

BLOCKCHAIN: TRANSFORMACIÓN ESTRATÉGICA DEL SUPPLY CHAIN

Blockchain: Strategic transformation of the Supply Chain

Luis Eduardo Solis Granda¹, Ivonne Soraya Burgos Villamar²

Recibido: 30/06/2025 - **Aceptado:** 18/10/2025

RESUMEN:

Blockchain revoluciona las cadenas de suministro globales, ofreciendo trazabilidad instantánea y transparencia sin precedentes. Mediante casos como Walmart y Maersk, este ensayo demuestra cómo esta tecnología genera ventajas competitivas sostenibles, aunque enfrenta desafíos de adopción que definen el futuro del management estratégico.

ABSTRACT

Blockchain revolutionizes global supply chains, delivering instant traceability and unprecedented transparency. Through cases like Walmart and Maersk, this essay demonstrates how this technology creates sustainable competitive advantages, while addressing adoption challenges that define the future of strategic management.

PALABRAS CLAVE: blockchain, cadena de suministro, gestión estratégica, trazabilidad, transformación digital

KEYWORDS: blockchain, supply chain, strategic management, traceability, digital transformation

I. INTRODUCCIÓN

La revolución silenciosa

En la última década, las cadenas de suministro globales han enfrentado desafíos sin precedentes que han puesto de manifiesto las limitaciones de los sistemas tradicionales de gestión. Desde disruptiones causadas por la pandemia hasta crisis geopolíticas como el bloqueo del Canal de Suez y los conflictos en el Mar Rojo, la necesidad de mayor transparencia, trazabilidad y resiliencia se ha vuelto

imperativa (Ivanov et al., 2025). En este contexto, la tecnología blockchain emerge como una solución transformadora que promete revolucionar la forma en que las empresas gestionan sus operaciones logísticas.

Blockchain, conocida inicialmente por su aplicación en criptomonedas, ha encontrado en la gestión de cadenas de suministro un campo fértil para demostrar su verdadero potencial disruptivo (Treiblmaier, 2018). Su capacidad para crear registros inmutables,

¹ Profesor Investigador, Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Guayas, Ecuador. email: lsolisg@unemi.edu.ec

² Profesora Investigadora, Facultad de Investigación, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Guayas, Ecuador. email: iburgosv@unemi.edu.ec

transparentes y descentralizados ofrece respuestas concretas a problemas históricos como la falta de trazabilidad, los fraudes, las ineficiencias operacionales y la limitada colaboración entre múltiples actores de la cadena (Kshetri, 2018).

La propuesta central de este ensayo sostiene que blockchain actúa como un catalizador estratégico que no solo optimiza procesos operacionales, sino que fundamentalmente redefine las relaciones entre proveedores, productores, distribuidores y consumidores finales. Esta transformación va más allá de una simple mejora tecnológica; representa un cambio paradigmático hacia ecosistemas de colaboración más transparentes, eficientes y confiables (Liu et al., 2023).

El análisis de casos emblemáticos como Walmart, Maersk y otros líderes industriales revela que las organizaciones que adoptan blockchain en sus cadenas de suministro obtienen ventajas competitivas sostenibles, mejoran su capacidad de respuesta ante crisis y fortalecen la confianza con sus stakeholders (Khan et al., 2025). Sin embargo, también evidencia desafíos significativos relacionados con la adopción, escalabilidad e integración que requieren consideraciones estratégicas profundas.

Este ensayo aborda precisamente cómo las organizaciones pueden navegar exitosamente esta transformación tecnológica, identificando patrones de éxito y desafíos críticos que definen el futuro de la gestión estratégica.

II. Fundamentos tecnológicos y empresariales

La tecnología blockchain, en su esencia, constituye un sistema de registro distribuido que permite almacenar información de manera descentralizada, inmutable y transparente (Wang et al., 2024). A diferencia de las bases de datos tradicionales centralizadas, blockchain opera mediante una red de nodos que validan y registran cada transacción, creando una cadena de bloques criptográficamente enlazados que garantiza la integridad de la información.

En el contexto de la gestión de cadenas de

suministro, blockchain funciona como un libro mayor digital compartido donde cada movimiento, transformación o transacción de productos puede ser registrado en tiempo real. Esta característica resulta fundamental para industrias donde la trazabilidad es crítica. Los contratos inteligentes representan un complemento revolucionario: estos programas autoejecutables permiten automatizar procesos complejos como pagos y verificación de condiciones, liberando automáticamente el pago a un proveedor una vez que sensores IoT confirmen que la mercancía ha llegado en condiciones óptimas.

La diferenciación con sistemas tradicionales de gestión es sustancial, como se visualiza en la Figura 1.

Como se observa en la Figura 1, blockchain supera significativamente a los sistemas tradicionales en todas las métricas clave, especialmente en velocidad de trazabilidad (95 vs 25 puntos) y capacidad de auditoría continua (98 vs 15 puntos).

Mientras que los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) y WMS (Warehouse Management Systems) operan en silos organizacionales con bases de datos centralizadas, blockchain crea un ecosistema interconectado donde múltiples organizaciones pueden compartir información de manera segura sin comprometer su confidencialidad comercial. Esta capacidad de "confianza sin confianza" (trustless trust) elimina la necesidad de intermediarios tradicionales y reduce significativamente los costos de transacción.

La integración de blockchain con tecnologías complementarias amplifica exponencialmente su potencial transformador. Los sensores IoT proporcionan datos en tiempo real sobre temperatura, humedad, ubicación y otros parámetros críticos que se registran automáticamente en la blockchain. La inteligencia artificial analiza estos datos para predecir disruptiones potenciales, optimizar rutas y mejorar la planificación de la demanda. Big Data permite procesar volúmenes masivos de información transaccional para generar insights estratégicos sobre el desempeño de la cadena de suministro.

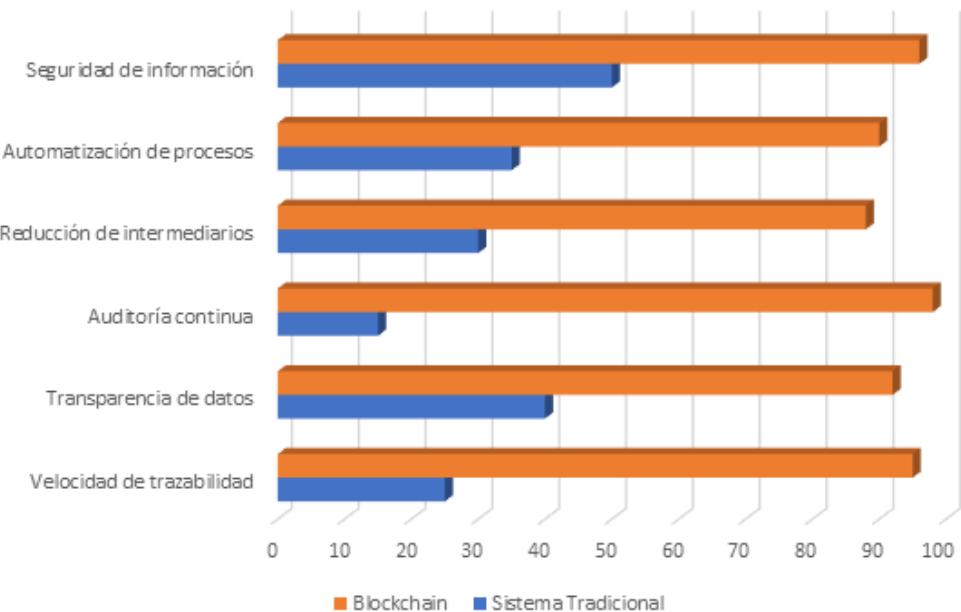


Figura 1: Comparación de eficiencia: Supply Chain Tradicional vs Blockchain
Fuente: Elaboración propia basada en casos Walmart, Maersk e IBM

III. Tendencias actuales en la adopción

El panorama actual de adopción de blockchain en cadenas de suministro revela una aceleración significativa, impulsada tanto por necesidades operacionales como por

presiones regulatorias y de sostenibilidad. Los datos del mercado muestran un crecimiento exponencial proyectado, como se detalla en la Tabla 1:

Tabla 1. Proyección del Mercado Global de Blockchain en Supply Chain (2024-2033)

Año	Valor del Mercado (USD Miles de Millones)	Crecimiento Anual (%)
2024	\$21.46	Base
2025	\$28.95	34.9%
2026	\$39.06	34.9%
2027	\$52.70	34.9%
2028	\$71.09	34.9%
2029	\$95.89	34.9%
2030	\$129.37	34.9%
2031	\$174.54	34.9%
2032	\$235.46	34.9%
2033	\$316.73	34.9%

Tendencia: Crecimiento exponencial del 34.9% anual

Región líder: Asia-Pacífico (45% del mercado)

Principales impulsores: Trazabilidad alimentaria, compliance regulatorio, sostenibilidad ESG

Fuente: Adaptado de Pournader et al. (2020); Wang et al. (2024)

Este crecimiento exponencial del 34.9% anual que proyecta el mercado de USD \$21.46 mil millones en 2024 a USD \$316.73 mil millones para 2033 refleja tanto la maduración tecnológica como una adopción empresarial acelerada impulsada por regulaciones estrictas y demandas crecientes de transparencia.

Walmart: Pionero en trazabilidad alimentaria

El caso de Walmart representa uno de los ejemplos más paradigmáticos de implementación exitosa de blockchain en la cadena de suministro alimentaria (Cui et al., 2024). En colaboración con IBM, la empresa desarrolló un sistema basado en Hyperledger Fabric que ha transformado radicalmente su capacidad de trazabilidad. El proyecto, iniciado en 2016, comenzó con el seguimiento de mangos en Estados Unidos y cerdo en China, de-

mostrando resultados extraordinarios.

La implementación redujo dramáticamente el tiempo necesario para rastrear el origen de un producto alimentario de siete días a tan solo 2.2 segundos. Este avance no representa únicamente una mejora operacional; constituye un cambio fundamental en la capacidad de respuesta ante crisis de seguridad alimentaria (Saberi et al., 2019).

Cuando ocurre un brote de contaminación, Walmart puede identificar instantáneamente los lotes afectados, minimizando el impacto en la salud pública y reduciendo las pérdidas económicas. Estos casos emblemáticos reflejan un patrón más amplio de adopción sectorial. Como se observa en la Figura 2, la distribución de implementaciones blockchain varía significativamente según industria:

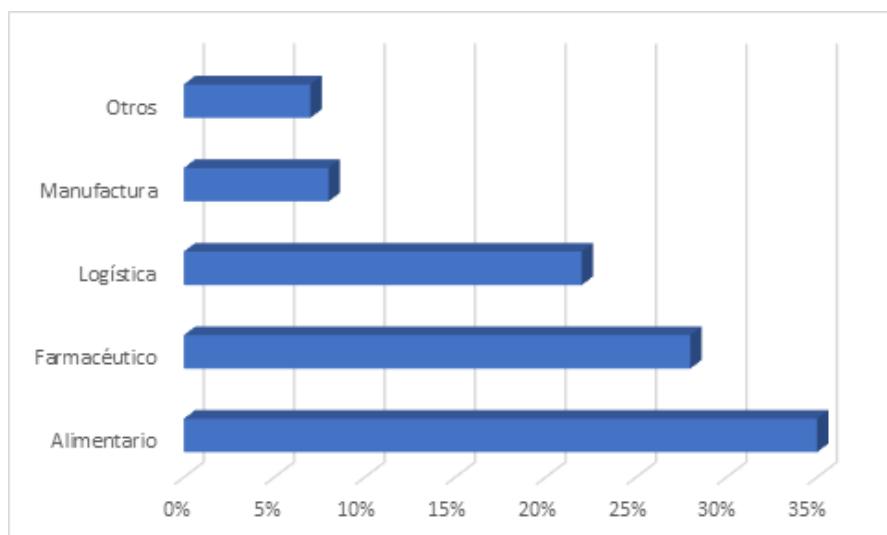


Figura 2: Distribución de Aplicaciones de Blockchain por Sector Industrial (2024)

Fuente: Elaboración propia basada en análisis sectorial 2024

Como se observa en la Figura 2, el sector alimentario lidera la adopción de blockchain con un 35% de las implementaciones documentadas, seguido por el farmacéutico con 28% y logística con 22%. Esta distribución refleja las necesidades críticas de trazabilidad y transparencia en estos sectores.

Actualmente, Walmart rastrea más de 25

productos de cinco proveedores diferentes utilizando esta tecnología, incluyendo productos frescos como mangos, fresas y vegetales de hoja verde; carnes y aves como pollo y cerdo; lácteos como yogur y leche de almendra; y productos de múltiples ingredientes como ensaladas empaquetadas y alimentos para bebés (Walmart Technology, 2021). La empresa ha mandatado que todos

sus proveedores de vegetales de hoja verde implementen este sistema de trazabilidad, estableciendo un estándar industrial

Maersk TradeLens: Ambiciones y lecciones aprendidas

El caso de TradeLens, desarrollado conjuntamente por Maersk e IBM entre 2018 y 2022, ofrece perspectivas valiosas tanto sobre el potencial transformador de blockchain como sobre los desafíos de implementación a escala global (Maritime Executive, 2022). La plataforma fue diseñada para digitalizar completamente el comercio marítimo internacional, conectando navieras, puertos, autoridades aduaneras y otros actores del ecosistema logístico.

En su apogeo, TradeLens procesaba más de 10 millones de eventos de envío y miles de documentos semanalmente, llegando a representar aproximadamente el 50% del tráfico global de contenedores con la participación de CMA CGM, MSC y otras navieras importantes (The Logistics World, 2023). La plataforma demostró capacidades significativas para mejorar la eficiencia operacional, reducir la burocracia y proporcionar visibilidad en tiempo real de los envíos.

Sin embargo, el cierre de TradeLens en 2023 proporciona lecciones críticas sobre los desafíos de crear plataformas industriales colaborativas (PierNext, 2023). Según declaraciones de Maersk, "aunque desarrollamos exitosamente una plataforma viable, no se logró la necesidad de una colaboración total de la industria global" (Maersk, 2022). Los competidores expresaron reticencias sobre compartir datos comerciales sensibles con una plataforma parcialmente controlada por Maersk, ilustrando las complejidades de gobernanza en ecosistemas blockchain multiempresa (Naucher, 2022).

Este desafío de gobernanza no es un fracaso de la tecnología, sino una lección fundamental: comprender cómo construir verdadera colaboración entre competidores es la clave para el éxito futuro.

La paradoja de la colaboración: De la desconfianza a los ecosistemas Win-Win

El fracaso de TradeLens ilustra una paradoja fundamental: todos los participantes se beneficiarían de la colaboración transparente, pero cada uno teme ser explotado si comparte información sensible mientras otros no lo hacen. Esta desconfianza entre actores en ecosistemas de plataformas ha sido documentada como uno de los mayores desafíos en la construcción de mecanismos de gobernanza efectivos (Gelhard & Von Delft, 2021). Este es el clásico dilema del prisionero aplicado a ecosistemas empresariales. Maersk controlaba la plataforma, lo que generaba temor en competidores como MSC y CMA CGM: ¿qué impediría a Maersk usar los datos compartidos para ventaja competitiva propia? ¿Quién auditaría que la información se trataba equitativamente?

Construcción de confianza: Modelo de cinco fases

Las implementaciones exitosas de blockchain colaborativo siguen un patrón común que resuelve gradualmente la desconfianza:

Fase 1: Gobernanza neutral desde el inicio. - La plataforma no es controlada por un único actor dominante, sino por una estructura de gobernanza tripartita o multiactor. Por ejemplo, Blockchain in Transport Alliance (BiTA) fue creada como asociación independiente sin control de una naviera específica, donde cada miembro tiene voto proporcional en decisiones sobre estándares y evolución tecnológica. En contraste, TradeLens fue liderada por Maersk e IBM, lo que generó percepción de sesgo. El mecanismo de implementación requiere constituir un consejo de gobernanza con representación de: grandes empresas (40%), medianas empresas (35%), pequeños proveedores (15%) y un facilitador neutral independiente (10%).

Fase 2: Transparencia radical en reglas. - Todos los acuerdos sobre uso de datos, costos operacionales y distribución de beneficios están documentados públicamente y son no modificables. Los contratos inteligentes codifican estas reglas, eliminando interpretaciones discretionales. Walmart Food Trust publica anualmente cuántos datos accede a cada tipo de proveedor y cómo usa esa información, generando confianza porque no

hay trato especial oculto. La implementación requiere crear un "libro blanco de gobernanza" que especifique exactamente: qué datos puede ver cada participante, quién puede vender análisis derivados, cómo se reparten costos y qué ocurre si alguien viola reglas.

Fase 3: Incentivos Diferenciados para equilibrar poderes. - Las pequeñas y medianas empresas reciben beneficios adicionales iniciales para compensar su menor capacidad de inversión. En Walmart Food Trust, pequeños productores de vegetales de hoja verde reciben certificación de trazabilidad gratuita que les permite vender a precios premium a minoristas que demandan transparencia. El beneficio económico directo compensa el costo de integración tecnológica. Otro mecanismo incluye subsidios cruzados donde grandes empresas financian el 60% de costos de infraestructura que beneficia a todos. La implementación específica requiere diseñar una matriz de beneficios donde cada tipo de participante recibe valor tangible en los primeros 12 meses, no esperar retorno de inversión a 3-5 años.

Fase 4: Auditoría independiente continua. - Terceros neutrales (consultoras especializadas, gremios industriales) auditán periódicamente que se cumplen acuerdos de gobernanza. Verifican que datos se usan solo para propósitos acordados, que no hay acceso discriminatorio y que beneficios se distribuyen conforme a lo establecido. En BiTA, Ernst & Young realiza auditorías semestrales verificando que ninguna naviera tiene acceso preferente a datos de competidores. La implementación incluye presupuesto específico (2-3% del presupuesto operacional total) para auditorías independientes anuales publicadas.

Fase 5: Mecanismos de resolución de disputas automatizados. - Las controversias sobre cumplimiento o interpretación de acuerdos se resuelven mediante arbitraje predefinido, no en cortes. Los contratos inteligentes pueden pausar automáticamente beneficios para quien incumpla hasta resolución. La implementación requiere establecer un tribunal arbitral independiente (3-5 árbitros internacionales especializados en blockchain

y cadenas de suministro) que resuelve conflictos en máximo 60 días.

Diferencia crítica: De control a facilitación
TradeLens fue diseñada como plataforma que Maersk operaba para la industria. Las plataformas exitosas invierten esta lógica: son estructuras que la industria opera conjuntamente, en la que Maersk es un participante más, aunque importante. Walmart Food Trust lo logró diferente: no es Walmart quien controla la plataforma, IBM la opera como tercero neutral. Walmart participa, pero no gobierna. Esto fue crucial para que competidores de Walmart (Carrefour, Nestlé, otros minoristas) se unieran sabiendo que sus datos no irían directamente a Walmart.

Construcción progresiva, no de golpe

Las implementaciones exitosas no lanzan ecosistemas completos. Siguen lógica evolutiva: Año 1-2, pilotos con 3-5 actores confiables (no competidores directos) con objetivo de demostrar que el modelo de gobernanza funciona; Año 2-3, expansión a competidores dentro del mismo sector con gobernanza ya probada; Año 3+, incorporación de industrias adyacentes. Hyperledger Food Trust comenzó con Walmart más pocos proveedores (2016-2018). Solo después de 2-3 años de operación exitosa, otros minoristas se unieron confiando que el modelo era efectivamente neutral.

El rol crítico de facilitadores neutrales

Un elemento frecuentemente subestimado es la necesidad de actores "facilitadores" que no compiten directamente en la industria: consultoras de implementación, universidades y centros de investigación, gremios industriales y organismos internacionales. Estos actores rompen el hielo ganando confianza de múltiples partes porque no tienen incentivo de extraer valor competitivo. BiTA tuvo éxito parcialmente porque fue facilitada por Hyperledger (Linux Foundation) organización neutral sin interés comercial.

Métricas de éxito colaborativo

No basta medir eficiencia operacional. Para ecosistemas blockchain colaborativos deben medirse: equidad de gobernanza (¿actores pequeños realmente tienen voz en decisiones o es tokenismo?), distribución de bene-

ficios (¿la ganancia operacional se reparte conforme a acuerdos o se concentra en actores dominantes?), participación sostenible (¿los miembros renuevan compromisos o hay deserción después de 2-3 años?), confianza interpersonal (encuestas anuales sobre percepción de equidad en tratamiento) e innovación colaborativa (¿surgen nuevos servicios o productos del ecosistema que ningún actor habría creado solo?)

La implementación exitosa sigue un enfoque iterativo: (1) iniciar con casos de uso de bajo riesgo donde los beneficios son evidentes, (2) expandir gradualmente a procesos más sensibles conforme se construye historial de colaboración, (3) mantener transparen-

cia radical sobre decisiones de gobernanza y uso de datos, y (4) establecer mecanismos de auditoría independiente que verifiquen el cumplimiento de acuerdos.

Comprender estos mecanismos de gobernanza es esencial, pero también lo es conocer dónde la tecnología blockchain está generando mayor impacto actualmente.

Sectores de mayor impacto

La adopción de blockchain muestra patrones diferenciados según sectores industriales, con algunos experimentando transformaciones más profundas que otros. La Tabla 2 presenta los casos más paradigmáticos de implementación exitosa:

Tabla 2. Casos Paradigmáticos de Blockchain en Supply Chain Management

Empresa	Sector	Período	Tecnología	Beneficio Principal	Resultado Cuantificable
Walmart	Alimentario	2016-presente	Hyperledger Fabric	Trazabilidad instantánea	7 días → 2.2 segundos
Maersk TradeLens	Logística Marítima	2018-2023	IBM Blockchain	Colaboración industrial	50% tráfico global contenedores
De Beers	Diamantes	2018-presente	Blockchain privada	Certificación ética	100 diamantes de alto valor
Nestlé	Café	2019-presente	IBM Food Trust	Transparencia origen	Trazabilidad granjataza completa
Walmart Canada	Transporte	2019-presente	DLT Labs	Automatización pagos	Eliminación 100% disputas facturación
Sandhya Aqua	Camarones	2019-presente	IBM Food Trust	Cumplimiento regulatorio	Certificación export a EE.UU.

Fuente: Elaboración propia basada en reportes corporativos y estudios especializados

El sector alimentario lidera la adopción debido a regulaciones estrictas de seguridad alimentaria y demandas crecientes de transparencia por parte de consumidores (The Food Tech, 2024). Empresas como Nestlé utilizan blockchain para rastrear la cadena de suministro del café, permitiendo a los consumidores conocer el origen exacto de sus productos y las condiciones de cultivo.

La industria farmacéutica emplea blockchain para combatir la falsificación de medica-

mentos, un problema que afecta aproximadamente al 10% del suministro global de fármacos. La trazabilidad inmutable desde la manufactura hasta el punto de venta permite verificar la autenticidad de los medicamentos y garantizar la integridad de la cadena de frío.

El sector textil utiliza blockchain para abordar preocupaciones sobre condiciones laborales y sostenibilidad ambiental. Marcas como C&A y H&M experimentan con siste-

mas que permiten a los consumidores rastrear el origen de las prendas y verificar que fueron producidas bajo estándares éticos. La industria logística adopta blockchain para optimizar operaciones de transporte multimodal, mejorar la gestión documental y facilitar los pagos automáticos (Trinetix Corporation, 2025). Empresas como FedEx participan en iniciativas como la Blockchain in Transport Alliance (BiTA) para desarrollar estándares industriales.

IV. Impactos estratégicos multidimensionales

La implementación de blockchain en cadenas de suministro genera impactos transformadores que trascienden las mejoras operacionales tradicionales (Wheel Hub, 2024). Los principales beneficios por dimensión estratégica se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3. Matriz de Impactos Estratégicos de Blockchain en Supply Chain

Dimensión	Beneficios Específicos	Métricas de Impacto	Casos de Referencia
Operacional	Reducción tiempos verificación	-95% tiempo trazabilidad	Walmart (mangos)
	Eliminación intermediarios	-30% costos transacción	Walmart Canada (transportes)
	Automatización contratos	100% pagos automáticos	Múltiples sectores
Competitiva	Diferenciación por transparencia	+25% preferencia consumidor	Industria alimentaria
	Construcción confianza stakeholders	+40% satisfacción proveedores	Maersk TradeLens
	Nuevos modelos de negocio	Servicios de certificación	De Beers, Nestlé
Sostenibilidad	Trazabilidad origen ético	100% productos verificados	Sector textil, diamantes
	Reducción huella carbono	-15% emisiones supply chain	Industrias manufactureras
	Compliance regulatorio	Auditorías automatizadas	Sector farmacéutico
Financiera	Optimización capital trabajo	-20% inventarios seguridad	Retail y manufactura
	Reducción riesgos operacionales	-50% disputas comerciales	Logística internacional
	Acceso nuevos mercados	Certificaciones premium	Productos orgánicos/éticos

Fuente: Elaboración propia basada en análisis de casos de estudio y reportes sectoriales

Dimensión operacional: Eficiencia y automatización

La reducción de tiempos de verificación constituye uno de los beneficios más inmediatos: procesos que requerían días ahora se ejecutan en minutos o segundos. Los contratos

inteligentes automatizan este avance eliminando intermediarios innecesarios y permitiendo verificación automática y continua. En Walmart Canadá, implementar blockchain para pagos a 70 transportistas externos eliminó virtualmente todas las disputas de

facturación que anteriormente consumían recursos significativos.

Dimensión competitiva: Diferenciación y confianza

Blockchain permite desarrollar ventaja competitiva basada en transparencia. En mercados donde consumidores demandan información sobre origen y producción, la trazabilidad verificable es un diferenciador clave que genera confianza con proveedores, clientes, reguladores e inversionistas. Esta confianza se traduce en relaciones más sólidas, acceso preferencial a mercados regulados y mejor valoración de inversionistas enfocados en ESG.

Blockchain además habilita nuevos modelos de negocio basados en monetización de datos de trazabilidad y ecosistemas colaborativos de valor. Las empresas pueden ofrecer servicios de certificación, crear plataformas de intercambio de información o desarrollar productos financieros basados en transparencia operacional.

Dimensión de sostenibilidad: Transparencia ética y ambiental

La capacidad de blockchain para proporcionar trazabilidad completa desde el origen resulta fundamental para abordar crecientes demandas de sostenibilidad (Menon & Luo, 2024). Los consumidores, reguladores e inversionistas exigen información verificable sobre las condiciones laborales, el impacto ambiental y las prácticas éticas en las cadenas de suministro.

La trazabilidad de origen ético permite verificar que los productos fueron producidos bajo condiciones laborales justas, sin trabajo infantil y respetando derechos humanos. En industrias como la del cacao, diamantes y minerales para electrónicos, donde existen preocupaciones significativas sobre conflictos y explotación, blockchain proporciona herramientas para verificar el cumplimiento de estándares éticos.

La reducción de huella de carbono se facilita mediante el seguimiento preciso de emisiones en cada etapa de la cadena de suministro. Los datos inmutables sobre transporte,

manufactura y distribución permiten calcular con precisión las emisiones totales de carbono y identificar oportunidades de optimización. Algunas empresas utilizan esta información para ofrecer productos "carbono neutro" con certificación verificable.

El compliance con regulaciones ambientales se simplifica cuando las empresas pueden proporcionar registros detallados e inmutables de sus operaciones. Las auditorías regulatorias se vuelven más eficientes y confiables cuando los datos están registrados en blockchain desde el origen.

Dimensión financiera: Optimización de capital y gestión de riesgos

Los impactos financieros de blockchain en supply chain management se manifiestan en múltiples áreas que contribuyen directamente a la rentabilidad empresarial. La optimización de capital de trabajo resulta de la mayor visibilidad y predictibilidad de las operaciones. Las empresas pueden reducir inventarios de seguridad cuando tienen información precisa y en tiempo real sobre el estado de sus envíos y las capacidades de sus proveedores.

La reducción de costos de transacción deriva de la eliminación de intermediarios, la automatización de procesos de verificación y la reducción de disputas comerciales. Walmart Canada reportó ahorros significativos después de implementar blockchain para gestionar pagos a transportistas, eliminando prácticamente todas las disputas de facturación que anteriormente requerían recursos costosos para resolverse.

La mejora en gestión de riesgos permite a las empresas identificar y mitigar potenciales disruptores antes de que se materialicen. La visibilidad completa de la cadena de suministro facilita la identificación de proveedores únicos (single points of failure), la evaluación de riesgos geopolíticos y la planificación de contingencias.

Los nuevos productos financieros habilitados por blockchain incluyen financiamiento de cadena de suministro basado en datos verificables, seguros paramétricos que se

activan automáticamente bajo condiciones específicas y instrumentos de cobertura para riesgos operacionales.

V. Desafíos y barreras de implementación

Desafíos tecnológicos: Escalabilidad e integración

La escalabilidad representa uno de los desafíos técnicos más significativos para la adopción masiva de blockchain en cadenas de suministro globales (Pournader et al., 2020). Las redes blockchain tradicionales como Bitcoin y Ethereum procesan un número limitado de transacciones por segundo, insuficiente para manejar el volumen de datos generado por cadenas de suministro de empresas multinacionales. Aunque tecnologías como Hyperledger Fabric, utilizada por Walmart e IBM, ofrecen mejor rendimiento, la escalabilidad sigue siendo una preocupación para implementaciones que involucran miles de proveedores y millones de transacciones diarias.

La integración con sistemas heredados constituye otro obstáculo técnico complejo (Zhang et al., 2024). La mayoría de las empresas operan con sistemas ERP, WMS y TMS desarrollados durante décadas que no fueron diseñados para interactuar con tecnologías blockchain. La integración requiere inversiones significativas en desarrollo de interfaces, migración de datos y, frecuentemente, rediseño de procesos operacionales fundamentales.

El consumo energético de algunas implementaciones blockchain genera preocupaciones sobre sostenibilidad ambiental (Li et al., 2024). Aunque las redes privadas como Hyperledger Fabric son más eficientes energéticamente que las blockchains públicas, el procesamiento y almacenamiento de grandes volúmenes de datos siguen requiriendo recursos computacionales considerables.

La interoperabilidad entre diferentes plataformas blockchain representa un desafío emergente a medida que diferentes industrias y empresas adoptan soluciones incompatibles entre sí (Chang et al., 2024). La falta de estándares universales puede crear nue-

vos silos tecnológicos que limiten los beneficios de la colaboración interempresarial.

Desafíos organizacionales: Cambio cultural y coordinación

La resistencia al cambio cultural constituye frecuentemente el obstáculo más significativo para la adopción exitosa de blockchain. Las organizaciones han operado durante décadas con procesos establecidos, sistemas de control interno y relaciones de confianza basadas en contratos tradicionales y verificaciones manuales. La transición hacia sistemas automatizados y transparentes requiere cambios fundamentales en la cultura organizacional.

La inversión en capacitación representa un costo considerable que muchas organizaciones subestiman inicialmente. Los empleados deben desarrollar nuevas competencias técnicas para operar sistemas blockchain, interpretar datos descentralizados y gestionar procesos automatizados. La escasez de profesionales con experiencia en blockchain exacerba este desafío y aumenta los costos de implementación.

La coordinación entre múltiples actores de la cadena de suministro requiere niveles de colaboración sin precedentes. Como demostró el caso de TradeLens, lograr consenso entre competidores sobre estándares de datos, protocolos de gobernanza y distribución de costos y beneficios resulta extremadamente complejo. Las asimetrías de poder entre empresas grandes y pequeñas pueden crear dinámicas que favorezcan a algunos actores sobre otros.

La gestión del cambio organizacional debe abordar preocupaciones legítimas de empleados sobre el potencial impacto de la automatización en el empleo. La implementación exitosa requiere estrategias de comunicación claras, programas de reentrenamiento y, frecuentemente, redefinición de roles laborales.

Desafíos regulatorios: Marco legal en evolución

El marco regulatorio para blockchain en cadenas de suministro permanece en desarro-

llo en la mayoría de jurisdicciones, creando incertidumbre para las empresas que consideran implementaciones a largo plazo. Las regulaciones sobre protección de datos, como GDPR en Europa, crean tensiones con la inmutabilidad característica de blockchain, ya que los individuos tienen derecho a solicitar la eliminación de sus datos personales. Los estándares internacionales para blockchain en supply chain están fragmentados entre diferentes organizaciones como ISO, GS1 y diversas asociaciones industriales. Esta fragmentación puede resultar en implementaciones incompatibles que limiten los beneficios de la interoperabilidad global.

La responsabilidad legal en sistemas descentralizados plantea preguntas complejas sobre quién es responsable cuando ocurren errores, fraudes o violaciones de seguridad. Los marcos legales tradicionales fueron diseñados para sistemas centralizados con líneas claras de autoridad y responsabilidad.

Las regulaciones específicas por industria, como las de FDA para alimentos y medicamentos, deben evolucionar para reconocer y acomodar los registros blockchain como evidencia válida para propósitos de auditoría y compliance.

VI. Perspectivas futuras y reflexiones

Tendencias emergentes: Hacia ecosistemas inteligentes

El desarrollo de Blockchain as a Service (BaaS) representa una tendencia que democratizará el acceso a tecnologías blockchain para empresas de todos los tamaños. Proveedores como IBM, Amazon y Microsoft están desarrollando plataformas que permiten a las empresas implementar soluciones blockchain sin requerir conocimiento especializado técnico profundo.

Proyectos como Polkadot y Cosmos buscan crear puentes entre redes blockchain diferentes, permitiendo que datos y transacciones fluyan de manera fluida entre ecosistemas previamente aislados. En cadenas de suministro, esto permitirá que diferentes industrias y regiones colaboren más efectivamente.

La integración con economía circular representa una aplicación prometedora donde blockchain puede facilitar el seguimiento de materiales a través de múltiples ciclos de vida, desde producción inicial hasta reciclaje y reutilización. Esta capacidad resulta fundamental para cumplir objetivos de sostenibilidad y regulaciones emergentes sobre responsabilidad extendida del productor.

La convergencia de blockchain con inteligencia artificial, 5G y computación en los bordes creará capacidades transformadoras para cadenas de suministro (Wang et al., 2024; Pournader et al., 2020). Los algoritmos de IA podrán analizar datos blockchain en tiempo real para predecir disruptores, optimizar rutas y automatizar decisiones operacionales complejas

Implicaciones estratégicas para el management contemporáneo

La redefinición de ventajas competitivas en la era blockchain requiere que los directivos reconsideren fuentes tradicionales de diferenciación. La información asimétrica, que históricamente proporcionaba ventajas a empresas con mejor acceso a datos, se erosiona en ecosistemas blockchain transparentes. Las nuevas ventajas competitivas emergen de la capacidad para analizar e interpretar datos transparentes, crear experiencias superiores para clientes y construir ecosistemas colaborativos de valor.

Los criterios de selección de proveedores evolucionarán para incluir capacidades tecnológicas y disposición para participar en ecosistemas blockchain colaborativos. Las empresas priorizarán proveedores que puedan integrarse de manera fluida con sus sistemas blockchain y contribuir datos de alta calidad al ecosistema compartido.

La evolución hacia ecosistemas colaborativos requiere nuevos modelos de gobernanza que equilibren competencia y colaboración. Las empresas deberán desarrollar capacidades para competir en algunos aspectos mientras colaboran en otros, particularmente en áreas como estándares de datos, protocolos de seguridad y infraestructura compartida.

Reflexiones para directivos: Navegando la transformación

La decisión sobre cuándo y cómo abordar la adopción de blockchain requiere evaluación cuidadosa de múltiples factores. Las empresas en industrias altamente reguladas o con demandas significativas de trazabilidad enfrentan presiones más inmediatas para adoptar blockchain. Sin embargo, incluso empresas en sectores menos obvios pueden beneficiarse de mayor transparencia y eficiencia operacional.

Los factores críticos de éxito incluyen liderazgo ejecutivo comprometido, inversión adecuada en capacitación y gestión del cambio, selección cuidadosa de casos de uso iniciales y desarrollo de asociaciones estratégicas con proveedores de tecnología y otros actores de la cadena de suministro.

Las métricas de evaluación deben incluir tanto beneficios tangibles (reducción de costos, mejora de eficiencia, reducción de riesgos) como intangibles (mejora de reputación de marca, fortalecimiento de relaciones con stakeholders, preparación para futuras regulaciones). El retorno de inversión puede materializarse en diferentes horizontes temporales, requiriendo paciencia estratégica.

La construcción de capacidades internas debe balancear el desarrollo de conocimiento especializado técnico con la adquisición de habilidades de gestión de ecosistemas y colaboración inter-organizacional. Las empresas exitosas desarrollarán capacidades para gestionar tanto aspectos técnicos como relationales de implementaciones blockchain.

VII. Conclusiones: Hacia un nuevo paradigma

El análisis revela una conclusión central: blockchain es tecnológicamente viable pero estratégicamente compleja. Su valor tangible depende menos de capacidades técnicas y más de gobernanza efectiva. En contextos donde trazabilidad, transparencia y colaboración multi-organizacional son críticas, blockchain genera ventajas competitivas sostenibles—pero solo cuando las estructuras de gobernanza alinean incentivos de múltiples

participantes. Las industrias alimentarias, farmacéuticas y de productos éticos lideran adopción porque sus regulaciones exigen precisamente esto. El caso de TradeLens ilustra que éxito técnico (procesó 50% del tráfico marítimo global) no garantiza viabilidad comercial sin gobernanza colaborativa genuina.

Para la gestión empresarial contemporánea, blockchain representa tanto una oportunidad estratégica como un imperativo de competitividad futura (Linux Foundation, 2025). Las empresas que desarrollen capacidades blockchain de forma anticipada obtienen ventajas del pionero en sus industrias, mientras que aquellas que retrasen excesivamente la adopción enfrentarán desventajas crecientes en eficiencia, transparencia y capacidad de colaboración.

Las recomendaciones estratégicas incluyen comenzar con proyectos piloto en áreas de alto impacto, invertir en desarrollo de capacidades internas, establecer alianzas estratégicas con proveedores de tecnología y otros actores de la cadena de suministro, y participar activamente en el desarrollo de estándares industriales.

La agenda de investigación futura debe abordar la evolución de modelos de gobernanza para ecosistemas blockchain multi-empresa, el desarrollo de métricas comprehensivas para evaluar el retorno de inversión en implementaciones blockchain, la integración de blockchain con tecnologías emergentes como inteligencia artificial e IoT, y el impacto de blockchain en la reconfiguración de industrias completas.

El paradigma emergente es claro: las cadenas de suministro del futuro serán redes inteligentes, transparentes y colaborativas donde blockchain proporciona infraestructura de confianza. Las empresas que adopten anticipadamente estas estructuras colaborativas no solo obtendrán ventajas competitivas inmediatas, sino que liderarán la transformación de sus industrias en una economía global cada vez más digital, transparente y colaborativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chang, S., Luo, H., & Chen, W. (2024). Interoperability challenges in blockchain-enabled supply chains: A multi-platform analysis. *International Journal of Production Economics*, 267, 108-124. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.108124>
- Cui, L., Wang, S., & Deng, J. (2024). Food traceability systems using blockchain: A comprehensive review of implementation strategies. *Food Policy*, 118, 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2024.102115>
- Gelhard, C., & Von Delft, S. (2021). Building inter-organizational trust in platform ecosystems: The role of governance mechanisms. *Strategic Management Journal*, 42(8), 1533-1557. <https://doi.org/10.1002/smj.3279>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2025). Integrating digital twin and blockchain for responsive working capital management in supply chains facing financial disruptions. *International Journal of Production Research*, 63(12), 1-18. <https://doi.org/10.1080/00207543.2025.2507112>
- Khan, N., Hossain, S., Khadka, U., & Sarkar, S. (2025). Blockchain in Supply Chain Management: Enhancing Transparency, Efficiency, and Trust. *Advanced International Journal of Multidisciplinary Research*, 2(5), 105-119. <https://doi.org/10.62127/aijmr.2024.v02i05.1105>
- Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>
- Li, X., Zhang, Y., & Kumar, A. (2024). Environmental sustainability of blockchain implementations in supply chain management: A lifecycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139-152. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.139152>
- Liu, S., Chen, H., & Wang, M. (2023). Blockchain Technology Applied to Supply Chain Management: A Systems' Analysis. *Mobile Information Systems*, 2023, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2023/6046503>
- Maersk, A.P. Moller. (2022, noviembre 29). A.P. Moller - Maersk and IBM to discontinue TradeLens, a blockchain-enabled global trade platform. *Maersk Press Release*. <https://www.maersk.com/news/articles/2022/11/29/maersk-and-ibm-to-discontinue-tradelens>
- Maritime Executive. (2022). Maersk and IBM Abandon Blockchain TradeLens Platform. *The Maritime Executive*. <https://maritime-executive.com/article/maersk-and-ibm-abandon-blockchain-tradelens-platform>
- Menon, S., & Luo, K. (2024). Blockchain adoption in supply chains: implications for sustainability. *Production Planning & Control*, 35(8), 699-722. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2296669>
- Naucher. (2022, diciembre 1). Maersk e IBM suspenden 'TradeLens', una plataforma de comercio global basada en blockchain. *Naucher Global*. <https://www.naucher.com/maersk-e-ibm-suspenden-tradelens-una-plataforma-de-comercio-global-basada-en-blockchain/>
- PierNext. (2023, enero 26). Por qué cierra TradeLens, la plataforma de blockchain de Maersk e IBM. *Port de Barcelona*. <https://piernext.portdebarcelona.cat/tecnologia/el-cierre-de-tradelens/>
- Pournader, M., Shi, Y., Seuring, S., & Koh, S. L. (2020). Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: A systematic review of the literature. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2063-2081. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650976>
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
- The Food Tech. (2024, julio 26). El futuro del etiquetado de alimentos: tecnología blockchain y trazabilidad. *The Food Tech Media*. <https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/el-futuro-del-etiquetado-de-alimentos-tecnologia-blockchain-y-trazabilidad/>
- Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Supply Chain Management*, 23(6), 545-559. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029>
- Trinetix Corporation. (2025). 6 Trends in Supply Chain Management to Watch in 2025. *Trinetix Insights*. <https://www.trinetix.com/en-nl/insights/logistics-and-supply-chain-trends>
- Walmart Technology. (2021, noviembre 30).

Blockchain in the food supply chain - What does the future look like? *Walmart Global Tech Blog*. https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/block-chain-in-the-food-supply-chain.html

- Wang, J., Li, M., & Zhao, X. (2024). Exploring the current status and future opportunities of blockchain technology adoption and application in supply chain management. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, 100-115. <https://doi.org/10.1016/j.clsrn.2024.100115>
- Zhang, Q., Chen, L., & Kumar, S. (2024). Blockchain technology in the supply chain: An integrated theoretical perspective of organizational adoption. *International Journal of Production Economics*, 267, 108-125. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.108125>