



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ESTADÍSTICA

CARRERA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN FINANZAS

TESIS

**Aplicaciones y Beneficios de la Tecnología Blockchain en el Sector Financiero
Latinoamericano: Eficiencia, Transparencia y Seguridad**

Autor: Aldana Paula Ferullo

Director: Marcelo Camerini

Fecha: Febrero 2025

Índice

1. Resumen	4
2. Abstract.....	5
3. Introducción	7
4. Marco teórico	8
4.1 Aspectos básicos de la Tecnología Blockchain	8
4.1.1 Origen y evolución	8
4.1.2 Análisis de la estructura y funcionamiento de Blockchain	10
4.1.3 Definiciones técnicas	12
4.1.4 Beneficios de la tecnología Blockchain en contraposición a los sistemas centralizados	13
4.1.5 Tipos de Tecnología Blockchain: Sistemas Privados y Públicos.....	17
4.1.6 Aspectos criptográficos fundamentales en la administración de la confianza.....	18
4.2 Aplicaciones en el sector financiero	23
5. Tokenización	27
5.1 Definición y conceptos básicos.....	27
5.2 ¿Qué tipo de activos se pueden tokenizar?	28
5.3 Ventajas y desafíos de la tokenización	30
5.4 Caso práctico: Agrotoken.....	34
6. Inclusión financiera y Blockchain en América Latina	35
6.1 Desafíos y oportunidades	35
6.2 Potencial de Blockchain para promover la inclusión financiera en América Latina.....	36
6.3 Enfoque regulatorio	39
6.3.1 Colombia.....	39
6.3.2 México.....	40
6.3.3 Brasil.....	41
6.3.4 Argentina	41

6.3.5 Bolivia, Perú y Paraguay	43
7. Conclusiones	46
8. Bibliografía	48

1. Resumen

La presente investigación examina la tecnología blockchain y su aplicación en el sector financiero, destacando su capacidad para transformar significativamente diversos procesos financieros. Blockchain, una tecnología distribuida y segura, se ha expandido más allá de su uso inicial en criptomonedas para incluir una variedad de aplicaciones financieras. El estudio aborda la hipótesis de que la adopción de blockchain no solo optimiza procesos operativos y reduce costos, sino que también fomenta la inclusión financiera en América Latina.

A partir de esta hipótesis, la investigación se estructura en torno a los siguientes objetivos:

Objetivo general: evaluar los beneficios y desafíos de la implementación de la tecnología blockchain en el sector financiero latinoamericano, con énfasis en su impacto en la eficiencia, transparencia y seguridad.

Objetivos específicos:

1. Analizar la estructura y funcionamiento de la tecnología blockchain en comparación con los sistemas financieros tradicionales.
2. Identificar los principales beneficios operativos y estratégicos de la implementación de blockchain en entidades financieras.
3. Evaluar el impacto de la tokenización de activos en la liquidez del mercado financiero.
4. Examinar el marco regulatorio de blockchain en distintos países latinoamericanos y sus implicaciones para su adopción.

El trabajo combina un análisis cualitativo y cuantitativo, evaluando casos prácticos y presentando evidencias empíricas concretas sobre el impacto de esta tecnología en la eficiencia operativa de las instituciones financieras. Entre los principales hallazgos se destacan la importancia de la tokenización de activos para mejorar la liquidez del mercado y la automatización de procesos mediante contratos inteligentes, que reducen costos y riesgos.

El estudio también examina los desafíos regulatorios y tecnológicos que limitan la adopción de blockchain en la región, así como estrategias para superarlos. Se concluye que una adopción estratégica de esta tecnología requiere un marco regulatorio claro, casos piloto exitosos y una mayor concienciación sobre sus beneficios.

Palabras clave: Blockchain – Tokenización – Contratos inteligentes – Inclusión financiera – Eficiencia financiera – América Latina

2. Abstract

The present research examines blockchain technology and its application in the financial sector, highlighting its ability to significantly transform various financial processes. Blockchain, a distributed and secure technology, has expanded beyond its initial use in cryptocurrencies to include a variety of financial applications. The study addresses the hypothesis that blockchain adoption not only optimizes operational processes and reduces costs but also promotes financial inclusion in Latin America.

Based on this hypothesis, the research is structured around the following objectives:

General Objective:

Evaluate the benefits and challenges of implementing blockchain technology in the Latin American financial sector, emphasizing its impact on efficiency, transparency, and security.

Specific Objectives:

1. Analyze the structure and functioning of blockchain technology compared to traditional financial systems.
2. Identify the main operational and strategic benefits of implementing blockchain in financial institutions.
3. Assess the impact of asset tokenization on the liquidity of the financial market.
4. Examine the regulatory framework for blockchain in different Latin American countries and its implications for adoption.

The research combines qualitative and quantitative analysis, evaluating practical cases and presenting concrete empirical evidence on the impact of this technology on the operational efficiency of financial institutions. Among the key findings are the importance of asset tokenization to improve market liquidity and process automation through smart contracts, which reduce costs and risks.

The study also examines the regulatory and technological challenges that limit blockchain adoption in the region, as well as strategies to overcome them. It concludes that a strategic adoption of this technology requires a clear regulatory framework, successful pilot cases, and greater awareness of its benefits.

Key words: Blockchain – Tokenization – Smart Contracts – Financial Inclusion – Financial Efficiency – Latin America

3. Introducción

En los últimos años, la tecnología blockchain ha emergido como una innovación disruptiva con el potencial de transformar numerosos sectores, particularmente el financiero. Este avance tecnológico, desde su concepción en el documento de Satoshi Nakamoto en 2008, ha evolucionado rápidamente y ha comenzado a ser explorado y adoptado más allá de las criptomonedas, encontrando usos en múltiples áreas como la tokenización de activos, la mejora en los procesos de pago, y la automatización de procesos de cumplimiento. Las características fundamentales de la blockchain, como la descentralización, la inmutabilidad y la transparencia, ofrecen una alternativa poderosa a los sistemas centralizados tradicionales, prometiendo mayor eficiencia y seguridad.

El objetivo de este trabajo es explorar las aplicaciones de la tecnología blockchain en el sector financiero latinoamericano, destacando sus beneficios, implicaciones regulatorias y los desafíos asociados. Este estudio propone evaluar cómo la tecnología puede optimizar procesos clave en el sector financiero, desde pagos y transferencias de dinero hasta la tokenización de activos, que tiene el potencial de revolucionar los mercados de capitales.

Para ello, la investigación combina un análisis cualitativo y cuantitativo. Un componente distintivo es el desarrollo de un Modelo Cuantitativo para la Comparación de Costos Financieros, el cual permite analizar las diferencias en términos monetarios entre servicios financieros centralizados (SFC) y descentralizados (SFD) mediante blockchain. Este modelo considera tres variables clave:

- Comisiones impuestas por intermediarios financieros
- Costos indirectos relacionados con la infraestructura de acceso
- Tiempo de procesamiento monetizado en términos de costo de oportunidad comercial

La presente tesis tiene como propósito proporcionar una visión comprensiva sobre el impacto de blockchain en el ámbito financiero y sus implicaciones futuras. A medida que el sector financiero continúa adaptándose a la era digital, blockchain se posiciona como una herramienta clave para redefinir normas y prácticas financieras, ofreciendo soluciones más robustas, seguras y eficientes.

4. Marco teórico

4.1 Aspectos básicos de la Tecnología Blockchain

4.1.1 Origen y evolución

El propósito inicial de esta sección es familiarizar al lector con los fundamentos que enmarcan la tecnología Blockchain, a través de la indagación de las interrogantes subsiguientes: ¿Qué constituye el concepto de Blockchain? ¿Cuáles son las instancias prácticas de aplicación? ¿Qué desafíos y resoluciones respaldan la capacidad efectiva de la tecnología Blockchain para intervenir?

Pero antes de abordar estos interrogantes, es pertinente realizar un breve análisis histórico: la tecnología Blockchain es una innovación relativamente reciente, cuyo origen se remonta al documento de Satoshi Nakamoto publicado en 2008 (Tapscott & Tapscott, 2016), apenas meses después del colapso de Lehman Brothers, hecho que marcó el inicio de la crisis financiera global. Este documento, titulado "*A Peer-to-Peer Electronic Cash System*", sienta las bases conceptuales y técnicas de lo que más tarde se conocería como Blockchain. Aunque en sus ocho páginas no se menciona explícitamente el término "blockchain", se describe detalladamente la tecnología subyacente y el software necesario para formalizar y poner en marcha la criptomoneda Bitcoin. Esta tecnología subyacente, que permite la existencia de un sistema de efectivo electrónico descentralizado, es la que posteriormente se identificó y nombró como "Blockchain" (Swan, 2015).

En este punto, es natural preguntarse: "¿Se refiere Blockchain exclusivamente a Bitcoin?" La respuesta es un rotundo no (Tapscott & Tapscott, 2016). Si bien es cierto que el concepto de Blockchain se gestó en el contexto de Bitcoin, sus aplicaciones van mucho más allá. En la actualidad, se utiliza y se aplica en una variedad de contextos diversos, los cuales examinaremos en el transcurso de este estudio.

Retomando el hilo histórico, para comprender la esencia de esta tecnología, es necesario remontarse aproximadamente dos siglos atrás, a aquellos períodos en los que se empleaban libros de contabilidad físicos para llevar un registro de cuentas y transacciones económicas (Torras & Castellana, 2024).

En aquel momento (y, en efecto, incluso en la actualidad), los libros de contabilidad constituían un medio excelente para establecer un registro permanente, lo cual resultaba útil, por ejemplo, para rastrear las operaciones de una cuenta bancaria. Para lograrlo, se comenzaba el registro

con un saldo inicial y, posteriormente, se añadían nuevas entradas al libro mayor con el fin de documentar cada débito o crédito adicional. De este modo, el libro mayor respaldaba la totalidad de esta "historia", proporcionando información sobre la fecha, la cuantía y las partes involucradas en cada transacción (Accenture, 2020).

Sin embargo, es común que estas transacciones no sean registradas en un único registro contable físico, sino que cada parte involucrada mantiene sus propios registros. La ausencia de un formato electrónico para llevar a cabo esta contabilidad conlleva diversas complicaciones potenciales, incluyendo la posibilidad de pérdida, deterioro o incluso la introducción de información incorrecta (tanto por errores humanos como intencionales). No obstante, el riesgo más significativo reside en la posibilidad de inconsistencias en los registros contables cuando se tratan transacciones entre distintas partes (Accenture, 2020).

Con el propósito de mitigar este riesgo, en el pasado, las partes solían convenir en la participación de un tercero imparcial y confiable. En lugar de llevar a cabo una transacción directa entre el comprador y el vendedor, lo cual conlleva a menudo la posibilidad de engaño mutuo, ambas partes acordaban utilizar los servicios de este tercero, quien estaría plenamente informado sobre todos los aspectos de la transacción. Todos los flujos de documentación o fondos se canalizarían a través de esta tercera entidad. Sin embargo, este enfoque plantea la problemática de incurrir en un costo adicional al involucrar a un tercero y, en muchas situaciones, provoca demoras en la ejecución de cada transacción (Accenture, 2020).

Por lo tanto, si gran parte de la necesidad de un intermediario surge de la cuestión fundamental de que, para prevenir desacuerdos actuales o futuros, así como posibles fraudes, es necesario contar con una entidad que ejerza como única autoridad veraz, surge la pregunta: ¿qué sucedería si todo lo que registro en mi libro mayor se reflejara de manera automática en el libro mayor de la otra parte involucrada y viceversa? ¿Cómo sería si pudiéramos disponer de un libro mayor compartido, incorruptible, seguro y validado, convirtiendo así el libro mayor en la fuente de autoridad? Si esto fuera factible, la intervención de un tercero dejaría de ser necesaria, resultando en un proceso más eficiente y económico (Accenture, 2020).

Y ¿qué ocurriría si este registro contable no estuviera limitado únicamente a las partes directamente involucradas en la transacción, sino que fuera completamente público? En tal caso, no sería necesario confiar en cada entidad individual, ni siquiera requeriría que ambas partes se conocieran mutuamente, siempre y cuando todos pudieran confiar en este libro mayor compartido

como la fuente única y fidedigna de información. Esta es precisamente la función de la tecnología blockchain (Accenture, 2020).

4.1.2 Análisis de la estructura y funcionamiento de Blockchain

Tal como se mencionó anteriormente, en el contexto financiero actual, la tecnología blockchain ha surgido como una innovación revolucionaria que promete transformar la forma en que se realizan y registran las transacciones. Para comprender plenamente el potencial y las implicaciones de esta tecnología, es crucial realizar un análisis exhaustivo de su estructura y funcionamiento.

La tecnología blockchain, o cadena de bloques, es una base de datos distribuida sin un punto centralizado, encriptada y con un componente dinámico. La cadena se incrementa con cada nuevo bloque, y cada paquete de datos debe ser validado de manera descentralizada por un conjunto de ordenadores o servidores, denominados nodos, antes de integrarse a la cadena. Esta dinámica y descentralización hacen que la tecnología sea altamente eficiente para almacenar datos en orden cronológico, sin posibilidad de revisión o modificación (Torras & Castellana, 2024).

Cada cadena de bloques constituye una base de datos distribuida que puede considerarse como una versión más sofisticada y mejorada de Internet, con un propósito específico. Ejemplos notables de esta tecnología incluyen Bitcoin y Ethereum, cada uno de los cuales está compuesto por un conjunto de nodos. Estos nodos utilizan un sistema de comunicación común, conocido como protocolo, para validar y añadir nueva información a la red. Con cada nuevo bloque –ya sea una transacción, actualización o dato–, la cadena se actualiza completamente y es validada por todos los usuarios mediante este protocolo, asegurando que todas las transacciones sean registradas de manera segura y transparente (Torras & Castellana, 2024).

Cada base de datos blockchain, como Bitcoin, funciona como un gran libro contable abierto (Distributed Ledger Technologies), seguro y que utiliza técnicas avanzadas de encriptación para prevenir la manipulación. Esto proporciona gran seguridad, transparencia y trazabilidad de los datos para todos los usuarios, lo que explica su enorme potencial y múltiples aplicaciones (Torras & Castellana, 2024).

Cada red blockchain opera bajo su propio consenso, es decir, un conjunto de normas y reglas que determinan el funcionamiento de la cadena de bloques para todos los usuarios. Este consenso permite la verificación de datos de forma distribuida, ofreciendo un nivel de control y

transparencia sin precedentes en comparación con las grandes bases de datos centralizadas, que suelen ser más opacas (Torras & Castellana, 2024).

El funcionamiento de un blockchain se basa en varios principios clave. En primer lugar, la descentralización asegura que no existe una autoridad central que controle la red, lo que elimina la necesidad de confiar en terceros y reduce el riesgo de manipulación o censura (Buterin, 2014). En segundo lugar, el consenso distribuido garantiza que todos los nodos de la red lleguen a un acuerdo sobre el estado de la cadena, mediante algoritmos de consenso como Prueba de Trabajo (PoW)¹ o Prueba de Participación (PoS)² (Bonneau, y otros, 2015). Este proceso de consenso garantiza la seguridad y la inmutabilidad de la cadena al hacer que sea extremadamente costoso o prácticamente imposible alterar los datos registrados.

Además, la tecnología blockchain utiliza técnicas avanzadas de criptografía para proteger la privacidad y la seguridad de las transacciones. Los algoritmos criptográficos garantizan la autenticidad de las transacciones, la confidencialidad de los datos y la integridad de la información almacenada en la cadena (Narayanan, Bonneau, & Felten, 2016).

En este sentido, esta tecnología es fundamental para garantizar, por ejemplo, que un Bitcoin pertenece a un usuario específico y a nadie más. Esto es posible gracias a su naturaleza dinámica, que permite alinear el mundo digital con la realidad y la naturaleza de los procesos de mercado, que son dinámicos por definición. (Torras & Castellana, 2024).

Asimismo, los contratos inteligentes, que son programas informáticos autónomos ejecutados en la blockchain, permiten automatizar y garantizar el cumplimiento de acuerdos y transacciones sin la necesidad de intermediarios (Szabo, 1994).

En el contexto financiero, el análisis de la estructura y el funcionamiento de blockchain revela su potencial para revolucionar diversos aspectos de la industria. Desde la simplificación y la

¹ La *Prueba de Trabajo (PoW)* es un protocolo en el que los nodos de la red (mineros) compiten para resolver complejos problemas matemáticos. El primer nodo en resolver el problema tiene el derecho de agregar el siguiente bloque a la cadena y recibe una recompensa. Este proceso requiere una considerable cantidad de potencia computacional y energía, lo que hace que sea costoso y difícil alterar la cadena de bloques. "El protocolo PoW asegura la seguridad del blockchain al hacer que los intentos de manipulación de la cadena sean prohibitivamente costosos (Bonneau, y otros, 2015).

² La *Prueba de Participación (PoS)* selecciona a los validadores de nuevos bloques en función de la cantidad de criptomonedas que poseen y están dispuestos a "poner en juego" (stake). En lugar de competir en una carrera de poder computacional, los nodos son seleccionados de acuerdo con su participación en la red, lo que reduce significativamente el consumo de energía. "El PoS reduce los requisitos energéticos del blockchain al eliminar la necesidad de resolver problemas computacionales complejos, centrándose en la cantidad de criptomonedas apostadas por los nodos" (Narayanan, Bonneau, & Felten, 2016).

aceleración de los procesos de liquidación y compensación de transacciones hasta la creación de nuevos modelos de financiamiento descentralizado, blockchain ofrece numerosas oportunidades para aumentar la eficiencia, reducir los costos y mejorar la transparencia en los mercados financieros (The World Economic Forum, 2016).

Más adelante, se presentará un ejemplo práctico para ilustrar cómo funciona blockchain en la vida real.

4.1.3 Definiciones técnicas

En cuanto a la definición de la tecnología blockchain, se recurre a términos y conceptos establecidos por expertos en el campo. Según Swan (2015), esta tecnología se describe como un registro contable descentralizado y transparente que almacena información sobre las transacciones. Este registro se comparte entre todos los nodos de la red, se actualiza mediante la labor de los mineros, se supervisa de manera colectiva y no está sujeto a la propiedad o control de ninguna entidad específica. En esencia, se asemeja a una extensa hoja de cálculo interactiva de acceso público, actualizable por todos, y garantiza la singularidad de las transacciones digitales que transfieren fondos.

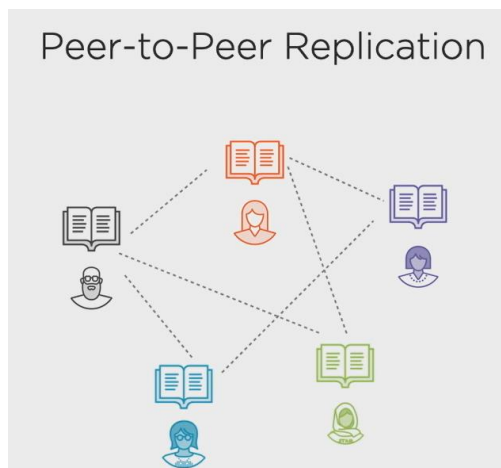
Según Tapscott y Tapscott (2016), la tecnología Blockchain puede verse como *"la segunda era de Internet"*, donde no solo se intercambia información, sino también valor y activos de manera segura y transparente.

Por otro lado, el Institute of International Finance (2015) lo define como un sistema contable distribuido, descentralizado y cifrado, accesible al público, en el cual los individuos pueden almacenar datos y llevar a cabo transacciones de forma segura, sin necesidad de intermediarios. La información relacionada con las transacciones no se almacena en un repositorio centralizado, sino que se representa a través de registros de transacciones en un libro mayor global, aprovechando la infraestructura de una extensa red peer-to-peer para verificar y validar dichas transacciones.

Podemos decir que el propósito fundamental de esta tecnología consiste en establecer un registro digital distribuido, una red compartida de información que se replica en numerosas computadoras distintas. Cuando una persona agrega una nueva transacción a este libro mayor, dicha transacción se replica de manera automática en los registros de todos los participantes (o nodos, según los denominaremos en adelante), tal como se ilustra en la imagen siguiente:

Figura 1

Mecanismo de Replicación Distribuida en Redes Blockchain



Fuente: Accenture (2020).

4.1.4 Beneficios de la tecnología Blockchain en contraposición a los sistemas centralizados

La tecnología de la cadena de bloques presenta múltiples beneficios sobre los sistemas centralizados, particularmente en el ámbito financiero. Estas ventajas abarcan desde una mayor seguridad hasta una transparencia mejorada y una mayor eficiencia operativa.

- I. **Seguridad:** una de las características más destacadas de blockchain es su robustez en términos de seguridad. En un sistema centralizado, los datos se almacenan en un único punto, lo que lo hace vulnerable a ataques y manipulaciones. En contraste, la cadena de bloques utiliza un sistema de registro distribuido donde cada transacción es validada por múltiples nodos en la red antes de ser añadida a la cadena. Este mecanismo de validación descentralizada dificulta considerablemente cualquier intento de alterar los datos, haciendo el sistema altamente seguro (Narayanan, Bonneau, & Felten, 2016).
- II. **Transparencia y trazabilidad:** la transparencia es otro beneficio significativo de esta tecnología. En los sistemas centralizados, la información es controlada y accesible únicamente por una entidad central, lo que puede generar falta de confianza y opacidad en las operaciones. Con blockchain, cada transacción se registra en un libro contable público que puede ser verificado por cualquier usuario de la red. Esto no solo aumenta la transparencia, sino que también permite una trazabilidad completa de todas las transacciones realizadas, facilitando auditorías y reduciendo el riesgo de fraude (The World Economic Forum, 2016). En otras palabras, gracias a esta

- tecnología, dos partes comerciales que realizan una transacción no necesitarían mantener su propio registro de la transacción y usarían el blockchain como una única fuente de verdad (Deloitte, 2018).
- III. **Eficiencia operativa:** la cadena de bloques también mejora la eficiencia operativa al eliminar la necesidad de intermediarios. En un sistema financiero tradicional, las transacciones suelen requerir la intervención de múltiples entidades para verificar y procesar la información, lo que incrementa los costos y retrasa los tiempos de liquidación. Blockchain, al permitir transacciones directas entre las partes involucradas, reduce significativamente estos tiempos y costos operativos. Además, los contratos inteligentes o *smart contracts* pueden automatizar la ejecución de acuerdos contractuales, eliminando la necesidad de intermediarios adicionales (Szabo, 1994).
 - IV. **Descentralización y resiliencia:** la descentralización inherente a la tecnología de la cadena de bloques asegura que no exista un punto único de falla. En un sistema centralizado, una interrupción o fallo en el servidor central puede paralizar toda la red. Blockchain, al estar distribuido entre múltiples nodos, es mucho más resiliente. Incluso si un nodo falla, los otros continúan operando y manteniendo la integridad de la cadena (Buterin, 2014).
 - V. **Acceso inclusivo:** Blockchain puede ofrecer soluciones inclusivas para aquellos sin acceso a servicios financieros tradicionales. En muchos casos, los sistemas centralizados excluyen a individuos y pequeñas empresas debido a barreras geográficas o requisitos estrictos. Las plataformas basadas en esta tecnología pueden proporcionar acceso a servicios financieros a un costo mucho menor y con mayor facilidad, promoviendo la inclusión financiera a nivel global (Bonneau, y otros, 2015).
 - VI. **Reducción del riesgo de manipulación:** La naturaleza inmutable de la cadena de bloques asegura que una vez que los datos son registrados, no pueden ser modificados o eliminados sin el consenso de la red. Esto contrasta con los sistemas centralizados, donde los administradores pueden alterar los registros, potencialmente llevando a corrupción o manipulación de datos. La inmutabilidad de blockchain asegura un alto grado de integridad de los datos (Narayanan, Bonneau, & Felten, 2016).

Tal como se puede observar, la tecnología blockchain ofrece ventajas sustanciales en términos de seguridad, transparencia, eficiencia operativa, resiliencia, inclusión financiera y reducción del

riesgo de manipulación. Estas características no solo superan las limitaciones de los sistemas centralizados, sino que también presentan nuevas oportunidades para revolucionar diversos sectores, especialmente el financiero. Al adoptar esta tecnología, las instituciones financieras pueden mejorar significativamente la confianza y eficiencia en sus operaciones, preparándose para un futuro más seguro y transparente en el ámbito digital.

A continuación, y a modo de resumen, se incluye un cuadro comparativo con el fin de exponer los aspectos fundamentales de los sistemas centralizados y descentralizados con el objetivo de discernir las ventajas inherentes al sistema descentralizado:

Tabla 1

Diferencias entre Sistema centralizados y Sistemas descentralizados

Aspecto	Sistema centralizado	Sistema descentralizado (Blockchain)
Administración de la información	Se cuenta con un administrador de la información	Los datos están distribuidos de manera descentralizada
Sistema de seguridad	El administrador tiene la obligación de establecer un sistema de seguridad con el propósito de salvaguardar la información. La configuración de los protocolos de seguridad recae en la responsabilidad del administrador o de un tercero designado por este, sin que esta designación exima al administrador de su responsabilidad principal.	Se emplea un sistema criptográfico que puede variar a través de los métodos de claves públicas y privadas
Transparencia	El administrador define los procedimientos mediante los cuales los participantes obtienen acceso a la totalidad de la información dentro de los protocolos específicamente establecidos con ese propósito	Los participantes del sistema tienen la posibilidad de acceder a la información y verificarla a través de la cadena de bloques.
Costos	Se incurren en gastos relacionados con la infraestructura tecnológica y en el ámbito de la ciberseguridad necesarios para que el administrador central gestione la información de manera adecuada.	Se produce una disminución en los gastos, dado que la gestión de la información es sustituida por algoritmos codificados que, a través de nodos, procesan y validan la información de manera autónoma para cada transacción
Alterabilidad de la información	Su efectividad está vinculada a las soluciones tecnológicas de ciberseguridad en posesión del administrador, las cuales no están exentas de ser vulnerables a ataques cibernéticos	Debido a la descentralización de la información, que se estructura en bloques mediante procesos algorítmicos, resulta más complejo llevar a cabo la manipulación o alteración de dichos datos.

Fuente: Elaborada sobre la base de Corredor Higuera & Díaz Guzmán (2018).

4.1.5 Tipos de Tecnología Blockchain: Sistemas Privados y Públicos

Desde una perspectiva técnica, este sistema, basado en la confianza y el consenso, se desarrolla a partir de una red mundial de computadoras que administra una inmensa base de datos. Esta base de datos puede ser accesible para cualquier persona interesada (lo que se conoce como una "blockchain pública") o restringida a un grupo específico de participantes (como en el caso de una "blockchain privada") (Preukschat, Kuchkovsky, Gómez Lardies, Díez García, & Molero, 2017).

Las blockchains públicas son redes distribuidas que cualquier persona puede unirse y participar. Estas redes utilizan un protocolo compartido y aceptado por todos los usuarios, permitiendo registrar transacciones en un libro mayor (ledger) de la base de datos. Cada transacción registrada es inmutable, pero todos los participantes pueden verificar los cambios realizados de manera independiente y mediante consenso conjunto (Preukschat, Kuchkovsky, Gómez Lardies, Díez García, & Molero, 2017).

Ejemplos prominentes de blockchain pública incluyen Bitcoin y Ethereum, donde cualquier usuario puede convertirse en un nodo y participar en la validación de transacciones. La transparencia es un pilar fundamental de este tipo de redes, ya que todas las transacciones son accesibles y verificables por cualquier persona, promoviendo un alto nivel de confianza y seguridad.

Las blockchains privadas, en contraste, están restringidas a un grupo específico de participantes. En estos sistemas, no todos los datos inscritos en la cadena son de difusión pública, y solo los usuarios autorizados pueden acceder y consultar todas o algunas de las transacciones realizadas (Maldonado, 2024).

En una blockchain privada, los individuos que forman parte de la red siguen un protocolo predefinido que determina quién puede registrar y validar transacciones. Este tipo de configuración puede presentar un mayor grado de centralización y el número de nodos puede estar limitado según lo decidan los promotores. Por ejemplo, una empresa puede utilizar una blockchain privada para gestionar de manera segura y eficiente sus operaciones internas, permitiendo solo a sus empleados o socios comerciales autorizados el acceso a la información relevante.

Desde una perspectiva técnica, ambas configuraciones se desarrollan a partir de una red mundial de computadoras que administra una inmensa base de datos basada en la confianza y el consenso. Esta base de datos puede ser accesible públicamente o restringida a usuarios

específicos. En cualquier caso, no se requiere la intervención de una entidad central para supervisar o validar los procedimientos, lo que asegura un alto grado de integridad y transparencia (Preukschat, Kuchkovsky, Gómez Lardies, Díez García, & Molero, 2017).

Las blockchains públicas ofrecen máxima transparencia y descentralización, siendo ideales para aplicaciones donde la confianza en una entidad central no es deseable. Sin embargo, también suelen requerir mayores recursos computacionales debido al mecanismo de consenso que emplean, como la Prueba de Trabajo (PoW) (Narayanan, Bonneau, & Felten, 2016).

Por otro lado, las blockchains privadas pueden ser más eficientes y adecuadas para aplicaciones empresariales donde la privacidad y el control sobre la información son cruciales. Estas redes pueden operar bajo la Prueba de Participación (PoS) u otros mecanismos de consenso más eficientes, reduciendo el consumo de energía y aumentando la velocidad de las transacciones (Preukschat, Kuchkovsky, Gómez Lardies, Díez García, & Molero, 2017).

En el sector financiero, las blockchains públicas pueden utilizarse para crear criptomonedas y plataformas de intercambio que requieren la máxima transparencia y descentralización. Las blockchains privadas, por otro lado, son útiles para sistemas internos de bancos y empresas financieras, donde la privacidad y el control sobre la información son vitales. Por ejemplo, un consorcio de bancos puede crear una blockchain privada para compartir información de manera segura y eficiente entre ellos, sin comprometer la privacidad de los datos sensibles de los clientes (Preukschat, Kuchkovsky, Gómez Lardies, Díez García, & Molero, 2017).

4.1.6 Aspectos criptográficos fundamentales en la administración de la confianza

El término “confianza” no es fácil de definir, no obstante, procederemos a sintetizar nuestra intención al utilizar el término “confianza” dentro del contexto de sistemas de información y comunicación. En esta instancia, emplearemos este concepto para referirnos al acto mediante el cual una entidad (ya sea una persona, organización o máquina) confiere legitimidad a otra entidad al llevar a cabo una operación en relación con un conjunto de datos. Este respaldo implica una externalización en la generación y salvaguardia de información, y constituye el cimiento sobre el cual se han desarrollado diversas Tecnologías de la Información y Comunicación. Por lo tanto, la adecuada operatividad de los sistemas de información y comunicación depende de manera fundamental de la confiabilidad en la procedencia y contenido de los datos (Arroyo Guardado, Díaz Vico, & Hernández Encinas, 2019).

En el presente apartado, abordaremos la definición y análisis de los mecanismos criptográficos indispensables para la comprensión de los principios fundamentales de las cadenas de bloques.

Estos mecanismos tienen como finalidad asegurar, a través de protocolos criptográficos, que los datos almacenados o transmitidos por cualquier medio permanezcan intactos y provengan de la fuente que afirma ser su emisor.

La herramienta principal empleada en Blockchain para garantizar la integridad de la información es el "hash criptográfico" o función de hash criptográfica. Esta herramienta actúa como una firma breve o huella digital de los datos, ofreciendo una capa adicional de verificación para asegurar la integridad de los datos originales y su ausencia de alteraciones (Accenture, 2020).

Ahora bien, ¿cómo podemos abordar conceptualmente y qué atributos confieren a estas funciones resumen (o "hash", en inglés) su relevancia en el contexto de la tecnología Blockchain?

En términos concisos, una función resumen puede ser definida como aquella capacidad de transformar información o mensaje de variadas longitudes en bits en otro de dimensiones predefinidas (Fúster Sabater, 2012). El producto de esta transformación es conocido como resumen o función hash.

Inicialmente, se propusieron las funciones resumen para su implementación en los protocolos de firma electrónica, con el objetivo de mejorar su eficiencia. Esto se lograba mediante la estrategia de firmar no el mensaje original, sino el resultado de aplicar una función resumen al mismo. En otras palabras, se firmaba un resumen del mensaje. Dado que este resumen tiene una longitud significativamente menor, se agilizaba tanto el proceso de firma, al simplificar los cálculos, como la transmisión de la firma, ya que requería menos ancho de banda (Arroyo Guardado, Díaz Vico, & Hernández Encinas, 2019)

Después de su uso inicial en protocolos de firma electrónica, las funciones resumen han sido ampliamente aplicadas en diversos contextos relacionados con la protección de la información. Específicamente, se han empleado para garantizar la integridad de los datos en una variedad de campos (Arroyo Guardado, Díaz Vico, & Hernández Encinas, 2019).

Con el propósito de familiarizar al lector con la aplicación de la función hash, se presentará un ejemplo intencionalmente sencillo:

Se empleará una frase simple como dato, la cual será resumida mediante la sustitución de las letras por números correspondientes a su posición en el alfabeto:

B	L	O	C	K	C	H	A	I	N		E	S		M	U	C	H	O		M	Á	S		Q	U	E		S	Ó	L	O		B	I	T	C	O	I	N	.
2	12	15	3	11	3	8	1	9	14	27	5	19	27	13	21	3	8	15	27	13	1	19	27	17	21	5	27	19	15	12	15	27	2	9	20	3	15	9	14	28

Posteriormente, seleccionaré de forma alterna números a partir del segundo, y los sumaré:

B	L	O	C	K	C	H	A	I	N	E	S	M	U	C	H	O	M	Á	S	Q	U	E	S	Ó	L	O	B	I	T	C	O	I	N	.						
2	12	15	3	11	3	8	1	9	14	27	5	19	27	13	21	3	8	15	27	13	1	19	27	17	21	5	27	19	15	12	15	27	2	9	20	3	15	9	14	28

12 + 3 + 3 + 1 + 14 + 5 + 27 + 21 + 8 + 27 + 1 + 27 + 21 + 27 + 15 + 15 + 2 + 20 + 15 + 14 = 278

En la siguiente etapa, sumaré los números no elegidos en el paso anterior.:

B	L	O	C	K	C	H	A	I	N	E	S	M	U	C	H	O	M	Á	S	Q	U	E	S	Ó	L	O	B	I	T	C	O	I	N	.						
2	12	15	3	11	3	8	1	9	14	27	5	19	27	13	21	3	8	15	27	13	1	19	27	17	21	5	27	19	15	12	15	27	2	9	20	3	15	9	14	28

2 + 15 + 11 + 8 + 9 + 27 + 19 + 13 + 3 + 15 + 13 + 19 + 17 + 5 + 19 + 12 + 27 + 9 + 3 + 9 + 28 = 283

A continuación, invertiré la posición de ambos números resultantes:

B	L	O	C	K	C	H	A	I	N	E	S	M	U	C	H	O	M	Á	S	Q	U	E	S	Ó	L	O	B	I	T	C	O	I	N	.						
2	12	15	3	11	3	8	1	9	14	27	5	19	27	13	21	3	8	15	27	13	1	19	27	17	21	5	27	19	15	12	15	27	2	9	20	3	15	9	14	28

2 + 15 + 11 + 8 + 9 + 27 + 19 + 13 + 3 + 15 + 13 + 19 + 17 + 5 + 19 + 12 + 27 + 9 + 3 + 9 + 28 = 283
(382)

B	L	O	C	K	C	H	A	I	N	E	S	M	U	C	H	O	M	Á	S	Q	U	E	S	Ó	L	O	B	I	T	C	O	I	N	.						
2	12	15	3	11	3	8	1	9	14	27	5	19	27	13	21	3	8	15	27	13	1	19	27	17	21	5	27	19	15	12	15	27	2	9	20	3	15	9	14	28

12 + 3 + 3 + 1 + 14 + 5 + 27 + 21 + 8 + 27 + 1 + 27 + 21 + 27 + 15 + 15 + 2 + 20 + 15 + 14 = 278
(872)

Seguidamente, llevaré a cabo la multiplicación de ambos:

$$382 \times 872 = 333.104$$

Finalmente, convertiré cada número resultante en su letra correspondiente:

3	3	3	1	0	4
C	A	D			

Como resultado final, se obtendrá la frase cifrada:

3	3	3	1	0	4
3	C	3	A	0	D

Ahora bien, aunque pueda parecer que se han efectuado un conjunto considerable de cálculos aparentemente impredecibles y con un matiz prácticamente insustancial, el propósito fundamental radica en que cualquier resultado derivado de este proceso está íntegramente vinculado y determinado por los datos originales. Estos resultados, invariablemente, son reproducibles siempre y cuando emanen del mismo conjunto de datos originales (en este caso, de la misma oración) y se siga rigurosamente el procedimiento idéntico. Sin embargo, si se introdujera una modificación leve en los datos iniciales y se sometiera a este mismo proceso, el resultado obtenido sería completamente distinto.

Para ilustrar este punto, consideremos el siguiente escenario: si en la oración seleccionada reemplazamos la primera instancia de la letra "I" en "Bitcoin" por la letra "A", obtendríamos el resultado siguiente:

B	L	O	C	K	C	H	A	I	N		E	S		M	U	C	H	O		M	Á	S		Q	U	E		S	Ó	L	O		B	A	T	C	O	I	N	.
2	12	15	3	11	3	8	1	9	14	27	5	19	27	13	21	3	8	15	27	13	1	19	27	17	21	5	27	19	15	12	15	27	2	1	20	3	15	9	14	28
2 + 15 + 11 + 8 + 9 + 27 + 19 + 13 + 3 + 15 + 13 + 19 + 17 + 5 + 19 + 12 + 27 + 1 + 3 + 9 + 28 = 275																																								
(572)																																								
B	L	O	C	K	C	H	A	I	N		E	S		M	U	C	H	O		M	Á	S		Q	U	E		S	Ó	L	O		B	A	T	C	O	I	N	.
2	12	15	3	11	3	8	1	9	14	27	5	19	27	13	21	3	8	15	27	13	1	19	27	17	21	5	27	19	15	12	15	27	2	1	20	3	15	9	14	28
12 + 3 + 3 + 1 + 14 + 5 + 27 + 21 + 8 + 27 + 1 + 27 + 21 + 27 + 15 + 15 + 2 + 20 + 15 + 14 = 278																																								
(872)																																								

$$572 \times 872 = 498.784$$

4	9	8	7	8	4
4	I	8	G	8	D

Como se puede apreciar, el resultado obtenido en este caso difiere notablemente del hash original. En lugar de "3C3A0D", el nuevo resultado es "418G8D".

Es importante señalar que, en lugar de basarse en una oración, podría haberse optado por emplear como fuente primaria un extenso documento que conste de más de 700 páginas.

Es igualmente esencial recalcar que el proceso de hash no equivale a un cifrado en sí; es decir, una vez que se obtiene el resultado de hash, no existe viabilidad de descifrarlo para retroceder al contenido original. El proceso de hash carece de reversibilidad y esta característica no forma parte de su propósito inicial.

Ahora bien, ¿por qué seguimos este procedimiento si no es viable recuperar la información original? La razón radica, tal como lo mencionamos anteriormente, en que un valor de hash cumple la función de una concisa firma o huella digital de los datos, lo que se convierte en un método adicional para certificar que los datos originales han permanecido inalterados. Esto resulta especialmente útil cuando los datos se almacenan en diversas ubicaciones o se transmiten entre diferentes puntos. Mediante el simple acto de disponer de una copia del valor de hash, es posible verificar si los datos han sufrido modificaciones en alguna etapa (Accenture, 2020).

Por consiguiente, durante un período que puede extenderse desde 6 meses hasta 1 año, e incluso hasta 5 años, es factible tomar la información, generar nuevamente el valor de hash y luego comparar este nuevo resultado con el valor de hash previamente establecido. En caso de

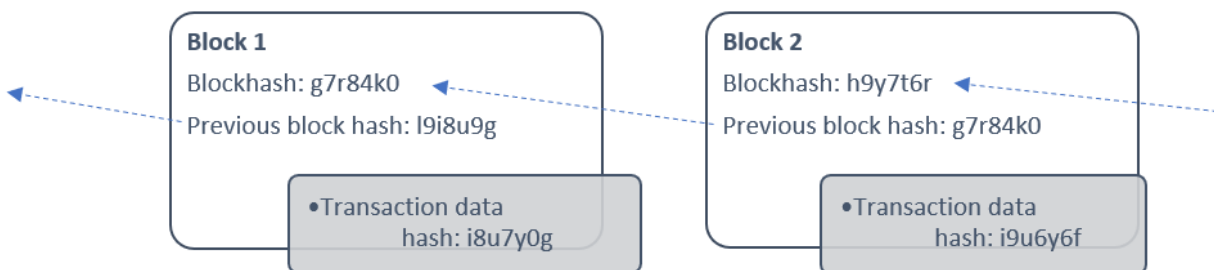
discrepancia entre ambos, se puede concluir que los datos han sido alterados desde su registro original.

Dentro del ámbito de la tecnología Blockchain, este proceso se implementa en diversos niveles: cada transacción que se añade a un bloque adquiere su propio valor de hash basado en los datos inherentes a dicha transacción. No obstante, este no es el único aspecto, ya que cada bloque en sí mismo también posee su propio valor de hash. Además, conforme se genera un nuevo bloque, uno de los elementos que se almacenan es, en realidad, una duplicación del valor de hash correspondiente al bloque precedente en la cadena (Accenture, 2020).

Este procedimiento puede ser representado gráficamente en la figura que se visualiza a continuación:

Figura 2

Proceso de generación y aplicación del Hash Criptográfico en Blockchain



Fuente: Elaboración propia

Tal como surge de lo expuesto, dentro del contexto de una cadena de bloques, cualquier intento de alterar incluso una pequeña porción de datos previos, como podría ser modificar una transacción financiera en uno de los bloques existentes, resultará en una variación en el hash correspondiente a esa transacción. Este cambio, a su vez, invalidará el hash para la totalidad del bloque. Como consecuencia, el bloque subsiguiente que contenía una réplica de ese hash ya no coincidirá, desencadenando un efecto de cascada que afectará a todos los bloques posteriores.

Por consiguiente, la función de hash criptográfico desempeña un papel fundamental al proporcionar una sólida resistencia a la manipulación en la tecnología de cadena de bloques, incluso cuando se distribuye y comparte en cientos, e incluso miles, de sistemas informáticos.

4.2 Aplicaciones en el sector financiero

La era de la transformación digital, también denominada revolución digital, está generando cambios profundos en una variedad de sectores, abarcando desde la educación hasta la economía y, especialmente, el ámbito financiero. En este contexto, Gutiérrez Junquera (2016) destaca que en los últimos años se ha experimentado una evolución impulsada por la automatización de procesos y el respaldo proporcionado por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Sin embargo, esta evolución aún no ha alcanzado su plenitud en la adopción de la transformación digital.

A nivel mundial, las instituciones financieras, particularmente los bancos, todavía no han adoptado por completo el potencial ofrecido por la tecnología Blockchain, posiblemente debido a la percepción negativa asociada con Bitcoin. No obstante, se observa un interés creciente entre un número cada vez mayor de bancos en esta innovadora tecnología, gracias a su capacidad para simplificar significativamente los procesos bancarios y reducir los costos de manera sustancial (Tapscott & Tapscott, 2016).

Cortés & Ortega (2017) sostienen que la transformación tecnológica a lo largo de la historia ha sido un aliado crucial para el sector bancario. Esta evolución tecnológica tiene como objetivo mejorar el control de las principales sistematizaciones, lo que permite cuidar la seguridad de las operaciones, garantizar la confidencialidad de los datos y agilizar los procesos. La adopción de blockchain podría revolucionar el funcionamiento interno de las instituciones financieras, aportando eficiencia y seguridad a niveles sin precedentes.

Este interés creciente en la cadena de bloques es especialmente relevante en el contexto de América Latina, donde el acceso a los servicios financieros por parte de la población es limitado. Esta restricción se atribuye a diversos factores, como los prolongados y complejos trámites burocráticos, así como la falta de confianza de la población en las instituciones financieras (Naúmenko & Fakhruddínova, 2019). Adicionalmente, Corredor Higuera & Díaz Guzmán (2018) destacan la problemática del subdesarrollo en estos países, acentuada por el limitado acceso de los ciudadanos a Internet y a servicios financieros fundamentales como los préstamos y los ahorros.

En este contexto, la tecnología de la cadena de bloques emerge como una solución prometedora para abordar estos desafíos específicos de la región. Los autores Corredor Higuera & Díaz Guzmán (2018) sugieren que Blockchain puede ser eficaz para reducir costos y, de este modo, promover la inclusión financiera en América Latina.

Harris & Wonglimpiyarat (2019) señalan que la tecnología Blockchain tiene el potencial de cambiar la industria financiera y se puede utilizar en diversas aplicaciones de tecnología financiera.

Particularmente, Castro Gómez, Malagón, & Montoya, (2017) identifican tres aplicaciones específicas de la tecnología Blockchain en los servicios proporcionados por instituciones financieras en los siguientes ámbitos:

- a. **Pagos y transferencias:** la innovación principal que introduce la tecnología Blockchain es el registro público de transacciones que respalda su sistema de pagos. En este registro, las transacciones se registran de manera secuencial. Las redes de pagos mediante tarjetas de crédito y los servicios destinados a facilitar las transferencias están diseñados para abordar el problema del doble gasto, asegurando que ninguna transacción se duplique y que los fondos se transfieran de una entidad a otra de manera segura. El Blockchain ampliaría esta garantía, aplicándola no solo a las transacciones monetarias, sino a cualquier activo financiero que se desee transferir.

Ripple es un ejemplo notable de cómo blockchain se está utilizando para facilitar las transferencias internacionales. Ripple ofrece una red de pagos basada en blockchain que permite a los bancos y a las instituciones financieras procesar pagos globales en tiempo real, de manera segura y a bajo costo. Santander, un banco líder en Europa, utiliza la tecnología Ripple para su servicio de pagos internacionales, One Pay FX, que permite a los clientes realizar transferencias rápidas y transparentes con tarifas reducidas (CoinTelegraph, 2020).

- b. **Mercado de Capitales e Inversión:** en este ámbito, la tecnología Blockchain puede aplicarse para la creación de "activos inteligentes", como acciones, bonos o contratos de derivados. Este proceso se conoce como *tokenización* y será definido y analizado con mayor detalle más adelante en este texto.

Al codificar estos contratos, se simplifican numerosos procedimientos vinculados al intercambio de instrumentos financieros, tales como el proceso de pago, compensación y liquidación, los cuales pueden ser automatizados y descentralizados, sin requerir la intervención de intermediarios, como una entidad de compensación. A medida que la tecnología avance, podrían desarrollarse soluciones que respalden el proceso de otros activos, como hipotecas y la gestión de créditos hipotecarios.

En el ámbito de los mercados de capitales, Nasdaq ("National Association of Securities Dealers Automated Quotation") ha implementado blockchain para mejorar la eficiencia en

la liquidación y compensación de valores. En 2015, Nasdaq lanzó Linq, una plataforma de blockchain para la emisión y negociación de acciones privadas (Nasdaq, 2015). Este sistema permite a las empresas emitir y registrar acciones en la blockchain, mejorando la transparencia y reduciendo los tiempos de liquidación.

- c. Identidad digital y prevención de fraude:** el potencial uso de la tecnología Blockchain en los procedimientos de cumplimiento se basa en su característica fundamental de mantener un registro público de transacciones. Esta capacidad puede contribuir a la automatización de procesos y a la reducción de errores al prevenir la duplicación de procedimientos relacionados con la identificación del cliente y la codificación de datos de los clientes. Estos datos pueden ser compartidos en tiempo real en la red, ya sea dentro de una misma entidad bancaria o entre varias instituciones financieras, lo que podría mejorar la capacidad de detectar transacciones relacionadas con el lavado de activos. El blockchain puede proporcionar una forma segura y verificable de gestionar la identidad digital (Bloomberg, 2021). Esto es crucial en el sector financiero, donde la autenticación y la prevención de fraude son esenciales.

Como ejemplo de esta aplicación podemos mencionar a *Civic*, una plataforma que utiliza blockchain para proporcionar servicios de verificación de identidad seguros y eficientes. Esta plataforma permite a los usuarios controlar su identidad digital y compartirla de manera segura con terceros sin necesidad de intermediarios (Rankia, 2023). Este enfoque no solo mejora la seguridad de los datos personales, sino que también reduce los costos y los tiempos asociados con la verificación de identidad.

Además, el informe titulado “Blockchain quiere ser un aliado de los servicios financieros” elaborado por el BBVA en 2016, identificó otras posibles aplicaciones de la tecnología Blockchain en el ámbito de los servicios financieros, las cuales son las siguientes:

- 1. Ahorros:** los bancos de inversión y los corredores de bolsa gestionan acciones, bonos y letras del Tesoro. La tecnología Blockchain puede garantizar la seguridad de estas operaciones a través de sistemas de igual a igual (*Peer-to-Peer*, P2P³). Un ejemplo de esto es el uso de blockchain por JPMorgan Chase en su plataforma *Quorum* para transacciones financieras seguras y eficientes (Phemex, 2021).

³ La red *Peer-To-Peer* o *P2P* es una red en la que los nodos desempeñan simultáneamente las funciones de servidores y clientes, sin que se establezca ninguna jerarquía específica. En este tipo de red, cada computadora o dispositivo opera en un nivel de igualdad con los demás, lo que da lugar a una comunicación horizontal. Esta característica posibilita el intercambio directo de información en cualquier formato entre los dispositivos interconectados (López Pérez, 2022).

2. **Autenticación y seguridad:** en la actualidad, los bancos y otras entidades reguladoras son responsables de verificar la autenticidad de las transacciones y determinar quiénes pueden acceder al sistema. La tecnología Blockchain garantiza la seguridad sin necesidad de intervención de terceros. *Mastercard* ha desarrollado un sistema basado en blockchain para autenticar las transacciones y mejorar la seguridad de los pagos (Mastercard, 2024).
3. **Capital de riesgo e inversión:** las inversiones de capital riesgo son comunes en el ámbito empresarial y provienen de diversas fuentes, lo que complica el proceso. Con Blockchain, este proceso podría automatizarse y volverse más transparente y seguro gracias a la tecnología P2P. *tZERO*, una plataforma de trading de activos digitales, utiliza blockchain para facilitar inversiones seguras y transparentes en capital de riesgo (Faster Capital, 2024).
4. **Contabilidad:** la contabilidad implica el registro y notificación sistemática de transacciones financieras. Aunque es uno de los aspectos menos digitalizados del sector financiero, la adopción de la tecnología Blockchain podría hacer que las auditorías fueran más transparentes y facilitar el acceso a los registros de diversas empresas. PwC está explorando el uso de blockchain para mejorar la precisión y la transparencia de los procesos de auditoría (PwC, 2019).
5. **Contratos inteligentes:** Szabo (1994) define a los contratos inteligentes o *Smart contracts* como “un protocolo de transacción computarizado que ejecuta los términos de un contrato cuyo objetivo es satisfacer condiciones contractuales comunes (como condiciones de pago, gravámenes, confidencialidad e incluso cumplimiento), minimizar las excepciones maliciosas y accidentales, y minimizar la necesidad de intermediarios de confianza”. En otras palabras, son programas informáticos que se ejecutan automáticamente en la cadena de bloques para hacer cumplir los términos de un contrato cuando se cumplen las condiciones acordadas por ambas partes. Esta tecnología permite la automatización y agilización de procesos que normalmente son manuales y costosos. *Ethereum* es una plataforma líder en contratos inteligentes, utilizada por diversas industrias para implementar acuerdos automatizados.
6. **Préstamos:** el Blockchain emplea métricas de reputación que se derivan de factores como el capital social y económico, así como del comportamiento digital de empresas o individuos. De esta manera, esta tecnología puede respaldar la solvencia de las partes financiadas, mitigando el conocido "riesgo de contraparte", que se refiere al riesgo de que

la entidad o individuo con el que se negocia se declare insolvente antes de la conclusión del acuerdo.

SALT Lending utiliza blockchain para proporcionar préstamos respaldados por criptomonedas, ofreciendo una alternativa segura y eficiente a los préstamos tradicionales (Criptonoticias, 2017).

Asimismo, en el mismo artículo, el BBVA (2016) argumenta que "los especialistas sugieren que la tecnología Blockchain también cambiará de manera significativa la supervisión y la regulación en el sector bancario. Las entidades financieras podrían aprovechar esta tecnología para desarrollar, por ejemplo, algoritmos destinados a detectar patrones de abuso vinculados con actividades fraudulentas y el lavado de dinero. Esto potenciaría la habilidad de los bancos para identificar a aquellos clientes que puedan generar sospechas."

5. Tokenización

5.1 Definición y conceptos básicos

La tokenización es un concepto fundamental en el ámbito de las finanzas modernas, especialmente en el contexto de la tecnología Blockchain. Como mencionamos previamente, a través de la cadena de bloques es factible llevar a cabo la tokenización de activos. Según Sazandrishvili (2019), la tokenización consiste en la conversión de los derechos de un activo en forma digital, representados por tokens, que pueden ser adquiridos, vendidos e intercambiados en una Blockchain. Aunque este proceso es relativamente novedoso y se desarrolla en un mercado con una regulación aún en evolución, la tokenización de activos se está volviendo cada vez más común. Estos activos tokenizados abarcan acciones de empresas, obras de arte, joyas, bienes raíces y cualquier otro activo con valor (García Rendón & Andrade López, 2022).

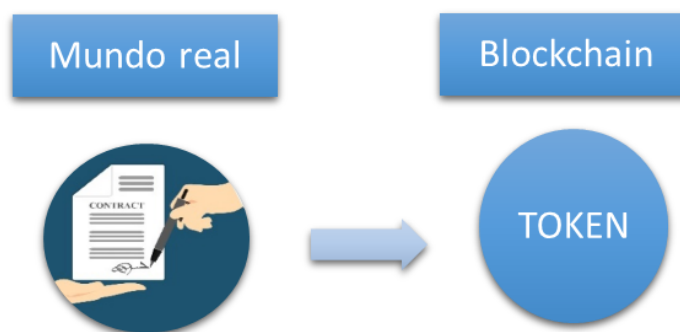
Desde una perspectiva básica, la tokenización de activos implica la conversión del valor intrínseco de un objeto, como por ejemplo una obra de arte de un artista reconocido, en un token que puede ser integrado y utilizado dentro de un ecosistema basado en la tecnología Blockchain. A diferencia del proceso de digitalización, que convierte un activo físico en una representación digital, la tokenización conlleva la conversión de un activo, ya sea tangible o intangible, en una forma digital descentralizada que opera sobre la cadena de bloques. Una vez que estos activos han sido tokenizados, tienen la capacidad de ser intercambiados o transferidos utilizando una red blockchain (Bitnovo, 2023).

La tokenización, en el contexto financiero y tecnológico, se refiere al proceso de emitir un token digital en una plataforma blockchain que representa un activo subyacente. Este activo puede ser de naturaleza diversa, incluyendo bienes físicos como bienes raíces, obras de arte, y metales preciosos, así como activos intangibles como derechos de propiedad intelectual y acciones de una empresa. La esencia de la tokenización es la representación digital de estos activos en un formato que permite su intercambio y gestión en un entorno blockchain.

En la ilustración siguiente se ejemplifica cómo un contrato en formato papel, el cual representa un reclamo o derecho sobre algún bien, servicio o activo en el mundo real, se convierte en un contrato digital expresado como token dentro de una red blockchain:

Figura 3

Proceso de Tokenización de Activos en Blockchain



Fuente: elaboración propia en base a Bitnovo (2023)

5.2 ¿Qué tipo de activos se pueden tokenizar?

Existen dos categorías de activos que pueden ser representados como tokens en una blockchain:

1. **Activos fungibles:** los activos fungibles son aquellos que son intercambiables entre sí y poseen un valor equivalente. Ejemplos de activos fungibles incluyen monedas, acciones, bonos y materias primas. En la tokenización, estos activos se representan mediante tokens que tienen el mismo valor y son intercambiables de manera idéntica.
 - a. **Monedas y criptomonedas:** las criptomonedas como Bitcoin y Ethereum son ejemplos claros de activos fungibles tokenizados. Cada unidad de estas

criptomonedas tiene el mismo valor y puede intercambiarse de manera uniforme (Buterin, 2014).

- b. Acciones y bonos:** la tokenización permite que las acciones de una empresa o los bonos se conviertan en tokens digitales. Esto facilita la compra, venta y transferencia de estos activos a través de plataformas blockchain, aumentando la eficiencia y reduciendo los costos de transacción (Pilkington, 2016). En América Latina la tokenización de deuda se ha convertido en una oportunidad de negocio interesante. En Brasil, la plataforma de tokenización Bloco fue lanzada en 2019 para permitir que las empresas emitan bonos digitales. Se estima que el mercado de bonos digitales en Brasil podría llegar a los \$350 millones en 2021, según informes recientes (Bimount, 2023).
 - c. Materias primas:** los recursos como el oro, el petróleo y otros commodities también pueden ser tokenizados. Al representar estas materias primas mediante tokens, se facilita su comercialización de manera más eficiente y segura en los mercados globales (Tapscott & Tapscott, 2016). La tokenización de activos agrícolas surge como otra oportunidad de negocio prometedora en América Latina. Según un informe de la firma de servicios financieros BNY Mellon, la tokenización de activos agrícolas puede mejorar la eficiencia y la transparencia en el mercado agrícola, así como aumentar la liquidez (Bimount, 2023).
2. **Activos no fungibles:** los activos no fungibles (NFTs) son aquellos que no pueden ser divididos en partes más pequeñas en el mundo real, son únicos y no necesariamente intercambiables. Por ejemplo, una obra de arte no puede ser fragmentada; solo existe una obra auténtica, lo que la hace única, y cada réplica posee un valor diferente al cuadro genuino. Para la tokenización de bienes no fungibles, se emplea una firma digital segura que garantiza la autenticidad del activo y protege los datos sensibles (Bitnovo, 2023).
- a. Arte digital y coleccionable:** una de las aplicaciones más destacadas de los NFTs es en el mundo del arte digital (Bimount, 2023). Los artistas pueden tokenizar sus obras, permitiendo que los coleccionistas compren, vendan y posean piezas digitales con prueba verificable de propiedad y autenticidad. De hecho, la tokenización de arte está ganando popularidad a nivel global, y América Latina también está experimentando este fenómeno. Recientemente, la plataforma Maecenas ha introducido en Brasil su primer NFT tokenizado, presentando obras de arte valoradas en \$5 millones (Bimount, 2023).

- b. **Bienes raíces virtuales:** los NFTs también se utilizan en plataformas de bienes raíces virtuales, donde los usuarios pueden comprar y vender parcelas de tierra digital en mundos virtuales (Bimount, 2023). En América Latina, esta práctica se está convirtiendo en una oportunidad de negocio llamativa. De acuerdo con Bimount (2023), *“el mercado latinoamericano de tokenización de bienes raíces podría alcanzar los \$4.4 mil millones en los próximos años”*.
- c. **Activos del mundo real:** además de bienes digitales, los NFTs pueden representar propiedades del mundo real, como vehículos y otros bienes tangibles. Este proceso permite una transferencia de propiedad más eficiente y segura (Wang, y otros, 2019). En América Latina, la tokenización de vehículos es otra oportunidad que está ganando popularidad. Un ejemplo de ello es el caso de la plataforma brasileña de tokenización de activos Mobius, la cual se asoció con la empresa de vehículos eléctricos Voltz para lanzar tokens de vehículos eléctricos (Bimount, 2023).
- d. **Propiedad intelectual y Derechos de Autor:** la tokenización de derechos de autor y propiedad intelectual mediante NFTs permite a los creadores registrar y gestionar sus obras de manera más eficiente, garantizando la autenticidad y los derechos de uso (Catalini & Gans, 2019).

La tokenización de activos, tanto fungibles como no fungibles, representa un cambio paradigmático en cómo se gestionan, comercializan y poseen los activos. La tecnología blockchain no solo facilita estos procesos, sino que también ofrece una mayor transparencia, seguridad y accesibilidad a nivel global. Sin embargo, es crucial abordar los desafíos regulatorios y de seguridad para asegurar una adopción más amplia y efectiva de esta tecnología revolucionaria.

5.3 Ventajas y desafíos de la tokenización

El proceso de tokenización, el cual implica la conversión de derechos de un activo en una unidad digital o token, se ha convertido en una herramienta poderosa que ofrece múltiples ventajas. En este apartado, se analizan las principales ventajas de la tokenización en el sector financiero, respaldadas por ejemplos y referencias a estudios y publicaciones relevantes:

1. **Mejoras en la liquidez:** la tokenización de activos financieros mejora significativamente la liquidez de estos (García Rendón & Andrade López, 2022). En los mercados tradicionales, ciertos activos como bienes raíces, obras de arte y otros bienes de alto valor suelen ser altamente ilíquidos debido a su naturaleza indivisible y los elevados

costos de transacción. La tokenización permite fraccionar estos activos en unidades más pequeñas, lo que facilita su compra y venta en mercados secundarios de blockchain. Según (Sazandrishvili, 2019) esta mayor liquidez puede atraer a un grupo más amplio de inversores y mejorar la eficiencia del mercado.

Un ejemplo que demuestra esta ventaja es la tokenización de bienes raíces mediante plataformas como RealT (2021). Esta tecnología ha permitido a los inversores adquirir fracciones de propiedades inmobiliarias, lo que ha mejorado significativamente la liquidez de estos activos y facilitado su intercambio en mercados secundarios.

- 2. Acceso a nuevos mercados y diversificación:** la tokenización facilita el acceso a nuevos mercados y permite a los inversores diversificar sus carteras de manera más efectiva. Al convertir activos físicos en tokens digitales, los inversores de todo el mundo pueden participar en mercados a los que antes no tenían acceso (Sazandrishvili, 2019). Esto no solo abre oportunidades para los inversores individuales, sino que también permite a las empresas captar capital de una base de inversores más amplia. Según el informe de (PwC, 2020) esta capacidad de diversificación y acceso global es una de las principales ventajas de la tokenización.

Un ejemplo ilustrativo de esta ventaja es el uso de la tokenización por empresas como tZERO (2022). Esta plataforma ha permitido a los inversores adquirir participaciones en una variedad de activos, que van desde bienes raíces hasta startups tecnológicas, eliminando las barreras geográficas tradicionales.

- 3. Reducción de costos de transacción:** La tokenización reduce significativamente los costos de transacción asociados con la compra y venta de activos financieros (García Rendón & Andrade López, 2022). En los sistemas financieros tradicionales, los intermediarios como bancos, agentes de bolsa y otros terceros suelen cobrar tarifas elevadas por sus servicios. La tokenización, al utilizar la tecnología blockchain, permite transacciones directas entre las partes involucradas, eliminando la necesidad de intermediarios y reduciendo los costos (Sazandrishvili, 2019).
- 4. Transparencia y seguridad:** la transparencia y la seguridad son otras ventajas clave de la tokenización en el sector financiero. La tecnología blockchain, que subyace a la tokenización, proporciona un registro inmutable y transparente de todas las transacciones (García Rendón & Andrade López, 2022). Esto no solo reduce el riesgo de fraude, sino que también aumenta la confianza entre los inversores.

Un ejemplo concreto que ilustra esta ventaja es el de la plataforma Securitize. Esta plataforma emplea la tecnología blockchain para registrar todas las transacciones de

valores tokenizados, garantizando así la transparencia y la seguridad en los procesos de inversión (Securitize, 2022).

- 5. Inclusión financiera:** la tokenización tiene el potencial de mejorar la inclusión financiera al permitir que personas que tradicionalmente no tienen acceso a los mercados financieros puedan participar en ellos. Al reducir las barreras de entrada y permitir inversiones en fracciones pequeñas, la tokenización facilita que más individuos, incluidos aquellos en regiones desatendidas, puedan invertir en activos financieros (Tranchita Galeano, 2023). El Banco Mundial (2021) ha destacado que la tokenización puede ser una herramienta poderosa para fomentar la inclusión financiera global. Este tema será tratado en profundidad más adelante en el apartado *“Inclusión Financiera y Blockchain en América Latina”*.

Un ejemplo de esto son las aplicaciones como Daviplata que mediante un modelo tecnológico disruptivo han permitido que millones de colombianos accedan a servicios financieros directamente desde sus dispositivos móviles. Daviplata permite a los usuarios llevar a cabo transacciones financieras desde sus dispositivos móviles. Entre los servicios disponibles se incluyen el pago de servicios públicos, transferencias de dinero entre usuarios de la plataforma, recargas de minutos para teléfonos celulares y compras en línea, entre otros. (Tranchita Galeano, 2023).

Como se puede observar, la tokenización en el sector financiero ofrece numerosas ventajas, como mejoras en la liquidez, acceso a nuevos mercados, reducción de costos de transacción, transparencia y seguridad, y promoción de la inclusión financiera. Estas ventajas no solo benefician a los inversores, sino que también tienen el potencial de transformar los mercados financieros globales. Las plataformas y ejemplos citados demuestran cómo la tokenización está siendo implementada con éxito, ofreciendo un futuro prometedor para el sector financiero.

Ahora bien, a pesar de sus numerosos beneficios, la tokenización enfrenta varios desafíos específicos en el contexto de América Latina, que deben ser considerados para una adopción exitosa:

- 1. Regulación y marco legal:** la falta de claridad y homogeneidad en la regulación de la tokenización y las criptomonedas es un obstáculo significativo. La mayoría de los países latinoamericanos aún no han desarrollado un marco regulatorio robusto para estos activos digitales, lo que genera incertidumbre y riesgos legales (Jimenez, 2023). Por ejemplo, en países como México y Brasil, aunque existen avances en la regulación, todavía hay muchas áreas grises que necesitan ser abordadas para asegurar un entorno seguro y

confiable para la tokenización. Un marco regulatorio claro y favorable puede incentivar la inversión y el desarrollo de nuevas tecnologías, mientras que la falta de regulación puede generar incertidumbre y frenar la innovación. En este contexto, es fundamental que los gobiernos y las autoridades financieras en América Latina trabajen juntos para crear políticas que fomenten la adopción segura y efectiva de blockchain (Chapiro, 2021).

2. **Infraestructura tecnológica:** la implementación de soluciones de tokenización requiere una infraestructura tecnológica avanzada, la cual no siempre está disponible en toda la región. La calidad y penetración de Internet, así como el acceso a tecnologías avanzadas de blockchain, son variables críticas (CEPAL, 2012). En América Latina, la tecnología blockchain presenta una oportunidad única para mejorar la inclusión financiera (Gershenson, Herrera, & Lambert, 2021). Muchas personas en la región carecen de acceso a servicios bancarios tradicionales, pero disponen de dispositivos móviles (Chapiro, 2021). El blockchain brinda a estas personas, que han sido excluidas del sistema financiero, la posibilidad de utilizar servicios y beneficios financieros mediante un dispositivo móvil con acceso a Internet (Tranchita Galeano, 2023).
3. **Educación y conocimiento:** la comprensión y aceptación de la tecnología blockchain y la tokenización son todavía limitadas entre los inversores y el público en general en América Latina (Bimount, 2023). Existe una necesidad significativa de programas educativos y campañas de sensibilización para informar a las personas sobre los beneficios y riesgos asociados con la tokenización. La falta de conocimiento puede llevar a una baja adopción y al escepticismo sobre la seguridad y viabilidad de estos activos digitales.
4. **Acceso al capital:** a pesar de la promesa de democratización de la inversión, el acceso al capital sigue siendo un desafío en América Latina (CEPAL, 2021). Los altos costos de entrada y la falta de plataformas de inversión accesibles pueden limitar la participación de inversores minoristas. Además, las barreras económicas y la volatilidad de las monedas locales pueden dificultar la inversión en activos tokenizados.
5. **Confianza y seguridad:** la percepción de riesgo asociado con las criptomonedas y los activos digitales es otro desafío. Incidentes de fraude y ciberataques en el ecosistema de criptomonedas han afectado la confianza del público. Para que la tokenización prospere, es crucial establecer mecanismos robustos de seguridad y prácticas transparentes que garanticen la protección de los inversores y sus activos (PwC, 2024).

Tal como se puede observar, la tokenización representa una innovación significativa en la forma en que los activos pueden ser gestionados e intercambiados, ofreciendo beneficios claros en

términos de liquidez, accesibilidad, transparencia y eficiencia. Sin embargo, su adopción generalizada en América Latina dependerá de la evolución de la regulación, la mejora de la infraestructura tecnológica, la educación y la confianza del mercado.

El siguiente apartado explorará cómo la inclusión financiera puede beneficiarse de la tecnología blockchain en América Latina, analizando los desafíos regulatorios y las estrategias necesarias para superar estos obstáculos y aprovechar al máximo las ventajas de esta innovadora tecnología.

5.4 Caso práctico: Agrotoken

La iniciativa de esta empresa argentina se centra en la tokenización y digitalización de un activo tangible, específicamente los granos, convirtiéndolos en activos digitales. Esta estrategia tiene como finalidad desarrollar instrumentos financieros digitales vinculados a los productos agrícolas, con el propósito de fomentar la participación y colaboración entre los distintos actores del sector, al mismo tiempo que optimiza la liquidez dentro de la cadena de valor agropecuaria (Agrotoken, 2020). De acuerdo con el documento técnico de Agrotoken (2020), los tokens digitales respaldados por productos agrícolas, específicamente por granos, poseen un valor intrínseco propio. En consecuencia, los activos digitales emitidos por la empresa se configuran como instrumentos financieros atractivos, caracterizados por una baja volatilidad. Asimismo, estos tokens funcionan como mecanismos de cobertura frente a la inflación, contribuyen a la diversificación de carteras y proporcionan una elevada liquidez al mercado.

La creación de un token agrícola se lleva a cabo mediante un sistema denominado “Proof of Grain Reserves” (PoGR), el cual se caracteriza por ser transparente, seguro, descentralizado y auditable en todo momento gracias a una avanzada infraestructura de seguridad.

A continuación, se presenta una síntesis del funcionamiento de la propuesta de Agrotoken:

- 1) El productor deposita los granos en un Oráculo, que los inmoviliza y emite un certificado PoGR;
- 2) Posteriormente, el productor entrega el certificado PoGR como colateral a Agrotoken y solicita la emisión del token digital correspondiente (1 tonelada de grano = 1 Token de criptograno);
- 3) El productor se integra al ecosistema blockchain y a las aplicaciones DeFi, pudiendo transferir sus criptogramos y solicitar la conversión a moneda fiat;

4) Agrotoken custodia los certificados PoGR y garantiza la solvencia y liquidez entre las toneladas de grano y los tokens de criptograno. Cualquier usuario, ya sea con moneda fiat o criptoactivos, puede participar en el proceso e invertir;

5) En caso de que el productor desee retirar su inversión y recuperar grano físico, puede solicitar la destokenización enviando sus criptogranos de vuelta a la plataforma de Agrotoken.

Aunque la tokenización de productos agrícolas sigue en proceso de evolución y Agrotoken se encuentra en las etapas iniciales de su desarrollo, Banco Santander ha lanzado un proyecto piloto en colaboración con esta empresa argentina. De acuerdo con un comunicado de prensa del Banco Santander (2022), la tecnología blockchain se presenta como una herramienta que puede favorecer la creación de una sociedad más abierta, conectada y transparente. En este contexto, los préstamos respaldados por agrotokens ofrecen una solución que podría facilitar el acceso a servicios financieros para los productores del sector agropecuario. De esta manera, los agrotokens proponen un nuevo sistema crediticio que daría lugar a un "sistema transparente, seguro, descentralizado y auditable en todo momento mediante una infraestructura de seguridad avanzada" (Banco Santander, 2022).

6. Inclusión financiera y Blockchain en América Latina

6.1 Desafíos y oportunidades

Durante un largo período, los países en desarrollo, incluidos los de América Latina, han experimentado un rezago significativo en términos de inclusión financiera, también conocida como bancarización, en comparación con los países desarrollados. Esta limitada bancarización de la población en las naciones en desarrollo constituye un obstáculo para su crecimiento económico, ya que impide que los individuos más vulnerables accedan a los servicios financieros tradicionales, restringiendo su capacidad para obtener préstamos o realizar depósitos en entidades bancarias formales.

De acuerdo con el informe *The Global Findex Database 2021* del Banco Mundial, el 24% de los adultos a nivel mundial están desbancarizados. Las barreras más comunes para acceder a los servicios financieros incluyen la falta de dinero, la distancia a la institución financiera más cercana y la falta de documentación adecuada. Además, el informe revela que alrededor de dos tercios de los adultos no bancarizados no sabrían cómo utilizar una cuenta bancaria sin asistencia. En América Latina, la tasa de desbancarización alcanza el 29%, cifra que, aunque superior al promedio global, muestra una mejora significativa respecto a años anteriores. Desde 2017, el

porcentaje de personas bancarizadas ha aumentado en 18 puntos porcentuales, un avance acelerado principalmente por la pandemia de COVID-19. Este fenómeno destaca la capacidad de las crisis para impulsar la adopción de servicios financieros digitales, lo que abre la puerta para aprovechar tecnologías emergentes como blockchain con el fin de consolidar estos avances

6.2 Potencial de Blockchain para promover la inclusión financiera en América Latina

La tecnología blockchain presenta un gran potencial para fomentar la inclusión financiera en América Latina, principalmente al facilitar el acceso a servicios financieros para las poblaciones no bancarizadas. A continuación, se detallan algunas formas clave en las que blockchain podría contribuir a la inclusión financiera en la región:

1. **Acceso a servicios financieros sin intermediarios:** tal como se explicó en el apartado 4.1.4 (Beneficios de la tecnología Blockchain en contraposición a los sistemas centralizados), una de las ventajas principales de la tecnología blockchain es su capacidad para ofrecer servicios financieros sin necesidad de intermediarios tradicionales como bancos. Esto puede facilitar el acceso a servicios financieros básicos, como pagos, ahorros y préstamos, incluso para aquellas personas que no tienen acceso a una cuenta bancaria tradicional.
2. **Reducción de costos en transferencias y remesas:** Las remesas son una fuente clave de ingresos para muchas familias en América Latina, superando incluso la inversión extranjera directa y las ayudas oficiales. Según el Banco Mundial (2018), el sector de las remesas ha experimentado un crecimiento significativo, con aumentos del 8.8% en 2017 y del 9.6% en 2018. Sin embargo, las comisiones por las transferencias suelen ser altas, lo que reduce el monto que finalmente recibe el destinatario. Blockchain puede ofrecer una alternativa más económica y eficiente para el envío de remesas, reduciendo tanto los costos como los tiempos de transacción. Según un artículo de Ethereum (2020), las criptomonedas y blockchain tienen el potencial de transformar el mercado de remesas en los países en desarrollo, permitiendo transferencias más baratas y rápidas.

Con el fin de evaluar cuantitativamente esta problemática, se presenta a continuación un modelo de comparación de costos financieros entre sistemas centralizados y descentralizados.

Modelo Cuantitativo para comparación de costos financieros

El modelo propuesto compara los costos asociados al acceso a servicios financieros centralizados (SFC) versus descentralizados mediante blockchain (SFD). El cálculo se basa en la siguiente fórmula general:

$$C_{total} = C_{com} + C_{int} + T_{proc}$$

Donde:

C_{total} : Costo total de acceso a servicios financieros

C_{com} : Comisiones impuestas por intermediarios financieros

C_{int} : Costos indirectos relacionados con la infraestructura de acceso (banca en línea, costos de mantenimiento de cuenta, etc.)

T_{proc} : Tiempo de procesamiento monetizado en términos de costo de oportunidad comercial. Para este análisis, se considera la tasa de interés diaria de una inversión conservadora en Estados Unidos (0.015%, aproximadamente un 5.5% anual).

Realicemos una comparación de costos para una transferencia de 1,000 USD desde Argentina a Estados Unidos, utilizando el Nuevo Banco de Santa Fe como institución financiera tradicional y Binance como plataforma descentralizada.

1. Transferencia a través del Nuevo Banco de Santa Fe:

- *Comisión por Transferencia al Exterior*: Según la información disponible, el banco aplica una comisión del 0.30% del monto transferido, con un mínimo de 78.65 USD. Para una transferencia de 1,000 USD, esto implica una comisión de 78.65 USD, ya que es el monto mínimo establecido según el tarifario de febrero de 2025.
- *Comisión SWIFT*: Además, se debe considerar una comisión adicional por el uso de la red SWIFT, la cual es de 36.36 USD (según el tarifario de febrero de 2025).
- *Tiempo de procesamiento*: Las transferencias internacionales suelen demorar entre 1 y 3 días hábiles. A los fines prácticos consideraremos 2 días.

$$C_{total} = 78,65 + 36,36 + 1.000 \times (0.015\% \times 2 \text{ días}) = 115,31 \text{ USD}$$

2. Transferencia a través de Binance:

- *Comisión por retiro de criptomonedas*: Binance no cobra comisiones por depósitos, pero sí aplica una comisión fija por retiro de criptomonedas. Por ejemplo, para retirar Bitcoin, la comisión (al momento en que se realizó el ejemplo

práctico) es de 0.0005 BTC. Suponiendo un precio de 30,000 USD por BTC, esto equivale a 15 USD. (Binance, 2025)

- *Comisión por conversión a moneda fiat:* al retirar fondos a una cuenta bancaria en Estados Unidos, Binance puede cobrar una comisión adicional por la conversión de criptomonedas a USD. Esta comisión varía según el método de retiro y la moneda, pero para transferencias SEPA, la tarifa es de 1 EUR (Binance, 2025). Asumiremos una comisión similar para retiros en USD, es decir, aproximadamente 1 USD
- *Tiempo de procesamiento:* Las transferencias de criptomonedas suelen procesarse en minutos, pero la conversión y retiro a una cuenta bancaria pueden demorar hasta 1 día hábil.

$$C_{total} = 15 + 1 + 1.000 \times (0.015\% \times 1 \text{ días}) = 16,15 \text{ USD}$$

Como conclusión podemos decir que, el costo total estimado para una transferencia de 1,000 USD mediante el Nuevo Banco de Santa Fe asciende a 115.31 USD, con un tiempo de procesamiento de 1 a 3 días hábiles. En contraste, utilizando Binance, el costo estimado es de 16.15 USD, con un tiempo de procesamiento inferior a 1 día hábil. Esto refleja una reducción de costos cercana al 86% y una mejora en los tiempos de transferencia.

3. **Mejora de la transparencia y confianza en los servicios financieros:** la transparencia proporcionada por blockchain puede aumentar la confianza de los usuarios en los sistemas financieros, especialmente en regiones donde la desconfianza hacia las instituciones bancarias y las prácticas corruptas son comunes. Al registrar todas las transacciones de manera inmutable, blockchain asegura que la información no pueda ser alterada sin dejar rastro. Esto puede fomentar una mayor participación en el sistema financiero, especialmente entre aquellos que desconfían de las instituciones tradicionales.
4. **Facilitación de microcréditos:** la capacidad de blockchain para gestionar contratos inteligentes y facilitar la emisión de tokens digitales puede ser una herramienta poderosa para la creación de mercados de microcréditos en América Latina. Esto permitiría abrir nuevas oportunidades de financiamiento para pequeños emprendedores y empresas que, de otro modo, no tendrían acceso a crédito tradicional debido a la falta de historial crediticio o garantías.

En este contexto, la política regulatoria debería orientarse hacia la promoción del uso de la tecnología blockchain, con el objetivo de cerrar las brechas en la inclusión financiera en América Latina, así como de establecer servicios financieros más eficientes y con costos reducidos (Corredor Higuera & Díaz Guzmán, 2018). A medida que más dispositivos como computadoras y teléfonos móviles se conecten a internet, estas tecnologías podrán generar un mayor impacto en la inclusión financiera.

6.3 Enfoque regulatorio

Para abordar el problema de la inclusión financiera, algunos gobiernos Latinoamericanos han empezado a debatir posibles soluciones. En América Latina, la adopción y regulación de la tecnología blockchain varía significativamente entre los países, con varios proyectos innovadores y marcos regulatorios emergentes. A continuación, se presenta un resumen de la normativa vigente y proyectos relacionados a blockchain en algunos países de la región:

6.3.1 Colombia

La normativa que regula los servicios tecnológicos y las empresas Fintech en Colombia ha sufrido modificaciones significativas en los últimos años. Esto ha sido una respuesta a la creciente adopción de soluciones financieras digitales por parte de los consumidores y al incremento de la actividad Fintech en el país. La Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) es la principal entidad responsable de supervisar y regular el sistema financiero colombiano, abarcando también a las empresas Fintech (Tranchita Galeano, 2023).

En 2020, el Congreso de la República de Colombia aprobó la Ley de Fintech, la cual proporciona un marco regulatorio más específico para el sector Fintech en el país. Esta ley define a las empresas Fintech como aquellas que "utilizan tecnología financiera para ofrecer servicios financieros". La normativa incluye la creación de un registro especial para las empresas Fintech ante la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) y establece un régimen particular de supervisión. Esto implica la obligación de implementar medidas de prevención y control de riesgos, así como la presentación de informes periódicos sobre información financiera y de riesgos (Tranchita Galeano, 2023).

A finales del año 2020, se dio lugar a la aprobación de la Ley de Emprendimiento, relacionada con la adopción de los mecanismos Sandbox en el país (Tranchita Galeano, 2023) para probar innovaciones Fintech, incluyendo proyectos basados en blockchain. Un sandbox regulatorio, conocido también como "arenera", es un entorno controlado donde innovadores, empresas y entidades gubernamentales pueden experimentar de manera segura con nuevos modelos de

negocio. Este espacio se encuentra aislado de las regulaciones habituales, permitiendo la experimentación sin la necesidad de cumplir con todas las disposiciones normativas vigentes. Esto facilita la supervisión y el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios financieros que aún no están cubiertos por la regulación actual ni supervisados por las autoridades competentes (BBVA, 2017). De este modo, se crea un entorno separado del sistema principal donde se pueden probar nuevas iniciativas sin comprometer la estabilidad del mercado. Este tipo de ejercicios son herramientas cruciales para sectores como el financiero y las TIC, donde el ritmo de la innovación es rápido y constante, mientras que la regulación avanza más lentamente, siempre un paso detrás de las últimas tendencias del mercado (Gomez-Pinzón, s.f.).

Un ejemplo destacado de la aplicación de blockchain en Colombia es el piloto de bonos blockchain realizado por el Banco Davivienda y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Este proyecto permitió emitir y gestionar bonos utilizando tecnología blockchain, lo que resultó en una significativa reducción de costos y un aumento de la transparencia en el mercado de capitales (Crowfunder Insider, 2022).

Además, en la actualidad, existen varios proyectos de ley en discusión que buscan establecer un marco regulatorio claro para las criptomonedas y la tecnología blockchain. Estas propuestas legislativas abordan cuestiones fundamentales como la supervisión de intercambios, la protección de los usuarios y la integración de blockchain en el sistema financiero nacional. La implementación de estas regulaciones sería un paso crucial para consolidar el uso seguro y eficiente de tecnologías emergentes en el sector financiero colombiano.

6.3.2 México

En marzo de 2018, México aprobó la Ley para Regular las Instituciones de Tecnología Financiera, conocida como Ley Fintech. Esta normativa aborda el sector de las tecnologías financieras, que ha mostrado un notable desarrollo. La ley incluye disposiciones sobre el crowdfunding, que consiste en la recaudación de fondos para proyectos mediante donaciones voluntarias, así como sobre las operaciones con criptomonedas. El objetivo principal del documento es fortalecer la estabilidad financiera y prevenir el lavado de dinero. Además, permite la prestación de servicios bancarios abiertos y el intercambio de información de los usuarios entre instituciones financieras a través de interfaces programáticas de acceso libre. Esto posibilita que pequeñas y medianas entidades financieras y startups accedan a la información de los grandes bancos, siempre que cuenten con el consentimiento del usuario (Naúmenko & Fakhruddínova, 2019).

6.3.3 Brasil

A pesar de la ausencia de una legislación específica, el Banco Central de Brasil y la Comisión de Valores Mobiliarios (CVM) están trabajando activamente en la creación de un marco regulatorio para las criptomonedas y otros activos digitales. Este esfuerzo responde a la necesidad de proporcionar seguridad jurídica y proteger a los inversores, al tiempo que se promueve la innovación financiera en el país.

Un ejemplo notable del uso de la tecnología blockchain en Brasil es el proyecto del Departamento de Registro de Propiedades de São Paulo, que emplea blockchain para registrar transacciones inmobiliarias. Esta iniciativa ha mejorado significativamente la transparencia y ha reducido la posibilidad de fraude en el sector inmobiliario (Cointelegraph, 2019).

Además, Brasil ha mostrado un fuerte interés en la aplicación de blockchain en el sector público. Un caso emblemático es el de Marina Silva, figura política y candidata presidencial en 2014, quien utilizó esta tecnología para asegurar la transparencia de las donaciones a su campaña. La aplicación de blockchain permitió identificar específicamente a los donantes y registrar claramente el origen de los fondos recibidos, proporcionando una mayor transparencia y confianza en el proceso de financiación política (Naúmenko & Fakhruddínova, 2019).

6.3.4 Argentina

Argentina no dispone actualmente de una legislación particular que regule explícitamente el uso de blockchain o criptomonedas (Iprofesional, 2021). No obstante, las autoridades fiscales y financieras han manifestado un creciente interés en estos temas. La ausencia de una regulación específica genera un ambiente de incertidumbre, aunque también permite una mayor flexibilidad para la innovación tecnológica.

La principal entidad reguladora en Argentina en materia financiera es el Banco Central de la República Argentina (“BCRA”). Hasta la fecha, la legislación específica sobre blockchain es limitada, pero existen regulaciones y directrices que afectan su uso y el de las criptomonedas.

En 2014, la Unidad de Información Financiera (“UIF”) emitió la Resolución 300/2014, publicada en el Boletín Oficial el 10 de julio de 2014, que requiere que los sujetos obligados (como bancos y casas de cambio) reporten operaciones sospechosas relacionadas con criptomonedas. Esta medida busca prevenir el lavado de dinero y el financiamiento del terrorismo, alineándose con las recomendaciones del Grupo de Acción Financiera Internacional (“GAFI”).

Además, la Administración Federal de Ingresos Públicos (“AFIP”) a través del Dictamen N° 2/2022 publicado en junio de 2022 ha establecido la obligación para los contribuyentes de declarar la posesión y las transacciones efectuadas con criptomonedas, equiparándolas a activos financieros tradicionales a efectos fiscales. Esta medida busca incrementar la transparencia y el control fiscal sobre las transacciones con activos digitales, asegurando que estas operaciones se integren dentro del marco tributario nacional

El BCRA (2022), a través de la circular SR 22-6 CA 22-6, también ha emitido comunicados advirtiendo sobre los riesgos asociados con el uso de criptomonedas, incluyendo la volatilidad y la posibilidad de fraudes. Sin embargo, no ha prohibido su uso ni ha emitido regulaciones específicas sobre la tecnología blockchain.

A pesar de la falta de un marco regulatorio integral, recientemente se han presentado proyectos de ley en el Congreso Nacional que busca regular más específicamente las criptomonedas y la tecnología blockchain, como los que paso a enumerar:

1. **Proyecto de Ley para Regular Criptomonedas (2020):** Este proyecto propone la creación de un marco regulatorio para las criptomonedas. El proyecto busca establecer requisitos para los intercambios de criptomonedas, la creación de un registro de proveedores de servicios de criptomonedas y directrices para prevenir el lavado de dinero y el financiamiento del terrorismo.
2. **Proyecto de Ley sobre Tecnología Blockchain para la Transparencia del Sector Público (2020):** Este proyecto propone la utilización de la tecnología blockchain para mejorar la transparencia y eficiencia en la administración pública. La ley impulsaría el uso de registros descentralizados para almacenar y gestionar la información pública, aumentando la transparencia y reduciendo la corrupción.
3. **Proyecto de Ley de Criptoactivos (2021):** Este proyecto busca establecer un marco legal para la circulación de criptoactivos en el país. Propone la creación de un registro obligatorio para los proveedores de servicios de criptomonedas y medidas para proteger a los consumidores.

Además de los proyectos legislativos, varias iniciativas gubernamentales y privadas están explorando el uso de la tecnología blockchain en diferentes sectores.

1. **IDB Lab y Blockchain en Agricultura:** El Banco Interamericano de Desarrollo (“BID”), a través de su laboratorio de innovación IDB Lab, ha apoyado proyectos que utilizan blockchain para mejorar la trazabilidad en la cadena de suministro agrícola en Argentina.

Esto no solo mejora la transparencia, sino que también aumenta la confianza de los consumidores en los productos agrícolas.

2. **Blockchain Federal Argentina (“BFA”)**: Es una iniciativa que busca crear una infraestructura blockchain compartida entre distintas entidades públicas y privadas. BFA permite la implementación de soluciones blockchain para la gestión de datos y transacciones de forma segura y transparente, fomentando la cooperación entre diversas instituciones (Preukschat, Kuchkovsky, Gómez Lardies, Díez García, & Molero, 2017).
3. **Registro Inmobiliario en Blockchain**: En la provincia de Córdoba, se ha implementado un proyecto piloto para el registro de propiedades utilizando tecnología blockchain. Este sistema busca mejorar la transparencia y reducir el fraude en el registro de inmuebles, facilitando las transacciones y la verificación de la propiedad.

Aunque la regulación de blockchain en Argentina aún está en sus primeras etapas, los avances legislativos y las iniciativas en curso indican un camino hacia un entorno más claro y seguro para la adopción de esta tecnología. La cooperación entre el sector público y privado será clave para maximizar los beneficios de esta tecnología mientras se mitigan sus riesgos.

6.3.5 Bolivia, Perú y Paraguay

El Banco Interamericano de Desarrollo (“BID”) está implementando proyectos piloto en Bolivia, Perú y Paraguay para probar el uso de la tecnología blockchain en la administración de registros de tierras. Estos proyectos tienen como objetivo abordar problemas críticos relacionados con la titulación de tierras y la gestión de registros, utilizando blockchain para asegurar que los registros sean transparentes y menos susceptibles a la manipulación (LAC PropertyChain, 2021).

Las diferencias clave entre las validaciones del proceso análogo actual y la implementación de la tecnología blockchain se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2

Comparación entre el proceso análogo y la implementación de Blockchain en la administración de registros de tierras

FUNCIÓN	ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS ACTUAL EN BASES DE DATOS CENTRALIZADOS	ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS CON <i>BLOCKCHAIN</i>
VALIDEZ DE LOS ACUERDOS	Firmas húmedas sobre papel, sellos	Firmas digitales basadas en la identidad. Utilización de contratos inteligentes
FUENTES DE DATOS	Documentación manual por las partes, autoridades	Documentación electrónica segura desde la fuente original
PROCESO PARA ASEGURAR PROPIEDADES, PRÉSTAMOS	Dependencia de la buena voluntad de intermediarios, cumplimiento posterior al comprobar el proceso	Cumplimiento seguro y prediseñado
CONFIRMACIÓN DE IDENTIDAD	Verificación manual	Identificaciones digitales
INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	De forma secuencial, en papel	De forma simultánea, electrónica y transparente
VALIDEZ DE DATOS	Autoridad Individual	Consenso entre múltiples autoridades

Fuente: Banco Internacional de Desarrollo (2022).

Como podemos ver, la adopción de blockchain en América Latina representa una oportunidad sin precedentes para mejorar tanto la inclusión financiera como la eficiencia de los servicios financieros en la región. Sin embargo, es imperativo reconocer que el éxito de estos proyectos depende en gran medida de la presencia de una regulación adecuada y del respaldo gubernamental.

La implementación de marcos regulatorios innovadores, como los sandbox fintech, ha demostrado ser un paso positivo hacia la promoción de la innovación en el sector financiero. Estos entornos controlados permiten a las instituciones experimentar con nuevas tecnologías, incluida blockchain, sin exponerse a riesgos excesivos. Esta flexibilidad regulatoria fomenta la colaboración entre el sector público y privado, allanando el camino para el desarrollo y la adopción de soluciones innovadoras que impulsen la inclusión financiera.

A medida que más países de la región sigan el ejemplo de pioneros como Colombia y México en la implementación de políticas regulatorias progresistas, se espera que el papel de blockchain en la transformación digital del sector financiero se vuelva cada vez más relevante. La creación de un entorno propicio para la innovación y la colaboración entre los diversos actores del ecosistema financiero será fundamental para asegurar que estos avances tecnológicos beneficien a un mayor número de personas en América Latina.

Personalmente considero que la adopción de blockchain representa una oportunidad única para abordar los desafíos persistentes en materia de inclusión financiera en la región. Sin embargo, es esencial que los reguladores y las autoridades gubernamentales actúen de manera proactiva

para establecer un marco normativo claro y coherente que fomente la innovación responsable y proteja los intereses de los consumidores. Al mismo tiempo, es crucial que las instituciones financieras y las empresas del sector privado aprovechen esta tecnología de manera ética y transparente, garantizando que sus iniciativas contribuyan de manera efectiva al desarrollo económico y social de América Latina.

7. Conclusiones

La presente tesis ha explorado de manera exhaustiva las aplicaciones y beneficios de la tecnología blockchain en el sector financiero latinoamericano, resaltando sus capacidades para mejorar la eficiencia, transparencia y seguridad en diversos procesos financieros. Si bien la adopción de esta tecnología enfrenta importantes desafíos, como percepciones negativas y una regulación incipiente, sus ventajas competitivas la posicionan como una herramienta transformadora para el ecosistema financiero de la región.

Blockchain ha trascendido su origen en las criptomonedas para abarcar un abanico de aplicaciones financieras. Su capacidad para eliminar intermediarios y automatizar procesos mediante contratos inteligentes contribuye a reducir costos y riesgos operativos. Este potencial es ampliamente reconocido por instituciones como el Foro Económico Mundial (2016), que destaca su capacidad para redefinir la infraestructura financiera global mediante una mayor transparencia y seguridad.

El contexto latinoamericano presenta retos específicos, incluyendo una infraestructura tecnológica desigual, regulaciones poco desarrolladas y una baja tasa de inclusión financiera. No obstante, la implementación de proyectos piloto en países como Colombia y Brasil demuestra que, con el apoyo adecuado, blockchain puede ofrecer soluciones efectivas para problemas persistentes en el sistema financiero regional, tales como la inclusión financiera y la reducción del fraude.

Un componente clave analizado en esta investigación es la tokenización de activos. Este proceso permite digitalizar bienes físicos y financieros, facilitando su intercambio y mejorando la liquidez del mercado. El caso de Agrotoken ilustra cómo la tokenización de productos agrícolas puede beneficiar al sector agropecuario, permitiendo a los productores acceder a créditos respaldados por sus activos agrícolas y promoviendo la eficiencia en la cadena de valor.

Asimismo, el análisis cuantitativo realizado bajo el "Modelo Cuantitativo para Comparación de Costos Financieros" demuestra que las plataformas descentralizadas ofrecen alternativas más económicas y eficientes para transferencias internacionales, fortaleciendo su papel como una opción viable para la inclusión financiera en la región.

Si bien las implicaciones técnicas y regulatorias de blockchain son objeto de debate, los beneficios potenciales son significativos. Autores como Bonneau, y otros (2015) subrayan la necesidad de superar los desafíos de escalabilidad y seguridad, mientras que Tranchita Galeano

(2023) enfatiza el impacto positivo que blockchain podría tener en la eficiencia financiera, siempre que se implemente dentro de un marco regulatorio claro.

En este sentido, para lograr una adopción exitosa de blockchain en América Latina, es esencial un esfuerzo conjunto entre gobiernos, instituciones financieras y el sector privado. Las políticas regulatorias deben ser flexibles, incentivando la innovación sin comprometer la seguridad y estabilidad del sistema financiero. Además, se requiere una inversión significativa en infraestructura tecnológica y la capacitación de los profesionales del sector.

Finalmente, como lo subraya el Banco Mundial (2021), la digitalización y la inclusión financiera son pilares esenciales para el desarrollo económico sostenible en la era post-COVID-19. Blockchain tiene el potencial de desempeñar un papel crucial en este proceso, siempre que se fomente una colaboración efectiva y coordinada entre los actores clave. Solo a través de este enfoque se podrá desbloquear el verdadero potencial de esta tecnología, generando beneficios tangibles tanto para las instituciones financieras como para los ciudadanos de la región.

8. Bibliografía

- Accenture (Dirección). (2020). *Blockchain* [Película].
- AFIP. (2022). *Dictamen N° 2/2022 DI ALIR*. Obtenido de <https://afip.gob.ar/economia-digital/criptoactivos/impuesto-sobre-los-bienes-personales.asp>
- Agrotoken. (2020). *Agrotoken White Paper*. Obtenido de https://assets-global.website-files.com/651d982d079d041f5fd45752/65d9023daf58a7c3f46ff587_ES%20-%20Agrotoken%20White%20Paper%202020.pdf
- Arroyo Guardefío, D., Díaz Vico , J., & Hernández Encinas, L. (2019). *¿Qué sabemos de Blockchain?* Madrid: CSIC.
- Banco Central de la República Argentina. (2022). *Participación de las entidades bancarias supervisadas por la Reserva Federal en actividades relacionadas con criptoactivos*. Obtenido de <https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Participacion-de-las-entidades-bancarias-supervisadas-por-la-Reserva-Federal-en-actividades-relacionadas-con-criptoactivos.asp>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Tecnología Blockchain: una forma de aumentar la confianza, mejorar la eficiencia y reducir los costos en los procesos de Registro de Propiedades*. Obtenido de <https://www.iadb.org/es>: <https://www.iadb.org/es/proyecto/RG-T3356>
- Banco Mundial. (2018). *Cifra sin precedente de remesas a nivel mundial en 2018*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2019/04/08/record-high-remittances-sent-globally-in-2018>
- Banco Mundial. (2021). *The Global Findex Database 2021: Financial Inclusion, Digital Payments, and Resilience in the Age of COVID-19*. Obtenido de The World Bank: <https://www.worldbank.org/en/publication/globalindex>
- Banco Santander. (2022). *Santander y Agrotoken se unen para ofrecer préstamos garantizados con criptoactivos*. Obtenido de <https://www.santander.com/es/sala-de-comunicacion/notas-de-prensa/2022/03/santander-y-agrotoken-se-unen-para-ofrecer-prestamos-garantizados-con-criptoactivos>

- BBVA. (2 de Septiembre de 2016). *'Blockchain' quiere ser un aliado de los servicios financieros*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/innovacion/blockchain-reescribe-las-reglas-los-servicios-financieros/>
- BBVA. (2017). *What is a regulatory sandbox?* Obtenido de BBVA: <https://www.bbva.com/en/what-is-regulatory-sandbox/>
- Bimount. (2023). *La tokenización en América Latina: una gran oportunidad de negocios*. Obtenido de Bimount: <https://bimount.io/la-tokenizacion-en-america-latina-una-gran-oportunidad-de-negocios/>
- Binance. (2025). Obtenido de https://www.binance.com/es/fee/cryptoFee?utm_source=chatgpt.com
- Bitnovo. (9 de Enero de 2023). *¿Qué es Tokenizar o proceso de Tokenización? Guía rápida*. Obtenido de Bitnovo.blog: <https://blog.bitnovo.com/que-es-tokenizar-o-proceso-de-tokenizacion-guia-rapida/?cn-reloaded=1>
- Bloomberg. (2021). *Blockchain permite identificar los delitos de lavado de dinero*. Obtenido de <https://www.bloomberglinea.com/2021/12/28/blockchain-permite-identificar-los-delitos-de-lavado-de-dinero/>
- Bonneau, J., Miller, A., Clark, J., Narayanan, A., Kroll, J., & Felten, E. (2015). *Research Perspectives and Challenges for Bitcoin and Cryptocurrencie*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/>
- Buterin, V. (2014). *Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform*. Obtenido de Ethereum: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- Castro Gómez, S., Malagón, J., & Montoya, G. (2017). *Blockchain: mirando más allá del Bitcoin. Semana Económica*.
- Catalini, C., & Gans, J. (2019). *Some of the simple economics of the Blockchain*. Obtenido de https://www.nber.org/system/files/working_papers/w22952/w22952.pdf
- CEPAL. (2012). *Las tecnologías digitales frente a los desafíos de una educación inclusiva en América Latina. Algunos casos de buenas prácticas*. Obtenido de CEPAL: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/7be78858-1bdf-4c59-b7d2-78532198900b/content#:~:text=URL%3A%20https%3A%2F%2Frepositorio.cepal.org%2>

Fbitstream%2Fhandle%2F11362%2F35386%2FS2012809_es.pdf%0AVisible%3A%200%25%20

CEPAL. (2021). *Oportunidades y desafíos para la implementación de blockchain en el ámbito logístico de América Latina y El Caribe*. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/012145c2-620c-4463-8bfe-7a4b4ff92d60/content>

Chapiro, C. (24 de Noviembre de 2021). *Working Toward Financial Inclusion With Blockchain*. Obtenido de Stanford Social Innovation Review: https://ssir.org/articles/entry/working_toward_financial_inclusion_with_blockchain

Ciccaglione, B. (2019). *University of Connecticut library*. Obtenido de Utilizing Blockchain Trade Finance to Promote: https://digitalcommons.lib.uconn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1629&context=srhonors_theses

Cointelegraph. (2019). *Major Latin American Development Bank Pilots Blockchain for Land Registry*. Obtenido de Cointelegraph: <https://cointelegraph.com/>

Cointelegraph. (2020). *Ripple se asocia con Santander para pagos internacionales*. Obtenido de <https://es.cointelegraph.com/news/ripple-teams-up-with-santander-on-international-payments>

Corredor Higuera, J. A., & Díaz Guzmán, D. (2018). *Blockchain y mercados financieros: aspectos generales del impacto regulatorio de la aplicación de la tecnología blockchain en los mercados de crédito de América Latina*. Obtenido de Revista de la Facultad de Derecho: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechopucp/article/view/20441/20356>

Cortés, M., & Ortega, D. (2017). *La tecnología Blockchain en el Sector Bancario*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/11602/Tecnologia_blockchain_sector_bancario.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Criptonoticias. (2017). *SALT Lending, la plataforma de préstamos que emplea criptoactivos como garantía*. Obtenido de https://www.criptonoticias.com/aplicaciones/salt-lending-plataforma-prestamos-emplea-criptoactivos-garantia/#google_vignette

- Crowfunder Insider. (2022). *First Blockchain Bonds in Latin America: IDB, Colombia's Davivienda Bank Complete Pilot Project*. Obtenido de <https://www.crowdfundinsider.com/>
- Deloitte. (2018). *Blockchain: A technical primer*. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/emerging-technologies/blockchain-technical-primer.html>
- Etherum. (2020). *Casos de Uso del Blockchain: Remesas*. Obtenido de <https://www.binance.com/en-AE/square/post/288671>
- Faster Capital. (2024). *Inversiones alternativas aprovechando nuevas oportunidades con Tzero*. Obtenido de Faster Capital: <https://fastercapital.com/es/contenido/Inversiones-alternativas--aprovechando-nuevas-oportunidades-con-Tzero.html#:~:text=Transparencia%3A%20la%20plataforma%20basada%20en%20blockchain%20de%20Tzero,de%20que%20sus%20inversiones%20son%20seguras%20y%20transpa>
- Fúster Sabater, A. (2012). *Criptografía, protección de datos y aplicaciones: una guía para estudiantes y profesionales*. Alfaomega.
- García Rendón, A., & Andrade López, M. E. (2022). Análisis de la tokenización y la titularización tradicional de activos agrícolas, como alternativas de financiación aplicado al cultivo de aguacate Hass. *Repositorio Universidad EAFIT*.
- Gershenson, D., Herrera, L., & Lambert, F. (2021). *Fintech and Financial Inclusion in Latin America and the Caribbean*. Obtenido de International Monetary Fund: <https://www.imf.org/>
- Gomez-Pinzón. (s.f.). *Los Sandbox regulatorios, un escenario ideal para la innovación con gran proyección en Colombia*. Obtenido de <https://gomezpinzon.com/>: <https://gomezpinzon.com/los-sandbox-regulatorios-un-escenario-ideal-para-la-innovacion-con-gran-proyeccion-en-colombia/>
- Gutiérrez Junquera, F. (2016). La transformación digital de la banca ¿hacia la banca sin bancos? *Boletín de estudios económicos*.
- Harris, W., & Wonglimpiyarat, J. (2019). *Blockchain platform and future bank competition*. Obtenido de <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/FS-12-2018-0113/full/html>

- Institute of International Finance. (2015). *Banking on the Blockchain: Reengineering* . París: Institute of International Finance.
- Iprofesional. (2021). Blockchain en la Argentina: ¿una tecnología "atada con alambre" por su marco legal? *Iprofesional*.
- Jimenez, D. (2023). *La adopción de las criptomonedas en América Latina plantea desafíos y riesgos, según el FMI*. Obtenido de Cointelegraph: <https://es.cointelegraph.com/news/cryptocurrency-adoption-in-latin-america-poses-challenges-and-risks-imf-says>
- LAC PropertyChain. (2021). *Diseño e implementación del proyecto piloto de blockchain aplicado al registro de propiedad en Bolivia, Paraguay y Perú*. Obtenido de LAC PropertyChain: <https://www.lacpropertychain.com/blog/diseo-e-implementacin-del-proyecto-piloto-de-blockchain-aplicado-al-registro-de-propiedad-en-bolivia-paraguay-y-per>
- López Pérez, E. (2022). Redes P2P y Ciberdelincuencia. *Universitat Jaume*.
- Maldonado, J. (3 de Enero de 2024). *Diferencias entre Blockchain públicas y privadas*. Obtenido de Observatorio Blockchain: <https://observatorioblockchain.com/blockchain/diferencias-entre-blockchain-publicas-y-privadas/>
- Mastercard. (2024). *Mastercard Crypto Credential inicia las primeras transacciones piloto peer-to-peer y añade nuevos socios al ecosistema*. Obtenido de <https://www.mastercard.com/news/latin-america/es/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/pr-es/2024/mayo/mastercard-crypto-credential-inicia-las-primeras-transacciones-piloto-peer-to-peer-y-anade-nuevos-socios-al-ecosistema/>
- Narayanan, A., Bonneau, J., & Felten, E. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Obtenido de <https://press.princeton.edu>
- Nasdaq. (2015). *NASDAQ LINQ ENABLES FIRST-EVER PRIVATE SECURITIES ISSUANCE DOCUMENTED WITH BLOCKCHAIN TECHNOLOGY*. Obtenido de <https://ir.nasdaq.com/news-releases/news-release-details/nasdaq-linq-enables-first-ever-private-securities-issuance>
- Naúmenko, T. V., & Fakhruddínova, L. R. (2019). *LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN AMÉRICA*. Obtenido de Revista Iberoamérica: <https://iberoamericajournal.ru/sites/default/files/2019/3/naumenko.pdf>

- Nuevo Banco de Santa Fe. (2025). Obtenido de https://assets.ctfassets.net/h7wmg0jhythh/4xwUOKboFYjbRjipqhfoWO/78d12ce077cb749bd221506964c69bd4/Cargos_y_Comisiones_para_Individuos_y_Personas_Jur%C3%ADdicas_sin_fine_s_de_lucro_01022025V1.pdf
- Phemex. (2021). *What is Quorum: A Closer Look at an Enterprise Blockchain Giant*. Obtenido de <https://phemex.com/academy/what-is-quorum-jp-morgan>
- Pilkington, M. (2016). *Blockchain Technology: Principles and Applications*. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2662660
- Preukschat, A., Kuchkovsky, C., Gómez Lardies, G., Díez García, D., & Molero, Í. (2017). *Blockchain: la revolución industrial del internet*.
- PwC. (2019). *PwC lanza una solución de software para la auditoría de criptomonedas*. Obtenido de <https://www.pwc.com.ar/es/prensa/software-auditoria-criptomonedas.html>
- PwC. (2020). *Asset Tokenisation*. Obtenido de <https://www.pwc.com/ng/en/assets/pdf/asset-tokenisation.pdf>
- PwC. (2024). *Global Digital Trust Insights 2024*. Obtenido de <https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/encuesta-digital-trust.html>
- Rankia. (2023). *¿Qué es Civic (CVC) y cómo funciona?* Obtenido de <https://www.rankia.cl/blog/como-operar-invertir-criptomonedas/5850194-que-civic-cvc-como-funciona>
- RealT. (2021). *Real Estate Tokenization and Increased Liquidity*. Obtenido de realt.co
- Sazandrishvili, G. (2019). Asset tokenization in plain. *Journal of Corporate Accounting & Finance*.
- Securitize. (2022). *Blockchain and Tokenized Securities*. Obtenido de <https://securitize.io/>
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media. Obtenido de [Blockchain: Blueprint for a New Economy](https://www.oreilly.com/catalog/errata.csp?isbn=9781491999933).
- Szabo, N. (1994). *Smart Contracts*. Obtenido de <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>
- Tapscott, A., & Tapscott, D. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*.

The World Economic Forum. (2016). *The Future of Financial Infrastructure: An Ambitious Look at How Blockchain Can Reshape Financial Services*. Obtenido de <https://www3.weforum.org/>

Torras, L., & Castellana, A. (2024). *Perspectivas y retos de Bitcoin y la revolución Blockchain*. Obtenido de Institut d'Estudis Financers: <https://www.iefweb.org/>

Tranchita Galeano, A. (2023). *Descripción y análisis de la tecnología Blockchain, aportes al sistema financiero regional Colombiano*. Obtenido de Universidad De La Salle.

Unidad de Información Financiera. (2014). *Resolución 300 / 2014*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-300-2014-231930>

Wang, S., Ouyang, L., Yuan, Y., Ni, X., Han, X., & Wang, F.-Y. (2019). *Blockchain-Enabled Smart Contracts: Architecture, Applications, and Future Trends*.