de difusión en el siguiente link:



<https://bit.ly/m/CEPAL>



SERIE

COMERCIO INTERNACIONAL

188

# El uso potencial de cadenas de bloques (*blockchain*) en el comercio internacional y su facilitación

Virginia Cram-Martos

Joaquín González

Lautaro M. Ramírez

Javiera Arteaga Rivera



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Este documento fue preparado por Virginia Cram-Martos, Joaquín González y Lautaro M. Ramírez, Consultores de la Unidad de Comercio Internacional de la División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y Javiera Arteaga Rivera, Oficial de Asuntos Económicos de la misma Unidad. Se agradecen los comentarios de Nanno Mulder, Jefe de dicha Unidad.

Esta publicación contó con apoyo del proyecto de la Cuenta para el Desarrollo de las Naciones Unidas “Blockchain para facilitar el comercio y mejorar la competitividad”.

Se agradece la colaboración de Sandra Corcuera Santamaria, Especialista Senior de la División de Comercio e Inversión, Sector de Productividad, Comercio e Innovación, y de Michelle Moreno, Especialista Senior del Área de Tecnología de la Información, ambas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas  
ISSN: 1680-872X (versión electrónica)  
ISSN: 1680-869X (versión impresa)  
LC/TS.2025/65  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2025  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.2500416[S]

Esta publicación debe citarse como: Cram-Martos, V., González, J., Ramírez, L. M. y Arteaga Rivera, J. (2025). El uso potencial de cadenas de bloques (*blockchain*) en el comercio internacional y su facilitación. *Serie Comercio Internacional* (188) (LC/TS.2025/65). Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

Resumen .....	7
Introducción .....	9
<b>I. El potencial de las cadenas de bloques para responder a los desafíos del comercio internacional y su facilitación .....</b>	<b>11</b>
A. ¿Qué son las cadenas de bloques? .....	11
B. El potencial de las cadenas de bloques para resolver los retos del comercio internacional y su facilitación .....	16
1. Reducción de tiempo y costos en controles fronterizos .....	20
2. Sostenibilidad del comercio internacional .....	21
3. Gestión y administración de riesgo .....	22
4. Procedimientos aduaneros y fronterizos.....	23
5. Infraestructuras de comunicaciones y fronteras .....	24
C. Beneficios del uso de cadenas de bloques en la facilitación del comercio.....	26
<b>II. Casos de uso de soluciones <i>blockchain</i> en la facilitación comercial .....</b>	<b>27</b>
A. Estudio de casos.....	27
1. Certificado de origen cámara de comercio de Lima .....	29
2. <i>Blockchain 4.0</i> Mercosur .....	30
3. Proyecto de trazabilidad <i>blockchain</i> en el sector ganadero de Brasil .....	31
4. Proyecto piloto para la trazabilidad de la cadena algodonera de Perú.....	32
5. IBM Food Trust .....	33
6. Singapur.....	33
7. Dubái <i>customs</i> .....	35
8. ICC <i>tradeflows</i> .....	36
9. TradeLens de Maersk .....	37
10. Proyecto Marco Polo .....	37
11. CADENA, una solución <i>blockchain</i> para compartir datos OEA entre administraciones aduaneras .....	38

<b>III. Desafíos para la adopción de la tecnología de cadenas de bloques</b> .....	39
A. Desafíos para los gobiernos .....	39
B. Desafíos en los procesos de negocios .....	41
C. Recursos humanos .....	44
D. Cuestiones de infraestructura física y equipamiento .....	46
E. Acceso a recursos financieros .....	47
F. Aspectos legales y administrativos .....	47
G. Digitalización, automatización y recopilación de datos en <i>blockchain</i> .....	48
H. Desafíos tecnológicos de la cadena de bloques .....	49
<b>IV. Conclusiones</b> .....	55
<b>Bibliografía</b> .....	59
<b>Serie Comercio Internacional: números publicados</b> .....	63
<b>Cuadros</b>	
Cuadro 1	Tipos de <i>blockchain</i> y sus particularidades .....
Cuadro 2	Gestión y administración del riesgo en las aduanas y en las empresas .....
Cuadro 3	Beneficios potenciales del uso de cadenas de bloques en la facilitación de comercio .....
Cuadro 4	Casos relevados y sus principales características .....
Cuadro 5	<i>Trade Facilitation Score</i> vinculados al comercio sin papeles en distintas regiones .....
<b>Gráficos</b>	
Gráfico 1	América Latina y el Caribe (ALC) y agrupaciones seleccionadas: coeficiente de exportaciones de bienes dentro de cada agrupación, 2023 y proyección para 2024 .....
Gráfico 2	Costo del comercio según nivel de ingreso de los países, 2018 .....
Gráfico 3	Participación promedio de cada componente en el costo de comercio por sector .....
<b>Diagramas</b>	
Diagrama 1	Tipos de cadenas de bloques: actores que participan y la forma de acceso .....
Diagrama 2	Uso de contratos inteligentes con tecnología <i>blockchain</i> en el comercio internacional .....
Diagrama 3	El potencial de las cadenas de bloques para la facilitación del comercio .....
Diagrama 4	El rol de la tecnología <i>blockchain</i> en las cadenas logísticas y de suministros .....
Diagrama 5	<i>Blockchain</i> y la trazabilidad en las cadenas de suministros .....
Diagrama 6	La digitalización del comercio global: comercio sin papeles y red <i>blockchain</i> .....
Diagrama 7	Arquitectura de la identidad autogestionada .....

## Acrónimos

3PL:	Proveedor externo de servicios logísticos ( <i>Third Party Logistics Provider</i> )
ACR:	Acuerdos comerciales regionales
AGROS:	Aplicación móvil de identidad digital del productor agropecuario (Perú)
AIS:	Sistema de identificación automática ( <i>Automatic Identification System</i> )
ALC:	América Latina y el Caribe.
API:	Interfaz de programación de aplicaciones
ARM:	Acuerdo de reconocimiento mutuo
ASEAN:	Association of Southeast Asian Nations / Asociación de naciones de Asia Sudoriental
ATA:	Hora real de llegada/ <i>Actual arrival time</i>
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CAIH:	Compañía del puerto de Información China-ASEAN
CADENA:	Plataforma blockchain para compartir datos OEA entre administraciones aduaneras
CCL:	Cámara de comercio de Lima
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
DID:	Identificadores descentralizados ( <i>Decentralized identifiers</i> )
DLT:	Distributed ledger technology
EBSI:	Infraestructura europea de servicios de cadena de bloques
EPRS:	Servicio de estudios del parlamento europeo
ESCAP:	Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico
ETA:	Hora estimada de llegada ( <i>Estimated time of arrival</i> )
EUDR:	Reglamento europeo sobre la deforestación
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GIZ:	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> (Sociedad Alemana de Cooperación Internacional)
GSBN:	Global shipping business network
IBC:	Protocolos de comunicación entre cadenas de bloques/ <i>Inter-blockchain communication</i>
IBM:	International business machines
ICC:	Cámara de comercio internacional/ <i>International chamber of commerce</i>
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IMDA:	Infocomm Media Development Authority (Singapur)
IoT:	Internet de las cosas
ITC:	<i>International trade centre</i> /Centro de comercio internacional

LACChain:	Red <i>blockchain</i> para América Latina y el Caribe
MAPA:	Ministerio de agricultura, pecuaria y abastecimiento (Brasil)
MIDAGRI:	Ministerio de desarrollo agrario y riego (Perú)
MIPYME:	Micro, pequeña y mediana empresa
MERCOSUR:	Mercado común del sur
NFT:	Tokens no fungibles/ <i>Non-fungible tokens</i>
NTP:	<i>Networked trade platform (Singapore)</i>
OEA:	Operador económico autorizado
OMC:	Organización mundial del comercio
OTB:	<i>Open trade blockchain</i>
PBFT:	Tolerancia a fallos bizantinos práctica/ <i>Practical byzantine fault tolerance</i>
PPA:	Padrón de productores agrarios (Perú)
POW:	Proof of work
PYME:	Pequeña y mediana empresa
QR:	Quick response/Respuesta rápida
RFID:	Identificación por radiofrecuencia
SBIP:	Programa de innovación <i>blockchain</i> de Singapur
SSI:	Identidades auto soberanas/ <i>Self-sovereign identities</i>
TIC:	Tecnologías de la información y la comunicación
UNCTAD:	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
VC:	Credenciales verificables/ <i>Verifiable credentials</i>
W3C:	Consorcio <i>world wide web</i>
ZKP:	Pruebas de conocimiento cero/ <i>Zero-knowledge proofs</i>

## Resumen

El presente trabajo explora el rol de las cadenas de bloque (*Blockchain*) en el comercio internacional, destacando su capacidad para mejorar la transparencia, la trazabilidad y la eficiencia en las cadenas de suministro. El análisis comienza con los desafíos tradicionales del comercio internacional —como la burocracia, la falta de confianza entre actores y los costos derivados de intermediarios—, para luego introducir el *Blockchain* como una tecnología disruptiva que puede ofrecer soluciones efectivas a estos retos, especialmente en América Latina y el Caribe.

Se examinan las características técnicas del Blockchain (descentralización, inmutabilidad, criptografía, contratos inteligentes) junto con varias aplicaciones prácticas en áreas clave como la certificación de origen, el seguimiento de productos, la logística internacional y los pagos transfronterizos. También se abordan casos de uso concretos y experiencias piloto en distintas partes del mundo, con foco en cómo gobiernos y empresas están adoptando esta tecnología para optimizar procesos y garantizar mayor seguridad jurídica en las transacciones.

Asimismo, se presentan los desafíos pendientes para una adopción masiva del *Blockchain* en el comercio internacional en la región: aspectos regulatorios, interoperabilidad tecnológica, escalabilidad, recursos humanos, financiamiento y, como es usual en procesos innovadores, la necesidad de generar marcos de confianza entre los actores involucrados.



## Introducción

La aceleración de la transformación digital a nivel global ha impulsado cambios estructurales en las dinámicas del comercio internacional. En este escenario, las tecnologías emergentes han comenzado a desempeñar un papel protagónico no solo en la modernización de procesos, sino también en la creación de nuevas oportunidades para el desarrollo económico sostenible. Entre estas tecnologías, la cadena de bloques (*Blockchain*) se destaca por su capacidad de revolucionar los mecanismos tradicionales de intercambio, validación y registro en el comercio transfronterizo. Su potencial ha comenzado a materializarse en soluciones concretas orientadas a mejorar la eficiencia, la transparencia y la seguridad en las operaciones comerciales, involucrando tanto al sector público como al privado.

En las últimas dos décadas, las innovaciones de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han reconfigurado el comercio internacional y el funcionamiento de las cadenas globales de suministro. En ese marco, el surgimiento, difusión y consolidación de la tecnología *blockchain* han permitido su utilización en múltiples ámbitos, en diferentes modelos de negocios y con diversos actores.

Desde hace más de un lustro, la tecnología en cuestión ha comenzado a tener impacto en las prácticas del comercio internacional. Dado que el uso de *blockchain* permite la creación de registros inalterables, transparentes y fiables, sus bondades para la facilitación del comercio son significativas. *Blockchain* facilita la creación de contratos inteligentes y la validación automática de documentos, datos y acciones, reduciendo los costos y riesgos asociados para lograr una mayor confianza, certidumbre y seguridad para las partes involucradas (*stakeholders*).

La literatura vinculada a los temas del comercio internacional ha comenzado lentamente a estudiar las potencialidades y posibles impactos de *blockchain* sobre el comercio (Böhmecke-Schwafert, 2024; Chang, Lakovou y Shi, 2020). Paralelamente, distintos organismos y entidades internacionales vinculados con los temas de comercio internacional también han puesto el foco en analizar este aspecto específico (BID, 2020; OMC, 2018; EPRS, 2020; UNCTAD, 2023a, 2023b; CEPAL, 2021; UN/ECE, 2023) publicando trabajos y realizando distintos foros, cursos y eventos.

En este marco, el uso de la tecnología *blockchain* para la facilitación del comercio internacional comenzó a ser utilizada por actores públicos y privados vinculados a distintas cadenas de suministro, la logística y el comercio transfronterizo con el objetivo de lograr mayor eficiencia, reducir costos y lograr confiabilidad y seguridad en las transacciones y operatoria.

Conforme a lo expuesto, el presente informe busca contribuir con una descripción y sistematización del conocimiento disponible en función de los beneficios, desafíos y retos del uso del *blockchain* en la facilitación del comercio, en especial la importancia que reviste para América Latina y el Caribe. Los estudios de caso relevados demuestran que existen experiencias concretas y diversas de adopción de esta tecnología, tanto en América Latina como en otras regiones, que abarcan desde certificaciones de origen hasta trazabilidad alimentaria, logística portuaria y financiamiento del comercio. Estas iniciativas evidencian que *blockchain* no es una tecnología futura, sino una solución presente que está siendo aplicada de manera creciente en escenarios reales.

Sin embargo, la implementación a gran escala de estas soluciones tecnológicas aún enfrenta importantes desafíos. Las barreras identificadas incluyen aspectos técnicos como la interoperabilidad y el almacenamiento seguro de datos, limitaciones institucionales y normativas, dificultades para la digitalización de procesos, carencias de infraestructura y formación de recursos humanos, así como también problemas estructurales relacionados con el acceso al financiamiento.

Frente a este escenario, resulta indispensable que los gobiernos, las organizaciones internacionales y los actores privados trabajen de manera coordinadamente para mejorar las condiciones habilitantes que permitan escalar y replicar las soluciones basadas en *blockchain*. En esa dirección, se vuelve fundamental el diseño de marcos regulatorios flexibles, el fortalecimiento de las capacidades técnicas y la promoción de estándares abiertos que favorezcan la interoperabilidad de los sistemas.

Por lo anterior, el presente documento está dividido en tres capítulos. En primer lugar, se introduce el concepto de *blockchain* y se analiza su potencial para abordar distintos desafíos vinculados a la facilitación del comercio, incluyendo aspectos como la reducción de tiempos y costos, la sostenibilidad, la gestión de riesgos, los procedimientos aduaneros y el fortalecimiento de infraestructuras clave, contextualizando la realidad de la región latinoamericana en su inserción comercial internacional para finalizar con una sistematización de los potenciales beneficios. En segundo lugar, se releva una serie de casos de aplicación concreta de esta tecnología en América Latina y otras regiones, incluyendo experiencias en certificación de origen, trazabilidad de productos, digitalización de procesos aduaneros y plataformas de comercio global en donde diversos actores —públicos y privados— han utilizado la tecnología del *blockchain* en el marco del comercio internacional. Finalmente, se abordan los principales obstáculos que enfrenta la adopción de *blockchain* en este ámbito, abarcando desafíos técnicos, institucionales, económicos y de interoperabilidad, entre otros. Por último, el trabajo concluye con unas reflexiones finales en donde se puntualizan los hallazgos de la investigación.

*Blockchain* se presenta como un pilar clave para el desarrollo de un comercio internacional más ágil, inclusivo y seguro. Su apropiación estratégica en América Latina y el Caribe depende de la capacidad regional para afrontar los retos identificados y aprovechar las oportunidades que esta tecnología ofrece.

# I. El potencial de las cadenas de bloques para responder a los desafíos del comercio internacional y su facilitación

## A. ¿Qué son las cadenas de bloques?

Las cadenas de bloques son una base de datos que se almacena de manera distribuida en distintas computadoras, y que posee diferentes mecanismos que garantizan la inmutabilidad y la trazabilidad de su contenido. Para entender qué son dichas cadenas es necesario remitirse a la historia de su creación como la tecnología subyacente del primer sistema de dinero digital o criptomoneda (*Bitcoin*). El sistema se sustenta en una red informática descentralizada que utiliza un mecanismo de consenso<sup>1</sup> entre los participantes para validar las transacciones sin la necesidad de intermediarios (Nakamoto, 2008).

De acuerdo a UNCTAD (2024) la tecnología de cadenas de bloques es un sistema de registro digital, descentralizado y distribuido que permite registrar datos de manera segura, transparente e inmutable. Se basa en una estructura de datos en la que los registros o transacciones se agrupan en bloques, los cuales están interconectados mediante mecanismos criptográficos<sup>2</sup> para formar una cadena continua. Su diseño impide la alteración de la información sin el consenso de la red, lo que la hace altamente segura y confiable.

Las principales características que poseen las cadenas de bloques son:

- **Descentralización:** la información contenida en la cadena de bloques se encuentra distribuida (lo que se denomina red distribuida) donde múltiples participantes (denominados nodos) validan y almacenan los datos;
- **Inmutabilidad:** una vez que la información es registrada en la cadena, esta no puede ser alterada sin modificar la estructura de la cadena, lo que garantiza la integridad y confiabilidad de los datos;

---

<sup>1</sup> El mecanismo de consenso se conoce como sistema de prueba de trabajo (*Proof of Work* o PoW en inglés).

<sup>2</sup> Los mecanismos criptográficos son métodos que protegen datos mediante técnicas matemáticas para codificarlos y hacerlos ilegibles. Se utilizan para garantizar la confidencialidad, integridad y autenticidad de los datos.

- **Transparencia y verificabilidad:** las transacciones registradas en una cadena de bloques pública son accesibles y auditables por cualquier usuario de la red, permitiendo un alto grado de trazabilidad y confianza;
- **Seguridad criptográfica:** la información es protegida mediante técnicas avanzadas de cifrado<sup>3</sup>, lo que impide accesos no autorizados y minimiza el riesgo de fraude o manipulación; y
- **Automatización:** mediante contratos inteligentes algunas plataformas de Blockchain permiten la ejecución automática de acuerdos predefinidos lo que reduce la necesidad de intermediarios y aumenta la eficiencia de los procesos.

Un hito importante en el desarrollo de las cadenas de bloques fue la creación de la criptomoneda Ethereum en 2014 con una innovación tecnológica que permitió la programación de aplicaciones sobre las cadenas de bloques. Con este desarrollo se hace posible el envío de dinero entre partes sin la necesidad de tener una cuenta bancaria (Buterin, 2013). Una aplicación de esta tecnología es posible en las cadenas de valor de bienes o servicios, lo que permite la trazabilidad del producto y la validación de su autenticidad y origen, impidiendo las falsificaciones.

La incorporación de los contratos inteligentes en las cadenas de bloques (2015) permiten la entrada en vigor de acuerdos digitales en cuanto se cumplen las condiciones pactadas. Bajo estos contratos no se requiere ni la participación de intermediarios ni de terceras partes para su implementación gracias a la aplicación que permite transacciones automáticas (*truthless automated transactions*). Los contratos inteligentes mejoran la eficiencia y la seguridad de las transacciones, al tiempo que reduce los costos asociados con la intermediación y minimiza el riesgo de fraude.

En 2021, surgen los protocolos de comunicación entre cadenas de bloques (*Inter-Blockchain Communication Protocol*, IBC por su sigla en inglés). Los mismos sientan las bases para el desarrollo de un ecosistema de cadenas de bloques interconectados y son el primer paso para gestionar la autenticación y el intercambio de datos entre dos cadenas de bloques de manera directa. Antes de los IBC las cadenas de bloques eran independientes y para mover información de una a otra requería de la participación de un tercero, lo que lo hacía lento y vulnerable al hackeo. Aquel mismo año, se crean los tokens no fungibles (NFT, por su sigla en inglés) que son activos digitales/información (como un contrato) que están certificados por una cadena de bloques de NFTs con el fin de garantizar su autenticidad. A veces, mediante diversas técnicas, estos certificados digitales también pueden estar vinculados a activos físicos como diamantes. Entonces, NFTs actúan como certificados digitales de autenticidad y propiedad y se utilizan principalmente para proteger obras digitales (como dibujos, fotos, música, películas, videoclips, entre otros). Una aplicación de los NFT en la facilitación comercial es en el seguimiento de la propiedad digital de contratos comerciales, lo que permite conocer su contenido y verificarlos de manera fácil.

Existen diversos tipos de cadenas de bloques en función de los actores que participan y la forma de acceder, a saber:

- **Pública:** es el modelo clásico, con redes abiertas que permiten la participación anónima, como bitcoin<sup>4</sup>. Cualquier actor puede participar como nodo, validar transacciones y ver toda la información de la cadena. No hay restricciones de acceso ni necesidad de permisos previos;

---

<sup>3</sup> Las técnicas avanzadas de cifrado, también conocidas como criptografía moderna, se refieren a métodos de codificación que utilizan algoritmos matemáticos complejos para proteger la información. A diferencia de los cifrados clásicos, estas técnicas son más resistentes a ataques y ofrecen mayor seguridad, especialmente en entornos digitales.

<sup>4</sup> Para más información véase [en línea] <https://bitcoin.org/en/>.

- Privada/autorizada: una persona/entidad es responsable de la cadena. Esta define todas las reglas y supervisa su cumplimiento; autoriza a los participantes, dándoles un rol asignado previamente. Es un ecosistema cerrado en el que cada participante o nodo está identificado. Este tipo de cadena de bloques permite la creación de organizaciones o grupos de organizaciones para un caso comercial específico. Un ejemplo de un sistema de acceso cerrado es el caso de *Multichain* que funciona en un entorno empresarial cerrado, donde una sola entidad controla quién puede acceder a la red y qué acciones puede realizar. Se usa típicamente en entornos internos de empresas para, por ejemplo, el control de inventario o la trazabilidad;
- Permisadas: una *blockchain* permisada, también conocida como *blockchain* con permisos, es una red donde el acceso y la participación están restringidos a un grupo selecto de participantes autorizados previamente, en lugar de estar abiertos a cualquier persona. A diferencia del caso anterior, este tipo permite que múltiples organizaciones participen en una red cerrada con roles definidos. Cada nodo está identificado y no cualquiera puede unirse. Un ejemplo es el caso de *Hyperledger Fabric*<sup>5</sup>;
- Híbridas o mixtas: este formato combina diferentes tipos de *blockchain*, por ejemplo, público y privado. Verbigracia, el caso de *dragonchain*<sup>6</sup>, que combina elementos de cadenas públicas y privadas. Algunas partes de los datos son accesibles públicamente, mientras que otras están restringidas solo a ciertos participantes. Otro caso se da cuando una autoridad limita estrictamente quién puede escribir información en la *blockchain* (por ejemplo, sólo los funcionarios públicos autorizados) y, al mismo tiempo, cualquiera puede acceder/leer la información. Georgia es un país que ha implantado este tipo de *blockchain* para los registros de la propiedad<sup>7</sup>; en el comercio, un posible ámbito de aplicación podrían ser las cuotas.
- De consorcio: en estos casos, un grupo de organizaciones o empresas colaboran para administrar la red. Múltiples organizaciones comparten el control de la red, siendo muy utilizado en sectores como el financiero o energético, donde las partes confían entre sí, pero no quieren depender de una sola entidad. *Energy Web Chain*<sup>8</sup> o la red de R3 Corda, son algunos de los ejemplos.

Para fines comerciales y específicamente para la facilitación del comercio, las Blockchains permisadas (como Hyperledger Fabric) y las de consorcio (como R3 Corda) son las más utilizadas. Esto se debe a que permiten un mayor control sobre quién accede a la red, garantizando que solo participantes previamente identificados (como aduanas, operadores logísticos, bancos o cámaras de comercio) interactúen en el sistema. Estas Blockchains permiten establecer reglas personalizadas, privacidad en las transacciones y eficiencia operativa, elementos esenciales en entornos empresariales donde la información sensible debe protegerse y las operaciones deben cumplir con normativas internacionales.

En el ámbito de la facilitación del comercio, estas tecnologías son valiosas para digitalizar y automatizar procesos como la emisión de certificados de origen, el seguimiento de la carga o la interoperabilidad documental entre países<sup>9</sup>. Por ejemplo, iniciativas como *TradeLens*<sup>10</sup> (basada en Hyperledger Fabric) han permitido conectar a puertos, aduanas y empresas de logística en una única red para compartir datos en tiempo real. Estos tipos de soluciones reduce costos, tiempos de despacho y la posibilidad de errores o fraudes, facilitando así el comercio transfronterizo de manera más segura y eficiente.

---

<sup>5</sup> Para más información véase [en línea] <https://www.ibm.com/es-es/topics/hyperledger>.

<sup>6</sup> Para más información véase [en línea] <https://dragonchain.com/>.

<sup>7</sup> Para más información véase [en línea] GEORGIA LAND TITLING SYSTEM.

<sup>8</sup> Para más información véase [en línea] <https://www.energyweb.org/> o <https://r3.com/get-corda/>.

<sup>9</sup> Para más ejemplos véase [en línea] Real-world Examples of *Blockchain* Technology in the Supply Chain.

<sup>10</sup> Para más información véase [en línea] TradeLens, la plataforma *Blockchain* de Maersk que innova en la cadena de suministro.

**Cuadro 1**  
**Tipos de *blockchain* y sus particularidades**

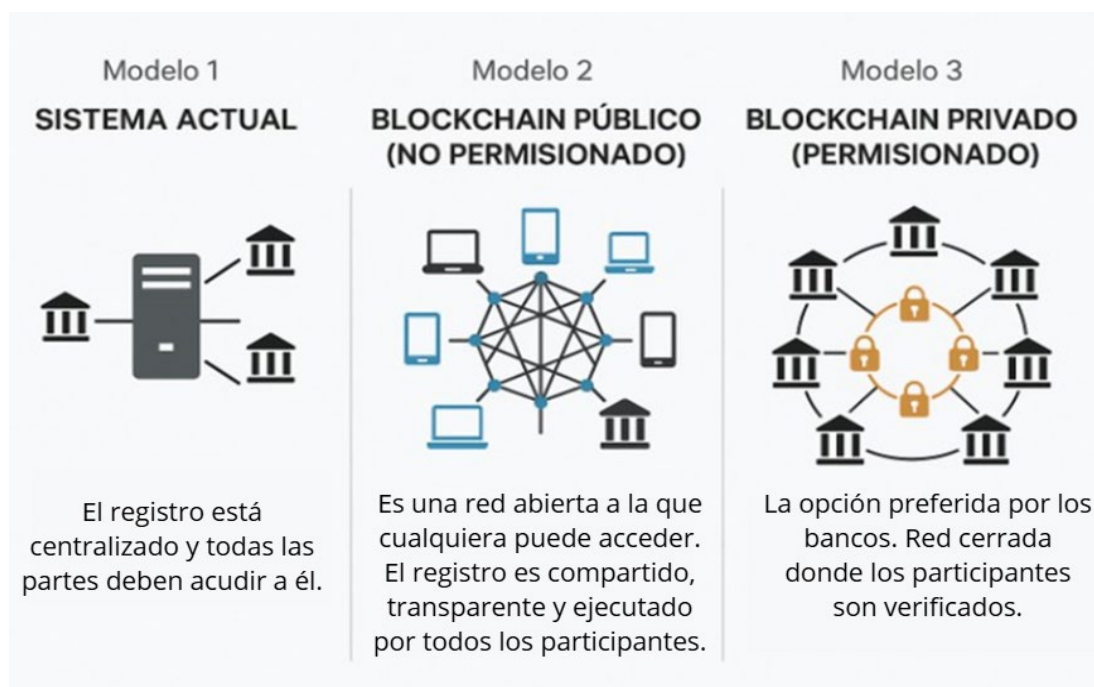
<b>Tipo de <i>Blockchain</i></b>	<b>Acceso</b>	<b>Participantes</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Velocidad de transacción</b>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lo más participantes y lo más descentralizada, lo más seguro contra hackeos</li> <li>- Lo más anónima, lo menos segura contra malos actores</li> <li>- Numerosas <i>Blockchains</i>, de todo tipo, utilizan "Practical Byzantine Fault Tolerance" (PBFT) o una variante de esta para reforzar la seguridad</li> </ul>	i.e. cuanto tiempo esta necesario para completar una transacción – i.e. llegar a un consenso sobre su validez
Pública	Libre	Sin permiso pseudo anónima	Depende del número de participantes: para las <i>Blockchains</i> con muchos participantes (tel como Bitcoin o Ethereum)-alta; pero si hay pocos participantes - baja	Lenta a promedio– en función del algoritmo de consenso utilizado
Privada	Una única organización	Con permiso, identidades conocidas, pueden tener roles definidos (i.e. limitados)	Baja por que la gobernanza es centralizada creando un solo punto de fallo, pero puede ser promedio en función de las medidas de seguridad utilizada	Rápida
De Consorcio	Organizaciones múltiples de acuerdo mutuo	Con permiso, identidades conocidas, pueden tener roles definidos (i.e. limitados)	Depende del número de participantes, pero en general - promedio a alta	Rápida -en general- en función del algoritmo de consenso utilizado
Permissionada	Solo miembros autorizados por el mecanismo de gobernanza (existe múltiples tipos de mecanismos)	Con permiso, identidades conocidas, pueden tener roles definidos (i.e. limitados)	Depende del número de participantes en general - promedio a alta	Rápida a promedio– en función del algoritmo de consenso utilizado
Híbrida o mixta	Combinación de acceso público y acceso autorizado, en función del rol del participante	Roles definidos acceso externo controlado (para determinar los derechos de cada participante) con posibles excepciones, identidades conocidas	Depende del número de participantes en general - promedio a alta	Rápida a promedio– en función del algoritmo de consenso utilizado

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, si bien existen distintos tipos de *blockchain* con características técnicas y operativas diversas, aquellas que ofrecen un entorno controlado, con participantes identificados y mecanismos de consenso adaptables —como las *blockchains* permissionadas, de consorcio o híbridas— resultan ser las más adecuadas para la facilitación del comercio. Estas tecnologías permiten optimizar procesos logísticos, reducir la burocracia, garantizar la seguridad de la información y mejorar la interoperabilidad entre actores públicos y privados, elementos fundamentales para agilizar el comercio internacional y cumplir con los estándares regulatorios exigidos en los intercambios transfronterizos.

A modo de síntesis puede observarse el siguiente gráfico que expone cómo funcionan las diferentes formas en la que puede emplearse la *blockchain* (agrupando bajo "permissionado" los *Blockchains* privados, de consorcio, e híbridas).

**Diagrama 1**  
Tipos de cadenas de bloques: actores que participan y la forma de acceso



Fuente: Elaboración propia en base a IBM (2024).

Dos herramientas importantes para facilitar el comercio relacionadas con la tecnología *blockchain* son los contratos inteligentes (*Smart contracts*) y las credenciales verificables.

Los contratos inteligentes son pequeños programas informáticos que no son ni “inteligentes” ni contratos. Son programas de software que se registran en una cadena de bloques (por lo que no puede ser modificado) y que ejecutan una acción cuando se cumplen unos criterios predeterminados. Estos criterios suelen basarse en datos externos que se “envían” a la dirección del contrato inteligente en la cadena de bloques. Cuando se combinan con otras características de la cadena de bloques, los contratos inteligentes pueden reducir drásticamente los costes, en particular por servicios financieros en apoyo del comercio internacional.

Las credenciales verificables (VC) son implementadas utilizando un estándar del W3C<sup>21</sup> y se crean cuando el emisor de una credencial (como un laboratorio de pruebas de productos o un organismo gubernamental de concesión de licencias) emite una VC que el usuario almacena en una “cartera electrónica”. Esta cartera se utiliza también para compartir información de la VC y establecer las normas sobre qué información se puede compartir y con quién. Por ejemplo, un importador podría querer compartir los resultados de una inspección de producto en una VC sin revelar el nombre de la empresa que fabricó el producto. La persona que recibe la VC sabe que la información es verdadera porque se ha creado, almacenado y transmitido utilizando tecnología, como *blockchain*, que no permite que se modifiquen los datos.

<sup>21</sup> Los estándares W3C son protocolos y directrices técnicas que rigen la *World Wide Web* (WWW) creado por el W3C (*World Wide Web Consortium*). Estos estándares tienen como objetivo mejorar la web, garantizar la calidad técnica y compatibilidad, asegurar el crecimiento a largo plazo de la web, y hacer que la web sea accesible, universal y única. Algunos ejemplos de estándares W3C son: HTML, CSS, XML, y TTML. oo.

**Diagrama 2**  
Uso de contratos inteligentes con tecnología *blockchain* en el comercio internacional



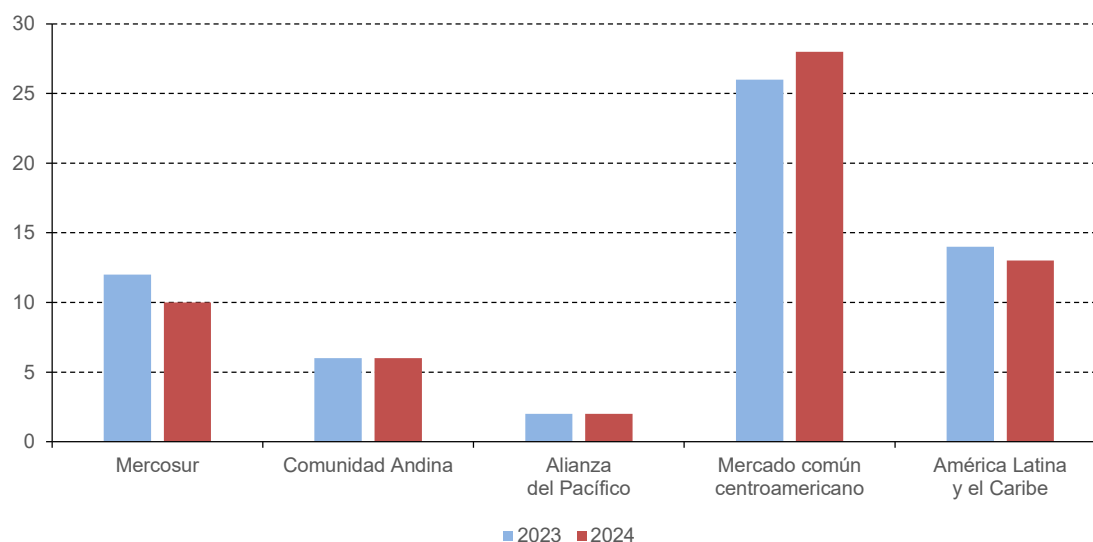
Fuente: Blockdata [en línea]: <https://www.cbinsights.com/research/blockchain-trade-finance-2022/>.

## B. El potencial de las cadenas de bloques para resolver los retos del comercio internacional y su facilitación

El comercio internacional de bienes en América Latina y el Caribe (ALC) ha enfrentado desafíos significativos en la última década, como la débil demanda mundial y la volatilidad de los precios de las materias primas. En este contexto, es crucial que se implementen políticas que impulsen la productividad interna y la competitividad externa para enfrentar estos retos (BID, 2024). Además, la relación comercial con China, aunque dinámica, sigue un patrón tradicional de intercambio de materias primas por manufacturas, lo que limita la diversificación y sofisticación de las exportaciones latinoamericanas (CEPAL, 2024).

En el ámbito intrarregional, el comercio enfrenta desafíos como la baja integración económica debido, entre otros factores, a la debilidad de una arquitectura regulatoria que facilite el intercambio comercial y a la ausencia de un mercado regional unificado. Investigaciones recientes (CEPAL, 2024) demuestran que el coeficiente de comercio intrarregional en ALC ha disminuido en los últimos años. En 2023, este coeficiente fue del 14%, y se proyecta que caerá al 13% en 2024. Esto indica una tendencia a la baja en la proporción de exportaciones que los países de la región realizan entre sí, en comparación con sus exportaciones totales (véase el gráfico 1).

**Gráfico 1**  
**América Latina y el Caribe (ALC) y agrupaciones seleccionadas: coeficiente de exportaciones de bienes dentro de cada agrupación, 2023 y proyección para 2024**  
 (En porcentajes)



Fuente: CEPAL, Perspectivas de la Inserción Internacional de América Latina y el Caribe, ediciones 2023 y 2024.

El coeficiente de exportaciones intrarregionales varía notablemente entre los bloques de ALC. El Mercado Común Centroamericano presenta los niveles más altos (26% en 2023 y 28% en 2024), mientras que la Alianza del Pacífico muestra los más bajos (2%). Estos contrastes evidencian diferentes grados de integración regional y coordinación comercial entre los países. La incorporación de tecnologías como *blockchain* podría mejorar la trazabilidad, reducir los costos operativos y agilizar los procedimientos aduaneros, facilitando así un comercio más eficiente y transparente en toda la región.

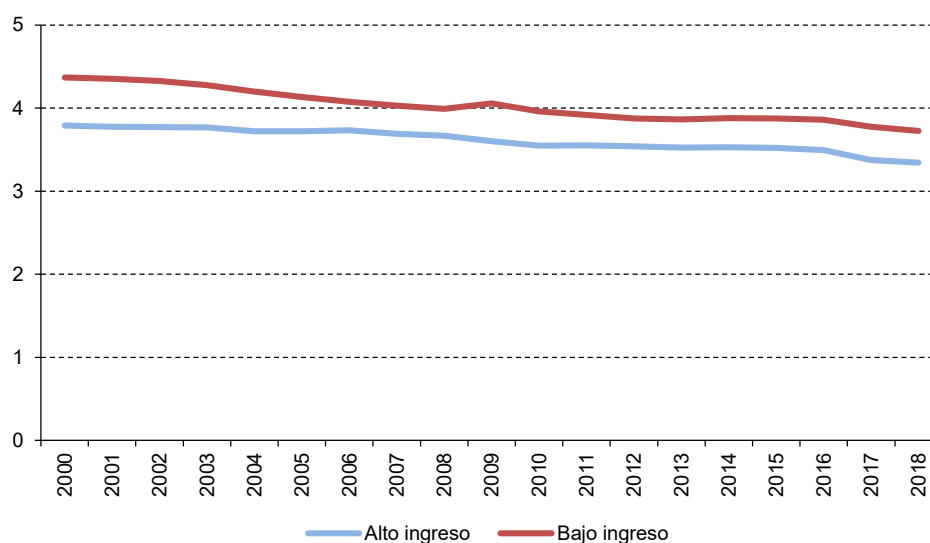
En ese marco, resulta imperioso observar los denominados costos de comercio o costos de transacción, los que pueden definirse como aquellos que se derivan de los gastos asociados a una operación comercial internacional, ya sean importaciones o exportaciones de bienes y servicios. Estos costos pueden incluir aranceles, impuestos, tarifas portuarias, costos asociados al transporte y la logística, seguros, costos de inspección y otros gastos relacionados con la documentación y el cumplimiento de los requisitos aduaneros y regulatorios. Dichos costos ejercen una gran influencia sobre los flujos comerciales, condicionando quién comercia, con qué tipo de bienes, así como los lugares donde se fabrican los productos y se ofrecen servicios. Además, los costos elevados del comercio pueden anular las ventajas comparativas, haciendo que las exportaciones pierden competitividad, limitando la participación de las empresas en las cadenas.

La disminución de los costos del comercio puede aumentar el bienestar económico al reducir el costo real de la actividad económica, al aumentar el PIB, permitiendo nuevas transacciones comerciales. Además, el acceso a bienes e insumos extranjeros está relacionado con actividades de innovación, lo que es crucial para el desarrollo económico a largo plazo. La OMC señala que las reducciones de los costes comerciales entre 1995 y 2020 condujeron a un aumento del 6,8% del PIB real mundial durante el periodo, con un crecimiento de las economías de renta baja de alrededor del 33% (OMC, 2024).

Sin embargo, para lograr una reducción efectiva de los costos del comercio, es fundamental la colaboración entre gobiernos, sector privado y comunidades económicas regionales. La ayuda<sup>12</sup> para el comercio está contribuyendo a reducir dichos costos, especialmente cuando se implementan estrategias de desarrollo que involucran a múltiples actores. La facilitación del comercio es un aspecto clave en este proceso, ya que busca simplificar, modernizar y armonizar los procedimientos y reducir los procedimientos para aumentar la eficiencia y competitividad de las exportaciones. La cooperación internacional es esencial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estas iniciativas (OCDE y OMC, 2016).

Entre 2000 y 2018, se observa una disminución en el índice de costos del comercio<sup>13</sup> tanto para los países de altos como de bajos ingresos (véase el gráfico 2) (OMC, 2018). Sin embargo, es notable que los costos para los países de bajos ingresos se mantienen consistentemente más altos en comparación con los países de altos ingresos, lo que sugiere la persistencia de desafíos estructurales que afectan de manera desproporcionada a las economías en desarrollo, entre ellos un acceso dispar a las últimas tecnologías.

**Gráfico 2**  
Costo del comercio según nivel de ingreso de los países, 2018  
(En porcentajes)



Fuente: Índice de costos del comercio de la OMC, [en línea] <http://tradecosts.wto.org/>.

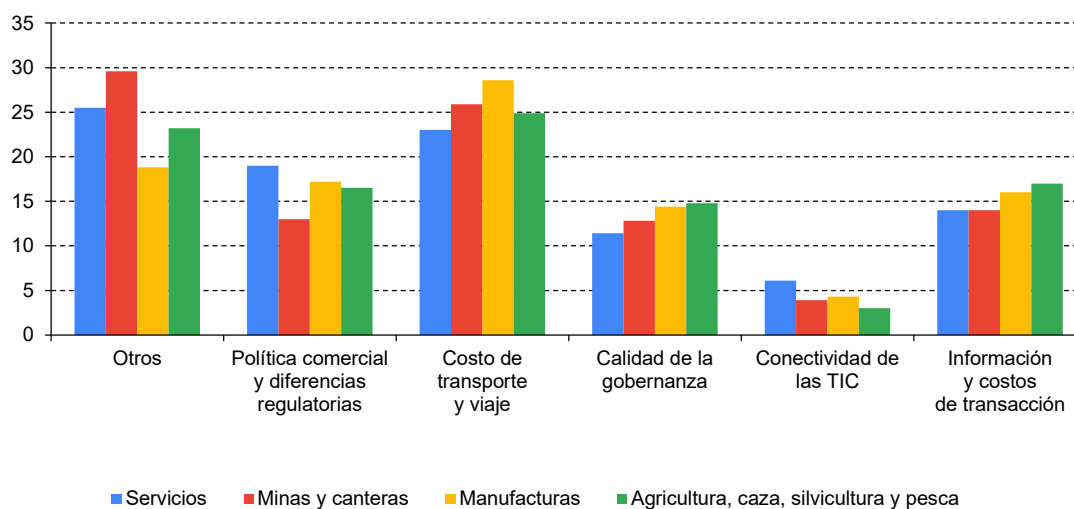
Se evidencia que los costos de transporte, junto con las diferencias en políticas comerciales y regulaciones, representan una parte significativa del total en todos los sectores. Este componente del índice alcanza el 19% en servicios, 17% agricultura y manufacturas y 13% minería (véase el gráfico 3). Un aspecto a destacar es la importancia de los costos de información y transacción, así como la calidad de la gobernanza y la conectividad de las TIC, dependiendo del sector específico. Los datos revelan la

<sup>12</sup> La ayuda para el comercio, como la Ayuda Oficial al Desarrollo (AOD), busca ayudar a las economías en desarrollo a superar obstáculos comerciales y fortalecer su capacidad comercial. Para más información sobre la ayuda para el comercio véase [en línea] [https://www-wto-org.translate.goog/english/tratop\\_e/devel\\_e/a4t\\_e/aid4trade\\_e.htm?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge#:~:text=Aid%20for%20Trade%20aims%20to,Official%20Development%20Assistance%20\(ODA\)](https://www-wto-org.translate.goog/english/tratop_e/devel_e/a4t_e/aid4trade_e.htm?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Aid%20for%20Trade%20aims%20to,Official%20Development%20Assistance%20(ODA)).

<sup>13</sup> Dicho Índice estima que las barreras de política comercial y las diferencias regulatorias representan al menos el 14% de los costos del comercio en todos los sectores, siendo el componente más importante de los costos comerciales para el comercio entre economías de renta baja. Entre ellas se incluyen barreras arancelarias y no arancelarias, diferencias regulatorias y otras políticas contempladas en los acuerdos comerciales regionales, como la falta de facilitación de la inversión o de protección de la propiedad intelectual.

complejidad de los factores que influyen en los costos del comercio y la necesidad de estrategias adaptadas a las características de cada sector.

**Gráfico 3**  
Participación promedio de cada componente en el costo de comercio por sector  
(En porcentajes)



Fuente: CEPAL con información del Índice de costos del comercio de la OMC, [en línea] <http://tradecosts.wto.org/>.

Frente al panorama descrito y los datos relevados, ALC debe seguir avanzando, simultáneamente, en la agilización de los trámites comerciales, en la mejora de la infraestructura de transporte en sus diversos modos y en la disponibilidad de servicios de transporte y logística de calidad a costos competitivos (CEPAL, 2023). Por su parte, en un contexto en el que se espera que la transición energética y la descarbonización alteren profundamente los patrones del comercio mundial, la región debe garantizar el desarrollo sostenible y la sostenibilidad de su producción y comercio. Así como la colaboración público-privada y la cooperación internacional son aspectos esenciales para reducir los costos de comercio, los avances tecnológicos representan una gran oportunidad.

La tecnología de las cadenas de bloques se transforma en una poderosa herramienta para potenciar el comercio internacional. Así, el uso de la tecnología *blockchain* en la facilitación del comercio ofrece múltiples beneficios que mejoran la eficiencia, la seguridad y la transparencia en los procesos fronterizos. Entre sus principales ventajas se encuentra la reducción de tiempos y costos asociados a los controles aduaneros, gracias a la automatización y verificación inmediata de documentos y transacciones. Además, fortalece la gestión y administración de riesgos mediante registros inmutables y trazables, lo que permite una mayor confiabilidad en la información compartida entre actores. La integración de *blockchain* también optimiza los procedimientos aduaneros y fronterizos, mejora las infraestructuras de comunicación entre países y contribuye a la sostenibilidad al reducir el uso de papel y facilitar prácticas comerciales más responsables y trazables. En conjunto, esta tecnología impulsa un comercio internacional más ágil, seguro y transparente.



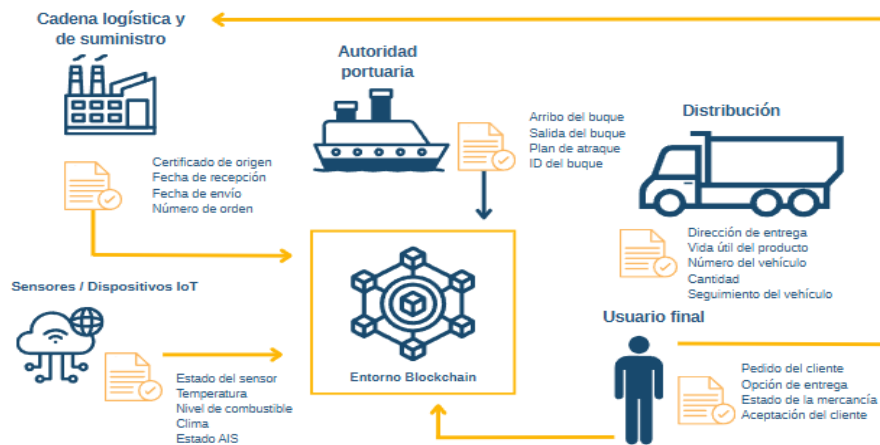
Fuente: Elaboración propia.

### 1. Reducción de tiempo y costos en controles fronterizos

Las exigencias legislativas, regulatorias y administrativas en fronteras suelen derivar de la falta de confianza entre agencias gubernamentales y empresas, lo que genera procesos lentos y costosos. Para solucionar estos retos, no basta con la aplicación de la tecnología; sino que se requiere rediseñar procesos y, en algunos casos, modificar normativas. Aunque *blockchain* puede ser útil, muchas mejoras pueden lograrse con simplificación y automatización básica.

En un contexto de falta de confianza, las tecnologías como *blockchain* y VC pueden generar mayor seguridad al permitir identidades verificables de empresas, agencias y personas. Esto facilita la eliminación de intermediarios y la digitalización de documentos como facturas, certificados de origen y listas de empaque. Las VC requieren un registro público de datos verificables (como una *blockchain*), donde se almacenan claves públicas para confirmar la identidad del emisor.

**Diagrama 4**  
El rol de la tecnología *blockchain* en las cadenas logísticas y de suministros



Fuente: Farah, et. al. 2024.

Un ejemplo de aplicación de *blockchain* es la firma AGROS en Perú, que proporciona identidades digitales a agricultores a través de teléfonos móviles. En este país, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) ha desarrollado la aplicación móvil “Identidad Digital del Productor Agropecuario”, una herramienta tecnológica que facilita la identificación de los productores y les brinda acceso a servicios públicos y beneficios para la actividad agraria. Esta aplicación móvil fue desarrollada en el marco de la iniciativa Padrón de Productores Agrarios (PPA), una herramienta estratégica implementada por el MIDAGRI desde 2022. La aplicación móvil Identidad Digital del Productor Agrario, incorpora tecnología *blockchain* como parte de su infraestructura digital. Esta herramienta proporciona a los productores agrarios una identidad digital única y segura, permitiéndoles acceder a diversos servicios y beneficios, como créditos, bonos agrarios, semillas certificadas y asistencia técnica<sup>34</sup> (MIDAGR, 2022).

Lanzada en el año 2022, la aplicación permite a los productores de la agricultura familiar georreferenciar sus cultivos y parcelas, reportar daños por fenómenos naturales y activar el seguro agrícola catastrófico. Además, ofrece alertas climáticas, estado y pronóstico del tiempo, y alertas sanitarias, entre otros servicios de información. También permite que los propios usuarios actualicen los datos productivos de sus campañas agrícolas, lo cual contribuirá a agilizar el proceso de georreferenciación para el cumplimiento del Reglamento Europeo sobre la Deforestación (EUDR) (IICA, 2025).

## 2. Sostenibilidad del comercio internacional

La sostenibilidad en el comercio internacional se refiere a las prácticas y actividades comerciales que minimicen los impactos negativos en el medio ambiente, promuevan el bienestar social y aseguren la viabilidad económica a largo plazo. Esta visión holística abarca las dimensiones ambiental, económica y social, y busca equilibrar las necesidades económicas y comerciales con la protección ambiental y el desarrollo social.

El logro del comercio internacional sostenible requiere implementar varias estrategias y distintas políticas, como por ejemplo la inclusión de cláusulas de sostenibilidad en los acuerdos comerciales regionales a través de disposiciones que promuevan prácticas sostenibles<sup>35</sup>, como la protección ambiental y los derechos laborales. En este sentido, la cooperación internacional entre países es crucial para establecer normas comunes y asegurar que todos los actores del comercio global cumplan con los mismos estándares, como, por ejemplo, el caso de las certificaciones voluntarias que garantizan que los productos se fabriquen y comercialicen de manera justa y sostenible; promoviendo el pago justo a los productores. Motivo por el cual, resulta importante la promoción, creación y el cumplimiento de normativas que protejan el medio ambiente y los derechos humanos, entre otras. (Frohmann y otros, 2021).

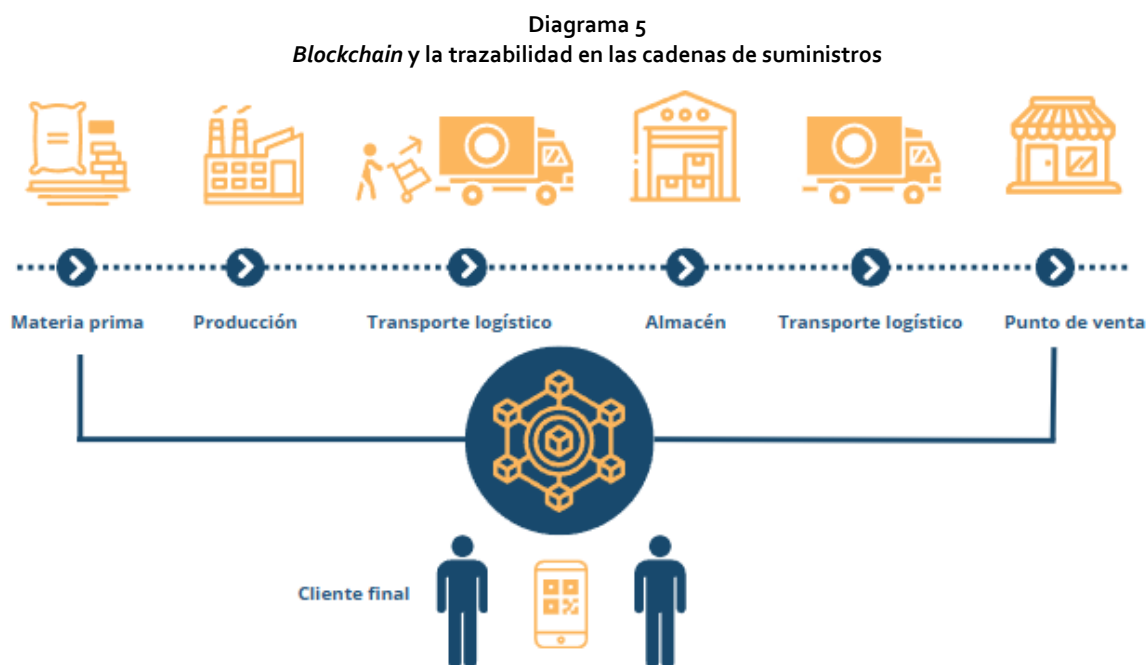
UNCTAD (2024) destaca las bondades de la utilización y aprovechamiento de la tecnología de cadenas de bloques es fundamental para garantizar el desarrollo sostenible y la sostenibilidad del comercio internacional. Un factor crucial para lograr esta sostenibilidad es la trazabilidad de las materias primas, los procesos de producción y transporte desde el origen hasta el consumidor (BID, 2021). La instrumentalización es a través de la configuración de sistemas en red, interconexiones y el uso de

---

<sup>34</sup> La inclusión de *blockchain* en esta plataforma tiene como objetivo mejorar la trazabilidad, transparencia y confianza en la información registrada, facilitando la verificación de datos y la integración de los productores en mercados digitales. Además, contribuye a la sostenibilidad ambiental al permitir el monitoreo de la producción agropecuaria libre de deforestación, en línea con los requisitos de exportación a mercados internacionales como la Unión Europea.

<sup>35</sup> Diversos estudios (CEPAL, 2005; FAO, 2008; y OEA, 2019), han identificado que un número creciente de ACR incorporan disposiciones ambientales, y que muchos de ellos establecen mecanismos institucionales, como comités o grupos de trabajo, para supervisar y facilitar la implementación de estas disposiciones. Por ejemplo, el Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos, Centroamérica y República Dominicana (CAFTA-DR) establece un comité de cooperación ambiental para abordar cuestiones relacionadas con el medio ambiente.

estándares y plataformas de libre acceso para incorporar, consultar y mantener los datos en cada etapa del proceso logístico hasta su conclusión.



Fuente: Quantion [en línea] La tecnología *blockchain* en la Industria Alimentaria. Trazabilidad y seguridad.

### 3. Gestión y administración de riesgo

La gestión y administración de riesgos, tanto en las aduanas como en las empresas, son cruciales para minimizar las amenazas y maximizar el impacto en las operaciones comerciales internacionales. De este modo la gestión y administración de riesgos se enfoca en la identificación de la amenaza, su evaluación como así también en la probabilidad de su materialización y de su impacto potencial. Los riesgos no son estáticos, por lo que deben ser monitoreados y actualizados de manera permanente.

Las amenazas son de diversa índole y pueden variar desde documentos y productos falsificados, registro de datos falsos y firmas no vigentes, incumplimiento normativo comercial y aduanera, dificultades para trazar la procedencia de los bienes y el historial de transacciones, hasta desacuerdos en la interpretación de documentos comerciales y condiciones de contrato. Una vez identificados los riesgos potenciales, es posible preparar planes de mitigación como pueden ser la diversificación de proveedores y clientes, la implementación de controles de calidad en la cadena de suministro, sistemas de seguridad y de medidas de cumplimiento normativo. La implementación de las medidas de mitigación de los riesgos se sustenta en la existencia de datos de calidad sobre la operación de comercio exterior y en la capacidad de analizar y procesar dichos datos.

El uso de *blockchain* permite validar la autenticidad de documentos, registrar todas las transacciones y movimientos de mercancías en una cadena de bloques accesible y transparente; programar contratos inteligentes para cumplir automáticamente con las regulaciones, reduciendo el riesgo de incumplimiento; y generar un historial de transacciones inmutable que proporciona pruebas claras en caso de desacuerdos, entre otros beneficios.

**Cuadro 2**  
**Gestión y administración del riesgo en las aduanas y en las empresas**

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
1. Identificación de las amenazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentos falsos</li> <li>- Productos falsificados</li> <li>- Datos falsos</li> <li>- Firmas no vigentes</li> <li>- Incumplimiento normativo comercial</li> <li>- Dificultades de trazabilidad e historial de transacciones</li> </ul>
2. Mitigación de las amenazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prepara planes de mitigación</li> <li>- Diversificación de proveedores</li> <li>- Control de calidad en la cadena de suministro</li> <li>- Nuevos sistemas de seguridad</li> <li>- Nuevas exigencias normativas</li> </ul>
3. Asignación de recursos basado en la probabilidad de materialización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de las estadísticas necesarias para el análisis de riesgos</li> <li>- Recopilación oportuna y precisa de estadísticas</li> <li>- Sistemas de gestión de riesgos basados en análisis estadísticos</li> </ul>
4. Impacto potencial de <i>blockchain</i>	<p>El uso de <i>blockchain</i> permite:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Validar la autenticidad de los documentos</li> <li>2. Validar identidades (utilizando credenciales verificables)</li> <li>3. Registrar todas las transacciones</li> <li>4. Programar controles inteligentes</li> <li>5. Generar historial de transacciones</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, la gestión y administración de riesgos en el comercio internacional requiere un enfoque integral, dinámico y basado en información confiable. La combinación de estrategias tradicionales con herramientas tecnológicas innovadoras, como *blockchain*, fortalece la capacidad de prevenir, detectar y mitigar amenazas que pueden afectar la eficiencia, la seguridad y la legalidad de las operaciones. De este modo, se promueve un entorno comercial más transparente, confiable y resiliente, en el que tanto las autoridades aduaneras como las empresas pueden tomar decisiones informadas y proteger sus intereses en un contexto global cada vez más complejo y competitivo.

#### **4. Procedimientos aduaneros y fronterizos**

Los procedimientos aduaneros son complejos y están sujetos a regulaciones cambiantes que varían de un país a otro, lo que dificulta el cumplimiento de los requisitos y puede resultar en errores y retrasos en la tramitación. Las demoras en los procedimientos administrativos, como la obtención de permisos, licencias y certificados pueden afectar negativamente las operaciones comerciales y aumentar los costos de importación y exportación de mercancías. Estas divergencias en los procesos aduaneros y fronterizos pueden resultar barreras no arancelarias al comercio internacional.

La economía digital se impulsa por flujos transfronterizos masivos de información y la convergencia de tecnologías que permiten capturar, procesar, compartir y analizar datos. El intercambio de información a través de las fronteras permite a las empresas acceder a mercados globales, interactuar con clientes y comunicarse con proveedores y afiliados en todo el mundo, lo que, a su vez, mejora la eficiencia y la productividad. La digitalización de documentos y la automatización de los procesos aduaneros y fronterizos optimizan la eficiencia al reducir el tiempo y los costos asociados con los trámites administrativos, beneficiando tanto a las empresas como a los consumidores. El uso del papel y la ejecución de procedimientos manuales son ineficientes y propensos a errores, pudiendo dar lugar también, en ciertos casos a corrupción, y el intercambio de documentos físicos a través de fronteras internacionales puede ser lento y complicado.

Es importante destacar que el uso de documentos electrónicos en lugar de aquellos en soporte papel también ayuda a mejorar el control y el cumplimiento normativo por parte de los gobiernos, especialmente cuando se pueden intercambiar datos y documentos relevantes entre agencias y a través de las fronteras. La disponibilidad de datos precisos, en tiempo real, y oportunos en formato electrónico e inmutables permite que las agencias de control comercial evalúen de manera más eficiente los riesgos de cumplimiento asociados con envíos individuales.

Para la despapelización o digitalización del comercio internacional es necesario avanzar con la implementación de estrategias relativas al reconocimiento transfronterizo de firmas y documentos electrónicos, lo cual se torna fundamental. La tecnología de cadenas de bloques ofrece soluciones, como las identificaciones distribuidas y las VC, que facilitan la creación de documentos autorizados electrónicamente. Estas soluciones facilitan el reconocimiento legal de información, documentos y firmas electrónicas, pese a la necesidad de contar con acuerdos internacionales de reconocimiento mutuo para garantizar la validez y aplicabilidad.

Sin embargo, la visión de un reconocimiento legal transfronterizo de documentos y firmas electrónicas basados en Blockchain se enfrenta a un desafío crucial: la necesidad de acuerdos internacionales de reconocimiento mutuo. La naturaleza descentralizada y global de la tecnología requiere una armonización regulatoria a nivel internacional para asegurar su plena adopción y eficacia jurídica. Sin estos acuerdos, la validez y aplicabilidad de documentos generados en una jurisdicción podrían ser cuestionadas en otra, limitando el verdadero potencial de esta tecnología para facilitar el intercambio y la colaboración a escala global. El futuro de la validez legal de los documentos electrónicos en un mundo cada vez más digitalizado pasa, inevitablemente, por la construcción de puentes regulatorios entre las diferentes jurisdicciones.

## 5. Infraestructuras de comunicaciones y fronteras

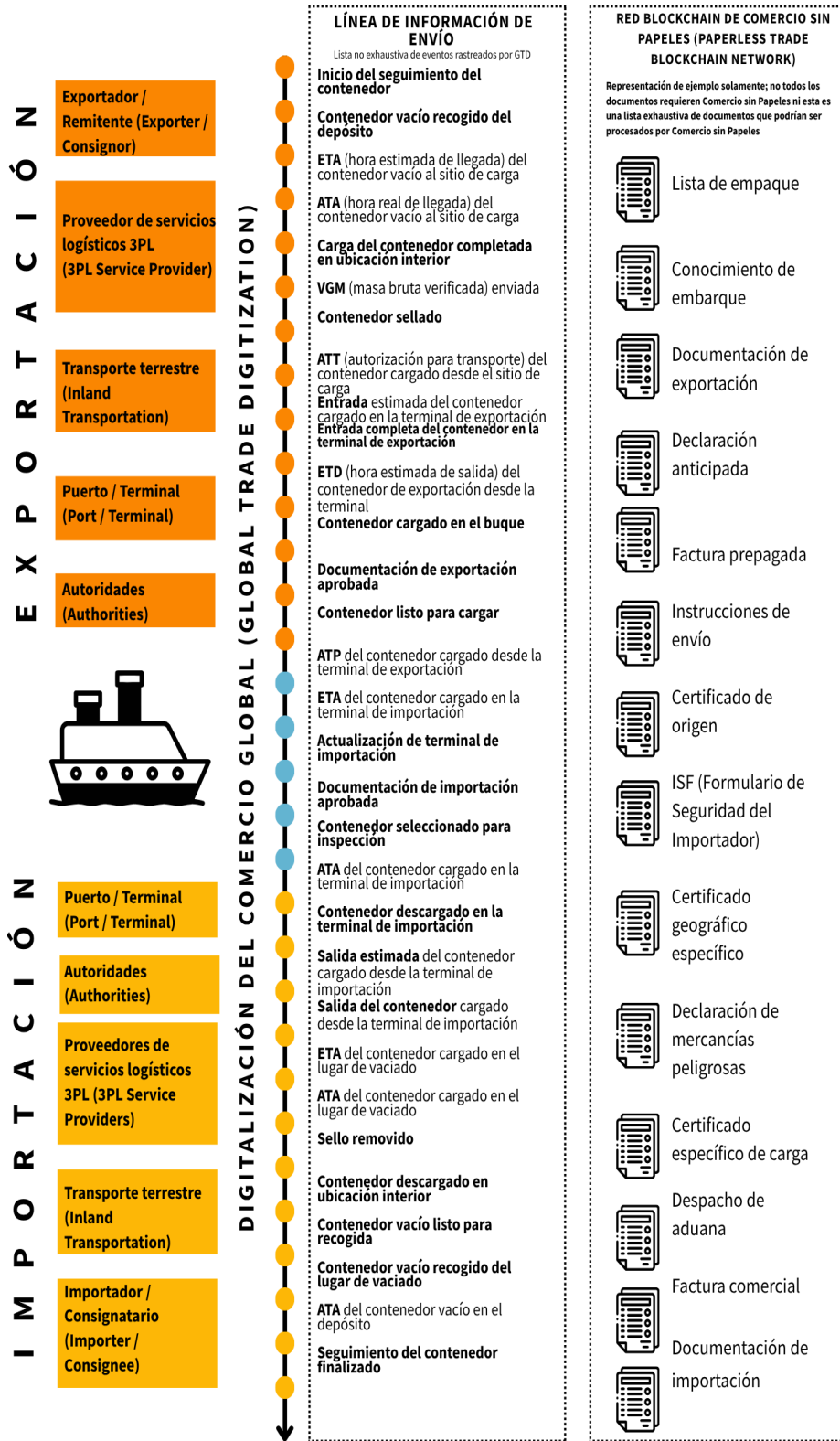
Una débil infraestructura de comunicaciones y frontera (puertos, muelles, terminales, aeropuertos y carreteras) dificulta el manejo del creciente volumen de comercio internacional. La falta de capacidad instalada limita la fluidez en el movimiento de contenedores y de mercancías, genera congestiones y retrasos en el transporte y la entrega de la carga, entre otras problemáticas. Una debilidad en la infraestructura de comunicaciones genera, a su vez, dificultades para rastrear envíos en tiempo real, lo que dificulta la toma de decisiones en la gestión de la carga, generando aumentos en los costos operativos y en los tiempos.

Para superar estos desafíos, se requiere una continua inversión en infraestructura y sistemas de información interoperables y de tecnologías avanzadas para la vigilancia y detección, por ejemplo, de sustancias peligrosas. De igual modo, la aplicación de procesos tecnológicos para mejorar la eficiencia en el uso y la gestión de las infraestructuras existentes puede mitigar, en cierta medida, las carencias de infraestructura física. Para optimizar la gestión portuaria, es crucial analizar previamente la información contenida en los manifiestos de carga y los planes de estiba. Junto con datos como la ubicación y posicionamiento de los embarques, el tipo de producto, la empresa importadora, la recurrencia de operaciones, orígenes y ruta, y toda otra información necesaria relevante.

En este contexto, el uso de la tecnología *blockchain* puede ayudar a garantizar la exactitud de informaciones claves, y entonces generar confianza en los procesos. Ejemplos de informaciones claves incluye las identidades de empresas importadoras y exportadoras, el tipo de producto, los certificados de origen y otros datos exigidos por la ley, como los certificados de inspección o de ensayo.

El uso de contratos inteligentes permite automatizar y optimizar la gestión de envíos, minimizando retrasos y reduciendo el riesgo de incumplimientos. Por ejemplo, un contrato inteligente podría supervisar el cumplimiento de los requisitos de importación y, una vez que el importador haya pagado todos los derechos, emitir automáticamente el despacho de aduana o instrucciones por el transporte.

**Diagrama 6**  
**La digitalización del comercio global: comercio sin papeles y red blockchain**



Fuente: Yaren, 2020.

La implementación de sistemas de seguimiento en tiempo real permite el acceso a información actualizada sobre el estado de los envíos. El uso de *blockchain* para la creación de una plataforma unificada puede permitir la conexión de diferentes sistemas, facilitando el intercambio de información entre países e instituciones. La naturaleza descentralizada de las cadenas de bloques proporciona una mayor seguridad contra la manipulación y el acceso no autorizado a datos. Asimismo, el registro inmutable de transacciones ayuda a detectar y prevenir actividades fraudulentas, como la falsificación de documentos.

## C. Beneficios del uso de cadenas de bloques en la facilitación del comercio

Una vez enunciada las características principales de la tecnología de cadenas de bloques como así también analizado las distintas implicancias en dimensiones comerciales, es clave puntualizar cuáles son los beneficios concretos en la facilitación del comercio. La siguiente tabla sistematiza los mismos y ejemplifica distintos tipos de materialización.

Como queda expuesto, los beneficios potenciales y teóricos del uso de cadenas de bloques para la facilitación del comercio son significativos, y van desde los aspectos operativos y de procesos productivos, hasta aspectos de acción colectiva e impactos tecnológicos y sistémicos. En el próximo capítulo, se evidenciará como esos beneficios comienzan a palpase y estar presentes en distintas iniciativas y proyectos que ya han comenzado a adoptar la tecnología en el plano comercial.

**Cuadro 3**  
**Beneficios potenciales del uso de cadenas de bloques en la facilitación de comercio**

<b>Beneficio</b>	<b>Ejemplo de materialización</b>
Transparencia y trazabilidad	Rastreo en una cadena de suministros de los productos desde su origen hasta su destino final (ej. la llegada a manos de los consumidores) mediante sistemas que registran información de manera inmutable y accesible para todas las partes involucradas.
Reducción de costos operativo	Eliminación de intermediarios y simplificación de procesos, lo que se traduce en una disminución significativa de costos operativos.
Eficiencia en los procesos	Uso de contratos inteligentes que ejecutan automáticamente acuerdos comerciales cuando se cumplen ciertas condiciones pactadas.
Seguridad e integridad de los datos	Una garantía de que los datos no se modifican después de su escritura. A través de las credenciales virtuales (VCs), la capacidad de garantizar el origen y la veracidad de los documentos.
Escalabilidad	Capacidad de adaptación a diferentes tamaños y necesidades operativas, permitiendo que tanto pequeñas como grandes organizaciones puedan implementar estas soluciones tecnológicas.
Colaboración entre múltiples partes	Fomento a la cooperación y la mejora de coordinación entre diversos actores que tradicionalmente operaban de manera aislada.
Impacto global	Soluciones que tienen un alcance global con capacidad para operar en entornos complejos y diversos (ej. conexión de puertos en distintas partes del mundo).
Adaptabilidad tecnológica	Fácil integración con tecnologías emergentes como inteligencia artificial o Internet de las Cosas (IoT).

Fuente: Elaboración propia.

## II. Casos de uso de soluciones *blockchain* en la facilitación comercial

### A. Estudio de casos

El presente capítulo se adentra en el análisis de la aplicación de la tecnología de cadenas de bloques en diversos contextos comerciales, examinando cómo esta innovación está transformando los procesos y las dinámicas del comercio a nivel global. Tradicionalmente, las actividades comerciales han enfrentado desafíos relacionados con la lentitud, los costos elevados, la falta de transparencia y la vulnerabilidad al fraude. Como se analizó, la tecnología *blockchain* emerge como una solución prometedora para abordar estas problemáticas, ofreciendo un marco para la creación de sistemas más eficientes, seguros y transparentes.

A través de una serie de estudios de caso, se explora la implementación de *blockchain* en diferentes sectores y regiones. Estos casos ilustran la versatilidad de la tecnología y su capacidad para adaptarse a las necesidades específicas de cada contexto. Cada caso de estudio proporciona una visión detallada de los actores, los objetivos del proyecto, la metodología de implementación y los resultados esperados. Además, se identifican los desafíos y las consideraciones importantes para la adopción efectiva de *blockchain* en el comercio, incluyendo la necesidad de colaboración entre el sector público y privado, la importancia de un marco regulatorio adecuado y la gestión del cambio organizacional. En resumen, este capítulo busca ofrecer una visión integral y empírica del impacto de la tecnología *blockchain* en la facilitación del comercio, proporcionando ejemplos concretos de su aplicación.

Así, de los casos que seguidamente se exponen, se puede sintetizar en la tabla que sigue sus objetivos y los principales datos de los proyectos que emplean esta tecnología.

Este cuadro presenta una diversidad de casos de uso de *blockchain* en comercio internacional, aduanas, logística, agricultura y financiamiento, evidenciando un avance sostenido en la aplicación de esta tecnología para mejorar la trazabilidad, reducir costos, aumentar la transparencia y facilitar los procesos comerciales. A lo largo de distintas regiones se observa una tendencia común hacia la digitalización e interoperabilidad de documentos clave, como certificados de origen y trazabilidad de productos, así como el desarrollo de plataformas colaborativas que integran actores públicos y privados. Los resultados alcanzados en la mayoría de los proyectos vigentes revelan beneficios concretos en eficiencia, seguridad y sostenibilidad, consolidando al *blockchain* como una herramienta estratégica

para la facilitación del comercio internacional y la transformación digital de las cadenas de suministro, todos los cuales se desarrollan con más detalle a continuación.

**Cuadro 4**  
**Casos relevados y sus principales características**

Caso/proyecto	País/región	Sector/aplicación	Descripción resumida	Objetivos principales	Beneficios/resultados	Tipo de blockchain	Estado actual
1. Certificado de origen Cámara de Comercio de Lima	Perú	Comercio exterior/certificados	Digitalizar emisión y verificación de certificados de origen	Reducir fraude, costos y tiempos; asegurar autenticidad y trazabilidad	400 certificados mensuales; ahorro de costos; código QR para verificación	Blockchain pública interoperable	Vigente
2. Blockchain 4.0 Mercosur	Mercosur (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay)	Aduanas/comercio regional	Modernizar gestión aduanera, mejorar trazabilidad	Transparentar comercio; facilitar intercambio aduanero	Agilización de controles fronterizos; reducción de burocracia; datos inmutables	Hyperledger Fabric 1.4 (blockchain privada)	Vigente
3. Trazabilidad blockchain en sector ganadero	Brasil	Agricultura/ganadería	Mejorar trazabilidad y transparencia de carne	Garantizar autenticidad, calidad, sostenibilidad y bienestar animal	Transparencia en cadena; monitoreo individual de animales; mejora en acceso a mercados internacionales	Blockchain privado	Vigente
4. Trazabilidad en cadena algodонера	Perú	Agricultura/textil	Trazabilidad desde cultivo a prenda final	Transparencia, autenticidad y sostenibilidad de la cadena textil	Posicionamiento competitivo del algodón producido por agricultores familiares	Blockchain (no especificado)	Vigente
5. IBM Food Trust	Global	Alimentación/cadena de suministro	Transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro	Mejorar seguridad alimentaria y eficiencia en cadena de suministro	Identificación rápida de riesgos; reducción de desperdicio; eficiencia y transparencia	Blockchain propia IBM	Vigente
6. OTB de GeTS (Global eTrade Services)	Singapur	Comercio digital/aduanas	Integrar certificados y mejorar trazabilidad	Mejorar conectividad, eficiencia y transparencia comercial	Ventanilla única de certificación; integración técnica avanzada (IoT, IA)	Blockchain (no especificado)	Vigente
7. Dubai Customs	Dubái, EAU	Comercio digital/aduanas	Plataforma para agilizar despacho aduanero	Simplificar trámites, mejorar trazabilidad, reducir fraude y falsificación	Despachos más rápidos; reducción de tiempo real y papeleo	GSBN (Global Shipping Business Network)	Vigente
8. ICC TradeFlow	Global (Singapur, DBS, ICC, Perlin Network, IMDA)	Comercio digital/transporte/logística	Plataforma para simplificar comercio y reducir documentos en tránsito	Reducir documentos y reducir tiempo de tránsito de 45 a 20 días; unificar documentación	Mayor eficiencia y transparencia documental, reducir barreras para PYMEs	Blockchain (no especificado)	Vigente

Caso/proyecto	País/región	Sector/aplicación	Descripción resumida	Objetivos principales	Beneficios/resultados	Tipo de blockchain	Estado actual
9. TradeLens (Maersk + IBM)	Global	Comercio digital/ transporte/ logística	Plataforma para trazabilidad marítima y eficiencia logística	Mejorar eficiencia logística; reducir burocracia; colaboración entre actores de la cadena	Mayor trazabilidad; reducción de tiempos; mejora en experiencia del cliente	IBM, Hyperledger	No vigente
10. Proyecto Marco Polo	Global (70+ empresas, 25 países)	Financiamiento /comercio exterior	Plataforma distribuida para financiamiento comercial	Aumentar eficiencia en financiamiento; superar desafíos de crédito y cobro	Prueba en 2019; mejora en procesos de financiación comercial	Red Corda de R3	Vigente
11. CADENA (Intercambio OEA)	América Latina (Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú)	Comercio digital/ aduanas	Plataforma para compartir, con seguridad, datos sobre certificaciones OEA	Facilitar colaboración entre autoridades OEA y actores comerciales	Digitalización de certificados OEA; reducción de costos, tiempos y errores, mejor transparencia	LACCHAIN	Vigente

Fuente: Elaboración propia.

## 1. Certificado de origen cámara de comercio de Lima

La emisión y verificación de certificados de origen en el comercio internacional es un proceso tradicionalmente lento, costoso y susceptible a errores o fraudes. Esto afecta la competitividad de las empresas y dificulta el acceso a preferencias arancelarias en acuerdos comerciales regionales. El gobierno de Perú ha desarrollado (desde el año 2023), esfuerzos por digitalizar y facilitar su comercio exterior más allá de los ACR, con el objetivo de reducir el fraude y los costos asociados al proceso de certificación tradicional.

El proyecto de la Cámara de Comercio de Lima, implementado con tecnología Blockchain, se centra en la emisión de certificados de origen para productos comerciales, buscando garantizar la autenticidad y trazabilidad de los bienes exportados. El uso de cadenas de bloques en el certificado de origen se desarrolla sobre la red LACChain<sup>16</sup>, lo que asegura la interoperabilidad y seguridad de los datos, facilitando el comercio exterior para exportadores peruanos. Con esta solución, se emiten actualmente alrededor de 400 certificados mensuales, promoviendo la modernización del comercio exterior y fortaleciendo la confianza entre los actores comerciales<sup>17</sup>.

Este mecanismo permite garantizar la integridad de los documentos, ya que cualquier cambio en la información registrada en la cadena de bloques sería fácilmente detectado; lo que reduce los tiempos y costos asociados al proceso tradicional. Uno de los aprendizajes clave ha sido la importancia de la colaboración público-privada para la implementación efectiva de soluciones tecnológicas a gran escala, así como la necesidad de un marco regulatorio adecuado para acompañar la adopción de *blockchain* en

<sup>16</sup> LACChain es un proyecto liderado por el Laboratorio de Innovación del Grupo Banco Interamericano de Desarrollo (BID Lab), que ofrece una red *blockchain* pública y reconocida por la alianza de participantes en el ecosistema *blockchain* de América Latina y el Caribe. Su objetivo es desarrollar y mantener un ecosistema *blockchain* cohesivo, ofreciendo un espacio digital seguro, confiable y comprensible para los reguladores y un entorno viable para que se puedan ofrecer soluciones y servicios válidos para ciudadanos y consumidores. Para más información, véase [en línea] <https://www.lacchain.net/home>.

<sup>17</sup> Véase [en línea] Avances y progresos en el uso de *blockchain* en el Perú|Computer Weekly.

actividades comerciales<sup>18</sup>. El proyecto destaca por su carácter innovador y su contribución a la mejora de la competitividad del comercio internacional peruano.

Esta tecnología no solo brinda un alto nivel de seguridad a los trámites en línea, sino que representa un significativo ahorro de costos. Los certificados son emitidos de manera virtual e incorporan un código QR que, al ser escaneado, permite la verificación de su validez y autenticidad.

En el contexto de postpandemia, donde el uso de medios electrónicos se ha incrementado en todos los ámbitos para las diversas transacciones comerciales, los esfuerzos de las autoridades del país han estado direccionados para que las empresas puedan utilizar plataformas modernas y seguras para tramitar sus certificaciones. Según datos de la Cámara de Comercio de Lima durante el año 2024 se emitieron un total de 2100 certificados de origen no preferenciales, siendo República Dominicana, Emiratos Árabes Unidos, Guatemala, Taiwán República de China, Hong Kong e Israel, los principales destinos (CCL, 2025). El proyecto de certificados de origen digital de la Cámara de Comercio de Lima sigue funcionando activamente y se considera un caso efectivo de aplicación de Blockchain en comercio exterior de ALC.

## 2. *Blockchain 4.0* Mercosur

La integración aduanera en el Mercosur enfrenta desafíos relacionados con la autenticidad y seguridad de los datos compartidos entre los cuatros Estados Parte del Tratado de Asunción, lo que ralentiza los procesos transfronterizos. En este contexto, “*Blockchain 4.0* Mercosur” surge como iniciativa para conectar las aduanas de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay mediante una red *blockchain* llamada BConnect. Esta plataforma tiene como objetivo principal la modernización y la transparencia en la gestión del comercio exterior, facilitando el intercambio de información y la trazabilidad de las mercancías a través de un sistema seguro y descentralizado.

Este proyecto permite compartir información en tiempo real sobre OEA y declaraciones aduaneras, garantizando la seguridad e inmutabilidad de los datos. Con ello, se agilizan los controles fronterizos y se mejora la trazabilidad de las mercancías importadas con preferencias arancelarias. El proyecto se encuentra en fase de desarrollo y cuenta con la participación tanto de entidades gubernamentales como del sector privado, lo que le confiere un enfoque colaborativo y multilateral. Uno de los aprendizajes ha sido el desafío de armonizar las normativas entre países con sistemas legales y económicos diferentes. Asimismo, la implementación de *blockchain* ha permitido acelerar procesos que anteriormente eran lentos y burocráticos, como la validación de documentos aduaneros, destacando su capacidad para reducir costos y mejorar la eficiencia operativa.

Al respecto, debe destacarse que la propuesta fue impulsada por la Secretaría de Ingresos Federales de Brasil es quien impulsa el proyecto desde el año 2020, una plataforma *blockchain* para interconectar los registros de los sistemas aduaneros de los Estados Parte del Mercosur. La interconexión de los trámites aduaneros entre los cuatro países se ejecuta a través de bConnect, como se mencionó anteriormente, tratándose de una red Blockchain desarrollada por SERPRO (Servicio Federal de Procesamiento de Datos), inicialmente para ser utilizado por el Servicio de Impuestos Federales de Brasil, que ahora se adecúa para cumplir con el intercambio de información sobre declaraciones aduaneras entre los cuatro países.

De esta forma, las empresas certificadas en cada país de Mercosur como OEA pueden añadir a BConnect información relacionada con las aduanas. Los datos que se van sumando a la red son vistos inmediatamente por aquellos miembros incluidos en el contrato inteligente codificado en la *blockchain*.

---

<sup>18</sup> Para más información, véase [en línea] BID (2020), Regulación de *blockchain* e identidad digital en América Latina|El futuro de la identidad digital, [en línea] Regulación de *blockchain* e identidad digital en América Latina.

La plataforma BConnect está siendo desarrollada por Brasil, basado en Hyperledger Fabric 1.4, aplicación de código abierto de Linux Foundation. Se trata de una solución que funciona de forma independiente del proveedor. Se sustituye así un proceso que anteriormente se hacía de forma manual a través de hojas de cálculo elaboradas o extraídas del sistema de cada país, y enviadas por correo electrónico (CIAT, 2021).

En un futuro cercano, se espera que esta tecnología pueda ser también utilizada para facilitar la integración de Mercosur con otros bloques económicos, independientemente de la tecnología que utilicen. Ello en atención a que ahora si bien solo participan los cuatro países del bloque del Mercosur, se busca la celebración de acuerdos de reconocimiento mutuo bilateral para los OEA de otros países y regiones.

El proyecto *Blockchain 4.0* Mercosur sigue vigente y en evolución, consolidándose como una iniciativa estratégica para la integración aduanera regional. Si bien se encuentra en fase de implementación progresiva, ha logrado avances concretos en la interconexión de las aduanas. Los desafíos normativos entre países y la necesidad de escalar su uso más allá del entorno piloto siguen siendo obstáculos a superar para alcanzar su pleno funcionamiento regional.

### 3. Proyecto de trazabilidad *blockchain* en el sector ganadero de Brasil

Esta iniciativa, desarrollada entre el Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento (MAPA) de Brasil, el sector privado y la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), se enfoca en la implementación de tecnología *blockchain* en la cadena de valor del sector ganadero y busca mejorar la trazabilidad<sup>19</sup> y la transparencia en el comercio de carne y pescado. La iniciativa tiene como objetivo facilitar la accesibilidad de los productos brasileños a mercados internacionales, al garantizar la autenticidad, calidad y el cumplimiento de los estándares internacionales de sostenibilidad, bienestar animal y seguridad alimentaria<sup>20</sup>. La implementación de la cadena de bloques permite un sistema de trazabilidad que registra de forma segura, transparente y accesible información sobre el origen, el procesamiento y la distribución de los productos cárnicos y pesqueros brasileños. La trazabilidad garantiza que los compradores internacionales puedan verificar de manera rápida y confiable los detalles sobre la calidad y la sostenibilidad de los productos (GIZ, 2020).

El proyecto implementa un sistema de *blockchain* privado, que permite que solo los actores autorizados (como los productores, procesadores, distribuidores y organismos de control) accedan y validen la información registrada, garantizando tanto la privacidad de los datos sensibles como la transparencia en los procesos de certificación. Al ser un sistema cerrado, ofrece mayor control y seguridad para los participantes en la cadena de suministro, a la vez que asegura la integridad de los datos a través de la inmutabilidad característica de la tecnología *blockchain*. Lo anterior da cuenta de la necesidad de colaboración entre el sector público y privado para superar los desafíos normativos y tecnológicos. La integración de una nueva tecnología como *blockchain* en una cadena de suministro compleja requiere un marco regulatorio adecuado y una infraestructura tecnológica robusta. Asimismo, la adopción de Blockchain en este contexto pone de manifiesto la importancia de una capacitación continua para los actores involucrados, quienes deben estar familiarizados con el uso y los beneficios de la tecnología.

El plan comenzará a desarrollarse a partir de 2025 y prevé abarcar todo el rodeo bovino hasta 2032, en cuatro etapas. Los primeros dos años serán para optimizar el sistema informático y la integración de los organismos sanitarios y, posteriormente, se avanzará sobre la identificación de los

---

<sup>19</sup> La trazabilidad es un sistema que permite seguir el historial, ubicación o trayectoria de un artículo a través de identificaciones registradas. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

<sup>20</sup> Mediante Ordenanza N° 1.113, publicada en el Diario Oficial de la Unión (DOU), se creó un Grupo de Trabajo para elaborar el plan estratégico para implementar una política pública de trazabilidad individual de bovinos y búfalos. La trazabilidad es un sistema que permite seguir el historial, ubicación o trayectoria de un artículo a través de identificaciones registradas.

animales. El objetivo es implementar un sistema de identificación individual, que permita monitorear y registrar la historia, ubicación y trayectoria de cada animal identificado. El sistema utilizará dispositivos de identificación, como caravanas electrónicas y botones con chip, siguiendo la norma ISO 076 – código internacional de trazabilidad de la carne<sup>21</sup>.

El proyecto se considera prometedor y vigente, con altas expectativas de impacto debido al respaldo institucional, la cooperación internacional, y el alineamiento con estándares internacionales exigidos por los mercados de exportación. Su enfoque en la transparencia, sostenibilidad y seguridad alimentaria lo posiciona como un modelo innovador en América Latina. No obstante, su efectividad dependerá de la superación de barreras técnicas, regulatorias y formativas en una cadena productiva compleja como la ganadería.

#### **4. Proyecto piloto para la trazabilidad de la cadena algodonera de Perú**

El piloto es parte del proyecto Global Enhancing Traceability and Transparency for Sustainable and Circular Value Chains in Garment and Footwear. Es implementado conjuntamente por la Comisión Económica para Europa (UNECE) y el International Trade Centre (ITC), con recursos de la Unión Europea, siendo el proyecto +Algodón de la FAO articulador del piloto en ALC. La implementación del piloto se logró gracias a la colaboración del gobierno peruano, la Cooperativa Agraria de Servicios Múltiples “Tallan-Chusis” Ltda (Costach), que agrupa alrededor de 5200 familias, y la empresa textil peruana Creditex.

El piloto tiene como objetivo la trazabilidad del algodón peruano y su utilización en la industria textil, específicamente en la fabricación de pijamas. Para el logro del objetivo se utilizó la tecnología Blockchain para registrar de manera inmutable y transparente cada etapa de la producción del algodón, desde su cultivo hasta la prenda final. Además, se incorporaron marcadores moleculares de ADN en la fibra de algodón, lo que permite autenticar y rastrear el material a lo largo de toda la cadena de valor. A través de la tecnología de cadenas de bloques cada prenda confeccionada incorpora un sistema de trazabilidad que permite a los consumidores verificar el origen del algodón utilizado, asegurando su autenticidad y las prácticas sostenibles empleadas en su producción.

Entre los beneficios y usos de los marcadores moleculares en el algodón, se destacan: i) identificación varietal, dado que los marcadores de ADN, permiten identificar la variedad de algodón con precisión, lo que es crucial para el comercio y la producción; ii) control de pureza varietal, que permite verificar que las semillas de algodón sean genéticamente puras y no estén contaminadas con otras variedades; iii) mejoramiento genético, que ayuda a identificar genes responsables de características deseables (como resistencia a plagas o enfermedades) y a seleccionar plantas con esas características; iv) mapas genéticos, toda vez que los marcadores de ADN ayudan a construir mapas genéticos, que permiten identificar la ubicación de los genes de interés en el genoma del algodón; y v) selección molecular, que contribuye a identificar plantas con características genéticas específicas para su uso en programas de mejoramiento genético.

La cooperativa Costach aportó 10 toneladas de fibra de algodón sostenible, la fibra fue adquirida por la empresa textil Creditex, que la transformó en una mini-colección de pijamas de algodón y comercializó en el extranjero con marcas de prestigio internacional. De este modo el consumidor final pudo acceder a toda la información del proceso de producción de la prenda, desde la semilla de algodón al pijama terminado. Este proyecto no solo ha mejorado la transparencia en la cadena de suministro, sino que también ha fortalecido la posición de los pequeños agricultores en el mercado global,

---

<sup>21</sup> La implementación se realizará en cuatro etapas, con fecha límite 2032: etapa 1 (2025): desarrollo del sistema informatizado y de la base de datos central a nivel federal; Etapa 2 (2026): integración de los organismos estatales de sanidad agropecuaria al sistema; Etapa 3 (2027-2029): identificación inicial obligatoria de los animales, comenzando por los vacunados contra la brucelosis e incluidos en protocolos privados; Etapa 4 (2030-2032): implementación a gran escala, haciendo obligatoria la identificación de 100% del rebaño brasileño (Agrositio, 2024).

promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y aumentando la competitividad del algodón pima peruano reconocido por su fibra extralarga y de alta calidad<sup>19</sup>. El proyecto piloto para la trazabilidad de la cadena algodonera de Perú continúa activo y se considera efectivo. La tecnología *blockchain* está ayudando a posicionar al algodón peruano como un producto premium, sostenible y verificable en mercados internacionales.

Este enfoque no solo refuerza la confianza del consumidor en la calidad del producto, sino que también destaca el compromiso de la marca con la transparencia y la sostenibilidad en su cadena de suministro.

## 5. IBM Food Trust

*IBM food trust*<sup>22</sup> es una plataforma basada en *blockchain* diseñada para mejorar la transparencia y la trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos. Utiliza la tecnología de libro mayor distribuido (i.e. *blockchain*) para crear un registro inmutable y compartido de los datos alimentarios, desde la granja hasta el consumidor. Esto permite a los participantes de la cadena de suministro, como agricultores, procesadores, distribuidores y minoristas, rastrear los productos alimenticios a lo largo de su recorrido, proporcionando información detallada sobre su origen, manipulación y almacenamiento.

La implementación de *blockchain* en *IBM food trust* aborda varios desafíos clave en la industria alimentaria. Uno de los principales es la falta de visibilidad y la complejidad de las cadenas de suministro globales, lo que dificulta la identificación rápida y precisa del origen de los alimentos en caso de contaminación o brotes de enfermedades. Al crear un registro transparente y auditable de cada transacción, *IBM food trust* agiliza el proceso de rastreo, permitiendo a las empresas identificar y retirar rápidamente los productos afectados, lo que reduce el riesgo para los consumidores y las pérdidas económicas.

Además de mejorar la seguridad alimentaria, *IBM food trust* también ofrece beneficios en términos de eficiencia y reducción de costos. La automatización de los procesos de documentación y la eliminación de intermediarios pueden simplificar las transacciones y acelerar el flujo de información a lo largo de la cadena de suministro. Esto puede conducir a una mayor eficiencia operativa, una reducción del desperdicio de alimentos y una mayor confianza entre los socios comerciales (IBM:2025).

Esta tecnología representa un ejemplo significativo de cómo la implementación del *blockchain* puede transformar distintas industrias al proporcionar una mayor transparencia, trazabilidad y eficiencia en la cadena de suministro. Al facilitar el intercambio seguro y confiable de información, esta plataforma contribuye a mejorar la seguridad alimentaria, reducir los costos y construir un sistema alimentario más sostenible y resiliente.

*IBM food trust* sigue funcionando activamente y se considera uno de los casos más efectivos de aplicación de *blockchain* en la cadena de suministro alimentaria a nivel global. La plataforma ha sido adoptada por grandes empresas como Walmart, Nestlé, Carrefour y Tyson Foods, permitiendo una trazabilidad en tiempo real que mejora significativamente la seguridad alimentaria y la eficiencia logística. Su efectividad radica en la capacidad de conectar a múltiples actores de la cadena de valor —desde productores hasta minoristas— a través de una red segura e interoperable basada en Hyperledger Fabric, lo que garantiza la inmutabilidad de los datos y la confianza en la información compartida.

## 6. Singapur<sup>23</sup>

Singapur ha sido pionero en priorizar la digitalización de sus procesos aduaneros y comerciales para mantener su posición como un centro de comercio global eficiente. La estrategia general se sitúa en la creación de un ecosistema comercial digital que mejore la conectividad, la transparencia y la eficiencia

<sup>22</sup> Para más información, véase [en línea] <https://www.ibm.com/docs/en/food-trust?topic=overview>, Para un video explicando el uso de Food Trust en la firma Carrefour véase [en línea] <https://www.youtube.com/watch?v=WlmaX4nF7NQ>.

<sup>23</sup> Al respecto véase [en línea] <https://www.customs.gov.sg/businesses/national-single-window/networked-trade-platform/> y <https://www.ntp.gov.sg/#/>.

para las empresas. Si bien esto no siempre se traduce en implementaciones de "blockchain" aisladas, la tecnología se evalúa y se integra donde aporta valor.

La Networked Trade Platform (NTP) de Singapur es un ejemplo clave en la era de la digitalización. Esta plataforma de ventanilla única integra los procesos de varias agencias gubernamentales y facilita el intercambio de datos entre empresas y el gobierno. La NTP es una base importante sobre la cual se pueden construir e integrar tecnologías como *blockchain* para mejorar aún más la seguridad y la trazabilidad de las transacciones comerciales.

Singapore Customs está explorando continuamente formas de aprovechar las tecnologías emergentes para optimizar sus operaciones. Esto incluye la evaluación de Blockchain para aplicaciones como la verificación de documentos, la gestión de la cadena de suministro y la mejora de la seguridad de los datos. La colaboración con otras agencias gubernamentales, empresas de tecnología y socios internacionales es un componente esencial de este proceso. El país asiático busca la integración estratégica de la tecnología Blockchain dentro de las iniciativas de digitalización del comercio. El enfoque está en crear un entorno comercial digital cohesivo y eficiente, donde *blockchain* juega un papel junto con otras tecnologías como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas.

Asimismo, este país es líder en desarrollo tecnológico dentro de la ASEAN. Las agencias gubernamentales de Singapur invirtieron 10 millones de dólares estadounidenses en un programa de investigación sobre tecnología *blockchain* en 2020. El programa, denominado "Programa de Innovación Blockchain de Singapur (SBIP)", es una colaboración entre Enterprise Singapore, la Autoridad de Desarrollo de Medios de InfoComunicación y la Fundación Nacional de Investigación de Singapur. Este programa contó con el apoyo de la Autoridad Monetaria de Singapur, el Banco Central de Singapur y el regulador financiero (Autoridad Monetaria de Singapur, 2021).

El ecosistema digital de comercio exterior de Singapur sigue plenamente operativo y en expansión, con la tecnología *blockchain* integrada de manera estratégica dentro de un enfoque más amplio de transformación digital. Aunque no se ha implementado una única solución basada exclusivamente en Blockchain, la NTP funciona como una infraestructura clave que permite la integración de esta tecnología en procesos específicos. La capacidad de Singapur para evaluar con precisión dónde Blockchain aporta valor, junto con el respaldo de su Autoridad Monetaria y agencias de innovación, ha consolidado al país como líder regional en la implementación práctica y efectiva de tecnologías emergentes para la facilitación del comercio.

Un ejemplo de implementación de blockchain con sede en Singapur es la *Open trade blockchain* que se describe a continuación.

### **a) Open trade blockchain**

En 2018 Global eTrade Services (GeTS)<sup>24</sup> anunció el lanzamiento de Open Trade Blockchain (OTB)<sup>25</sup>. El sistema se beneficia de una plataforma de comercio digital a gran escala ya existente y de propietarios que pueden impulsar su crecimiento. GeTS es propiedad de CrimsonLogic, proveedora de servicios de gobierno electrónico. A su vez, CrimsonLogic pertenece en un 55% a la agencia gubernamental Enterprise Singapore y en un 45% a PSA, que gestiona el puerto de Singapur. Sin embargo, PSA también

---

<sup>24</sup> Fundada en 2016, GeTS es una plataforma comercial líder pionera en el uso innovador de la tecnología y su profunda experiencia en los dominios G2B y B2B. GeTS permite la comunicación de la logística física, el cumplimiento y los requisitos financieros del comercio y la cadena de suministro sin problemas, de forma inteligente y segura, impulsando así el comercio mundial al hacerlo accesible, predecible y más fácil de cumplir.

<sup>25</sup> Al respecto obsérvese que esta propuesta es diferente a la que recibe el mismo nombre "Open Trade Blockchain" que es impulsado por la Cámara de Comercio Internacional, como entidad neutral de referencia en el comercio global, cuyo objetivo principal es impulsar la interoperabilidad entre redes *blockchain* y digitalizar documentos de comercio internacionales bajo estándares abiertos. Para más información véase: <https://iccwbo.org/news-publications/news/digital-trade-standards-initiative-launches-under-the-umbrella-of-icc/> y <https://www.ledgerinsights.com/icc-blockchain-interoperability-digital-standards-initiative/>.

tiene participaciones en puertos de todo el mundo. La mayoría de sus terminales se encuentran en Asia, pero cuenta con varias terminales europeas, por ejemplo, en los puertos de Amberes y Zeebrugge. OTB está basada en el Hyperledger Fabric *Blockchain*.

El proyecto busca prevenir el fraude incorporando la documentación comercial digital a su *Blockchain*, que incluye certificados de origen, conocimientos de embarque y facturas. Una vez que los documentos están en la cadena de bloques, no pueden ser manipulados, ya que varias partes almacenan copias, aumentando la transparencia y la confianza entre transportistas, transportistas y clientes. El sistema incluye una interfaz intuitiva que facilita la adición de documentos y cuenta con una API web para la integración.

Uno de los mayores desafíos de la cadena de bloques es conseguir suficientes socios para garantizar que los datos no se conviertan en un silo. Hasta el momento, hay cuatro nodos activos: tres externos a GeTS y todos en China. La Compañía del Puerto de Información China-ASEAN (CAIH) alberga uno de los nodos. CAIH es una alianza estratégica entre China y las autoridades de la ASEAN, buscando ser un activo dentro de la denominada "Ruta de la Seda Digital"<sup>26</sup>. GeTS también ha nombrado a varios socios nuevos que se están incorporando en la República de Corea, Indonesia y Taiwán República de China. Por lo tanto, existe una gran cantidad de nodos en Asia. La mayoría de los socios ofrecen servicios de TI relacionados con el comercio.

La *blockchain* OTB almacena documentación, pero se basa en el sistema GeTS para el comercio digital. Esto significa que puede aprovechar las integraciones existentes, incluyendo enlaces a 24 nodos de aduanas. GeTS realizó más de 13 millones de transacciones durante el primer semestre de 2018 y registró un Valor Bruto Mercantil (VBM) de más de 400.000 millones de dólares en el mismo periodo (Ledger Insight, 2018).

OTB continúa operativo como una plataforma especializada en la digitalización y aseguramiento de documentos comerciales dentro del comercio internacional. Su funcionalidad radica en la integración con la plataforma GeTS, que ya contaba con un amplio ecosistema de nodos aduaneros y usuarios, y en la capacidad de aumentar la transparencia y prevenir fraudes al asegurar la inmutabilidad de los documentos. Sin embargo, uno de los principales desafíos ha sido la ampliación de la red de socios para evitar la fragmentación de datos y lograr una adopción más masiva, especialmente fuera de Asia, donde se concentra la mayoría de sus nodos. Además, la competencia con plataformas con mayor respaldo corporativo y alcance global ha limitado su expansión, lo que pone en evidencia que la interoperabilidad y la creación de un ecosistema amplio y colaborativo son claves para el real impacto en soluciones *Blockchain* para comercio internacional.

## 7. Dubái customs

La Aduana de Dubái lanzó en 2024 una nueva plataforma de cadena de bloques destinada a reducir las fricciones en la cadena de suministro dentro de Dubái y a través de sus fronteras. La solución *blockchain* se lanzó como parte de una estrategia más amplia para consolidar la posición de Dubái como ciudad "inteligente". Esta innovación busca que Dubái se convierta en un centro mundial para el comercio y la logística.

La implementación de *Blockchain* tiene como objetivo reducir el tiempo y el esfuerzo mediante la simplificación de muchos procedimientos para agilizar el despacho de aduanas y las transacciones comerciales. También se busca mejorar la transparencia de la cadena de suministro facilitando el intercambio de datos a prueba de manipulaciones y reduciendo el voluminoso papeleo que suelen

---

<sup>26</sup> Iniciativa de China que busca expandir la influencia tecnológica y económica del gigante asiático en el mundo, especialmente en áreas como la conectividad digital, el comercio electrónico y la infraestructura tecnológica. Representa una extensión digital de la Iniciativa de la Franja y la Ruta (BRI).

conllevar estos procesos. La implementación busca ser una solución para rastrear el movimiento en tiempo real de los artículos en las cadenas de suministro y combatir el fraude y la falsificación. Para la automatización de la cadena de suministro desde su lanzamiento en 2019 se ha utilizado Chainlink<sup>27</sup>.

La plataforma *blockchain* lanzada por la Aduana de Dubái en 2024 sigue operativa y sus resultados parecen promisorios dado el poco tiempo para su evaluación<sup>28</sup>. Su continuidad se debe a la fuerte apuesta del gobierno por la transformación digital y la logística inteligente, así como a la integración con tecnologías como Chainlink que mejoran la automatización y la seguridad. Sin embargo, enfrenta desafíos típicos como la necesidad de adopción masiva por parte de todos los actores de la cadena de suministro y la complejidad de interoperar con sistemas externos. Su impacto radica en la reducción de tiempos y costos, y en la mejora de la transparencia, aunque su pleno potencial dependerá de ampliar la red de usuarios y la cooperación internacional.

## 8. ICC *tradeflows*

La Cámara de comercio internacional (ICC) se ha unido a DBS Bank, Autoridad de Desarrollo de Medios de Infocomunicaciones (IMDA), Enterprise Singapore y Perlin para lanzar en 2019 la ICC *TradeFlow*<sup>29</sup>. Es una plataforma pionera de *blockchain* diseñada para optimizar los procesos comerciales para las empresas. ICC *TradeFlow* permite a las empresas visualizar los flujos comerciales, emitir instrucciones a los socios y analizar las acciones comerciales en tiempo real. Esto reduce significativamente el tiempo en tránsito de documentos, de 45 a 20 días en algunos casos. En la plataforma, las empresas pueden cargar, verificar y modificar documentos comerciales, así como actuar según las instrucciones de sus socios comerciales. Otros componentes de la plataforma incluyen un reloj comercial para realizar un seguimiento del progreso de una transacción en particular, así como protecciones antifraude para el envío y la documentación (ICC, 2019).

El objetivo de ICC *TradeFlow* fue contribuir a simplificar y transformar el comercio mundial al reducir las barreras para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) y unificar el proceso de documentación comercial para las empresas en todas partes.

La plataforma ICC *TradeFlow* continúa funcionando. En la actualidad, se centra en apoyar el comercio de materias primas y ha logrado avances significativos en la reducción de tiempos y costos en la gestión documental del comercio internacional. Su adopción aún enfrenta desafíos relacionados con la integración tecnológica en distintas jurisdicciones y la necesidad de ampliar su red de usuarios para maximizar su impacto.

En resumen, ICC *TradeFlow* es un ejemplo prometedor de cómo *Blockchain* puede optimizar procesos comerciales, aunque su pleno potencial depende de una mayor escalabilidad y cooperación global<sup>30</sup>.

---

<sup>27</sup> Chainlink es un conocido proyecto de oráculos descentralizados que se ejecuta sobre la *blockchain* de Ethereum. Es uno de los proyectos que ha tomado mayor relevancia en el mundo de las finanzas descentralizadas. Al respecto véase [en línea] <https://chain.link/>.

<sup>28</sup> Al respecto véase [en línea] <https://dubaicustoms.network/>.

<sup>29</sup> Al respecto véase [en línea] <https://tradeflow.capital/>.

<sup>30</sup> Téngase presente que esta propuesta es diferente al proyecto "Open Trade Blockchain (OTB) / Digital Standards Initiative (DSI)" de la ICC, aunque ambos proyectos están relacionados con los esfuerzos de la International Chamber of Commerce (ICC) para digitalizar el comercio internacional mediante tecnologías *blockchain*. La ICC *TradeFlow* es una plataforma digital y su propósito, tal como se indicó, es facilitar la digitalización y verificación de documentos comerciales (como facturas, contratos y certificados de origen) dentro de las operaciones de comercio exterior. Mientras que Open trade blockchain (OTB), posteriormente integrado en la *Digital Standards Initiative* (DSI) de la ICC, no es una plataforma operativa, sino una iniciativa global que busca establecer estándares abiertos para la interoperabilidad entre plataformas *blockchain* y sistemas digitales en el comercio internacional. Su objetivo no es crear una infraestructura tecnológica propia, sino asegurar que distintos sistemas y redes puedan operar de manera conjunta y sin fragmentación de datos. De igual modo mientras que ICC *TradeFlow* resuelve un problema operativo concreto (la digitalización de documentos para operaciones de financiamiento de comercio exterior), la DSI aborda un problema más estructural y de largo plazo: la fragmentación de sistemas y la necesidad de un marco global de interoperabilidad en el comercio digital.

## 9. TradeLens de Maersk

La firma Maersk, una de las empresas líderes del sector de la logística marítima, ha utilizado *blockchain* de manera innovadora para mejorar la eficiencia, la transparencia y la seguridad en su cadena de suministro. En colaboración con IBM, la empresa desarrolló TradeLens, una plataforma *blockchain* para la industria de la logística y el transporte marítimo. TradeLens permite a los participantes de la cadena de suministro compartir información en tiempo real, lo que mejora la eficiencia y reduce la burocracia. Con esto Maersk ha logrado una mayor trazabilidad de sus envíos, reduciendo los tiempos de entrega y mejorando la experiencia del cliente. La plataforma también ha facilitado la colaboración entre diferentes actores en la cadena de suministro, incluidos: fabricantes, transportistas, aduanas y minoristas (The logistics world, 2023).

Al eliminar los silos de información, se ha mejorado la coordinación y la eficiencia en toda la cadena. El uso de esta tecnología ha mejorado la eficiencia y la rentabilidad de la compañía, lo que ha llevado a otras empresas a seguir su ejemplo y buscar adoptar soluciones similares y está impulsando la transformación digital en la industria de la logística y la distribución, y se espera que su adopción siga creciendo en los próximos años (The logistics world, 2023).

Sin embargo, más allá del potencial y la viabilidad que mostró la plataforma TradeLens desarrollada por Maersk no logró reunir toda la logística marítima global en un solo sistema para conseguir la trazabilidad y digitalización total de la carga desde el origen hasta el destino. No pudo convencer a otros dos agentes fundamentales como los cargadores y los transitarios. Así en 2023 dejó de estar operativa. La tecnología *Blockchain*, por más avanzada que sea, necesita una amplia cooperación y compromiso de todos los participantes de la cadena para ser sostenible y efectiva, muchas veces difícil en ambientes comerciales competitivos.

Por ponerlo en perspectiva, dentro de cualquier aplicación basada en *Blockchain*, la cadena de bloques es solo una parte de un sistema más amplio, ya que los usuarios necesitan interfaces para interactuar con la tecnología. Una de las debilidades de TradeLens era que exigía que todos los integrantes de la cadena logística interactúen con ellos. Lo anterior pone de relieve la necesidad de contar con sistemas basados en la interoperabilidad y la cooperación entre competidores, en lugar de sistemas que tiendan a la centralización.

## 10. Proyecto Marco Polo

Más de setenta organizaciones, incluyendo algunas de las compañías más grandes de la lista Fortune 500<sup>31</sup> y las principales instituciones financieras mundiales, participaron en una prueba de la Plataforma Marco Polo para la Financiación del Comercio de Cuenta Abierta. Esta plataforma fue construida sobre una arquitectura completamente distribuida, lo que la convirtió en la prueba más grande en la Red Corda de R3 del año 2019. Compuesto por instituciones financieras y empresas de más de 25 países, abarcó cinco continentes, involucró a más de 340 participantes de múltiples sectores, incluyendo servicios financieros, TI y telecomunicaciones, logística, marítimo, inmobiliario, hostelería y algunos de los principales actores de la industria automotriz (Trade Finance Global, 2019).

Como parte de la colaboración, bancos y empresas trabajaron con la red de negocios Marco Polo con un enfoque en la solución de Financiación de cuentas por cobrar<sup>32</sup> (Trade Finance Global, 2019). Con un enfoque clave en aumentar la eficiencia en la financiación del comercio, la plataforma Marco Polo de

---

<sup>31</sup> Dentro de las empresas de la lista Fortune 500 que participaron del proyecto Marco Polo se encuentran, entre otras, las siguientes: Bank of America, BNP Paribas, ING Group, Sumitomo Mitsui Banking Corporation (SMBC), Standard Chartered, Daimler AG, Volkswagen Group, Panasonic, Hitachi, entre otras. Para más información véase: Ignatova, P. (2024, abril 13). Marco Polo Network successfully completes largest Blockchain Open Account Trade Finance Trial on R3's Corda platform. Trade Finance [en línea]. Global [www.tradefinanceglobal.com/posts/marco-polo-network-successfully-completes-largest-blockchain-open-account-trade-finance-trial-on-r3s-corda-platform](http://www.tradefinanceglobal.com/posts/marco-polo-network-successfully-completes-largest-blockchain-open-account-trade-finance-trial-on-r3s-corda-platform).

<sup>32</sup> La Financiación de Cuentas por Cobrar, también conocida como Factoring o Descuento de Cuentas por Cobrar, es una forma de compra que permite a las empresas optimizar su capital de trabajo, mitigar el riesgo de crédito y mejorar la liquidez.

*Blockchain* basada en la red Corda de R3, ha buscado superar los desafíos críticos de la financiación del comercio, incluyendo la falta de conectividad, los procesos ineficientes y los altos costos de incorporación. (Trade Finance Global, 2019). Sin embargo, a inicios del 2023 la red de financiación comercial se declaró insolvente debido a la incapacidad de adaptarse al mercado después de la pandemia del 2020 y escalar antes de que se agotara el capital invertido no pudiendo encontrar inversores sustitutos.

## **11. CADENA, una solución *blockchain* para compartir datos OEA entre administraciones aduaneras**

CADENA surgió como una prueba de concepto 2018, promovida, facilitada y financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) junto con varias administraciones aduaneras de la región latinoamericana (Chile, Colombia, Costa Rica, México y Perú). Su objetivo fue validar el uso de la tecnología *blockchain* para avanzar en el intercambio de datos transfronterizos.

Entre 2018 y 2020, se establecieron distintos grupos de trabajo que incluyeron en cada aduana a representantes de las áreas funcionales del programa OEA, representantes de las áreas de tecnología y sistemas, y en algunos casos de las áreas legales. Este grupo de funcionarios aduaneros participó activamente junto con un equipo del BID (formado también por especialistas de comercio y tecnología) y los equipos de las empresas proveedoras de tecnología que participaron en cada una de las fases del proyecto.

El sistema CADENA permite a las administraciones aduaneras firmantes de un Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) compartir el estado de sus certificaciones de OEA en tiempo real y con los más altos estándares de seguridad, trazabilidad y confidencialidad de los datos. Esto facilita que las aduanas otorguen beneficios a las empresas certificadas como OEA. Tan pronto como se aprueba la certificación OEA de una empresa, un funcionario de aduanas del país carga la información sobre dicha empresa en CADENA. La información se actualiza y está disponible para los funcionarios de aduanas de los países con acceso a los datos relacionados con este nuevo OEA. Otra posibilidad prevista es que CADENA se rellene automáticamente a través de API con datos procedentes de un módulo de certificación OEA de un sistema automatizado de gestión aduanera o de una VUCE. Cualquier cambio en el estatus del OEA también se notifica por la misma vía. La *Blockchain* es pública permissionada, se basa en componentes de código abierto y tiene a LACCHAIN como la infraestructura *blockchain* donde se implementa CADENA (la aplicación).

Dentro de los beneficios del proyecto se pueden rescatar la automatización punto a punto del intercambio de datos mediante la digitalización del estado del certificado OEA, la transparencia en los datos asociados e intercambiados, y la reducción potencial de tiempos y costos para los operadores comerciales, al garantizar que la aplicación de los beneficios tanto en origen como en destino, será automática desde el momento en que reciban la certificación OEA de las administraciones aduaneras firmantes de un ARM. En cuanto a los desafíos, los mismos han estado vinculados con la falta de escalabilidad (debido a la necesidad de acuerdos legales y coordinación entre países), las dificultades para establecer una gobernanza y un mantenimiento a largo plazo, y la preocupación por la privacidad de los datos de los usuarios<sup>33</sup>.

El proyecto CADENA, desarrollado por el BID y algunas aduanas latinoamericanas, promueve el uso de *Blockchain* para el intercambio seguro y en tiempo real de datos de certificación OEA entre administraciones aduaneras. CADENA funciona como una solución experimental con alto potencial, pero aún requiere superar las barreras enunciadas para consolidarse y expandirse plenamente en la región.

---

<sup>33</sup> Para más información, véase [en línea] <https://www.digitalizetrade.org/projects/cadena-Blockchainsolution-share-data-about-authorized-economic-operators-aeo-among-customs>.

### III. Desafíos para la adopción de la tecnología de cadenas de bloques

Así como los beneficios del uso de la tecnología de cadenas de bloques en la facilitación del comercio son importantes, los desafíos por delante, muchos de ellos evidenciados a lo largo de los casos relevados, no son menores a la hora de pensar la consolidación y expansión de la tecnología. En este capítulo, se analizan ocho desafíos cruciales.

#### A. Desafíos para los gobiernos

La implementación de tecnología de cadenas de bloque en el comercio internacional por parte de los gobiernos nacionales requiere de coordinación técnica, regulatoria y económica. Entre los principales desafíos técnicos están la incompatibilidad entre plataformas de *blockchain*, lo que dificulta la comunicación entre sistemas aduaneros y logísticos transfronterizos (BID INTAL, 2020). Existe una baja integración de la tecnología de *blockchain* con la infraestructura existente. Sólo el 30% de las ventanillas únicas aduaneras lograban conexión efectiva con sistemas de cadenas de bloques en ALC (CEPAL, 2021). La tecnología de cadenas de bloques posee limitantes como la escalabilidad de las transacciones, mientras que por ejemplo Ethereum tienen una capacidad de procesamiento de 30 transacciones por segundo (tx/seg) en comparación con las 24,000 tx/seg que se generan en el comercio global (BID INTAL, 2020).

Los marcos regulatorios fragmentados en los países generan vacíos legales que se manifiestan en la ausencia de legislación que regule las transacciones en plataformas de *Blockchain* internacionales. La naturaleza descentralizada de la tecnología de bloques dificulta determinar responsabilidades legales en nodos multinacionales (BBVA, 2017). La elevada inversión inicial requerida y el riesgo de monopolización ante pocos proveedores de la tecnología de las cadenas de bloque representa el mayor desafío económico. La implementación de la tecnología de bloques puede costar 3.2 veces más que un sistema tradicional (CEPAL, 2021).

Asimismo, la coordinación intergubernamental es fundamental para la facilitación del comercio y el intercambio de datos en la región. Los acuerdos comerciales robustos, permiten la adopción de plataformas de comercio exterior integrados como sucede en Centroamérica con la Plataforma Digital de Comercio Centroamericana (PDCC)<sup>34</sup> (SIECA, 2023) o en el Mercado Digital Regional (MDR) de la Alianza del Pacífico (AP)<sup>35</sup>.

Otro de los grandes desafíos para la utilización plena de la tecnología de cadenas de bloques es la necesidad de avanzar en el comercio sin papel. La Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP) evidenció como entre 2005-2008 y 2013-2016, el número de medidas relacionadas con el comercio sin papel en los Acuerdos Comerciales Regionales (ACR) se duplicó a nivel mundial, mostrando que la segunda década del siglo XXI fue una etapa ambiciosos en incorporar capítulos completos sobre comercio digital y comercio sin papel<sup>36</sup>. Los ACR más recientes contienen disposiciones más numerosas y más profundas que las del Acuerdo sobre Facilitación del Comercio de la OMC. En los últimos acuerdos regionales como Acuerdo Integral y Progresista de Asociación Transpacífica (CPTPP), el Regional Comprehensive Economic Partnership (RCEP) y Acuerdo de Asociación Digital (DEA) de Singapur con Chile y Nueva Zelanda, establecen obligaciones vinculantes en materia de certificados de origen electrónicos y reconocimiento mutuo de firmas digitales.

De acuerdo a la Encuesta Mundial de las Naciones Unidas sobre Facilitación del Comercio Digital y Sostenible<sup>37</sup> del año 2023 las medidas para el comercio transfronterizo sin papel siguen estando entre las iniciativas menos implementadas a nivel mundial y regional. La persistencia de este desafío puede atribuirse a la incapacidad de implementar unilateralmente dichas medidas de manera efectiva.

**Cuadro 5**  
**Trade Facilitation Score vinculados al comercio sin papeles en distintas regiones**  
(En porcentajes)

Región	Paperless Trade	Cross-Border Paperless Trade
Asia y el Pacífico (ESCAP)	67	42
Europa (ECE)	82	56
África (ECA)	58	34
América Latina y el Caribe (CEPAL)	71	48
Asia Occidental (ESCWA)	65	40

Fuente: Elaboración propia en base Regional Results of UN Global Survey <https://www.untfsurvey.org/region>.

Sin embargo, los países comienzan a tomar iniciativas en este sentido. Por ejemplo, durante la Semana *Blockchain* de Panamá 2025, celebrada entre el 22 y el 24 de abril, se destacó un firme llamado regional a fortalecer la inclusión digital y avanzar en marcos regulatorios claros para el uso de tecnologías emergentes como *blockchain* y criptoactivos en América Latina. En este contexto, se puso

<sup>34</sup> La PDCC es una iniciativa clave dentro de la Estrategia Centroamericana de Facilitación de Comercio y Competitividad (ECFCC), que busca mejorar la coordinación intergubernamental y facilitar el comercio en la región mediante la integración de sistemas nacionales de aduanas, migración, sanidad agropecuaria y ventanillas únicas de comercio exterior.

<sup>35</sup> El MDR se ha centrado en impulsar la economía digital del bloque regional, con el fin de generar nuevas fuentes de crecimiento y productividad. Esto implica identificar brechas en materia de emprendimiento, fomentar el comercio electrónico, impulsar la industria en el uso de nuevas tecnologías y generar un marco regulatorio favorable para la economía digital.

<sup>36</sup> Al respecto véase ESCAP (2016), Paperless Trade in Regional Trade Agreements, [en línea] <https://repository.unescap.org/items/f54889f5-3cd1-482d-a2a2-b083aabd1fba>.

<sup>37</sup> Véase <https://www.untfsurvey.org/region>.

en relieve la Ley de Cripto de Panamá, una normativa pionera que busca hacer al país compatible con la economía digital mediante la incorporación de tecnologías de libro mayor distribuido ("*distributed ledger technology*"/*blockchain*), la digitalización de la identidad y la transparencia gubernamental. El evento reunió a expertos, reguladores y actores del ecosistema tecnológico con el objetivo de impulsar una agenda común en torno a la transformación digital, la innovación financiera y la reducción de brechas tecnológicas en la región (El mundo, 2025).

## B. Desafíos en los procesos de negocios

Si bien *blockchain* comparte similitudes con otras bases de datos, es fundamental recordar que, desde la perspectiva del usuario, generalmente no hay interacción directa con el software subyacente. En consecuencia, los desafíos más significativos en la implementación de aplicaciones basadas en *blockchain* no suelen ser de índole técnica, sino que se derivan del diseño de la interfaz de usuario o de la necesidad de una reingeniería y optimización de los procesos de negocio existentes.

Una de las fortalezas de *Blockchain* radica en su capacidad para facilitar transacciones e intercambio de datos a través de fronteras organizacionales, geográficas y políticas. Esto resulta especialmente valioso cuando la confiabilidad de los datos y la facilidad de acceso incrementan el valor económico del intercambio, justificando la inversión en la tecnología. En esencia, el uso de la tecnología de *blockchain* se justifica cuando se requiere acceso en tiempo real a información inmutable sobre un "estado" (como certificaciones o credenciales), cuya modificación está restringida a partes autorizadas.

Los participantes en una aplicación *blockchain* a menudo se enfrentan a dos escenarios. Por un lado, la integración de sistemas heredados en los que se deben integrar datos creados, almacenados o utilizados por otras aplicaciones existentes. Por el otro, la conocida como automatización "virgen", para lo cual se deben transformar procesos manuales o en papel o crear procesos completamente nuevos en entornos digitales, con el esfuerzo adicional que esto implica. La integración de sistemas heredados es el escenario más usual y presenta el desafío de estandarizar los datos de diversos participantes en un formato común. Esto implica persuadir a las partes a adoptar estándares compartidos. La automatización "virgen", por otro lado, puede requerir cambios culturales profundos dentro de una organización.

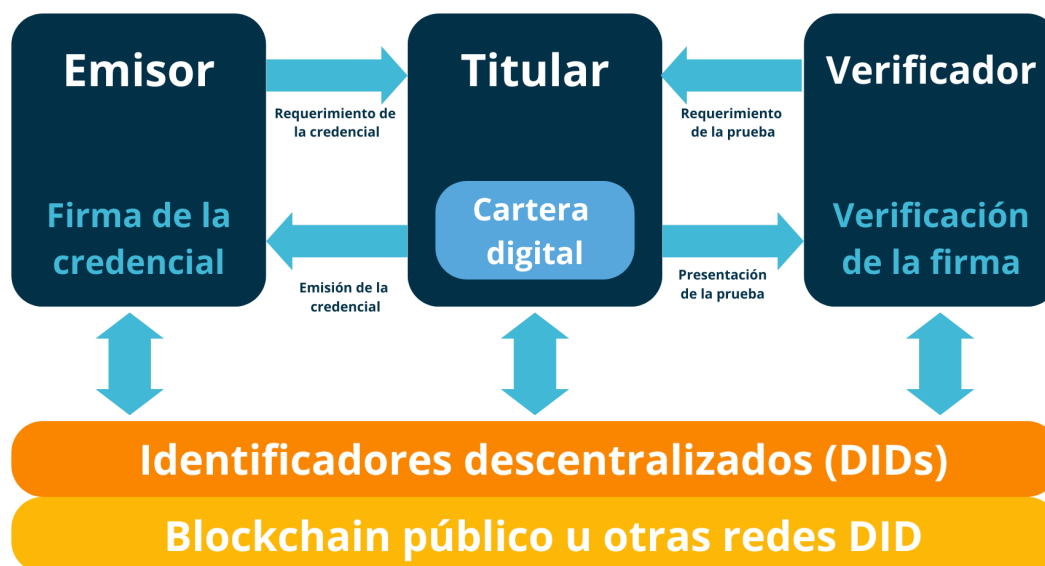
La inmutabilidad de los registros en *blockchain* es ideal para aplicaciones de verificación de datos, lo que puede fortalecer la confianza y reducir el fraude. Esto funciona bien en sistemas autónomos donde los datos se registran directamente en la cadena de bloques, como lecturas de temperatura de dispositivos IoT o identificaciones de envío. Sin embargo, la verificación de documentos y credenciales utilizados en el comercio, como identificaciones de empresas, certificados de inspección y documentos de aduana, a menudo requiere la intervención de la entidad emisora o de terceros. Descrito anteriormente, las credenciales verificables (VC), implementadas utilizando el estándar W3C<sup>38</sup>, pueden ser una solución viable, y *blockchain* es una opción tecnológica adecuada para ello.

Las funciones y los flujos de información en una VC basado el estándar W3C y el posible role de la tecnología *blockchain* están ilustrados aquí.

---

<sup>38</sup> Los estándares W3C son protocolos y directrices técnicas que rigen la World Wide Web (WWW). El W3C (World Wide Web Consortium) es una organización internacional que los crea. Estos estándares tienen como objetivo mejorar la web, garantizar la calidad técnica y compatibilidad, asegurar el crecimiento a largo plazo de la web, y hacer que la web sea accesible, universal y única. Algunos ejemplos de estándares W3C son: HTML, CSS, XML, TTML, que permite crear subtítulos y descripciones de contenido multimedia. Los estándares W3C son fundamentales para mantener una web abierta, accesible y en constante evolución.

Diagrama 7  
Arquitectura de la identidad autogestionada



Fuente: <https://www.espublicogestiona.com/es/blog/presente-y-futuro-de-la-identidad-digital/>.

La implementación de VC enfrenta varios desafíos:

- Identidades digitales seguras: el titular, el emisor (del VC) y la parte que solicita la verificación deben tener identidades digitales criptográficamente seguras (Identificadores Distribuidos o DID).
- Emisión de DID: se necesita una entidad confiable, a menudo una agencia gubernamental, para emitir los DID.
- Estándares DID<sup>39</sup>: la elección del estándar DID y la posible existencia de variaciones.
- Almacenamiento de DID: se requiere una base de datos segura y de acceso público, con alta disponibilidad, para almacenar y consultar los DID (que puede ser una cadena de bloques).
- Autorización de emisores de los VCs: una entidad confiable debe autorizar a los titulares de los DIDs que emitan credenciales. Por ejemplo, un laboratorio de pruebas de productos puede necesitar la autorización de un organismo gubernamental para emitir los VCs para los resultados de sus pruebas.

<sup>39</sup> Los estándares DID significa *Decentralized Identifier* (Identificador Descentralizado). Es una forma de identificar personas, organizaciones, dispositivos u otras entidades en entornos digitales, especialmente dentro de redes *blockchain* o sistemas descentralizados. A diferencia de los identificadores tradicionales (como correos electrónicos, números de documento o nombres de usuario), los DIDs no dependen de una autoridad central (por ejemplo, Google o el Estado), sino que son auto-soberanos: la persona u organización los controla directamente. Existen múltiples estándares o métodos DID que definen: cómo se generan los DIDs, cómo se resuelven (es decir, cómo se obtiene la información asociada al DID, como claves públicas o metadatos), o qué sistemas los soportan (Ethereum, Hyperledger, ION, etc.). Por eso, cuando se habla de la "elección del estándar DID", se refiere a decidir cuál método o especificación adoptar, según necesidades técnicas, de gobernanza, compatibilidad y seguridad.

- Reconocimiento mutuo e interoperabilidad: cómo lograr el reconocimiento mutuo de credenciales verificables emitidas por diferentes entidades y la interoperabilidad entre *blockchains* que almacenan DID y VCs.
- Acceso a la cadena de bloques: todos los titulares, emisores y verificadores necesitan un acceso a los *blockchains* relevantes para crear, guardar (en una cartera digital) o leer (para verificar) los VCs.

Los desafíos enumerados se mitigan en comunidades cerradas con credenciales y verificadores bien definidos. Sin embargo, el comercio requiere soluciones más amplias debido a la diversidad de credenciales y partes interesadas. Es posible establecer sistemas de verificación basados en *blockchain* sin utilizar DID y VC, pero tales soluciones solo funcionarían dentro de un círculo limitado de usuarios que hubieran acordado utilizar los mismos datos no estandarizados, y serían menos seguras debido a la dificultad de establecer mecanismos para verificar las identidades de titulares y las identidades y autoridad de las partes que garantizan la veracidad de los datos.

Cuando implementados VCs, la falta de automatización puede llevar a procesos semestrales propensos a errores humanos. El requisito de acceso a datos e inversión por parte de los socios puede ser un obstáculo significativo para la adopción de *blockchain* en procesos comerciales.

Muchas aplicaciones interorganizacionales se benefician de las economías de escala y, en algunos casos, las necesitan para ser funcionales. La participación en procesos interorganizacionales implica cooperación y la voluntad de compartir información de manera oportuna. Cuando los socios comerciales son competidores, la cooperación depende de la neutralidad del sistema. Lograr esta neutralidad puede requerir modificaciones en el diseño de la aplicación, como permitir a los participantes controlar la divulgación de sus datos y proteger información confidencial mediante pruebas de conocimiento cero (ZKP). La neutralidad también es un factor importante en sistemas privados autorizados basados en *Blockchain*, donde el control exclusivo de la infraestructura y las aplicaciones por parte de una sola organización puede generar desconfianza y estimular la competencia. En el comercio, la cooperación no se limita al sector privado. Es común encontrar resistencia a la cooperación entre agencias gubernamentales, como las administraciones de aduanas y las agencias de control fronterizo.

En sectores con muchos actores pequeños, los costos y el acceso técnico pueden ser obstáculos para la adopción de *blockchain*. Lograr que la infraestructura sea accesible a un costo asequible para las pequeñas y medianas empresas puede ser un desafío. Los subsidios públicos pueden ser una solución, pero suelen ser limitados. Por lo tanto, es crucial analizar cuidadosamente los precios y los costos subyacentes al evaluar la viabilidad financiera de una cadena de bloques.

La capacidad de *blockchain* para rastrear recursos y transacciones entre múltiples partes y eventos la torna una herramienta ideal para aplicaciones de trazabilidad. A diferencia de las cadenas de suministro tradicionales, donde la información se limita al proveedor inmediato, *blockchain* tiene el potencial de revelar la historia completa de un producto. La trazabilidad se puede implementar rastreando los componentes de un producto final hasta su origen o siguiendo un producto básico a través de su transformación. Las cadenas de suministro más cortas, como las de alimentos frescos y vino, son más fáciles de rastrear. Además, las grandes cadenas minoristas a menudo impulsan la adopción de sistemas de trazabilidad al exigir a sus proveedores que cumplan con estándares comunes. El rastreo de productos procesados o manufacturados como prendas de vestir, es más complejo debido a la mayor cantidad de proveedores involucrados, algunos de los cuales pueden cambiar con frecuencia. Es importante considerar cómo recopilar datos precisos de todos los socios a lo largo de la cadena de suministro.

Gran parte de la información necesaria para la trazabilidad se puede obtener de documentos existentes, como facturas, listas de empaque y conocimientos de embarque. Sin embargo, muchos de

estos documentos todavía se intercambian en papel, e incluso cuando se utilizan formatos electrónicos, es necesario identificar a los proveedores y obtener su cooperación. El intercambio de información de proveedores puede ser delicado debido a preocupaciones y sensibilidades sobre la confidencialidad y la competencia. Para abordar estos problemas, se pueden utilizar soluciones que protejan los datos en la cadena de bloques o que permitan el uso de documentos en papel con códigos QR que contengan la información relevante. Sin embargo, estas soluciones requieren la cooperación e inversión de todos los socios de la cadena de suministro. Las credenciales verificadas registradas en códigos QR pueden mitigar parcialmente la falta de participación de algunos socios, pero pueden crear "agujeros negros" en la cadena de datos. En última instancia, la implementación de estándares para datos de productos y transporte es esencial para garantizar la interoperabilidad y evitar que las empresas tengan que mantener múltiples sistemas de datos.

## C. Recursos humanos

El manejo de la tecnología *blockchain* forma parte de los nuevos conocimientos digitales necesarios para el aumento de la productividad en sectores estratégicos como la producción, la logística o la gestión institucional (Basco & Levena, 2021), lo que representa una transformación profunda en los modelos operativos tradicionales. Esta transición, sin embargo, no puede abordarse únicamente desde una perspectiva meramente técnica. Requiere una combinación integral de capacidades humanas, conocimientos técnicos especializados, competencias legales y de gestión, y un firme compromiso con el trabajo en equipos multidisciplinarios y con perspectiva de género. A continuación, se identifican los principales desafíos y las capacidades necesarias para superarlos:

- Perfiles especializados y brecha territorial: uno de los obstáculos centrales es la limitada disponibilidad de profesionales con conocimientos específicos en *blockchain* empresarial (como Hyperledger Fabric, Corda o Ethereum) (Cepal, 2021; Paltron, 2024), programación en lenguajes como Solidity, Go, Java o Rust, y experiencia en la integración de estas tecnologías con sistemas existentes (ERP, plataformas aduanas, VUCE). En regiones fuera de los grandes polos tecnológicos existe una escasez relativa, afectando especialmente a países en desarrollo y zonas rurales, donde además suelen persistir brechas de género en el acceso a carreras en ciencias de las tecnologías.
- Adaptabilidad, innovación y resistencia al cambio: *blockchain* transforma la lógica tradicional de gestión de información, introduciendo conceptos como inmutabilidad, descentralización y trazabilidad. Por ello, es fundamental contar con equipos humanos dispuestos a innovar, asumir nuevos roles y trabajar en redes distribuidas (Jain & Singh, 2025). Esto requiere no solo habilidades técnicas, sino también una fuerte cultura de colaboración, empatía, y compromiso con la mejora continua. En este punto, es vital asegurar la participación equitativa de mujeres y diversidades, promoviendo su inclusión activa en todos los niveles del proceso (Forbes, 2025).
- Comprensión de los aspectos legales: cada vez se vuelve más necesario el dominio de los marcos legales nacionales e internacionales, desde la firma digital e identidad soberana hasta el diseño de contratos legales electrónicos y la gobernanza jurídica de redes permitidas (Zafar, 2024). La articulación eficaz entre esta dimensión con los aspectos tecnológicos y operativos es fundamental para agilizar los aspectos regulatorios y evitar cuellos de botella en la adopción de la tecnología.
- Capacidades de gestión, comunicación y liderazgo: la transformación digital basada en *blockchain* debe estar acompañada por buenas prácticas de gobernanza, gestión de proyectos, y evaluación continua. Asimismo, se necesitan liderazgos capaces de explicar tecnologías complejas en términos comprensibles para distintos públicos, particularmente

actores del sector público, tomadores de decisión o usuarios finales (Haq, Dan Shahzad, 2025). Las habilidades de comunicación estratégica, negociación y articulación de alianzas público-privadas son clave para generar entornos colaborativos y sostenibles en el marco de la aplicación de *blockchain*.

- Conocimiento en comercio y logística internacional: la integración de *blockchain* en el comercio internacional requiere conocimiento técnico sobre aduanas, sanidad, certificaciones e inspección, así como de protocolos de riesgo, seguros de carga, el sistema OEA y VUCE (Adeoye, et. al., 2025). En logística, es crucial combinar *blockchain* con tecnologías como IoT y GPS, comprendiendo eventos críticos como embarque, tránsito y despacho.

Por último, un desafío adicional es la necesidad de avanzar hacia procesos de transformación digital incluyentes que aseguren el acceso de las mujeres a las nuevas tecnologías —como *blockchain*— y que potencien sus habilidades para utilizarlas y apropiarse de ellas, con el objetivo de revertir las desigualdades en los distintos ámbitos de la vida de hombres y mujeres y entre mujeres de distintos territorios, estratos socioeconómicos, lugares de origen, ascendencia étnico racial, entre otras (Bercovich & Munoz, 2022).

Algunas entidades del sector privado y gubernamentales han apoyado el desarrollo de profesionales TI con conocimiento de la tecnología, mediante el fomento de la inclusión de temas relacionados con *blockchain* en el plan de estudios universitario y el patrocinio de “hackatones *blockchain*” centrados en posibles aplicaciones de gobierno electrónico. Estos hackathons<sup>40</sup>, aunque tal vez no resulten en “aplicaciones reales”, brindan incentivos para aprender sobre la tecnología, así como para elevar su perfil y el de las escuelas y los estudiantes y profesionales de TI que participan.

Por ejemplo, El *blockchain* Río Hackathon 2024<sup>41</sup> fue una competencia de innovación abierta organizada por *Blockchain.RIO* y alojada en la plataforma TAIKAI, que tuvo lugar del 1 al 25 de julio de 2024 en Rio de Janeiro, Brasil. Este evento híbrido, con participación tanto en línea como presencial, reunió a más de 200 participantes de diversos perfiles, tales como desarrolladores, diseñadores, emprendedores y entusiastas de la tecnología, para crear soluciones basadas en *blockchain* con impacto social, educativo y financiero. Los participantes formaron equipos de 2 a 5 personas y contaron con talleres y sesiones de mentoría para desarrollar sus proyectos desde cero. Los desafíos se centraron en áreas como DeFi, NFTs, metaverso y educación, con el respaldo de patrocinadores como Chainlink, XRP Ledger y LACChain, que ofrecieron premios por un total de \$21.000 USD. Los proyectos fueron evaluados por jurados de los patrocinadores, y los ganadores se anunciaron el 25 de julio de 2024 (TAIKAI, 2024).

Como también el Hackathon 2024 de la Universidad de Morón, de la Argentina, que fue un evento educativo y tecnológico que reunió a más de mil estudiantes de todos los niveles, desde inicial hasta universitario, para presentar proyectos en áreas como programación, robótica y tecnología. Organizado por la Escuela Superior de Ingeniería, Informática y Ciencias Agroalimentarias junto con la Jefatura Distrital de Morón, el encuentro se llevó a cabo el 12 de septiembre de 2024 en la sede central de la universidad, en la localidad de Morón, Provincia de Buenos Aires, coincidiendo con el Día Mundial del Programador. El evento promovió la colaboración interdisciplinaria y el desarrollo de habilidades del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la creatividad y la ciudadanía digital responsable. Además, se enfocó en la innovación educativa mediante metodologías participativas y horizontales, enriqueciendo el proceso de aprendizaje de los participantes (Universidad de Morón, 2024).

---

<sup>40</sup> Un “hackathon” es un encuentro de programadores en el que se busca, a través de su trabajo colaborativo, dar una respuesta a un reto o problema técnico de una organización en tiempo récord.

<sup>41</sup> Para más información véase [en línea]: <https://taikai.network/es/blockchainrio/hackathons/blockchainriohack24/timeline>.

## D. Cuestiones de infraestructura física y equipamiento

Como se señaló en el primer capítulo, la infraestructura física deficiente es un obstáculo común en países de ingresos bajos y medios, especialmente en áreas alejadas de los centros económicos principales. Sin embargo, también puede ser un problema en zonas rurales de países con altos ingresos. Los problemas de infraestructura más comunes que dificultan la implementación de la tecnología *blockchain* son:

- conectividad a internet limitada o deficiente,
- costos de acceso a internet elevados en comparación con los ingresos,
- suministro eléctrico no confiable,
- acceso limitado o nulo a equipos asequibles necesarios para la implementación, como computadoras, equipos para etiquetar productos, lectores de códigos de barras y lectores RFID, y
- falta de servicios de reparación o mantenimiento de equipos, así como de repuestos.

Si bien es necesario un abordaje integral para solucionar los gaps en infraestructura, se pueden mitigar estos desafíos a través de las siguientes propuestas:

- i) Recopilación de datos sin conexión (cuando hay problemas con la internet y la electricidad): esta opción implica recopilar datos en un dispositivo sin conexión a Internet y luego conectarlo y cargarlos periódicamente cuando haya electricidad y conexión a internet disponible. Al minimizar el tiempo de conexión, también se reducen los costos. Sin embargo, este enfoque deja los datos vulnerables a la manipulación hasta que se registran en la cadena de bloques, lo que requiere implementar medidas de protección adicionales.
- ii) Uso de intermediarios para la digitalización (cuando hay problemas con la internet, la electricidad y no hay acceso a los equipos adecuados): aunque el uso de terceros aumenta la posibilidad de errores o fraudes y, por lo tanto, debe evitarse, a veces es inevitable. Un ejemplo es la recopilación de datos sobre la identidad de los productores y la calidad de una cosecha agrícola por parte de una cooperativa en una aplicación de trazabilidad de productos *Blockchain*. El uso de una cooperativa u otro intermediario confiable permite distribuir el costo del equipo entre un mayor número de usuarios.
- iii) Impulso y apoyo al desarrollo de PYMEs y personal capacitado para mantenimiento y reparación: el fortalecimiento del ecosistema de pequeñas y medianas empresas vinculadas al mantenimiento y reparación de tecnologías es clave para garantizar la sostenibilidad de la transformación digital en sectores productivos y logísticos. Apoyar la creación y consolidación de pymes tecnológicas no solo promueve la generación de empleo local, sino que también reduce la dependencia de servicios importados, acorta tiempos de respuesta ante fallas y mejora la resiliencia operativa. Este impulso debe ir acompañado de programas de formación técnica y certificación para el personal, orientados a las nuevas demandas del mercado como el mantenimiento de dispositivos IoT, sensores inteligentes y redes de datos industriales.
- iv) Revisión de aranceles y otras limitaciones a la importación de equipos y repuestos de TI, IoT y sensores: para fomentar la adopción de tecnologías emergentes y su integración eficiente en los procesos productivos, resulta fundamental revisar y, en su caso, reducir o eliminar aranceles y barreras no arancelarias que encarecen o dificultan la importación de equipos tecnológicos clave. Esto incluye hardware para IoT, sensores industriales, componentes de redes, servidores y repuestos especializados. Una política arancelaria favorable puede facilitar el acceso a tecnología de punta, estimular la inversión en modernización y fortalecer

la competitividad regional, especialmente en sectores donde la automatización y la trazabilidad digital son cada vez más demandadas.

## E. Acceso a recursos financieros

El acceso a financiamiento constituye uno de los principales desafíos para los importadores y exportadores, especialmente para las MIPYMES en América Latina. Existe una relación directa entre la disponibilidad de crédito y la capacidad de estas empresas para ampliar sus mercados y participar en el comercio internacional. La falta de acceso a recursos financieros no solo limita su competitividad, sino que también restringe su capacidad de expansión y diversificación.

Una causa fundamental detrás del limitado acceso al financiamiento es la percepción del alto riesgo asociado a las MIPYMEs por parte de las instituciones financieras. Los bancos enfrentan costos elevados para cumplir con regulaciones relacionadas con el lavado de dinero y el conocimiento del cliente, lo que desincentiva el otorgamiento de créditos a pequeñas empresas. Además, la oferta bancaria para financiar operaciones comerciales se ha reducido significativamente en algunos países de la región debido al fenómeno conocido como *derisking*, donde los bancos internacionales limitan sus operaciones en mercados percibidos como riesgosos<sup>42</sup>.

La digitalización ofrece una oportunidad fundamental para reducir los costos del financiamiento comercial y ampliar el acceso al crédito. Tecnologías como *blockchain* e inteligencia artificial han demostrado ser especialmente útiles al permitir la automatización de procesos regulatorios mediante el uso de datos descentralizados e inalterables. Esto no solo disminuye los costos administrativos vinculados al otorgamiento y procesamiento de créditos comerciales, sino que también facilita transacciones más seguras, por ejemplo, a través de contratos inteligentes.

Motivo por el cual, se comienza a considerar que las infraestructuras digitales interoperables y abiertas, como las basadas en tecnologías *blockchain* para comercio transfronterizo, tienen características de bienes públicos regionales o globales. Benefician a múltiples países y actores privados, requieren cooperación multilateral y sus beneficios son no excluibles y no rivales (por ejemplo, una plataforma de certificados de origen electrónicos basada en *blockchain*). Organismos multilaterales de créditos como el BID y el Banco Mundial, entre otros, han financiado y promovido proyectos de *Blockchain* para la facilitación del comercio.

## F. Aspectos legales y administrativos

En el actual contexto descrito en la primera sección, los desafíos legales y administrativos, más relevantes suelen girar en torno a varios aspectos clave. A saber:

- Reconocimiento transfronterizo de firmas y documentos electrónicos: este problema no es exclusivo de la tecnología *blockchain*, pero es crucial para un "comercio sin papel". La tecnología *blockchain* ofrece nuevas opciones a los legisladores, como identificaciones distribuidas y VC, que pueden usarse para documentos electrónicos "notariados". Sin embargo, seguirán siendo necesarios acuerdos internacionales sobre reconocimiento mutuo para su implementación efectiva. Similar a lo regulado por la Convención de La Haya del 5 de octubre del año 1961, que establece la Apostilla<sup>43</sup>.
- Privacidad de datos: aunque la privacidad no es una cuestión exclusiva de *blockchain*, la inmutabilidad de los registros y el acceso abierto en cadenas públicas requieren medidas

<sup>42</sup> Para más información, véase [en línea] <https://idbinvest.org/tffp/es/>.

<sup>43</sup> La apostilla es un sello que certifica la autenticidad de la firma, el carácter con que actuó el firmante y, si corresponde, el sello del documento.

específicas. Estas pueden incluir el almacenamiento de datos confidenciales fuera de la cadena, el uso de contraseñas seguras y verificación de identidad, codificación de datos y revisión de la legislación vigente.

- Normas sobre el intercambio y almacenamiento de datos: las barreras regulatorias y legislativas al intercambio de datos entre agencias gubernamentales pueden dificultar la implementación de *blockchain*. Por ejemplo, una agencia de inspección podría tener prohibido comunicar resultados de pruebas directamente a las aduanas, lo que obstaculiza la creación de sistemas con una "única fuente de verdad". Además, estas normas pueden interferir con la cooperación transfronteriza, ya que algunos países prohíben compartir información con entidades extranjeras.
- Regulaciones gubernamentales sobre el almacenamiento de datos en territorios nacionales: esta cuestión también plantea desafíos complejos cuando se trata de bases de datos distribuidas con nodos en todo el mundo y el uso de la nube.

En este contexto, resulta evidente que el aprovechamiento pleno de tecnologías como *blockchain* en el comercio internacional requiere no solo de innovación tecnológica, sino también requiere una actualización normativa y coordinación jurídica multilateral. Superar los desafíos legales y administrativos mencionados implica avanzar hacia marcos regulatorios armonizados, flexibles y adaptativos, que contemplen tanto la protección de derechos como la viabilidad técnica de las nuevas soluciones digitales. La cooperación internacional resulta clave para garantizar la interoperabilidad jurídica, el reconocimiento mutuo de documentos electrónicos y la adecuada gestión transfronteriza de datos, elementos esenciales para construir un ecosistema comercial verdaderamente digital, seguro y eficiente.

## G. Digitalización, automatización y recopilación de datos en *blockchain*

Muchas de las cuestiones relacionadas con la digitalización y la automatización están intrínsecamente ligadas a los procesos de negocio y a las consideraciones de infraestructura física y equipamiento a las que ya nos hemos referido. Además de estas consideraciones, la automatización mediante la tecnología *blockchain* exige una mayor atención a la recopilación de datos, al conjunto de datos que se comparten o intercambian y a la estandarización del formato de los datos.

Para ello, es fundamental identificar métodos de recopilación de datos que minimicen los errores, teniendo en cuenta las habilidades y conocimientos de los participantes, así como los eventos imprevistos que pueden ocurrir en las cadenas de suministro. El primer paso es analizar cuidadosamente los procesos de negocio (*business process analysis*) para identificar los puntos de generación de datos y los métodos de recopilación más fiables.

Después de mapear los procesos e identificar los puntos de creación de datos, es muy recomendable recorrer físicamente el proceso de negocio mientras se lleva a cabo y contrastar la información documentada con los actores involucrados. Sin esta revisión en terreno, es fácil pasar por alto detalles pequeños, pero importantes. Por ejemplo, se pueden proponer la entrega a los conductores de camiones de una lista de empaque impresa y una factura con códigos QR generados por computadora a partir de los datos escaneados de etiquetas RFID<sup>44</sup>. Sin embargo, al dialogar con los conductores, se pueden descubrir problemas como la falta o el daño de las etiquetas RFID en algunos palés o la necesidad de corregir manualmente la información de la carga en entornos sin impresoras disponibles, etc.

---

<sup>44</sup> Las etiquetas RFID (*Radio Frequency Identification*) son etiquetas inteligentes que utilizan radiofrecuencia para identificar y rastrear objetos. Son como pequeñas tarjetas autoadhesivas que contienen un microchip y una antena que, cuando están en el campo de radio de un lector, transmiten información sobre el objeto al que están adheridas.

En el pasado, bastaba con escribir una nota a lápiz en la lista de empaque o realizar una llamada telefónica rápida para solucionar estos inconvenientes. Sin embargo, en un sistema automatizado, estas soluciones ya no son viables. ¿Se le proporciona al conductor una aplicación móvil para informar discrepancias o se requiere la intervención de un intermediario? ¿Es necesario generar un nuevo documento con un nuevo código QR para el conductor? Este tipo de preguntas deben ser formuladas, respondidas y probadas exhaustivamente para garantizar el impacto de cualquier proyecto de automatización, especialmente aquellos basados en la tecnología *blockchain*.

## H. Desafíos tecnológicos de la cadena de bloques

Además de los desafíos analizados, es importante destacar el relacionado directamente con los aspectos tecnológicos, entre los cuales se encuentran, por ejemplo, la interoperabilidad entre cadenas de bloques y el uso de estándares de datos; las necesidades de almacenamiento de datos; privacidad y confidencialidad de estos; la complejidad técnica; la complejidad de la red y la responsabilidad. Resulta necesario analizar cada uno de ellos con mayor detalle:

### a) Interoperabilidad entre cadenas de bloques y estándares de dato

La interoperabilidad y los estándares de datos están estrechamente relacionados. Una vez que los datos son transferidos a través de redes o aplicaciones (lo que se conoce como interoperabilidad técnica), el siguiente paso es interpretar esos datos usando los estándares definidos. Este paso es crucial, ya que los datos que no pueden ser interpretados no tienen valor. A medida que aumenta la cantidad y la diversidad de datos que deben compartirse entre diferentes organizaciones, la importancia de estos dos factores crece. Así, situaciones complejas como los sistemas portuarios comunitarios, las redes bancarias y las plataformas de comercio electrónico enfrentan mayores necesidades de interoperabilidad<sup>45</sup>.

Existe la necesidad de que las aplicaciones (sean *Blockchain* o no) sepan con quién van a comunicarse, y si no es una aplicación abierta, pueden verificar su identidad (por ejemplo, utilizando credenciales virtuales, firmas digitales, etc.) y, cuando la seguridad lo requiere, verificar su derecho a participar en las comunicaciones. Además, dado que el «mundo» de la cadena de bloques no tiene una interoperabilidad extendida como Internet, todos los participantes deben estar registrados en la misma cadena de bloques que utiliza la aplicación o deben poder comunicarse con esta cadena de bloques mediante una API.

Entonces, en el caso de aplicaciones de actores mencionadas anteriormente, el asunto de estándares es crítico para sus socios ya que el propietario de la aplicación puede dictar cuáles estándares de datos (formatos y definiciones) son los que se utilizarán y cómo se realizarán las comunicaciones con su API. Esto es necesario para el funcionamiento de la aplicación, pero puede dar lugar a complicaciones por los socios. Esto se debe a que, para cada una de las plataformas con las que tienen que comunicarse, tengan que programar interfaces API, y, para conformar con diferentes estándares, tengan que incluir con frecuencia "traducción de datos" en su código.

Un resultado adicional es que las cadenas de bloques no pueden interactuar de forma ad hoc, como se puede hacer, por ejemplo, en Internet utilizando HTML. Al mismo tiempo, incluso HTML sólo estandariza el formato y no el contenido (es decir, dos socios podrían tener definiciones completamente diferentes para el contenido de los datos intercambiados (por ejemplo, "peso" para un socio podría

---

<sup>45</sup> Para resolver estos desafíos, se utilizan comúnmente las interfaces de programación de aplicaciones (API), que son pequeños programas que permiten el intercambio de datos entre sistemas, además de poder reformatear o incluso reinterpretar los datos. Sin embargo, los estándares para las API son relativamente nuevos y su implementación aún es limitada. Esto implica que, incluso cuando se usan estándares, generalmente se requiere programación personalizada para conectar con una API, lo que puede disuadir a las empresas de participar en múltiples redes, especialmente si el esfuerzo requerido para cada conexión es significativo.

significar "peso bruto" y para otro, "peso neto—menos embalaje"). Por lo tanto, en ambos casos (HTML y *Blockchain*), las aplicaciones comerciales aún requieren acuerdos sobre las definiciones de datos.

Por consiguiente, el uso de estándares internacionales compartidas en todo un sector y entre distintos sectores es un elemento clave para determinar la rentabilidad y la viabilidad de las soluciones de facilitación del comercio basadas en las tecnologías de la información.

Una variedad de asociaciones y organizaciones internacionales desarrollan estándares para los datos utilizados en el comercio. Algunas de estas normas son limitadas, por ejemplo, las normas para códigos de barras de productos, algunas cubren sólo industrias específicas como la aeronáutica, los seguros o la banca, mientras que otras cubren una gama mucho más amplia, como la Biblioteca de Componentes Básicos del CEFAC/ONU<sup>46</sup> y sus subconjuntos, como los modelos de datos de referencia de la cadena de suministro y el transporte multimodal.

El problema con estas soluciones es la abundancia relativa y la falta de consenso internacional por parte de los usuarios sobre cuáles son las mejores para implementar. Otra área de estándares crítica para el comercio, como se mencionó anteriormente, es la cuestión de los estándares acordados internacionalmente (implementaciones mutuamente reconocidas) para DIDs y, en menor medida, VCs, donde el estándar W3C es ampliamente aceptado, usado.

#### **b) Almacenamiento de datos y consideraciones a largo plazo**

El almacenamiento de datos y las consideraciones de datos a largo plazo están vinculados a los mecanismos de consenso y gobernanza de una red *Blockchain*. Algunas redes requieren que cada nodo almacena todas las transacciones y datos pasados y futuros, lo que puede dar lugar a requisitos de almacenamiento de datos muy grandes, lo que aumenta los gastos a pesar de que la tecnología ha hecho que esto sea mucho más asequible (y posible) que en el pasado. Otras redes permiten o están discutiendo la colocación de partes más antiguas de una cadena de bloques en lo que podría llamarse una especie de "archivo inactivo" con múltiples copias, pero que no se pediría a todos los nodos que conservaran. Otros permiten lo que se llama "fragmentación", que permite "dividir" partes de una "base de datos" de la cadena de bloques y crea nodos con responsabilidades diferenciadas para la verificación de la cadena de bloques (es decir, algunos nodos verifican y almacenan todo, otros sólo partes específicas, etc.).

Por lo tanto, al seleccionar qué red o tecnología *blockchain* usar, es importante modelar los requisitos de almacenamiento, ya que se espera que evolucionen durante al menos un período de 2 a 5 años, y compararlos con las capacidades de almacenamiento que se espera que tengan los nodos participantes. Las consideraciones de datos a largo plazo están relacionadas en su mayor parte con el almacenamiento de datos y cómo lo gestiona una red *blockchain*. Cuando hay fragmentación, es importante que una organización se asegure de mantener la capacidad técnica para acceder a datos pasados, ya que puede ser importante por razones legales, y en algunos casos fiscales, garantizar que los datos permanezcan disponibles durante más de diez años a un período de 15 años.

#### **c) Privacidad y confidencialidad de los datos**

La privacidad y confidencialidad de los datos son temas cruciales tanto desde el punto de vista legal como tecnológico. Aunque el contexto legal en torno a la protección de la información ha sido abordado previamente, es importante destacar el aspecto tecnológico que las empresas deben considerar. En muchas industrias, las empresas adoptan políticas de privacidad más estrictas que las que exigen los marcos regulatorios, motivadas principalmente por razones competitivas. Por ejemplo,

---

<sup>46</sup> Para más información, véase [en línea] <https://unece.org/trade/uncefact>.

las empresas pueden tener reservas sobre compartir ciertos datos comerciales, como la identidad de sus proveedores, debido al temor de que la competencia pueda aprovechar esta información para ganar ventaja<sup>47</sup>. Esta situación es especialmente relevante en sectores donde las relaciones comerciales y los acuerdos de suministro son elementos diferenciadores claves, y las empresas temen que su competencia intente "robar" a sus proveedores para obtener mejores precios o condiciones de calidad. Este tipo de preocupaciones aumenta la necesidad de proteger no solo la información personal o sensible, sino también las estrategias comerciales subyacentes.

Para abordar estos desafíos sin comprometer la seguridad ni la competitividad, se pueden implementar técnicas avanzadas de criptografía como las pruebas de conocimiento cero (ZKP, por sus siglas en inglés), que permiten verificar ciertas características o condiciones de un dato sin revelar detalles específicos. Por ejemplo, a través de una prueba de conocimiento cero, un fabricante podría demostrar que cumple con los requisitos de calidad o de certificación necesarios para la comercialización de un producto, sin revelar su identidad o la identidad de sus proveedores. Además, las técnicas de almacenamiento de datos descentralizado y seguro también juegan un papel crucial. Los datos pueden ser almacenados en sistemas donde su acceso y modificación están protegidos por criptografía avanzada, lo que asegura que la información sensible no pueda ser manipulada o expuesta indebidamente. Sin embargo, para que estas tecnologías sean efectivas, deben ser consideradas desde las primeras etapas del diseño de la aplicación o sistema. Planificar y construir una infraestructura que implementa esta solución desde el principio, puede evitar posibles vulnerabilidades en la protección de datos y garantizar que la confidencialidad de las relaciones comerciales clave se mantenga intacta a lo largo del tiempo.

#### d) Complejidad técnica

La complejidad técnica se crea por la necesidad de tener muchos nodos, es decir, "titulares de la base de datos" para confirmar que los registros históricos son idénticos y válidos. Como resultado, las cadenas de bloques necesitan un amplio conjunto de participantes que tengan una copia de la base de datos que se actualice en tiempo real, se ocupe constantemente de lograr más espacio en los discos duros locales y requiera más recursos para gestión del almacenamiento de datos y probablemente su posterior soporte y mantenimiento.

Esto requiere desarrollar y aclarar hasta qué punto los miembros tienen la capacidad de convertirse en nodos y cómo dar lugar a las partes interesadas que no pueden hacerlo. Para las partes interesadas que no pueden convertirse en nodos, así como para los usuarios de sistemas en organizaciones que sí ejecutan nodos, existe la necesidad de simplificar las interfaces tecnológicas para el registro y recuperación de datos. Este esfuerzo puede, potencialmente, poner en peligro los beneficios de la descentralización y, por lo tanto, debe gestionarse con cuidado. Para satisfacer esta necesidad, las organizaciones pueden desarrollar su propio software o subcontratar interfaces *blockchain* de una organización de terceros, tanto utilizando API para interactuar con un *blockchain* como para realizar funciones como análisis y organización de procesos de trabajo. El resultado final puede ser entregar la "descentralización" a una parte (centralizada) que proporciona o ejecuta la

---

<sup>47</sup> Por ejemplo, en el caso de la certificación de Productos sin Revelar la Identidad del Fabricante, en la que, en una cadena de suministro, se puede utilizar una prueba de conocimiento cero para verificar que un fabricante ha cumplido con ciertos estándares de calidad o certificaciones sin revelar su identidad o detalles específicos sobre su negocio. Es el caso de un sistema basado en *blockchain* podría permitir que un fabricante demuestre que sus productos cumplen con ciertas normativas o están certificados como ecológicos, sin que se comparta información sobre la empresa misma, como su nombre, ubicación o detalles de su producción. Esto preserva la privacidad del fabricante mientras asegura que el producto es legítimo y cumple con los estándares establecidos. De igual modo, es el supuesto de las pruebas de conocimiento cero que también se utilizan en el ámbito de la identificación digital. Por ejemplo, un individuo podría probar que es mayor de edad para acceder a ciertos servicios o productos (como la compra de alcohol o medicamentos) sin necesidad de proporcionar su edad exacta o mostrar su identificación personal. La prueba de conocimiento cero permite que la persona demuestre que cumple con los requisitos (es mayor de edad) sin revelar datos sensibles, como su fecha de nacimiento o dirección, entre otros.

solución de interfaz de usuario *blockchain*. Esto crea un posible "punto único de falla", así como el peligro de que las solicitudes de los clientes, sus transacciones y otros datos puedan ser visibles para terceros, creando posibles problemas de privacidad, neutralidad y calidad de los datos.

#### e) Complejidad de la red

La complejidad de la red es el nombre que se le ha dado a uno de los desafíos más difíciles en la tecnología de cadenas de bloques. Las aplicaciones relacionadas con el comercio y, especialmente, aquellas relacionadas con la gestión de la cadena logística y de suministro, deben hacer frente a socios y vínculos en constante cambio y evolución. Esto significa que muchos, o incluso la mayoría, de los socios de una cadena de valor pueden no ser conocidos en el momento de desarrollar o implementar una aplicación y, en el caso del transporte, algunas partes pueden ser desconocidas incluso al comienzo de un proceso de negocio individual.

Esta situación a veces requiere implementaciones a gran escala en toda una industria lo que puede ser difícil de lograr, en particular cuando la aplicación *blockchain* no puede vincularse a los mecanismos de cooperación existentes. En el futuro, una forma en que *blockchain* podría respaldar la automatización en estas "arenas movedizas" es el uso de identidades auto soberanas (SSI—"Self-Sovereign Identities") y VC. Los SSI permitirían a los socios comerciales demostrar de manera confiable y electrónica quiénes son y al mismo tiempo darles un control del 100% sobre a quién brindan esta información. Las VC de manera similar permiten demostrar su conformidad con muchos criterios comerciales y de sostenibilidad, cuando surge la necesidad y teniendo el propietario, nuevamente, control total sobre quién recibe esta información.

Dentro de un conjunto establecido de estándares aún por desarrollar, los SSI y las VC pueden permitir a partes externas proporcionar información verificable para la trazabilidad y otros fines a aplicaciones basadas en *blockchain* en las que no son "participantes", tal como hoy se puede entregar una factura en papel a cualquier parte de la cadena de suministro. Solo tienen que acordarse qué información debe incluirse en la factura. También es posible otorgar SSI y VC a objetos (como productos o envíos individuales). Esto permite que los productos también tengan identidades, orígenes y otras características verificables sin que deban registrarse en el mismo sistema que el utilizado por el verificador (por ejemplo, el comprador o una autoridad aduanera).

Como ya se mencionó, existen estándares para las credenciales verificables, cómo se crean y comparten siendo el más aceptado el W3C. También existen algunos estándares para SSI, pero no todo el conjunto necesario para su implementación. Además, hay algunos sistemas que ya han implementado el estándar W3C para credenciales verificables. Si bien es un avance importante, el estándar W3C es general y no garantiza la interoperabilidad entre diferentes implementaciones. El W3C está trabajando en estándares de interoperabilidad, pero aún no están disponibles. Entre tiempo, uno puede utilizar perfiles de implementación, como el desarrollado por UN/CEFACT<sup>48</sup>, para el estándar RW3 con el fin de garantizar la interoperabilidad. Para que las SSI alcancen todo su potencial, es necesario abordar los desafíos descritos anteriormente (desafíos en los procesos de negocios) para que exista un sistema globalmente interoperable para las credenciales (como el que se utiliza para las direcciones de correo electrónico).

#### f) Responsabilidad

Dado que todos los nodos en una red *blockchain* participan en la gobernanza y poseen una copia completa de la base de datos, la asignación de responsabilidades se vuelve crucial para el buen funcionamiento del sistema. A diferencia de los sistemas centralizados tradicionales, donde la

---

<sup>48</sup> Para más información, véase [en línea] <https://spec-unt-p-fbb45f.opensource.unicc.org/docs/specification/VerifiableCredentials#vcdm-profile>.

responsabilidad recae en una única entidad, en una red distribuida como *blockchain* no está claro de inmediato quién debe asumir la responsabilidad de los problemas que puedan surgir. Por ejemplo, en caso de fugas de datos, problemas de ciberseguridad, o mal funcionamiento del sistema, es necesario contar con una estructura organizativa y normativa bien definida que establezca claramente cómo se gestionan estos incidentes. Las cuestiones relacionadas con la calidad de los datos también son críticas, ya que una base de datos descentralizada puede estar sujeta a entradas erróneas o manipulaciones, lo que puede comprometer la integridad del sistema. Por lo tanto, las reglas sobre cómo se manejan los fallos, las actualizaciones o las correcciones de los datos deben ser explícitas desde el principio.

Aunque *Blockchain* ofrece un sistema descentralizado que puede mejorar la transparencia y seguridad, el almacenamiento de grandes volúmenes de datos en las cadenas puede resultar en una sobrecarga de la red, generando problemas de eficiencia y escalabilidad. Se requieren soluciones innovadoras que combinen la seguridad con la eficiencia, como la integración con tecnologías de almacenamiento distribuido o la optimización del manejo de datos off-chain (fuera de la cadena).



## IV. Conclusiones

Desde una perspectiva estructural y regional, la tecnología *blockchain* representa una oportunidad transformadora para repensar y modernizar la arquitectura del comercio internacional, especialmente para los países de ALC. En un contexto de creciente complejidad geopolítica, fragmentación económica y presión por sistemas más resilientes, sostenibles e inclusivos, esta tecnología no solo responde a desafíos operativos, sino que interpela el diseño mismo de las instituciones comerciales y la gobernanza de las cadenas globales de valor.

La tecnología *Blockchain* ofrece, desde la facilitación del comercio, soluciones concretas a déficits estructurales de la región: reduce los costos de transacción, aumenta la confianza entre actores asimétricos, fortalece la trazabilidad de productos —clave para acceder a mercados con exigencias crecientes en sostenibilidad y “compliance” (cumplimiento con requisitos)— y puede democratizar el acceso a mercados internacionales para pymes y economías emergentes, usualmente excluidas por la opacidad o la complejidad de los sistemas logísticos y financieros globales.

Sin embargo, los desafíos por delante siguen siendo importantes. Su efectiva implementación exige un esfuerzo conjunto en varios frentes. Marcos regulatorios adaptativos y coordinados a nivel internacional; inversión en capacidades digitales e infraestructura; consenso sobre estándares técnicos e interoperabilidad; y, sobre todo, voluntad política para articular alianzas público-privadas y regionales que integren al *blockchain* en estrategias de desarrollo productivo y facilitación del comercio.

El relevamiento y análisis de casos reales muestra que el potencial del *blockchain* no es una abstracción teórica, sino una herramienta concreta —de a poco— en funcionamiento. Los avances en SSI y VC también permiten visualizar un escenario donde los actores del comercio internacional sean empresas, productores o instituciones, puedan interactuar de forma segura, descentralizada y eficiente. Estas capacidades podrían beneficiar especialmente a las pequeñas y medianas empresas, permitiéndoles validar su existencia, solvencia y cumplimiento normativo sin recurrir a intermediarios costosos o burocracias lentas.

Revisando los casos detectados de implementación de esta tecnología, se revela un panorama en donde la tecnología *blockchain* actúa como catalizadora de la facilitación comercial, al reducir fricciones, aumentar la transparencia y agilizar procesos críticos. En el caso del Certificado de Origen emitido por la Cámara de Comercio de Lima (Perú), la adopción de la cadena de bloques ha permitido digitalizar un trámite esencial para el comercio exterior, reduciendo significativamente los tiempos y costos de emisión. La iniciativa *blockchain* 4.0 Mercosur representa un avance hacia la integración regional al interconectar las aduanas de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, permitiendo el intercambio en tiempo real de datos sobre operadores económicos autorizados y declaraciones aduaneras. El potencial de este proyecto es mejorar la facilitación comercial al reducir controles fronterizos redundantes y evitar duplicaciones documentales, lo que agiliza el tránsito de mercancías y disminuye los costos logísticos asociados.

Otro esfuerzo en materia aduanera ha sido el proyecto CADENA, interesante por la participación activa de un banco multilateral de crédito invirtiendo en soluciones de bloques de cadenas para el comercio, el cual es pensado claramente como un bien público regional. CADENA muestra que es posible una lógica de cooperación regional con participación público-privada. Uno de los principales logros de la iniciativa fue generar conocimiento y capacidad en nuevas tecnologías en las administraciones aduaneras de Latinoamérica, para que pudieran mantener y desarrollar CADENA. El BID desempeñó un papel importante al liderar la conceptualización del proyecto y su financiamiento.

El epicentro de Asia en materia comercial del siglo XXI ha conllevado que las principales innovaciones tecnológicas se hayan dado en esa geografía. En Singapur, la *Networked Trade Blockchain* actúa como una ventanilla única para el comercio digital, y la integración de *Blockchain* refuerza la seguridad y trazabilidad de las transacciones. Esto mejora la facilitación comercial al eliminar redundancias, centralizar procesos y ofrecer a empresas una plataforma interoperable para sus trámites comerciales. El caso de Dubai *Customs* resalta cómo *blockchain* puede optimizar la eficiencia aduanera al reducir tiempos de despacho, eliminar documentos físicos y permitir el rastreo de mercancías en tiempo real. Esta mejora contribuye directamente a una gestión más ágil del comercio transfronterizo y a un entorno logístico más competitivo.

Por su parte, en América Latina se relevaron dos proyectos vinculados a la trazabilidad comercial. En el sector ganadero de Brasil, al implementar una *blockchain* privada, han permitido certificar el origen y el cumplimiento de estándares sanitarios y ambientales en productos cárnicos. Esto no solo mejora el acceso a mercados internacionales exigentes, sino que además reduce tiempos en los procesos de verificación documental y fortalece la transparencia en la cadena exportadora. En el otro caso, el piloto de trazabilidad algodонера en Perú, el uso combinado de *blockchain* y marcadores moleculares de ADN, han logrado registrar y verificar cada etapa de producción del algodón hasta su transformación en prendas de vestir. Este sistema mejora la facilitación del comercio al proporcionar a compradores y consumidores internacionales información verificable sobre la sostenibilidad, autenticidad y calidad del producto, agregando valor exportador y simplificando auditorías y controles. De este modo, la tecnología *blockchain* puede convertirse en una herramienta estratégica para avanzar hacia un comercio más transparente, justo y sostenible.

El trabajo releva también distintos casos elaborados por el sector corporativo tal como, el propuesto por IBM Food Trust que ejemplifica cómo la trazabilidad de los productos alimentarios desde el origen hasta el consumidor puede mejorar drásticamente la respuesta ante eventos sanitarios y aumentar la eficiencia en el manejo logístico. Lo cual facilita el comercio al acelerar procesos de control y validación, reducir pérdidas y fortalecer la confianza en cadenas de suministro complejas y transfronterizas. Asimismo, la alianza de la empresa de cadenas de bloques Perlin junto con la Cámara de Comercio Internacional (ICC) y otras organizaciones permitió la creación de *TradeFlow*, la cual impulsa la simplificación y digitalización de la documentación comercial, permitiendo visualizar, verificar y ejecutar transacciones en tiempo real para simplificar la financiación del comercio de productos básicos. Esto

reduce tiempos de negociación, minimiza riesgos de fraude y facilita el acceso de las pequeñas y medianas empresas al comercio internacional mediante procesos más claros y uniformes.

El Camara de Comercio de Lima en Peru también ha tenido éxito con su proyecto para el uso de *Blockchain* en la emisión de certificados de origen, buscando garantizar la autenticidad y trazabilidad de los bienes exportados. Hoy en día, se emiten alrededor de 400 certificados mensuales, promoviendo la modernización del comercio exterior y fortaleciendo la confianza entre los actores comerciales.

Sin embargo, las experiencias al interior del sector privado han mostrado las dificultades inherentes de operar en entornos competitivos en materia comercial. TradeLens, desarrollada por Maersk e IBM buscó mejorar la facilitación del comercio al permitir la integración digital de múltiples actores en la cadena de suministro marítima, generando ahorros de tiempo en puertos, trazabilidad automatizada y coordinación eficiente en entornos globales complejos. Aunque se desarrolló con éxito una plataforma viable desde lo tecnológico, no logró una plena colaboración global de la industria. Para el primer trimestre del 2023, la plataforma dejó de estar operativa.

Similar derrotero ocurrió con el proyecto Marco Polo, el cual buscó introducir *Blockchain* en la financiación del comercio, abordando problemas estructurales como la lentitud en el acceso al crédito, la duplicación de documentos y la escasa interoperabilidad entre actores financieros. En 2023 el holding de la red de financiación comercial se declaró en insolvencia debido a la dificultad de adaptarse al mercado después de la pandemia y escalar antes de que se agotara el capital.

Estos dos últimos casos ponen en evidencia, en el marco de los desafíos analizados, que la tecnología *Blockchain* no debe pensarse como una panacea para la facilitación del comercio internacional, pero queda claro su papel vital como un importante potencial cuando se integran otras tecnologías, como la tecnología del Internet de las Cosas o la Inteligencia Artificial.

En conjunto, los casos analizados demuestran que *blockchain* mejora la facilitación del comercio al optimizar trámites, acelerar operaciones logísticas, garantizar la integridad de los documentos, aumentar la transparencia en las cadenas de valor y fomentar la interoperabilidad entre actores públicos y privados. A su vez, se vuelve un instrumento clave para avanzar en la trazabilidad en el contexto de mayores requisitos ambientales en el comercio internacional. Sin embargo, para que estas experiencias se consoliden y escalen, es imprescindible abordar los desafíos regulatorios, técnicos y culturales, como así también diseñar estrategias de gobernanza adaptadas a cada contexto. Además, la experiencia de los grandes actores del sector privado de la logística comercial muestra que la escalabilidad es un gran desafío dado la dificultad de que todos los actores sectoriales perciban el valor añadido del uso de la tecnología *Blockchain*, para realizar el esfuerzo económico y la inversión de capital necesario.

El potencial para que *blockchain* se convierta en una herramienta estructural para el comercio internacional promediando la tercera década del siglo XXI es enorme, así como sus complejidades inherentes y desafíos por delante.



## Bibliografía

- Adeoye, Y., Osunkanmibi, A. A., Onotole, E. F., Ogunyankinnu, T., Ederhion, J., Bello, A. D., & Abubakar, M. A. (2025), *Blockchain and global trade: Streamlining cross-border transactions with blockchain*. International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation, 6(2), 253–265. <https://doi.org/10.54660/IJMRGE.2025.6.2.253-265>.
- Autoridad Monetaria de Singapur (2021), *Singapore Blockchain Innovation Programme (SBIP): Driving blockchain adoption in the digital economy*. Monetary Authority of Singapore. [https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2020/singapore-launches-s\\$12-million-blockchain-research-programme](https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2020/singapore-launches-s$12-million-blockchain-research-programme).
- Basco, A., & Lavena, C. (2021), *América Latina en movimiento. Competencias y habilidades para la cuarta revolución industrial en el contexto de pandemia*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/america-latina-en-movimiento-competencias-y-habilidades-para-la-cuarta-revolucion-industrial-en-el>.
- BBVA (2017), *Siete retos regulatorios a los que se enfrenta Blockchain*. <https://www.bbva.com/es/siete-retos-regulatorios-los-se-enfrenta-Blockchain>.
- Bercovich, N., & Muñoz, M. (2022), *Rutas y desafíos para cerrar las brechas de género en materia de habilidades digitales* (No. 47939). Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47939-rutas-desafios-cerrar-brechas-genero-materia-habilidades-digitales>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2024), *Desafiar la tendencia. El potencial de los servicios basados en conocimiento*. Coordinado por Paolo Giordano. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Monitor-de-Comercio-e-Integracion-2024-Desafiar-la-tendencia-El-potencial-de-los-servicios-basados-en-conocimiento.pdf>.
- \_\_\_\_ (2021), *Trazar desde el origen: Facilitando el comercio regional con Blockchain* (A. Radl & J. Sotelo). <https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/trazar-desde-el-origen-facilitando-el-comercio-regional-con-Blockchain>.
- \_\_\_\_ (2020), *Regulación de Blockchain e identidad digital en América Latina: El futuro de la identidad digital*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Regulacion-de-Blockchain-e-identidad-digital-en-America-Latina-El-futuro-de-la-identidad-digital.pdf>.
- BID INTAL (2020), *Blockchain y comercio internacional: Nuevas tecnologías para una mayor y mejor inserción internacional de América Latina*. *Revista Integración & Comercio*, 46.
- Böhmecke-Schwafert, M. (2024), The role of Blockchain for trade in global value chains: A systematic literature review and guidance for future research. *Telecommunications Policy*, 102835.
- Buterin, V. (2013), *Ethereum whitepaper: A next-generation smart contract and decentralized application platform*. <https://ethereum.org/en/whitepaper>.

- Cámara de Comercio de Lima (CCL) (2025), *Nueva plataforma para emisión de certificados de origen*. <https://lacamara.pe/nueva-plataforma-para-emision-de-certificados-de-origen/?print=print>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2024), *Perspectivas del comercio internacional de América Latina y el Caribe 2024: Reconfiguración del comercio mundial y opciones para la recuperación regional*. [https://www.un-ilibrary.org/docserver/fulltext/9789211068184/9789211068184\\_web.pdf](https://www.un-ilibrary.org/docserver/fulltext/9789211068184/9789211068184_web.pdf).
- \_\_\_\_ (2023), *Perspectivas del comercio internacional de América Latina y el Caribe 2023: Cambios estructurales y tendencias en el comercio mundial y regional: Retos y oportunidades*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/28fbd6ab-cb1d-4b23-b4f2-36fb1080bba6/content>.
- \_\_\_\_ (2021), *Oportunidades y desafíos para la implementación de Blockchain en el ámbito logístico de América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/0612ad64-29ed-42cc-84do-f83b7cabdee8>.
- \_\_\_\_ (2005), *América Latina y el Caribe: de una estrategia de comercio y medio ambiente a una estrategia de comercio para el desarrollo sostenible*. Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/31824>.
- Chang, Y., Iakovou, E., & Shi, W. (2020), Blockchain in global supply chains and cross border trade: A critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2082–2099.
- Centro Interamericano de Administraciones Tributarias (CIAT) (2021), *Blockchain en las administraciones tributarias*. <https://www.ciat.org/Blockchain-en-las-administraciones-tributarias/>.
- Díaz, R. M., Valdés Figueroa, L., & Pérez, G. (2021), *Oportunidades y desafíos para la implementación del blockchain en el ámbito logístico de América Latina y el Caribe* (Boletín FAL N.º 387). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/012145c2-620c-4463-8bfe-7a4b4ff92d60/content>.
- Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP) (2016), *Paperless trade in regional trade agreements* (Working paper). <https://www.unescap.org/publications/paperless-trade-regional-trade-agreements-tiid-working-paper-no22016>.
- El Mundo (2025), Panamá clausura su Semana Blockchain con llamado a fortalecer inclusión digital y regulación en América Latina. *El Mundo*, 8 de mayo. <https://diario.elmundo.sv/bitcoin-y-Blockchain/panama-clausura-su-semana-Blockchain-con-llamado-a-fortalecer-inclusion-digital-y-regulacion-en-america-latina>.
- FAO (2022), *El comercio y el medio ambiente: respuestas en materia de políticas*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/048420fo-5c6b-4219-b767-2103ad34043a/content/SOCO/2022/trade-environment-policies.html>.
- Farah, M. B., et al. (2024), A survey on blockchain technology in the maritime industry: Challenges and future perspectives. *Future Generation Computer Systems*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X24001213>.
- Frohmann, A., Mulder, N., & Olmos, X. (2020), *Incentivos a la sostenibilidad en el comercio internacional*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/oed23847-aa5f-4aa3-856a-77327a368f23/content>.
- Georgiou, I. (2025, 1 de mayo), Blockchain's role in sustaining diversity, equity, and inclusion initiatives. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/digital-assets/2025/05/01/blockchains-role-in-sustaining-diversity-equity-and-inclusion-initiatives/>.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (2020), *Explorando el potencial de Blockchain en la agricultura brasileña*. <https://www.giz.de>.
- Grupo Garatu IT Solutions (2018), ¿Qué tipos de Blockchain o cadenas de bloques existen? <https://grupogaratu.com/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-Blockchains-o-cadena-de-bloques/>.
- Haq, S. H. U., Dan, S., & Shahzad, K. (2025), Leadership competencies and blockchain implementation in public sector organizations: A sensemaking approach. *International Journal of Public Sector Management*, 38(1), 139–158. <https://doi.org/10.1108/IJPSM-12-2023-0347>.
- IBM (2025), *IBM Food Trust overview*. <https://www.ibm.com/docs/en/food-trust?topic=overview>.
- \_\_\_\_ (2018), <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/01/digitizing-global-trade-maerskibm/>.

- Cámara de Comercio Internacional (ICC) (2019), *ICC TradeFlow Blockchain platform launches to simplify trade processes*. <https://iccwbo.org/news-publications/news/icc-tradeflow-Blockchain-platform-launches-to-simplify-trade-processes/>.
- Ignatova, P. (2024), Marco Polo Network successfully completes largest Blockchain Open Account Trade Finance Trial on R3's Corda platform. *Trade Finance*. <https://www.tradefinanceglobal.com/posts/marco-polo-network-successfully-completes-largest-blockchain-open-account-trade-finance-trial-on-r3s-corda-platform>.
- IICA (2025), *Promoviendo la digitalización en la agricultura: 7 iniciativas de políticas que impulsan la transformación en América Latina y el Caribe*. <https://blog.iica.int/blog/promoviendo-digitalizacion-en-agricultura-7-iniciativas-politicas-que-impulsan-transformacion>.
- Investopedia (2025), *What are the World Bank's Blockchain-based bonds?* <https://www.investopedia.com/tech/what-are-world-banks-Blockchainbased-bonds/>.
- Jain, R., & Singh, A. P. (2025), Navigating the power of blockchain strategy: Analysis of technology adoption challenges. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123456. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162525000757>.
- Ledger Insights (2018), *Singapore-backed global trade Blockchain launches*. <https://www.ledgerinsights.com/singapore-trade-Blockchain-otb/>.
- MIDAGRI (2022), *Padrón de Productores Agrarios MIDAGRI 2021-2022*. [https://ppa.midagri.gob.pe/media/attachments/2022/04/25/padron-productor-agrario-2021\\_2022\\_021.pdf](https://ppa.midagri.gob.pe/media/attachments/2022/04/25/padron-productor-agrario-2021_2022_021.pdf).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2024), *MAPA crea Grupo de Trabajo para avanzar en la trazabilidad de bovinos y búfalos*. [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-institui-grupo-de-trabajo-para-avancar-na-rastreabilidade-de-bovinos-e-bubalinos?utm\\_source](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-institui-grupo-de-trabajo-para-avancar-na-rastreabilidade-de-bovinos-e-bubalinos?utm_source).
- Nakamoto, S. (2008), *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- OCDE & OMC (2016), *La ayuda para el comercio en síntesis 2015: Reducir los costos del comercio con miras a un crecimiento inclusivo y sostenible*. París.
- Organización de los Estados Americanos (OEA) (2019), *I. Introducción* en "Integración de Aspectos Ambientales" (capítulo OEA). <https://oas.org/dsd/publications/Unit/oea01s/cho2.htm>.
- \_\_\_\_\_ (2019), *Estudio comparativo sobre capítulos ambientales en acuerdos comerciales*. Departamento de Desarrollo Sostenible. [https://www.oas.org/es/sedi/dsd/Biodiversity/Documents/Estudio\\_Comparativo\\_Capitulos\\_Ambientales\\_2019.pdf](https://www.oas.org/es/sedi/dsd/Biodiversity/Documents/Estudio_Comparativo_Capitulos_Ambientales_2019.pdf).
- Organización Mundial del Comercio (OMC) (2024), *Informe sobre el comercio mundial 2024: Comercio e inclusividad – Por un comercio que beneficie a todos*. [https://www.wto.org/spanish/res\\_s/publications\\_s/wtr24\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/res_s/publications_s/wtr24_s.htm).
- \_\_\_\_\_ (2018), *Can Blockchain revolutionize international trade?* Ginebra.
- \_\_\_\_\_ (2018), *Índice de costos del comercio*. <https://tradecosts-wto-org.translate.goog>.
- Parlamento Europeo (2020), *Blockchain for supply chains and international trade*. STUDY Panel for the Future of Science and Technology. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/641544/EPRS\\_STU\(2020\)641544\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/641544/EPRS_STU(2020)641544_EN.pdf).
- Paltron (2024), *Learning and development vs. skills gaps in the age of blockchain*. <https://www.paltron.com/insights-en/learning-and-development-vs-skills-gaps-in-the-age-of-blockchain>.
- Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA) (2023), *La Plataforma Digital de Comercio Centroamericana comienza a operar en la región*. <https://www.sieca.int/pdcc/la-plataforma-digital-de-comercio-centroamericana-comienza-a-operar-en-la-region/>.
- TAIKAI (2024), *Blockchain Rio Hackathon 2024*. <https://taikai.network/Blockchainrio/hackathons/Blockchainriohack24>.
- Telescope (2025), *Acerca de nosotros*. <https://www.telescope.com.mx/>.
- The Logistics World (2023), *TradeLens, la plataforma Blockchain de Maersk que innova en la cadena de suministro*. <https://thelogisticsworld.com/logistica-y-distribucion/tradelens-la-plataforma-Blockchain-de-maersk-que-innova-en-la-cadena-de-suministro/>.

- Trade Finance Global (2019), *Marco Polo Network successfully completes the largest Blockchain Open Account Trade Finance Trial on R3's Corda platform*. <https://www.tradefinanceglobal.com/posts/marco-polo-network-successfully-completes-largest-Blockchain-open-account-trade-finance-trial-on-r3s-corda-platform/>.
- Ul-Haq, S. H., Dan, S., & Shahzad, K. (2024), Leadership competencies and blockchain implementation in public sector organizations: A sensemaking approach. *International Journal of Public Sector Management*, 38(1), 139–158.
- UN/ECE (2023), White Paper Blockchain in Trade Facilitation. [https://unece.org/sites/default/files/2023-10/WhitePaper\\_Blockchain.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2023-10/WhitePaper_Blockchain.pdf).
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2024), *Aprovechamiento de la tecnología de cadenas de bloques para el desarrollo sostenible*. Junta de Comercio y Desarrollo, Comisión de la Inversión, la Empresa y el Desarrollo, 14º período de sesiones, Ginebra, 29 de abril a 3 de mayo. [https://unctad.org/system/files/official-document/ciid52\\_es.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ciid52_es.pdf).
- \_\_\_\_ (2023b), *Global report on blockchain and its implications on trade facilitation performance* (UNCTAD/TCS/DTL/INF/2023/1). United Nations. <https://unctad.org/system/files/official>.
- United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) (2023a), *Blockchain for trade facilitation: A user implementation guide for governments*. United Nations. <https://www.unescwa.org>.
- Universidad de Morón (2024), *Hackathon 2024*. <https://hackathon.unimoron.edu.ar/>.
- Yaren, H. (2020), Implementing blockchain technology in the customs environment to support the SAFE framework of standards. *World Customs Journal*, 14(1), 127–138. <https://www.worldcustomsjournal.org/article/116314.pdf>.
- Zafar, A. (2024), Reconciling blockchain technology and data protection laws: Regulatory challenges, technical solutions, and practical pathways. *Journal of Cybersecurity*, 11(1), tyaf002. <https://doi.org/10.1093/cy bsec/tyaf002>.



NACIONES UNIDAS

Serie

CEPAL

Comercio Internacional

## Números publicados

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en  
[www.cepal.org/publicaciones](http://www.cepal.org/publicaciones)

188. El uso potencial de cadenas de bloques (*blockchain*) en el comercio internacional y su facilitación, V. Cram-Martos, J. González, L. M. Ramírez y J. Arteaga Rivera (LC/TS.2025/65), 2025.
187. Integración regional en la era digital: el potencial aporte del comercio de servicios modernos, R. Monge-González, L. Rivera, N. Mulder y J. Meneses (LC/TS.2025/58), 2025.
186. Metodologías para obtener datos sobre empresas exportadoras lideradas por mujeres, A. Frohmann y X. Olmos (LC/TS.2025/40), 2025.
185. Comercio electrónico transfronterizo en América Latina: estrategias y herramientas para las pymes y empresas lideradas por mujeres, J. Arteaga, E. Libertelli, M. Pueyrredón y P. Trevisan (LC/TS.2025/26), 2025.
184. Caracterización y tipología de sitios en línea de servicios en América Latina y el Caribe, B. Díaz de Astarloa y J. de la Cal Medina (LC/TS.2025/10), 2025.
183. Análisis comparativo de las ventanillas únicas de comercio exterior de Colombia, El Salvador, Panamá, el Paraguay y la República Dominicana, Álvaro Gálvez (LC/TS.2025/6), 2025.
182. Desafíos y oportunidades para las asociaciones público-privadas en América Latina y el Caribe, Jeannette Lardé (LC/TS.2024/118), 2024.
181. Sustainable inland transport connectivity indicators: Plurinational State of Bolivia, 2024, M. Rodríguez Laconich (LC/TS.2024/117), 2024.
180. Evaluación preliminar de las exportaciones latinoamericanas potencialmente afectadas por el reglamento de la Unión Europea relativo a la comercialización de productos asociados a la deforestación, Sebastián Herreros, José Durán, Ximena Olmos (LC/TS.2024/84), 2024.
179. Análisis comparativo de cinco ventanillas únicas de comercio exterior de América Latina: Chile, Costa Rica, México, Perú y Uruguay, Álvaro Gálvez (LC/TS.2024/41), 2024.

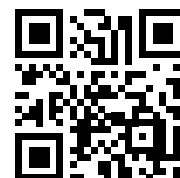
## COMERCIO INTERNACIONAL

### Números publicados:

- 188 El uso potencial de cadenas de bloques (*blockchain*) en el comercio internacional y su facilitación  
*Virginia Cram-Martos, Joaquín González, Lautaro M. Ramírez y Javiera Arteaga Rivera*
- 187 Integración regional en la era digital  
El potencial aporte del comercio de servicios modernos  
*Ricardo Monge-González, Luis Rivera, Nanno Mulder y Javier Meneses*
- 186 Metodologías para obtener datos sobre empresas exportadoras lideradas por mujeres  
*Alicia Frohmann y Ximena Olmos*

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)  
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)  
[www.cepal.org](http://www.cepal.org)



<https://bit.ly/CEPAL2025-65S>