



Vigilada Mineducación

Tokens digitales para financiar la acción climática y soluciones basadas en la naturaleza mediante tecnología Blockchain

Digital Tokens to Finance Climate Action and Nature-Based Solutions Through Blockchain Technology

Katherine Zea Chávez
Fabián Fernando Barona Cajiao
Steven David Díaz
Juan Fernando Paz Garzón

Trabajo de Investigación Científico

Asesoras

Judith Cecilia Vergara Garavito, DBA
María Patricia Durango Gutiérrez, Mag.

Universidad EAFIT
Escuela de Finanzas, Economía y Gobierno
Maestría en Administración Financiera
Medellín
2025

Resumen

Este trabajo explora cómo los tokens digitales con tecnología Blockchain pueden ser herramientas efectivas para apoyar soluciones basadas en la naturaleza y financiar la acción climática. Se plantea mediante un análisis del estado arte, el estudio de casos de éxito en diferentes mercados y se desarrolla un marco metodológico para promover y gestionar instrumentos financieros tokenizados. Se examinan los retos regulatorios y tecnológicos que enfrenta la adopción de esta tecnología como mecanismo para generar inversiones más enfocadas, transparentes y democratizadas. En consecuencia, este estudio proporciona al gobierno colombiano, un conjunto de lineamientos para la adopción, promoción y escalabilidad de tokens digitales para financiar la acción climática, así como hacer algunas recomendaciones de políticas públicas que ayuden y promuevan la financiación de Soluciones basadas en Naturaleza.

Palabras clave: Blockchain, Tokens digitales, Finanzas climáticas, Soluciones basadas en la naturaleza, Sostenibilidad.

Abstract

This study explores how digital tokens powered by blockchain technology can serve as effective tools to support nature-based solutions and finance climate action. It is developed through an analysis of the state of the art, a study of successful cases in different markets, and the creation of a methodological framework to promote and manage tokenized financial instruments. The research examines the regulatory and technological challenges faced in adopting this technology as a mechanism to generate more targeted, transparent, and democratized investments. Consequently, this study provides the Colombian government with a set of guidelines for the adoption, promotion, and scalability of digital tokens to finance climate action, as well as recommendations for public policies that support and promote the funding of nature-based solutions.

Key words: Blockchain, Digital Tokens, Climate Finance, Nature-Based Solutions, Sustainability.

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Marco Conceptual	4
2.1 Medición, Reporte y Verificación (MRV).....	4
2.2 Beneficios de los Tokens Digitales en la Financiación Climática	5
2.3 Incentivos para la Participación en NbS Tokenizados	6
2.4 Colaboración entre Sectores Público y Privado	6
2.5 Tokenización de Activos Naturales.....	7
3. Metodología.....	10
3.1 Casos exitosos de soluciones basadas en la naturaleza implementadas con apoyo de Blockchain	10
3.1.1 Emisión de Bonos Verdes por el gobierno de Hong Kong	10
3.1.2 Proyecto Ancestral Jaguar Stewardship (Ecuador)	11
3.1.3 EcoGox.....	12
3.2 Lecciones aprendidas	13
3.3 Mejores prácticas.....	14
3.4 Proceso de Creación y Emisión de Tokens Climáticos.....	15
3.4.1 Identificación y Selección del Activo Climático a Tokenizar.....	15
3.4.2 Elección de la Plataforma Blockchain.....	16
3.4.3 Definición del Tipo de Token (Fungible o No Fungible)	16
3.4.4 Desarrollo de Contratos Inteligentes para la Emisión y Gestión de Tokens	16
3.4.5 Auditoría y Verificación del Impacto Climático	17
3.4.6 Emisión y Distribución de Token.....	17
3.4.7 Gobernanza y Regulación de Tokens Digitales para la Acción Climática.....	17
3.4.8 Roles y Responsabilidades de las Partes Interesadas	18
3.4.9 Cumplimiento de Normativas Internacionales	18
3.4.10 Regulación de los Mercados de Tokens Climáticos.....	19
3.5 Mecanismos de financiamiento y movilización de capital.....	19
3.6 Evaluación de impacto y métricas de éxito	20
3.7 Análisis de Implementación Colombia	21
3.7.1 Valor Agregado	21

3.7.2 Actores Involucrados.....	23
3.7.3 Diseño del Proyecto.....	24
3.7.4 Gestionar el Proyecto de principio a fin.....	27
4. Resultados	28
4.1 Oportunidades de innovación y desarrollo de mercado	31
4.2 Riesgos asociados y estrategias de mitigación de riesgos.....	33
5. Conclusiones y Recomendaciones	38
5.1 Conclusiones	38
5.2 Recomendaciones.....	40
Referencias bibliográficas	44

Lista de tablas

Tabla 1. Ejemplos Activos Naturales Tokenizados.....	7
Tabla 2. Mecanismos de Financiamiento	19
Tabla 3. Soluciones tecnológicas Blockchain ofrecidas por XM.....	25

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Lineamientos Financiamiento de Proyectos Tokens Digitales	21
Ilustración 2. Actores Involucrados en la implementación de proyectos tokenizados.....	23

1. Introducción

Actualmente el cambio climático se establece como uno de los riesgos más probable y de mayor impacto para la humanidad, con efectos tangibles como el crecimiento del nivel del mar en más de 9.4cm desde el año 1993 hasta el 2023, fenómenos de calor extremo en diversas regiones del mundo inducidas por los humanos y el uso de combustibles fósiles (Naciones Unidas, 2024), convirtiéndose el 2024 en el primer año en superar una temperatura global en más de 1.55°C por encima de los niveles preindustriales (World Meteorological Organization, WMO, 2025) y donde el 53% de las pérdidas económicas mundiales por desastres ocurren en la región de América Latina y el Caribe, contando con 6 de los 10 países con mayores pérdidas económicas (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, UNDRR, 2024).

Para contrarrestar esta crisis los países del mundo deben atender una agenda enfocada en el desarrollo de economías bajas en carbono, sin embargo, aún las posturas de los países son divididas y resaltan acciones como la de EE.UU. que, en 2017 bajo el gobierno de Donald Trump, se retiró del Acuerdo de París, al que luego regresó en 2021 bajo el mandato de Joe Biden, decisión que fue nuevamente revertida por orden ejecutiva de Trump en enero de 2025.

En Latinoamérica el 80% de los países cuenta con planes plurianuales de inversión pública que tienen consistencia con los objetivos climáticos, aunque no siempre se tiene claro el cómo ejecutarlos (BID, 2023), muestra de ello es la baja proporción del PIB que los países de América Latina y el Caribe le destinan a la inversión en atención preventiva, entre el 0.1% y el 2,5% (UNDRR, 2024); esta situación es ocasionada por la falta de incentivos para la inversión privada en temas climáticos, así como la dificultad para asegurar la transparencia del destino de los recursos, haciendo más difícil el acceso a financiamiento para proyectos Climáticos.

En el caso colombiano, hay compromiso con la acción climática siendo firmante del acuerdo de París (2015) y de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y hace énfasis en realizar una transición urgente hacia energías limpias (Reuters, 2025). El gobierno y algunas instituciones privadas han optado por Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS, por sus siglas en inglés) como estrategias para abordar los problemas ambientales y sociales, siendo claves para la protección, gestión y reacondicionamiento de los ecosistemas nacionales (Riascos & Arciniegas, 2024, p. 9), sin embargo, la limitante de acceso

al financiamiento bien sea público o privado, sigue siendo un obstáculo significativo y se requiere realizar apuestas de mayor envergadura, para cerrar la brecha actual (Marsters et al., 2021).

De acuerdo con el BID (2023), aunque estas soluciones pueden generar múltiples beneficios, desde la captura de carbono hasta la conservación de ecosistemas, su implementación a gran escala requiere modelos financieros innovadores. En concordancia con Chalkias et al. (2024), es aquí en donde el Blockchain, con su registro descentralizado e inmutable, encuentra la relevancia de la tokenización bajo la tecnología Blockchain, situándose como una alternativa que está transformando la movilización de recursos para iniciativas ambientales, proporcionando más transparencia, trazabilidad y eficiencia en la gestión y monitoreo de fondos.

La tokenización de activos naturales, como créditos de carbono o proyectos de reforestación, facilita su comercialización y financiamiento a través de plataformas digitales; los profesores Saraji y Borowczak (2021), de igual manera, tienen el potencial de lograr que un público más amplio participe en el financiamiento (Schulz y Feist, 2020). Sin embargo, tanto la implementación de la tecnología Blockchain, como las inversiones en NbS y en particular en Colombia, aún se encuentra en una etapa incipiente, con barreras legales, regulatorias, de escalabilidad e interoperabilidad, que dificultan su adopción efectiva en el sector financiero y ambiental (Useche, 2024).

Este trabajo de investigación busca analizar el impacto y la viabilidad de la tokenización de activos naturales en la financiación climática, explorando tanto sus oportunidades como sus desafíos. Se trabajarán aspectos claves como: los beneficios de la transparencia y descentralización con los que cuenta el Blockchain en este tipo de inversiones, los riesgos que podrían afectar su implementación y las lecciones aprendidas de casos internacionales. Además, se propondrán recomendaciones para facilitar la integración de estos modelos en el mercado colombiano, fomentando la colaboración entre el sector público y privado para fortalecer su adopción.

A la luz de lo expuesto, este documento ha sido estructurado en varias secciones. En primer lugar, se presenta un marco conceptual donde se analizan los fundamentos de la tecnología Blockchain y su aplicación en la financiación climática y la convergencia entre los tokens digitales y las NbS. Luego, se detalla la metodología utilizada explicando los criterios de

selección de los casos analizados de tokenización de activos naturales y las herramientas empleadas para el estudio. Posteriormente, se presentan los resultados, explorando los riesgos y oportunidades. Finalmente, se concluye con una reflexión sobre los principales hallazgos y recomendaciones para la adopción y el fortalecimiento del marco regulatorio colombiano.

En conclusión, mediante el análisis de experiencias internacionales y el estudio de las condiciones específicas del mercado colombiano, se espera contribuir en la construcción de mecanismos más eficientes, transparentes y accesible para la financiación de soluciones basadas en la naturaleza, mediante la tokenización de activos digitales, con el propósito de brindar un esquema guía al país para apoyarse en la tecnología Blockchain.

2. Marco Conceptual

La convergencia entre los tokens digitales y las NbS crea un marco robusto para financiar proyectos climáticos de manera eficiente y transparente. Por un lado, los tokens digitales permiten un acceso más amplio al capital global y, por otro lado, garantizan el monitoreo y la comercialización de activos naturales.

La IOTA Foundation es una organización sin fines de lucro que desarrolla tecnología Blockchain orientada a Internet de las Cosas. Según el protocolo IOTA, tecnología Blockchain asegura la verificación de resultados, movilizandando recursos hacia proyectos de acción climática con mayor alcance.

El diseño de tokens digitales climáticos para financiar proyectos sostenibilidad ambiental, se encuentra en un mercado que depende de la fiabilidad de los datos utilizados para informar sobre el impacto ecológico de los proyectos financiados por estos instrumentos, por lo que debe basarse en principios que aseguren su alineación con los objetivos de sostenibilidad, transparencia, y eficiencia climática.

2.1 Medición, Reporte y Verificación (MRV)

Es crucial que los tokens climáticos cumplan con estándares internacionales de sostenibilidad y verificación, como los Principios de Bonos Verdes establecidos por la ICMA o las normativas de la Unión Europea sobre taxonomía climática. Estos estándares garantizarán que los tokens sean reconocidos por organismos regulatorios y que los proyectos financiados sean verificables en términos de impacto climático (ICMA, 2021).

Un aspecto clave en la implementación de proyectos climáticos y de conservación es la Medición, Reporte y Verificación (MRV). Tradicionalmente, este proceso, fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de los impactos ambientales, ha sido manual, costoso y propenso a errores. Según IOTA Foundation (2023), con la integración de Blockchain y contratos inteligentes, el MRV puede automatizarse, lo que no solo reduce costos, sino que también mejora la precisión y la transparencia en la recopilación de datos.

2.2 Beneficios de los Tokens Digitales en la Financiación Climática

Dentro de este marco, los tokens digitales en la financiación climática presentan características distintivas que impulsan su adopción. Uno de sus principales beneficios es la capacidad de abrir el acceso a la inversión a nivel global, eliminando las barreras geográficas y democratizando la participación en proyectos sostenibles. Como señalan Schulz y Feist (2020), inversionistas de distintos tamaños pueden financiar iniciativas como la reforestación o la compensación de emisiones, lo que amplía significativamente las fuentes de capital disponibles para la acción climática.

La transparencia es otro atributo fundamental de esta tecnología. Gracias a la implementación de Blockchain, todas las transacciones quedan registradas de manera inmutable y accesible, lo que genera confianza entre los inversionistas y garantiza que los fondos sean utilizados de manera adecuada. De acuerdo con Saxena et al. (2024) en su publicación sobre *Blockchain como catalizador de la transparencia y el impacto*, este nivel de trazabilidad resulta esencial para combatir el greenwashing y asegurar la veracidad de los impactos ambientales reportados.

Asimismo, los altos costos de transacción, históricamente un obstáculo en la financiación climática, se reducen considerablemente con la aplicación de contratos inteligentes. Según la IOTA Foundation (2023), la automatización de procesos como la distribución de fondos, la verificación de resultados y los pagos elimina la necesidad de intermediarios, permitiendo que una mayor proporción del capital se destine directamente a los proyectos.

Otro aspecto clave es la mitigación del riesgo de fraude. El Environment Programme de las Naciones Unidas (2022) en su informe “Blockchain for Biodiversity Finance” destaca que establecer un mercado transparente basado en Blockchain evita la inclusión de créditos fraudulentos en el mercado. La inmutabilidad de los registros ofrece garantías contra la duplicación de créditos y la mala administración de fondos, fortaleciendo así la seguridad en los mercados climáticos.

Finalmente, la tokenización de activos ambientales mejora su liquidez en los mercados internacionales. De acuerdo con el artículo de Cervellati (2025) publicado por CAIA, los activos privados suelen tener baja liquidez, aquí los tokens digitales permiten una comercialización más

ágil y eficiente. Esta tecnología atrae a un mayor número de inversionistas porque facilita la tokenización de los activos y permite el comercio en la red las 24 horas del día.

2.3 Incentivos para la Participación en NbS Tokenizados

La integración de NbS en tokens digitales debe estar acompañada de incentivos claros que promuevan la participación de inversores, empresas y ciudadanos. En primer lugar, el incentivo base para la participación en proyectos NbS tokenizados corresponde al hecho de que los tokens digitales se pueden monetizar en dinero fiduciario en el futuro (BID, 2023).

De cara a los inversionistas los incentivos pueden incluir, entre otros, retornos financieros. Los tokens basados en activos naturales pueden generar beneficios financieros como un título de renta fija (Marsters et al., 2021), esto en consecuencia a la venta de créditos de carbono o la participación en los ingresos generados por el ecoturismo.

Adicionalmente, los proyectos tokenizados permiten recompensar continuamente comportamientos deseados. En el caso de las NbS, los tokens pueden utilizarse para premiar, por ejemplo, a los propietarios de tierras por una gestión ambiental responsable. Dos casos que permiten evidenciarlo son: el proyecto Single Earth que implementa un sistema que genera ingresos continuos para propietarios de tierras según el estado ecológico de sus terrenos o el proyecto GainForest, que utiliza Blockchain y contratos inteligentes para recompensar a comunidades indígenas por la conservación de bosques mediante tokens canjeables por financiamiento (Slootman, 2022).

2.4 Colaboración entre Sectores Público y Privado

Un trabajo en conjunto parte de políticas públicas que pueden proporcionar un marco regulatorio que garantice la integridad y el cumplimiento de los proyectos NbS. Teniendo en cuenta que las NbS usualmente representan bienes públicos o de beneficio público, la implementación exitosa de proyectos NbS tokenizados requiere la colaboración entre sectores públicos y privados, así como con organizaciones no gubernamentales (Fathi, 2022).

De acuerdo con Silva (2023), los gobiernos y las ONGs pueden, por ejemplo, emitir tokens respaldados por activos naturales, en colaboración con empresas privadas que buscan compensar sus huellas de carbono o apoyar iniciativas de sostenibilidad. Es el caso de un gobierno local que

puede colaborar con una ONG para proteger un área de bosque tropical. Los tokens emitidos por el proyecto podrían financiar la conservación del bosque, mientras que las empresas privadas adquieren estos tokens para cumplir con sus objetivos de sostenibilidad y compensación de carbono.

2.5 Tokenización de Activos Naturales

El proceso de tokenización implica convertir activos físicos o derechos ambientales en tokens digitales, que pueden ser comercializados en una red Blockchain. En el caso de las NbS, algunos ejemplos donde se aplicaron fueron:

Tabla 1

Ejemplos Activos Naturales Tokenizados

Proyecto	País	Caso
Moss.Earth	Brasil	Este proyecto utiliza tokens de carbono en la Blockchain para financiar iniciativas de conservación en la Amazonía. Moss vende créditos de carbono tokenizados a empresas y particulares que buscan compensar sus emisiones de CO ₂ . Estos fondos se destinan a proyectos de reforestación y preservación del bosque amazónico. (<u>Moss: the one-stop-shop for carbon solutions, 2023</u>)
Regen Network	Estados Unidos	Utiliza tokens de Blockchain para financiar proyectos agrícolas regenerativos. Los agricultores pueden emitir tokens respaldados por prácticas de manejo del suelo que mejoran la captura de carbono. Estos tokens pueden ser vendidos en mercados secundarios, apoyando financieramente a las iniciativas climáticas. (<u>Regen Network / Invest in high-integrity carbon credits, s. f.</u>)
Poseidon Foundation	Reino Unido	Utiliza tokens digitales para rastrear y financiar proyectos de carbono en varias partes del mundo. Conecta a consumidores y minoristas directamente con proyectos que

		abordan los impactos del carbono mediante la protección de los bosques. (<u>Poseidon DAO, 2023</u>)
Clim8	Reino Unido	Clim8 es una plataforma de inversión que utiliza Blockchain para rastrear las inversiones en energía limpia y proyectos de acción climática. Los inversores pueden comprar tokens que financian iniciativas sostenibles en Europa y otras regiones.
Programa de Bonos Verdes (GBP) del Gobierno de Hong Kong	China	Emitieron \$800 millones de dólares en bonos verdes tokenizados, en el marco del Programa de Bonos Verdes (GBP) del Gobierno. Los bonos fueron suscritos por cuatro bancos y cotizaron a un rendimiento del 4.05%. la plataforma utilizó el protocolo de tokenización GS DAP de Goldman Sachs (NYSE:GS) para el bono. (Hong Kong Special Administrative Region, 2023) (<u>Green Bond Report 2023 en August 2023</u>)
Veridium	Singapur	Veridium crea créditos de carbono tokenizados utilizando la tecnología Blockchain. Su objetivo es financiar proyectos de conservación y restauración de la biodiversidad en todo el mundo, incluyendo áreas como Indonesia y Papua Nueva Guinea. (<u>Veridium, s. f.</u>)
CeroCO ₂	Colombia	Este proyecto utiliza Blockchain para rastrear los créditos de carbono emitidos por proyectos de reforestación y conservación en Colombia. A través de su plataforma, los participantes pueden invertir en la restauración de ecosistemas críticos y obtener tokens que representan la captura de carbono. (<u>CeroCO₂ - Te ayudamos en tu ruta de descarbonización, 2021</u>)
Akoin	Rwanda	El proyecto Akoin, impulsado por Blockchain, ha tenido la iniciativa de crear un ecosistema digital para financiar proyectos locales de reforestación y conservación. Utilizando tokens Akoin, los

		ciudadanos podrían participar en iniciativas de desarrollo sostenible y recibir recompensas. Akoin (2018)
TreeCoin	Australia	TreeCoin utiliza Blockchain para rastrear la reforestación de tierras degradadas en Australia. Los inversores compran tokens TreeCoin que financian la plantación de árboles como el eucalipto y otros, con el beneficio adicional de obtener un retorno financiero cuando los árboles maduran, tiene una meta de 100 millones de hectáreas para 2030. TreeCoin — Eucalyptus Trees: A Sustainable Option for Carbon Sequestration and Wood Production (s.f.)
Emmi	Australia	Startup que aprovecha la tecnología Blockchain para crear una plataforma descentralizada para un mercado de carbono. Su objetivo principal es abordar los problemas estructurales y de riesgo que actualmente representan un desafío para obtener flujos de capital hacia soluciones climáticas. (Emmi Climate data for your reporting and investment management needs, 2024)
Phineal	Chile	Startup que aprovecha la tecnología Blockchain junto con la inteligencia artificial para desarrollar soluciones aplicadas al sistema energético para abordar el cambio climático. Han publicado varios artículos que investigan casos de uso de tecnología dentro de la industria y desarrollaron tres proyectos de Blockchain para lograr sus objetivos. (Phineal Tecnología inspirada en la naturaleza, 2013)

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3. Metodología

3.1 Casos exitosos de soluciones basadas en la naturaleza implementadas con apoyo de Blockchain

3.1.1 Emisión de Bonos Verdes por el gobierno de Hong Kong

El Gobierno de la Región Administrativa Especial de Hong Kong vendió con éxito más de \$100 millones de dólares en bonos verdes digitales. Esta medida de Hong Kong marca el primer bono verde tokenizado emitido por un gobierno, que logró recaudar oficialmente \$800 millones de HKD (\$102 millones de dólares) mediante la venta de bonos verdes digitales, ampliando el uso de la tecnología Blockchain.

Sobre la base del éxito del Proyecto Génesis, la HKMA (Autoridad monetaria de Hong Kong) inició el Proyecto Evergreen en 2022, que fue un proyecto piloto anunciado en la Declaración de política sobre el desarrollo de activos virtuales en Hong Kong emitida por el Gobierno. El Proyecto Evergreen utilizó tecnología de contabilidad distribuida (DLT)¹ para liquidar, mediante una entrega contra pago (DVP) base, tokens de valores que representan intereses del bono verde emitido por el gobierno y tokens en efectivo que representan un reclamo por dólares fiduciarios de Hong Kong (dólar de Hong Kong) contra la HKMA.

Uno de los principales objetivos era poner a prueba la infraestructura financiera y el entorno legal y regulatorio en Hong Kong para el uso de DLT a lo largo del ciclo de vida de los bonos (que abarca la emisión y liquidación primaria, el pago de cupones, la liquidación de operaciones secundarias y el reembolso al vencimiento) y servir como modelo para futuras emisiones similares por parte de los participantes del mercado. Los bonos verdes tokenizados se ofrecieron en el marco del Programa de Bonos Verdes del Gobierno, y sus ingresos se asignarán a financiar y/o refinanciar proyectos que brinden beneficios ambientales y respalden el desarrollo sostenible de Hong Kong (*Bond tokenisation in Hong Kong*, 2023, p. 4).

La plataforma basada en tecnología de contabilidad distribuida (DLT) desarrollada por Goldman Sachs, fue utilizada por la Unidad Central de Mercados Monetarios (CMU) de la

¹ Base de datos para registrar información que no es ejecutada por una sola entidad. Permite almacenar y usar datos que pueden ser descentralizados y distribuidos, por lo tanto, pueden comunicarse.

Autoridad Monetaria de Hong Kong (HKMA) para el sistema de limpieza y liquidación del bono; adicional a lo anterior, en este proyecto los pagos de capital e intereses a los participantes de la plataforma se realizan en forma de tokens en efectivo de HKD (fichas de efectivo) acuñados por la CMU en la plataforma digital. Los tokens en efectivo representan dinero fiduciario que se puede reclamar contra la HKM y un token en efectivo es igual a un dólar fiduciario de Hong Kong (*Bond tokenisation in Hong Kong*, 2023, p. 14).

3.1.2 Proyecto Ancestral Jaguar Stewardship (Ecuador)

Este proyecto ofrece la oportunidad para crear y demostrar un modelo ecológico-económico; el programa piloto de conservación y emisión de créditos, creado en conjunto con Regen Market en el Ecuador, podría potencialmente convertirse en un fondo de mayor magnitud que allane el camino para un programa expansivo que pueda financiar 30 millones de hectáreas en el Amazonas (*Créditos de gestión de la biodiversidad. La administración ancestral del jaguar*, Regen Market, 2024). En concreto, el proyecto Ancestral Jaguar liderado por la comunidad Sharamentsa de la Nación Achuar, que abarca aproximadamente 10.000 hectáreas de territorio crítico para la conservación del jaguar, utilizó la metodología Blockchain de manera integral para asegurar la transparencia, trazabilidad y verificación de los créditos de biodiversidad.

Regen Ledger, la cual es una Blockchain soberana desarrollada con el Cosmos SDK², registra todos los datos ecológicos y transacciones de créditos de biodiversidad, asegurando que cada crédito sea único y completamente trazable; los créditos de biodiversidad del jaguar se emitieron como activos únicos en la Blockchain, garantizando que cada crédito esté respaldado por datos verificables sobre la conservación del hábitat. La plataforma de Regen Network permite a las comunidades locales y otros stakeholders participar en la gobernanza del proyecto, asegurando que las decisiones se tomen de manera inclusiva y transparente (*Biocultural Jaguar Credits*, Regen Network Development, 2024).

Se han emitido y vendido una parte significativa de los créditos de biodiversidad diseñados para la conservación del jaguar. Durante el lanzamiento en Denver, Colorado, se pre-

² Conjunto de herramientas que permite a los desarrolladores crear redes de blockchain interoperables, evitando hacer la programación desde cero.

vendieron créditos por un valor de \$16.000 USD, alcanzando un compromiso total de \$27.500 USD para mediados de abril. La venta de créditos de biodiversidad ha generado ingresos para la comunidad local, apoyando sus esfuerzos de conservación y mejorando su bienestar económico.

3.1.3 EcoGox

EcoGox es una plataforma colombiana que busca agregar valor a los atributos de generación de la energía renovable para que sean reconocidos por el usuario final. Cuenta con un sistema de certificación, registro, monitoreo, rastreo, transferencia y redención de certificados de energía renovable, el cual puede describir el tipo de fuente de energía consumida. El reconocimiento de los atributos de generación para la emisión de certificados de energía renovable representa una oportunidad para que el cliente final pueda escoger conscientemente del tipo de fuente de la cual desea consumir su energía eléctrica.

La plataforma permite la trazabilidad de cada atributo de generación por fuentes de energía renovable, garantizando la transparencia y confiabilidad en el sistema. EcoGox implementa tecnologías DLT mediante una red privada o permissionada. Se utiliza una red basada en Multichain³, soportada por Microsoft Azure. Inicialmente toda empresa registrada en la plataforma recibe una billetera que le permitirá realizar transacciones con los Certificados de Energía Renovable (REC). Estas empresas cuentan con diferentes roles de usuario que permiten realizar diferentes procedimientos como transferir, generar o redimir.

Un generador puede ingresar un nuevo proyecto anexando la información y documentación necesaria, que luego pasará a verificación para asignar una identidad en la red Blockchain al proyecto, una vez hecho esto, se puede ingresar la generación de dicho proyecto mes a mes, este proceso es verificado y posteriormente se crean tokens equivalentes a la cantidad de energía generada en ese mes en KWH (*Requerimientos para inscribir proyectos en Colombia*, EcoGox, 2025). Estos nuevos tokens o seriales pueden ser transferidos a otros usuarios de la plataforma o se pueden redimir a clientes finales que desean certificar el origen de su consumo de energía eléctrica. Una vez que se redime una cantidad de CERS, estos se envían a una dirección

³ Protocolo de enrutamiento entre cadenas, diseñado para permitir intercambios de tokens entre diferentes redes blockchain.

llamada Burn Address, de la cual no se pueden recuperar, pero se puede acceder a su saldo para contabilidad y auditoría.

3.2 Lecciones aprendidas

El Proyecto Evergreen para la emisión de bonos verdes del gobierno de Hong Kong, demostró el potencial de la DLT para generar diversas eficiencias en una emisión de bonos institucionales, donde uno de los principales objetivos era poner a prueba la infraestructura financiera y el entorno legal y regulatorio en Hong Kong para el uso de DLT a lo largo del ciclo de vida de los bonos. Se destacarán las principales lecciones aprendidas basadas en el Informe 1 del Proyecto Génesis, “Una Visión para las finanzas Verdes Impulsadas por la tecnología” realizado por la Autoridad Monetaria de Hong Kong para este análisis.

El proyecto Génesis destaca la importancia de la creación sin papel, al eliminar la necesidad de un certificado global físico y de marcas manuales en el mismo durante el proceso tradicional de creación de bonos, lo cual lleva a ahorrar horas de trabajo y a eliminar el riesgo de errores de procesamiento manual; además la plataforma DLT común aumenta la eficiencia del procesamiento al reunir a todas las partes en una plataforma con una única fuente de información inmutable, que admite flujos de trabajo de múltiples partes con autorización específica de los participantes, verificación en tiempo real y firmantes habilitados.

Otro aspecto por destacar es la decisión de qué tipo de Blockchain se utilizará en la transacción de tokenización de bonos si ésta debe ser una red pública o privada, para esta emisión el proyecto decidió utilizar dos tipos de Blockchain: privadas y con permisos, lo cual permite mayor seguridad y privacidad de la información, éstas evitan los problemas que tiene las Blockchain públicas con muchos actores y actividades desconocidas. Se utilizaron dos capas de Blockchain, la capa uno es una Blockchain de Ethereum privada y autorizada que actúa como el libro de contabilidad y la capa dos es la plataforma Canton, la cual se encarga de interpretar y ejecutar los contratos inteligentes.

A nivel de regulación en el país, ésta no especifica expresamente si los títulos de deuda deben estar en papel o en forma desmaterializada, por lo tanto, en el proyecto la distribución de los bonos se llevó a cabo de conformidad con los requisitos legales y reglamentarios sobre la oferta de valores y el cumplimiento de los requisitos de licencia establecidos. En concreto, los

Bonos se distribuyeron únicamente a “inversores profesionales”, tal como se definen en la norma; en cuanto a la emisión de bonos tokenizados se pueden utilizar dos tipos de métodos: “nativo”, es decir, directamente en la plataforma DLT, o “no nativo”, la cual es emitirse primero fuera de la plataforma y luego tokenizarse en la plataforma Blockchain, en este proyecto se adoptó el método de emisión “no nativo” para que los bonos estuviesen de forma registrada.

Por otra parte, algunos emisores pueden preferir una emisión tokenizada “no nativa” con la participación del sistema convencional de un depósito central de valores en la tokenización de los bonos, siguiendo sus reglas operativas vigentes, lo que puede ofrecer una mayor familiaridad con las convenciones del mercado existente. En conclusión, el Proyecto Evergreen ha demostrado con éxito la posibilidad de implementar la tecnología Blockchain en una transacción real de los mercados de capitales en el marco legal vigente en Hong Kong. La tokenización podría mejorar potencialmente la eficiencia, la liquidez y la transparencia en los mercados de bonos.

En cuanto a las lecciones aprendidas del Proyecto Ancestral Jaguar Stewardship de Ecuador, se destaca la participación de la comunidad, la cual fue clave para el éxito del proyecto, ya que el conocimiento local y el compromiso de esa comunidad eran necesarios para la implementación y el monitoreo de las actividades; con este proyecto es importante mencionar que se deben implementar sistemas avanzados de monitoreo que vayan ligados al propósito de la inversión, en concreto, se utilizaron cámaras trampa y grabaciones bioacústicas, estos proporcionan datos precisos y verificables sobre la salud del ecosistema y la población de jaguares, lo cual facilitó la evaluación del impacto del proyecto, dando solidez al respaldo de los créditos.

3.3 Mejores prácticas

En el proyecto Evergreen para la emisión de bonos verdes del gobierno de Hong Kong se utilizó la tecnología DLT para crear una plataforma pública de Blockchain, lo cual mejoró la visibilidad de datos de transacciones y tenencias. Los bonos digitales se registraron primero en una Blockchain privada que garantiza la privacidad y la eficiencia y, al mismo tiempo, se realizó un registro espejo de Blockchain público, proporcionando una mayor transparencia de forma anónima, además, los bonos se compensaron y liquidaron a través de la CMU (Unidad central de mercados monetarios de Hong Kong) y se protegieron legalmente bajo la PSSVFO (Payment Systems and Stored Value Facilities Ordinance), lo cual asegura que las transacciones sean

irrevocables, inclusive en caso de insolvencia de un participante, proporcionando mayor seguridad y confianza.

En este contexto, solo los custodios participantes de la CMU (Unidad central de mercados monetarios de Hong Kong) que estuviesen registrados en la plataforma digital pueden abrir cuentas de valores tokenizados y cuentas de tokens en efectivo de la plataforma. Los intereses de la inversión se registran en las cuentas de valores tokenizados de la plataforma, por otro lado, el Proyecto Evergreen implementa una plataforma digital que funciona en su propia red Blockchain DLT, donde la red opera de manera independiente y no se integra con otras redes. Establecer conectividad entre diferentes plataformas DLT, entre plataformas DLT y sistemas convencionales, estableciendo una plataforma común, puede ayudar a abordar posibles problemas de fragmentación del mercado.

En cuanto al Proyecto Ancestral Jaguar Stewardship de Ecuador, se destaca la combinación de tecnología avanzada con el conocimiento tradicional de las comunidades locales, lo cual fue un enfoque más efectivo para la conservación, además, a la comunidad que se encontraba en el territorio que fue objeto de la inversión se le realizaron jornadas educativas y de sensibilización. De igual manera, se utilizaron modelos de gobernanza inclusiva a través de la plataforma Rengen Network; para que tuviese éxito el proyecto se involucró a la comunidad local en la toma de decisiones del proyecto, lo cual aseguró que las acciones fueran culturalmente apropiadas y sostenibles. A nivel de registro de datos ecológicos utilizaron Regen Ledger, una Blockchain soberana desarrollada con Cosmos SDK para el registro de todos los datos y transacciones de créditos, lo cual aseguró que el crédito fuera único y trazable.

3.4 Proceso de Creación y Emisión de Tokens Climáticos

La emisión de tokens climáticos que financian iniciativas NbS debe seguir un proceso estructurado que garantice su trazabilidad, seguridad y eficacia. A continuación, se detalla el proceso en etapas clave:

3.4.1 Identificación y Selección del Activo Climático a Tokenizar

El primer paso para crear un token climático es identificar el activo natural o proyecto climático que será representado digitalmente. Esto puede incluir créditos de carbono de

reforestación o agricultura regenerativa, servicios ecosistémicos como purificación del aire o control de inundaciones, y biodiversidad protegida como especies en peligro o ecosistemas restaurados. El activo debe estar asociado a un impacto ambiental medible y verificable, con una metodología clara para cuantificar y monitorear sus beneficios. Por ejemplo, un proyecto de conservación de manglares podría tokenizar cada hectárea protegida, representando tanto la captura de carbono como la preservación de la biodiversidad.

3.4.2 Elección de la Plataforma Blockchain

La elección de la plataforma Blockchain es clave para garantizar la sostenibilidad, transparencia y seguridad de los tokens climáticos. Es importante optar por Blockchains de bajo consumo energético, como NEAR, Algorand o Tezos, para minimizar la huella de carbono, además de priorizar plataformas con soporte para contratos inteligentes que automaticen la verificación y transferencia de tokens (IOTA Foundation, 2023). El protocolo debe ser carbono neutral o incluir mecanismos para compensar las emisiones. Por ejemplo, un proyecto de restauración de bosques podría usar Algorand, una Blockchain certificada como carbono neutral, para emitir tokens que representen el carbono capturado.

3.4.3 Definición del Tipo de Token (Fungible o No Fungible)

La decisión entre tokens fungibles (FTs) o no fungibles (NFTs) depende del activo ambiental que se represente. Los FTs son intercambiables y adecuados para activos divisibles como créditos de carbono, donde cada token tiene el mismo valor. Los NFTs son únicos y representan activos singulares, como parcelas específicas de conservación o especies protegidas. Por ejemplo, en un proyecto de restauración de manglares, los FTs pueden representar toneladas de carbono capturado, mientras que los NFTs pueden identificar parcelas individuales del ecosistema (Amazon Web Services, 2025).

3.4.4 Desarrollo de Contratos Inteligentes para la Emisión y Gestión de Tokens

Los contratos inteligentes automatizan la emisión, transferencia y verificación de tokens climáticos. Pueden emitir tokens al cumplirse criterios ambientales, liberar fondos tras verificar resultados mediante sensores o auditorías, y garantizar la validez de los tokens en el tiempo. Deben ser capaces de verificar datos ambientales automáticamente y distribuir beneficios, como la venta de créditos de carbono. Por ejemplo, en un proyecto de reforestación, un contrato

inteligente puede liberar tokens solo cuando drones y sensores confirmen que los árboles plantados alcanzaron una biomasa mínima.

3.4.5 Auditoría y Verificación del Impacto Climático

La credibilidad de los tokens climáticos depende de la verificación independiente de su impacto ambiental. Esto incluye procesos de Medición, Reporte y Verificación (MRV), apoyados por sensores IoT que monitorean indicadores como captura de carbono y biodiversidad, y auditorías externas realizadas por organismos certificadores para validar los resultados. Es crucial garantizar la transparencia en la recolección y verificación de datos. Por ejemplo, en un proyecto de reforestación, los datos de captura de carbono pueden ser auditados anualmente por una entidad independiente y registrados en la Blockchain para garantizar confianza y transparencia.

3.4.6 Emisión y Distribución de Token

La emisión de tokens climáticos debe ser transparente y registrada en la Blockchain, asegurando que solo se liberen cuando se cumplan los criterios definidos en los contratos inteligentes. Estos tokens pueden ser vendidos en mercados secundarios o distribuidos directamente a los participantes del proyecto. Por ejemplo, en un proyecto de restauración de ecosistemas, los tokens pueden emitirse gradualmente conforme se verifican los impactos y se alcanzan hitos ambientales.

3.4.7 Gobernanza y Regulación de Tokens Digitales para la Acción Climática

Existen diferentes enfoques para la administración de tokens digitales de gobernanza, centralizada y descentralizada. Cada una presenta ventajas dependiendo del tipo de activo tokenizado, la administración de los proyectos, la verificación del impacto ambiental, la asignación de fondos, y el cumplimiento de regulaciones. Bajo la gobernanza descentralizada, los tokens climáticos emitidos en plataformas permiten que la comunidad (inversionistas, ONGs, agencias gubernamentales) participe activamente en la gestión de los proyectos NbS y fomenta la transparencia siendo ideal para decisiones colaborativas, como la expansión de áreas protegidas (Blockchain ClimateCup Round Table, 2017).

En el otro enfoque, la gobernanza centralizada posee una entidad central (como una ONG o un consorcio gubernamental), esta entidad se encarga de la toma de decisiones sobre la gestión de los fondos, la verificación de impactos y la emisión de tokens, siendo este enfoque más adecuado para proyectos complejos que requieren mayor control y coordinación, como aquellos liderados por gobiernos para garantizar el cumplimiento de políticas de conservación.

3.4.8 Roles y Responsabilidades de las Partes Interesadas

Se deben definir claramente los roles y responsabilidades de cada parte involucrada en el proyecto NbS tokenizado. Esto incluye que emisores de tokens son los encargados de crear y emitir los tokens climáticos, normalmente estos emisores serán las organizaciones que lideran los proyectos NbS, como ONGs, agencias gubernamentales o consorcios público-privados (Hawaii International Conference on Systems Sciences, 2023).

3.4.9 Cumplimiento de Normativas Internacionales

El éxito de los tokens climáticos tiene una estrecha relación con el cumplimiento de normativas internacionales que garanticen su sostenibilidad y alineación con los objetivos climáticos. Entre estas normativas, los principios de Bonos Verdes establecidos por la International Capital Market Association (ICMA, 2021), proporcionan directrices claras para asegurar que los fondos sean utilizados exclusivamente en proyectos de sostenibilidad. Asimismo, los reglamentos de la Unión Europea sobre la taxonomía climática (Reglamento UE, 2020) establecen criterios específicos para determinar si un proyecto es ambientalmente sostenible, lo que permite que los tokens sean reconocidos dentro de los mercados financieros europeos.

Uno de los objetivos de los tokens que financian soluciones basadas en la naturaleza (NbS), es la reducción de emisiones y para que estas sean verificables y reconocidas globalmente deben cumplir con los mecanismos del protocolo de Kioto y el acuerdo de París (UNFCCC, 2015), así, con el cumplimiento de estas normativas y el respaldo que ofrecen estos organismos, se permite fortalecer la confianza del inversionista.

3.4.10 Regulación de los Mercados de Tokens Climáticos

Los mercados de tokens climáticos deben operar bajo regulaciones que garanticen su integridad y transparencia. Esto incluye transacciones rastreables en la Blockchain, acceso a información detallada como publicar informes periódicos sobre el impacto ambiental para generar confianza a los inversionistas sobre proyectos NbS. Además, deben cumplir con normativas de finanzas sostenibles, como las de IOSCO, y contar con medidas contra el fraude, como auditorías regulares.

Un aspecto clave de la gobernanza es la implementación de mecanismos efectivos para la resolución de disputas y la garantía de una gestión transparente de los proyectos NbS. En caso de que los resultados ambientales no se cumplan o haya incumplimientos en los objetivos de los proyectos, los inversionistas deben tener acceso a mecanismos de resolución de disputas, como tribunales arbitrales, comités de gobernanza o mediante los contratos inteligentes como retener fondos hasta que se verifiquen los resultados ambientales.

3.5 Mecanismos de financiamiento y movilización de capital

Para financiar proyectos basados en tokens digitales enfocados en la acción climática, las alternativas varían de acuerdo con la naturaleza del proyecto. Algunos de los mecanismos que se pueden implementar son los siguientes:

Tabla 2

Mecanismos de Financiamiento

Oferta Inicial de Tokens (ITO)	Emisión inicial de tokens digitales para atraer inversores interesados en proyectos climáticos. Estos tokens pueden representar créditos de carbono, biodiversidad u otras externalidades positivas vinculadas a los proyectos. (Slootman, 2022)
Alianzas Público-Privadas	Colaboración entre gobiernos y empresas privadas para financiar iniciativas climáticas mediante la adquisición de tokens. (Toxopeus & Polzin, 2021)

Financiación Basada en Resultados	Estructuración de tokens atados a resultados medibles, como la captura de carbono, la reforestación o la restauración de ecosistemas. (Vergara, 2024)
Bonos Verdes Tokenizados	Emisión de bonos verdes tradicionales en formato tokenizado, que pueden ser más accesibles y líquidos para los inversores. (Vergara, 2024)

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.6 Evaluación de impacto y métricas de éxito

Al igual que en el punto anterior, las métricas clave para evaluar el impacto de proyectos tokenizados dependerán de cada proyecto o iniciativa. Algunas métricas incluyen:

1. Impacto Ambiental Directo:

- Toneladas de CO₂ capturadas o reducidas.
- Hectáreas de ecosistemas restaurados o conservados.
- Incremento en la biodiversidad, medido por la presencia de especies clave.

2. Participación y Movilización de Capital:

- Cantidad de capital movilizado a través de la venta de tokens.
- Número de participantes o inversores en el proyecto.

3. Eficiencia Financiera:

- Relación costo-impacto para evaluar la efectividad económica del proyecto.

4. Adopción y Usabilidad del Token:

- Número de transacciones realizadas con el token.
- Tasa de retención y reinversión de los inversores.

5. Contribución al Desarrollo Local:

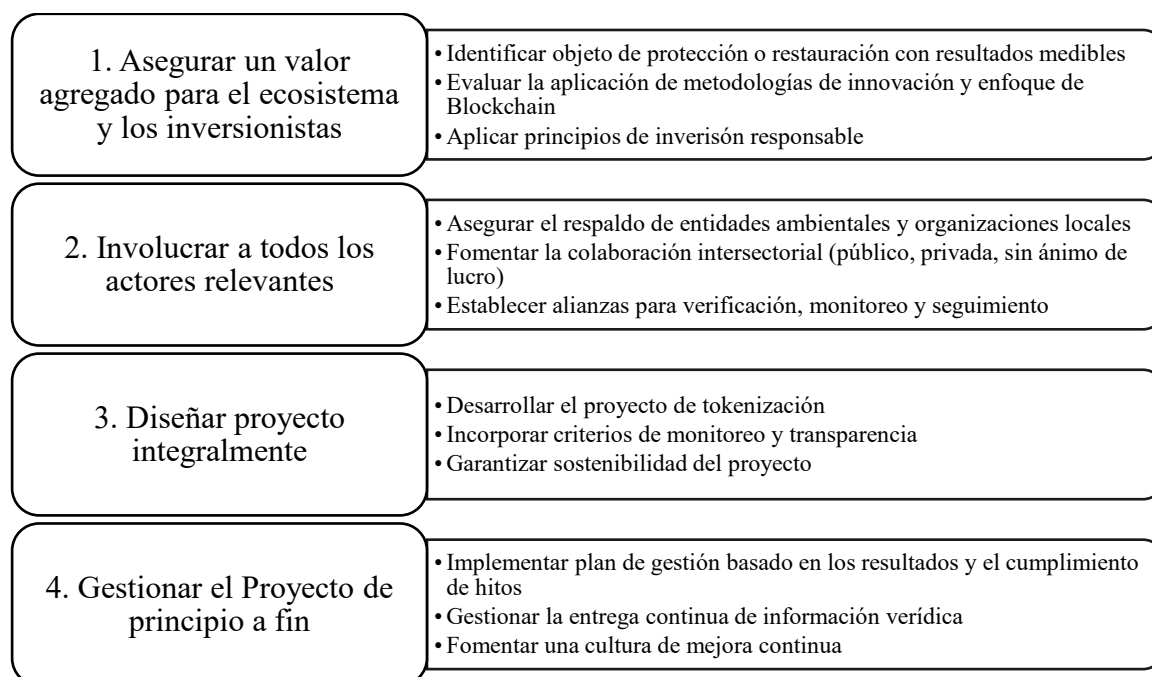
- Generación de empleos en comunidades locales.
- Mejoras en infraestructura o acceso a servicios básicos como agua y energía.

3.7 Análisis de Implementación Colombia

De acuerdo con el Ministerio TIC de Colombia (2020) debe existir una metodología específica de “conocimiento, uso y apropiación” para generar capacidades digitales. El gráfico que se presenta a continuación corresponde a una interpretación de los lineamientos sugeridos para proyectos de Gobierno Digital, aplicado a iniciativas de financiación de acción climática por medio de tokens digitales.

Ilustración 1

Lineamientos Financiamiento de Proyectos Tokens Digitales



Fuente: Elaboración propia a partir de MinTIC (2020).

3.7.1 Valor Agregado

De acuerdo con el flujo presentado anteriormente, en primer lugar, es necesario entender si el proyecto es objeto de una solución que implique tokenización. Para esto, la Secretaría de

Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, en conjunto con el Ministerio Federal de Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (Alianza Energética alemana-mexicana, 2020), establecen una lista indicativa de requisitos que permiten determinar si la tecnología de Blockchain es una buena alternativa para proyectos en energético. A continuación, se presenta una interpretación que permite traerlo al contexto de financiación de NbS:

¿Requiere una base de datos que pueda ser modificada por múltiples actores?

Si el proyecto implica varios actores que necesitan hacer cambios en una base de datos (como diferentes organizaciones o entidades que contribuyen a la conservación de la biodiversidad), una estructura de Blockchain permite que todos los actores puedan acceder y actualizar datos de manera segura y sin depender de un único administrador.

¿Existe una brecha de confianza o transparencia entre los participantes?

Blockchain es ideal para entornos donde la confianza entre las partes no es absoluta. Dado que Blockchain registra transacciones de forma inmutable y verificable, se crea un registro transparente que puede ser auditado en cualquier momento. Blockchain ofrece un registro confiable y compartido, que permite a todas las partes verificar el cumplimiento de los objetivos del proyecto sin necesidad de confiar ciegamente en otras partes.

¿Las transacciones del proyecto están interconectadas, es decir, cada una depende de la anterior para validar la siguiente?

Si las transacciones son interdependientes, Blockchain ofrece una estructura donde cada entrada (o "bloque") está vinculada a la anterior, creando una cadena de datos secuencial y rastreable. Esto es crucial en proyectos donde las acciones y resultados deben ser verificados en un orden específico, por ejemplo, en proyectos de biodiversidad en los que los hitos de conservación deben cumplirse para que el siguiente paso (y financiamiento) sea liberado.

¿Es necesario eliminar intermediarios (desintermediación) para mejorar la eficiencia y reducir costos en el proyecto?

Blockchain permite que las transacciones ocurran directamente entre partes sin necesidad de intermediarios, lo que reduce costos y tiempo. En el caso de proyectos de biodiversidad, la eliminación de intermediarios puede facilitar el acceso directo a fondos y recursos, permitiendo que los proyectos se financien de forma más rápida y económica.

¿Blockchain ofrece beneficios superiores o comparables a un sistema centralizado para este proyecto?

Blockchain debe ofrecer un valor añadido sobre los sistemas centralizados para que su implementación sea justificable, ya que suele ser más compleja. En proyectos de biodiversidad, la tokenización y Blockchain son adecuados cuando su capacidad para proporcionar transparencia, reducir intermediarios, y mejorar la seguridad y trazabilidad son esenciales para el éxito del proyecto.

3.7.2 Actores Involucrados

Involucrar a los actores clave en un proyecto de tokenización de biodiversidad es fundamental para garantizar su éxito y sostenibilidad. Cada actor desempeña un rol específico que contribuye al desarrollo, implementación y monitoreo del proyecto, asegurando transparencia, eficiencia y cumplimiento de objetivos. A continuación, se explicarán los principales actores involucrados y su importancia en el proceso.

Ilustración 2

Actores Involucrados en la implementación de proyectos tokenizados



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- 1. Estructurador/Operador del proyecto:** Este actor desarrolla el plan de conservación o restauración, en función de la línea base ecológica y las características del proyecto. También establece la metodología para la recolección de datos y define los hitos ecológicos y de gestión del cumplimiento de hitos. Igualmente, es responsable de implementar el plan de conservación y monitorear el progreso, reporta los avances en términos de objetivos ecológicos y de gestión.
- 2. Tercero verificador:** Individuo o entidad encargada de monitorear y verificar los estándares de desempeño y certificar la transparencia del proceso, reflejando ganancias reales en biodiversidad.
- 3. Plataformas tecnológicas de Blockchain:** Plataformas que permiten a los proyectos tokenizar sus activos y los conectan con inversionistas que buscan rentabilidad o alcanzar sus objetivos de sostenibilidad. Asimismo, permiten el monitoreo y verificación de los resultados y la transparencia del proyecto.
- 4. Marketplace:** Una plataforma digital que actúa como intermediario entre emisores de tokens y compradores interesados en invertir en la biodiversidad.
- 5. Inversionistas:** Comprenden empresas privadas, organizaciones internacionales, y otros financiadores que buscan dirigir recursos hacia proyectos de biodiversidad en busca de una retribución económica, social o de compensación.

3.7.3 Diseño del Proyecto

El diseño de un proyecto de biodiversidad y su tokenización requiere una planificación cuidadosa que abarque tanto los objetivos de conservación como la estructura técnica de los tokens. Este proceso incluye definir el valor ecológico de los activos, establecer los criterios de tokenización, y garantizar la transparencia y trazabilidad a través de Blockchain. El diseño del proyecto dependerá estrechamente de su naturaleza y en el mismo sentido los requisitos que se requerirán serán diferentes.

Por ejemplo, en el caso de Colombia XM, el operador del Sistema Interconectado y el administrador del Mercado de Energía Mayorista, desarrolló la plataforma EcoClic (Sandoval, 2024). Aquí se reúnen diferentes soluciones tecnológicas que atienden diferentes necesidades relacionadas con la certificación de activos ambientales. Entre ellas están:

Tabla 3

Soluciones tecnológicas Blockchain ofrecidas por XM

Karabanoa	Registra proyectos de reducción de CO ₂ y permite a empresas gestionar su huella de carbono.
EcoRep	Certifica material transformado y ayuda a las empresas a encontrar su neutralidad en la gestión de residuos.
Biotrust	Registra unidades de biodiversidad que permite a las organizaciones cumplir con sus objetivos de conservación y restauración.

Fuente: Elaboración propia a partir de Sandoval (2024).

Para ilustrar mejor los requerimientos de diseño del proyecto, se presenta un proyecto que se encuentra en la plataforma de registro Biotrust. La iniciativa se llama Terrasos y se encarga de gestionar biocréditos para conservar y restaurar biodiversidad a través de Unidades de Biodiversidad (BU). Utiliza tecnología de tokenización y Blockchain para garantizar la transparencia y trazabilidad de las inversiones en conservación.

Terrasos (2024) presenta un protocolo en versión Beta, que ofrece una metodología práctica para la estructuración de proyectos de inversión (por medio de Blockchain), que buscan la preservación y restauración de la biodiversidad. En esta serie de lineamientos se establece un documento base que debe entregarse a la plataforma de registro y debe ser verificado por un tercero para posteriormente emitir los créditos de Biodiversidad. Algunos de los puntos de la información solicitada que presenta el protocolo son:

a. Información General del Proyecto

- Nombre, fecha de inicio y duración.
- Ubicación detallada del área, número de hectáreas y características de los ecosistemas.
- Explicación de por qué el área seleccionada es adecuada para los objetivos de conservación (ganancia en biodiversidad)

b. Línea base físico-biótica

- Caracterización del área de conservación, abarcando entre otros:
 - Área de influencia.
 - Propiedades fisicoquímicas del suelo.
 - Uso del suelo y conflictos potenciales.
 - Estructura y composición de la fauna presente.
 - Riesgos y amenazas del ecosistema en caso de no ejecutarse el proyecto.
 - Caracterización socioeconómica de las comunidades presentes.

c. Diseño y objetivos del proyecto

- Tipo de acciones a desarrollar para alcanzar las ganancias cuantificables.
- Cuantificación de los Créditos de Biodiversidad.
- Plan y mecanismos de verificación y monitoreo.
- Indicadores y métricas de seguimiento.

d. Análisis de riesgos

- Análisis de riesgos financieros, jurídicos, técnicos y sus posibles consecuencias.
- Planes de mitigación de riesgos.

e. Condiciones de tenencia y aseguramiento de permanencia

- Características de la propiedad y tenencia de la tierra y sus respectivos certificados legales.
- Plan que garantiza la permanencia donde se realizará el proyecto.

f. Registro y contabilidad ambiental

- Sistema de registro que describa el mecanismo que asegura transparencia y trazabilidad.
- Sistema de contabilidad ambiental que detalle tiempos y mecanismos para realizar y verificar las transacciones de créditos de Biodiversidad.

3.7.4 Gestionar el Proyecto de principio a fin

Para monitorear y gestionar el desempeño de un proyecto de biodiversidad de principio a fin, se debe establecer un enfoque estructurado de monitoreo, reporte y verificación (MRV), que asegura el cumplimiento de los objetivos de conservación y el mantenimiento de los estándares de desempeño.

Algunos componentes claves son: definir la periodicidad con la que se llevarán a cabo las mediciones, asegurando un seguimiento continuo y estructurado; asimismo, se deben especificar las técnicas y herramientas utilizadas para la recolección de datos, garantizando la precisión y confiabilidad de la información recopilada; es importante identificar claramente a los responsables de la medición, quienes serán los encargados de ejecutar las evaluaciones y reportar los hallazgos. Finalmente, el análisis de los datos debe realizarse mediante procesos establecidos que permitan evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos del proyecto y tomar decisiones informadas.

Los datos deben ser recopilados por un tercero verificador, especializado en la naturaleza del proyecto ejecutado. Este aspecto es crucial para proyectos de largo plazo, ya que refuerza la credibilidad y transparencia. Para el caso de Terrasos, el cumplimiento de condiciones y requerimientos se llevó a cabo por KPMG, el MADS y la Universidad EAFIT (Terrasos, 2020).

4. Resultados

La tokenización de activos financieros con fines de financiación representa una innovación transformadora y con amplios beneficios, especialmente en sectores donde la confianza debe ser garantizada. Sin embargo, su implementación presenta dificultades, en gran parte debido a la compleja relación entre la **normativa y la tecnología**. La tecnología es el sustento principal para la realización de este tipo de proyectos que utilizan las redes de telecomunicaciones, las cuales deben proveer elementos clave de seguridad y accesibilidad. A continuación, se presentan las principales barreras de tipo tecnológico encontradas a nivel colombiano.

Primero, los altos costos para el despliegue de infraestructura en el país, actualmente solo alrededor de 200 municipios de los 1.102 están conectados a través de la red de fibra óptica, las características geográficas y de dispersión han limitado el despliegue de las redes de telecomunicaciones. Esta es una limitante importante dentro del marco de desarrollo de este tipo de tecnología en el país, debido a que esto afecta tanto el acceso de las personas a la inversión como a los mecanismos de recolección de datos del proyecto a financiar, adicional a lo anterior, existe carencia de tecnologías que sean capaces de trabajar a altas velocidades de transmisión digital de datos; de acuerdo con el Índice de Maduración en Transformación Digital del *Dell Technologies*, Colombia no cuenta con este tipo de tecnología de transmisión, lo cual limitaría el acceso en tiempo real de los datos extraídos de los proyectos a financiar.

A nivel de seguridad cibernética es importante seleccionar un protocolo con una seguridad de red muy alta, si el proyecto requiere un número transaccional alto no sería conveniente adquirir una red Blockchain pública y sin permisos, lo cual implica incurrir en un costo mayor con una red privada. Otro aspecto a tener en cuenta es la interoperabilidad, la tecnología Blockchain, por su propia naturaleza, se basa en interacciones entre pares en torno a Registros Distribuidos que son compartidos [10], por lo tanto, la integración de diferentes sistemas y plataformas es un desafío para lograr el alcance de los proyectos.

También se debe tener en cuenta la escalabilidad, es importante considerar que si el proyecto inicialmente planteado busca escalar a múltiples territorios y volúmenes transaccionales altos, el rendimiento de una red pública y sin permisos no va a ser conveniente, por lo tanto en

el futuro se tendrán dificultades para su desarrollo debido a que una solución de escalabilidad de “capa 2” sobre una Blockchain sin permisos, aún demuestra desempeños bajos de capacidad transaccional y la investigación para la mayoría de las implementaciones de nivel de protocolo de próxima generación y redes de "capa 2", se encuentra en curso y no está lista para implementaciones de nivel de producción.

Otra limitante es el acceso a instrumentos de monitoreo, ya que para la financiación de Soluciones Basadas en la Naturaleza es de vital importancia dar al inversionista información específica sobre los resultados del proyecto objeto de financiación, por lo cual se debe realizar una investigación amplia que como resultado indique los instrumentos de monitoreo necesarios, los que pueden no estar disponibles en el país, tengan costos muy elevados de adquisición o requieran de una tecnología no disponible en el territorio nacional.

A pesar de las dificultades, en Colombia se ha avanzado en el uso de la tecnología Blockchain, se destacan dos proyectos importantes, uno de ellos es la alianza que realizó el Banco de la República con la compañía especializada en tecnología de Registros Distribuidos (DLT) R3 (Colombia Fintech, 2019) para el desarrollo de la plataforma Blockchain Corda, enfocados en su uso para el intercambio de valores y, en el año 2020 la Superfinanciera, a través de su iniciativa Sandbox, definió las reglas para el desarrollo de pilotos para la habilitación de intercambio legal de criptoactivos, para viabilizar sus implementaciones asociadas a la tecnología Blockchain.

A nivel regulatorio, Colombia no ha desarrollado un marco normativo para estos activos y modelos de negocio, específicamente la tokenización no ha sido regulada hasta la fecha, por lo tanto, no requiere autorizaciones específicas. En consecuencia, la Superintendencia Financiera Colombiana advierte que la venta de los tokens digitales no puede comercializarse como un vehículo de inversión, y si se comercializa con ellos, los compradores deben conocer y asumir los riesgos inherentes a las operaciones que realicen, por cuanto no se encuentran amparadas por ningún tipo de garantía al no estar regulados en la normativa colombiana.

Se han emitido algunas circulares al respecto del uso de criptoactivos, especialmente la Circular 52 del 2017 sobre riesgos potenciales asociados a operaciones relacionadas con “monedas electrónicas, criptomonedas o monedas virtuales”. Además, es importante considerar que el Banco de la República ha conceptualizado en el sentido que las criptomonedas no obedecen

a ninguna regulación, dado que no son ningún tipo de instrumento financiero reconocido oficialmente para la realización de transacciones. Debido a la falta de regulación, una de las grandes barreras para el éxito de la financiación de proyectos a través de la tokenización, es la falta de garantías en la seguridad del consumidor financiero ya que, aunque la inversión a través de la red Blockchain ayuda a solventar problemas de transparencia en la información y registrar una gran cantidad de transacciones, también puede exponer en los libros distribuidos información confidencial del inversionista, como la bancaria. La pérdida de control percibida sobre los datos es uno de los mayores obstáculos para la adopción de Blockchain, que enfrentan muchas organizaciones de cadenas de suministro.

Otra de las barreras a nivel regulatorio es la falta de claridad frente a las implicaciones fiscales de este tipo de inversiones, ya que en un sistema como el propuesto por la red Blockchain es difícil hacer seguimiento a las transacciones realizadas por los agentes que usan identidades pseudo anónimas y, adicional a lo anterior, no existen protocolos de seguridad y reglas que combatan el lavado de activos, ya que este tipo de delito no está caracterizado dentro de ninguna norma para la tokenización.

Aunque no existe una regulación clara, existe una normativa en Colombia que podría dar cierto sustento jurídico a la tokenización de activos, y se encuentra en el Decreto 1357 del 31 de julio del 2018 (que modifica Decreto 2555 del 2010) en lo relacionado con la actividad de financiación colaborativa. El sustento se da mediante la creación de “valores de financiación colaborativa”, ésta regula la emisión de valores y su definición es: “para efectos de lo previsto en el Parágrafo 4 del artículo 2 de la Ley 964 de 2005, se entenderá que los instrumentos representativos de deuda o de capital, emitidos por las entidades que ejecuten la actividad de financiación colaborativa tendrán la calidad de valor y se denominarán valores de financiación colaborativa” (p. 2). Esta norma expone los límites bajo los cuales se puede efectuar la emisión, estructuración y comercialización de los títulos valores de financiación colaborativa, así como su oferta en el mercado (Núñez, 2022).

Como avance en el tema, la Superintendencia Financiera anunció que se está dando la revisión final al marco regulatorio con el que se busca reglamentar todo lo relacionado con los activos virtuales en Colombia, proyecto en el que han venido trabajando MinTIC, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y la Policía Nacional. Así las cosas, lo que busca esta regulación

es apoyar la innovación y competencia en el país, protegiendo a los inversionistas y adoptando sistemas integrales de riesgos inspirados en la normativa europea, pero aún este no se ha expedido.

4.1 Oportunidades de innovación y desarrollo de mercado

La introducción en el mercado utilizando tecnología Blockchain, junto a la innovación en la creación de productos y servicios relacionados, se presenta como uno de los elementos llamados a liderar cambios trascendentales en los mercados financieros, creando nuevas formas de financiación. La tokenización de activos financieros aporta la capacidad de transaccionar de forma más automática, eliminando barreras de entrada para la inversión. Esta herramienta divide los activos en fracciones más pequeñas, por lo tanto, los inversionistas, en particular los minoritarios, tendrán la capacidad de acceder a esta clase de proyectos que apoyan soluciones basadas en la naturaleza, que de otro modo estarían por fuera de sus alcances, generando así mayor liquidez.

En este contexto, el uso de Smart Contracts (contratos inteligentes) permiten programar las reglas y consecuencias de un contrato y automatiza la mayoría de los procesos, es uno de los grandes beneficios que ofrece la tecnología Blockchain, estos contratos facilitan la ejecución automática de transacciones cuando se cumplen ciertas condiciones predefinidas, las cuales ya son conocidas por todas las partes del contrato, lo cual aumenta la eficiencia operativa. Específicamente en proyectos que buscan financiar soluciones basadas en la naturaleza, los Smart Contracts generan confianza, ya que solo se liberan los recursos o se registran los créditos cuando se cumplen los objetivos de la inversión. Los Smart Contracts permiten la automatización de procesos complejos y reducen la necesidad de intermediarios, lo cual se traduce en disminución de costos.

También es necesario realizar una redefinición de la cadena de valor tradicional de los valores, en el mundo ya se han realizado emisiones de bonos tokenizados para apoyar la acción climática, una de las grandes oportunidades es la **transformación de la cadena de valor** a través de la cual se logra plantear y ejecutar la infraestructura de negociación, liquidación y custodia, integrándola completamente con la tecnología Blockchain, esto permite tiempos de liquidación más cortos con una menor necesidad de conciliación, ya que cada transacción se registra en la

DLT. Esto también permite informes regulatorios más simples, debido a la disponibilidad inmediata de la información y mayor transparencia de los riesgos.

En este mismo sentido, el uso de billeteras digitales (wallet) brindan la capacidad de realizar transferencias instantáneas, es decir, el intercambio directo de activos digitales entre dos wallets a través de diferentes redes Blockchain, sin la participación de un intermediario centralizado, lo cual puede reducir significativamente, si no eliminar por completo, el riesgo de contraparte y facilitar la movilización de recursos hacia la financiación de las SBN. Se debe también explorar diferentes tipos de tokenización para movilizar recursos, por lo cual es importante conocer los tipos de tokens existentes, un ejemplo de esto es la emisión de Fan Tokens, estos son activos digitales fungibles emitidos por una entidad, que otorgan a su titular diferentes ventajas asociadas al mismo y cuya finalidad normalmente es la compra e intercambio para fomentar la actividad en una determinada comunidad.

Las organizaciones pueden emitir Fan Tokens y destinar una parte de los ingresos a proyectos de acción climática, esto permite a los seguidores contribuir directamente a causas ambientales y los poseedores de los Fan Tokens pueden llegar a recibir recompensas por su participación en dicho proyecto que no sean de carácter económico.

De manera similar el uso de NFTs es un tipo especial de token digital innovador, un NFT o non-fungible-token representa un activo único e irrepetible. El factor clave que aporta el Blockchain, principalmente, es la garantía de autenticidad, la ventaja de estos es que permiten la eliminación de intermediarios y en consecuencia la reducción de costos de la operación, los NFTs son una solución innovadora para financiar SBN, proyectos como DigitalArt4Climate de la ONU utilizan NFTs para vender obras de arte digital, destinando los fondos recaudados a iniciativas de acción climática, también los NFTs pueden representar certificados digitales que validan la participación en proyectos ecológicos, como la plantación de árboles o la instalación de energías renovables, movilizandando mayor cantidad de recursos a estas iniciativas.

Por otra parte, los security tokens representan una propiedad o participación en una empresa o proyecto, y se emiten como valores. Como tal, están sujetos a las regulaciones específicas de los mercados de valores, lo que los hace más atractivos para los inversores institucionales y los inversores que buscan inversiones más seguras y reguladas. El desarrollo de

mercado y el crecimiento de los activos digitales es evidente en el mundo y los números han sido muy relevantes en los últimos años, pero es importante destacar que casi todo el crecimiento corresponde al mercado de criptodivisas (Lombán y Delibes, 2022). Los tokens basados en tecnología Blockchain son todavía un mercado pequeño que tiene un potencial de crecimiento amplio y se aprovechará del fácil acceso que se tiene a estos activos, pero este crecimiento estará ligado a los avances a nivel de regulación y adopción del mercado.

Una reciente encuesta de Citi Securities Services reflejó que el 62% de los participantes del mercado, del lado de la venta, están dedicando esfuerzo de DLT y activos digitales y el 88% de los encuestados afirmó que su organización participaba activamente o exploraba casos de uso en activos digitales, Blockchain o DLT. Esto es relevante debido a que las decisiones de los gestores de las grandes carteras son las que pueden generar tendencias de mercado y cambios hacia este tipo de iniciativas.

Se reitera que el desarrollo del mercado dependerá del marco regulatorio, un avance importante frente a esto se dio el 29 de junio de 2023, cuando entró en vigor el Reglamento MiCA (Markets in Crypto-Assets) en la Unión Europea, diseñada para regular los mercados de criptoactivos. Esta infraestructura aúna las operaciones de contratación y las de liquidación en una única infraestructura, además de serle de aplicación los grandes instrumentos de regulación a nivel europeo en materia de negociación y post- contratación. Como se puede intuir, esta iniciativa reguladora tiene como ámbito de aplicación los tokens considerados como valores negociables, lo cual es un gran paso que servirá de guía para el resto del mundo y permite avances a nivel del uso de tokens, generando mayor confianza a la hora de movilizar recursos para financiar la acción climática.

4.2 Riesgos asociados y estrategias de mitigación de riesgos

En el contexto de la adopción de tecnologías emergentes como el Blockchain y la tokenización de activos, como nuevas formas de financiación, resulta de gran importancia identificar y gestionar los riesgos asociados; a continuación, se enumeran y describen los riesgos más relevantes identificados, junto con las estrategias de mitigación recomendadas basados en el Kit de Herramientas formulado por el Foro Económico Mundial. Uno de los riesgos más importantes es el asociado a la seguridad, los riesgos de seguridad en la implementación de tecnologías Blockchain son variados y ninguna solución de software, incluida cualquier basada

en Blockchain, está "asegurada" de manera definitiva, pero sí se puede mitigar. Las plataformas y carteras digitales utilizadas para almacenar y negociar tokens pueden ser vulnerables a ataques cibernéticos, lo que puede llevar a la pérdida de tokens y datos personales.

Hay cinco características clave en el uso de tecnología Blockchain que requieren medidas de seguridad específicas, la primera es la descentralización, la descentralización de la tecnología Blockchain dificulta la gobernanza de la seguridad, ya que no hay una entidad central que supervise la seguridad, por lo cual al iniciar cualquier proyecto se deben establecer políticas claras de gobernanza de la seguridad y roles definidos para los participantes en la red; la segunda característica son los mecanismos de consenso, la integridad de los datos de una red Blockchain está directamente vinculada a la seguridad de los mecanismos de consenso.

En el caso de las Blockchain públicas, si bien la prueba de trabajo (PoW) y la prueba de participación (PoS) son los mecanismos de consenso más establecidos hasta la fecha, existen múltiples formas de implementarlos, con diversos grados de seguridad y diferentes requisitos previos para la implementación, por lo tanto es fundamental seleccionar el mecanismo de consenso adecuado e implementarlo de forma segura, al utilizar redes Blockchain privadas un equipo puede seleccionar el mecanismo que más se ajuste a la necesidad del proyecto.

La tercera característica es el uso de Smart Contracts o contratos inteligentes, estos contratos pueden ser vulnerables a errores de programación y ataques, lo que puede comprometer la integridad de los datos. Por lo tanto, se deben realizar auditorías de código exhaustivas y pruebas de seguridad antes de implementar contratos inteligentes en la cadena de bloques. El cuarto punto es la seguridad de los puntos finales, la ausencia de entidades centrales transfiere muchas responsabilidades de seguridad a los desarrolladores y usuarios de soluciones. Debido a que es muy difícil proteger los puntos de acceso digitales, se deben implementar medidas de seguridad robustas en los puntos finales, como firewalls, software antivirus y actualizaciones regulares de seguridad. Y, por último, las claves criptográficas, estas son la base de la seguridad en la red Blockchain. Es de suma importancia generar, usar y almacenar de forma segura estas claves criptográficas.

Otro de los riesgos a los que están expuestos los inversionistas es al riesgo de privacidad de datos, la pérdida de control percibida sobre los datos es uno de los mayores obstáculos para

la adopción de tecnología Blockchain, una de las posibles soluciones a este inconveniente es el cifrado de la información para que solo pueda ser utilizada por las partes autorizadas y si bien no es posible presentar un tratamiento integral de todas las regulaciones de protección de datos personales que podrían aplicarse a una solución Blockchain internacional, las personas encargadas del proyecto para financiación se pueden regir por el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea, este reglamento está a la vanguardia en cuanto a la legislación de protección de datos a nivel mundial, que impone obligaciones estrictas a las organizaciones que manejan datos personales o información de identificación personal, dando un mayor nivel de confianza a los inversionistas.

Por su parte, se encuentra el riesgo de responsabilidad contractual, los términos y condiciones de los contratos que rigen la emisión y negociación de tokens deben ser claros y precisos, para evitar confusiones y conflictos. Entre las obligaciones que los emisores y negociantes de tokens pueden tener con los titulares de tokens se incluyen: el mantenimiento de los registros precisos y actualizados de los tokens emitidos y las transacciones realizadas, la notificación oportuna de cualquier cambio en los términos y condiciones contractuales. Los emisores y negociantes de tokens deben también considerar cómo resolver disputas en caso de incumplimiento de los términos y condiciones contractuales. En este contexto, es preferible contar con tokens que representan derechos reales, ya que los derechos personales o de crédito, son más difíciles de ejecutar.

Otro riesgo asociado es el de pérdida de inversión, los tokens son activos altamente volátiles, y la inversión en ellos puede ser arriesgada y llevar a pérdidas significativas, aunado a esto la ausencia de un intermediario confiable que pueda remediar errores o revertir transacciones en los modelos comerciales basados en tokenización de activos incrementa el riesgo. Una estrategia de mitigación sería establecer un modelo claro y transparente de distribución de ingresos y beneficios que sea acordado por todas las partes. Este modelo debe ser revisado y ajustado periódicamente para asegurar su equidad y eficacia, también desarrollar mecanismos de seguridad financiera, como fondos de reserva o seguros, para proteger a los participantes de pérdidas financieras. Además, considerar la implementación de Smart Contracts que automaticen la corrección de errores y la reversión de transacciones cuando sea necesario junto con la creación de métodos alternativos de resolución de disputas, como la mediación o el arbitraje, que sean rápidos y eficientes y de conocimiento para todas las partes involucradas.

Por otro lado, existe el riesgo de desviación de recursos, la principal duda de un inversor o donante, sobre todo para proyectos que financian soluciones basadas en la naturaleza, es no saber si los fondos serán utilizados eficientemente para los fines acordados entre las partes. Para ello se necesita contar con una herramienta que permita hacer el seguimiento de los fondos en tiempo real, de manera inmutable y con reportes ubicuos a todas las contrapartes. Para esto hay diferentes plataformas que desarrollan herramientas que se pueden integrar a la tokenización de activos, como sistemas de seguimiento de fondos descentralizado basado en Blockchain que proporcionen transparencia y responsabilidad en tiempo real, éstas utilizan cuentas de depósito en garantía para inversores y desarrolladores verificando y reportando el uso de fondos.

Lo anterior brinda más confianza a los inversores potenciales y más liquidez a los fondos de inversión o desarrolladores de proyectos de SBN. Otra opción de mitigación es el uso de D-MRV (La Medición, Reporte y Verificación Digital) es una solución “end to end” que permite optimizar procesos donde se requiere garantizar la autenticidad y trazabilidad de, por ejemplo, créditos de carbono que facilitan la compra transparente y la cancelación automatizada de los créditos para la compensación de la huella de carbono de terceros.

También existe el riesgo de contabilidad e información financiera, se puede presentar una contabilidad incorrecta debido a la falta de una guía estándar sobre la contabilidad de activos digitales, como los tokens y la falta de experiencia técnica para determinar el valor justo de estos activos digitales. Si se tienen dudas sobre este tipo de riesgos los emisores de proyectos se pueden dirigir a la guía de herramientas del Foro Económico Mundial, que brinda una lista donde pueden verificar si existen vacíos sobre la misma. De igual manera se presentan riesgos fiscales, en un sistema como el propuesto para la financiación de proyectos a través de la tokenización, es difícil hacer seguimiento a las transacciones realizadas por los agentes que usan identidades seudo anónimas. Por lo cual la propuesta sobre el tema es que, en vez de gravar los ingresos generados por este tipo de actividades, se grave el consumo de estas, lo cual requerirá un marco regulatorio claro.

Así mismo es importante considerar el riesgo de lavado de activos, como se ha mencionado anteriormente, no se tiene claro cómo serán implementados en estos sistemas digitales el marco regulatorio, acompañado de la difícil identificación de beneficiarios, la poca trazabilidad de los recursos para las autoridades y el que las operaciones no estén respaldadas, hacen que este tipo de operaciones sean susceptibles de ser utilizadas para el lavado de activos.

Para mitigar este riesgo, la recomendación es seguir las directrices emitidas por organismos internacionales como el Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI), realizar procedimientos de KYC (Conozca a su cliente, por sus siglas en inglés), verificando la identidad de los usuarios de la red, hacer la debida diligencia en cuanto a la revisión de antecedentes y monitoreo de transacciones sospechosas.

Por último, se destaca el riesgo de propiedad intelectual, la propiedad intelectual es otro aspecto legal clave que debe ser considerado en la emisión y negociación de tokens. Los tokens pueden estar respaldados por activos digitales, como arte, para financiar proyectos de SBN, por lo cual es importante que los emisores y negociantes de tokens comprendan las implicaciones legales de utilizar activos digitales, respaldados por propiedad intelectual y aseguren que tienen los derechos necesarios para hacerlo.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La implementación de tecnología Blockchain y la tokenización de activos financieros han demostrado ser herramientas poderosas para transformar los mercados financieros. Sobre todo, la tokenización de activos, al permitir su fraccionamiento, facilita el acceso a la inversión a un número mayor de participantes, por lo cual la canalización de recursos hacia iniciativas climáticas podría ser más representativa, creando así nuevas formas de financiación. En la actualidad no se tienen dudas del beneficio que trae al mercado financiero el uso de tecnologías DLT/Blockchain, éstas mejoran significativamente la eficiencia y transparencia en los modelos de inversión, la eliminación de intermediarios y la automatización de procesos reducen costos y errores, mientras que la trazabilidad y verificación en tiempo real permite una mayor confianza por parte de los inversionistas, sobre todo, para iniciativas que van dirigidas a la acción climática.

Sin embargo, la implementación de Blockchain en Colombia enfrenta desafíos significativos, los motivos fundamentales que limitan la adopción de este tipo de tecnologías son la falta de infraestructura tecnológica adecuada y la carencia de un marco regulatorio claro. A nivel tecnológico la interoperabilidad y la escalabilidad de las redes Blockchain deben ser abordadas para asegurar el éxito de los proyectos en el largo plazo, ya que la tecnología Blockchain, por su propia naturaleza, se basa en interacciones entre pares, por lo tanto, la integración de diferentes sistemas y plataformas es un desafío para lograr el alcance de los proyectos, así mismo, es importante considerar que si el proyecto inicialmente planteado busca escalar a múltiples territorios y volúmenes transaccionales altos, desde el inicio se deben tener en cuenta las soluciones de escalabilidad con desempeños superiores de capacidad.

La adopción de tecnologías Blockchain y tokenización de activos conllevan a riesgos de seguridad, privacidad de datos, desviación de recursos, riesgos de contabilidad e información financiera, lavado de activos y riesgos de propiedad intelectual; como se puede evidenciar, los riesgos son variados y ninguna solución de software los resuelve de manera definitiva, pero sí se pueden mitigar, por lo cual es esencial establecer políticas claras de gobernanza, seleccionar mecanismos de consenso adecuados y realizar auditorías de seguridad exhaustivas. Además, la implementación de procedimientos de KYC (conozca a su cliente), el desarrollo de políticas para

la prevención de lavado de dinero (AML) y la creación de mecanismos de resolución de disputas son fundamentales para mitigar riesgos y proteger a los inversionistas.

Pero el mayor desafío se encuentra a nivel regulatorio, como se ha desarrollado a lo largo del trabajo, en Colombia no existe un marco regulatorio para este tipo de instrumentos financieros y éste será factor clave para el desarrollo del mercado de tokens digitales en el país. Estas tecnologías tienen el potencial de movilizar recursos significativos hacia iniciativas de acción climática, pero su implementación requiere una regulación adecuada que garantice seguridad, transparencia y eficacia. La experiencia de jurisdicciones avanzadas como la Unión Europea, Hong Kong y Singapur puede servir de base para desarrollar políticas y buenas prácticas en el país. El Decreto 1357 del 31 de julio de 2018, que regula la financiación colaborativa, puede ser un punto de partida para establecer los requisitos mínimos para las entidades que deseen realizar procesos de tokenización, esto permitirá una mayor confianza en la adopción de estas tecnologías, facilitando la movilización de recursos hacia proyectos de acción climática y sostenibilidad.

Es crucial el apoyo gubernamental y la implementación de políticas públicas para fomentar el uso de estas tecnologías y lograr el mayor flujo de recursos hacia iniciativas climáticas, sobre todo porque en el largo plazo las grandes carteras de inversión serán las que promuevan la movilización de recursos a este tipo de iniciativas, pero sin el respaldo gubernamental y regulatorio, los entes no podrán acceder a este tipo de inversiones, también porque en las propuestas a nivel regulatorio expuestas en el trabajo se avala la inversión para estructuradores regulados por el mercado de valores colombiano.

Por último, la colaboración internacional será clave para la implementación, permitiendo aprovechar el conocimiento y los avances de otros mercados más desarrollados, así mismo la colaboración internacional implica coordinar esfuerzos para lograr la integración con otras redes y aumentar el alcance de los proyectos. Con lo anterior, la creación de proyectos piloto en el país puede demostrar la viabilidad y beneficios de estas tecnologías en diferentes contextos, evaluando así la escalabilidad y efectividad de este tipo de iniciativas transformadoras; en un mercado tan competitivo y donde es cada vez más difícil conseguir financiación para iniciativas ambientales, es importante abrir el espacio a nuevas formas de financiación y sentar las bases para su ejecución.

5.2 Recomendaciones

En el contexto actual a nivel climático, es crucial el apoyo gubernamental para fomentar el uso de estas tecnologías y lograr el mayor flujo de recursos hacia este tipo de iniciativas; con lo anterior, uno de los retos más grandes es lograr un marco regulatorio adecuado que garantice seguridad, transparencia y eficacia.

Actualmente en el mundo se han logrado regulaciones avanzadas en jurisdicciones que incluyen la Unión Europea, Gibraltar, Hong Kong, Japón, Singapur, Suiza, Emiratos Árabes Unidos, Reino Unido y Estados Unidos, las cuales pueden servir de base para la creación de políticas y buenas prácticas. En el año 2024 el Foro Económico Mundial publicó el informe “Regulación de activos digitales: Perspectivas desde los enfoques jurisdiccionales” (World Economic Forum, 2024). Este informe ofrece un análisis detallado de los marcos regulatorios en nueve jurisdicciones y sus enfoques singulares para la creación e implementación de políticas. El trabajo se basa en investigaciones previas realizadas por el Foro Económico Mundial sobre la regulación de los activos digitales, el cual presenta directrices para la implementación de políticas, sobre el cual nos basaremos y que puedan ser aplicables en Colombia.

Aunado a lo anterior, en Colombia hay una norma sobre la cual se podría iniciar la conversación sobre el marco regulatorio y podría tener cabida este tipo de inversiones, se trata del Decreto 1357 del 31 de julio del 2018, dentro del cual se encuentra todo lo concerniente con la actividad de financiación colaborativa, en este marco se plantea que las sociedades que pretendan desarrollar la actividad de financiación colaborativa deberán acreditar el cumplimiento de los siguientes requisitos en primera instancia:

1. Establecerse como sociedades anónimas cumpliendo el trámite de autorización previsto en el artículo 53 del Estatuto Orgánico del Sistema Financiero para su constitución.
2. Inscribirse en el Registro Nacional de Agentes del Mercado de Valores - RNAMV.
3. Adoptar medidas para garantizar la continuidad y la regularidad de los mecanismos y dispositivos implementados para llevar a cabo la financiación colaborativa.
4. Disponer de procedimientos administrativos y contables adecuados, mecanismos de control interno, técnicas eficaces de administración y control de riesgos y mecanismos eficaces de control y salvaguardia de sus sistemas informáticos.

Lo anterior, en primera instancia, deberían ser los requisitos mínimos de la entidad que vaya a realizar el proceso de captación para realizar la tokenización.

A continuación, se explican los cuatros problemas más significativos que se deben trabajar, de acuerdo con el Foro Económico Mundial, a nivel de políticas para la aplicación de activos digitales: la lucha contra el lavado de dinero (AML) y el conocimiento del cliente (KYC); las cuestiones regulatorias y técnicas sandboxes; finanzas descentralizadas (DeFi); y privacidad y seguridad. A nivel de **seguridad y privacidad**, acogiendo las políticas de la MiCA (Reglamento sobre los Mercados de Criptoactivos en la Unión Europea), se debe exigir la verificación de la identidad de los titulares de activos y obligar a las plataformas de negociación a no permitir que los usuarios comercien con activos de forma totalmente anónima.

Adicional a lo anterior, a las entidades que realicen tokenizaciones se les debe exigir medidas de protección de datos, garantizando el cumplimiento de estándares internacionales como el RGPD (Reglamento General de Protección de Datos de la UE), se debe alentar a las empresas a adoptar técnicas criptográficas y protocolos seguros para proteger la integridad y la privacidad de los datos garantizando la seguridad de las transacciones. Esto incluye el uso de contratos inteligentes seguros y redes descentralizadas para minimizar el riesgo de manipulación de datos y fraude.

En Colombia se deben implementar campañas educativas para generar conciencia sobre la importancia de las prácticas de seguridad en el ámbito de los activos digitales, estas iniciativas pueden incluir talleres, cursos y asociaciones con instituciones académicas para garantizar que los inversionistas minoristas accedan a esta información y se desarrolle una conciencia sobre la seguridad en este tipo de activos. Es importante exigir a las empresas de activos digitales que se sometan a auditorías de seguridad y controles de cumplimiento periódicos para mitigar los posibles riesgos de forma adecuada.

Otro tema importante hacia dónde deben ir dirigidas las políticas públicas es la prevención de lavado de dinero (AML) y el conocimiento del cliente (KYC). Los responsables de las políticas y los reguladores, así como las partes interesadas del sector privado, deben explorar la adopción de soluciones tecnológicas para cumplir con estos dos pilares. Para reducción de costos y simplificar la implementación, los emisores deben considerar soluciones tecnológicas

para los procesos KYC que actualmente se emplean en el mercado financiero, los cuales pueden ser métodos de verificación de identidad digital y tecnología Blockchain, para agilizar los procesos al tiempo que se mejora la precisión y la seguridad.

Por ejemplo, el uso de soluciones KYC que preservan la privacidad y que aprovechan técnicas criptográficas como las pruebas de conocimiento cero para validar las identidades de los usuarios sin exponer los datos personales, ha demostrado ser útil para mejorar los objetivos de AML y KYC. Además, la inteligencia artificial (IA) y las plataformas de análisis avanzados han sido eficaces para monitorear y detectar actividades sospechosas.

Un avance importante en Colombia ha sido la creación de la Sandbox del Supervisor que ha dispuesto la Superintendencia Financiera para la realización de pruebas de innovaciones tecnológicas y financieras, que requieran una dispensa normativa respecto de alguna instrucción emitida por la Superintendencia Financiera. A nivel internacional, las Sandbox son fundamentales para el desarrollo de este tipo de mercados, pero se debe tener en cuenta que los entornos de pruebas que logran sus objetivos previstos se diseñan con metas y criterios específicos para la participación.

Lo anterior ayuda a garantizar que las iniciativas de los entornos de pruebas estén enfocadas, estén impulsadas por objetivos claros y ofrezcan un alto valor para los participantes del sector público y privado, los espacios de pruebas deben contar con mecanismos para compartir conocimientos y opiniones, lo que conduce a resultados prácticos en materia de políticas y reglamentación. La colaboración transfronteriza en iniciativas de espacios de pruebas también puede armonizar los enfoques reglamentarios y garantizar la coherencia de las normas.

Una de las recomendaciones para la implementación en Colombia es el uso de finanzas descentralizadas (DeFi). Las finanzas descentralizadas, o DeFi, son un ecosistema financiero basado en la tecnología Blockchain que permite realizar transacciones y servicios financieros sin intermediarios centralizados como bancos, no hay una autoridad central que controle las transacciones, en su lugar, se utilizan contratos inteligentes que se ejecutan automáticamente cuando se cumplen ciertas condiciones, con el uso de las DeFi cualquier persona con una billetera digital y conexión a internet puede acceder a los servicios DeFi, lo que democratiza el acceso a servicios financiero, por lo cual el uso de este tipo de tecnología lograría una mayor captación

de recursos de los inversionistas hacia los proyectos climáticos ofrecidos (Finanzas descentralizadas, DeFi, sostenibles) (Trueba Villamil, 2024). Este enfoque ayuda a garantizar la transparencia y la rendición de cuentas dentro de las plataformas DeFi, mitigando los riesgos y, en última instancia, protegiendo a los consumidores.

Adicional a lo anterior, se propone incluir una excepción de impuestos sobre las ganancias de capital que se obtengan a través de la inversión de Tokens, que financien la acción climática a individuos y empresas para incentivar la inversión en este tipo de proyectos, así mismo, el gobierno puede proporcionar subvenciones a proyectos que utilicen tecnología Blockchain para financiar iniciativas climáticas, lo cual podría cubrir parte de los costos iniciales del proyecto, brindando mayor visibilidad y permitiéndoles crecer, ya que en un inicio la consecución a través de este mecanismo no es tan acelerado. Por su parte, la implementación de créditos Fiscales para proyectos que demuestren una reducción significativa de emisiones de carbono, mediante el uso de tokens, puede ser un incentivo para este tipo de inversión.

Se debe tener en cuenta la importancia de la colaboración internacional, es necesario fomentar la creación de foros internacionales donde se pueda conocer la experiencia de otros países a nivel de mejores prácticas y coordinar esfuerzos en el uso de tokens y, de esta forma, aprovechar el camino recorrido por otras economías con marcos regulatorios y tecnologías más avanzadas que se puedan adoptar en Colombia y, por último, dentro del marco de políticas públicas se deben crear proyectos piloto para demostrar su viabilidad y beneficio, financiando pruebas de concepto y proyectos piloto que utilicen tokens para demostrar su escalabilidad en diferentes contextos climáticos, creando fondos de innovación específicos para el desarrollo de tecnología y colaborar con universidades y centros de investigación.

Referencias bibliográficas

- Akoin (2018). *¿Cómo la tecnología Blockchain ayudará a cumplir los objetivos ambientales en LatAm?* <https://www.bloomberglinea.com/latinoamerica/colombia/como-la-tecnologia-blockchain-ayudara-a-cumplir-objetivos-ambientales-en-latam/>
- Alianza Energética alemana - mexicana. (2020). *Blockchain en el sector energético mexicano*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. https://energypartnership.mx/fileadmin/mexico/Acerca_de_Blockchain.pdf
- Amazon Web Services. (2025). *NFTs explained*. <https://aws.amazon.com/es/web3/nfts-explained/>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). *Tokens digitales para la acción climática y soluciones basadas en la naturaleza: Exploración de oportunidades y consideraciones*. <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Tokens-digitales-para-la-accion-climatica-y-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-exploracion-de-oportunidades-y-consideraciones.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (BID, 2023, octubre 11). *BID y BID Invest invierten más de US\$2.000 millones en biodiversidad en 2023*. <https://www.iadb.org/es/noticias/bid-y-bid-invest-invierten-mas-de-us2000-millones-en-biodiversidad-en-2023>
- Bank for International Settlements. (2021). *Project Genesis: A prototype for green bond tokenisation by the Liberty Consortium*. https://www.bis.org/publ/othp43_report2.pdf
- Bimount. (2023). *Tokenización de activos: regulaciones y riesgos*. <https://bimount.io/tokenizacion-de-activos-regulaciones-y-riesgos/>
- Blockchain ClimateCup Round Table (2017). *Conference Report – Toronto, Canadá*. <https://www.cigionline.org/publications/blockchain-climatecup-round-table/>
- CeroCO2 (2021). *Te ayudamos en tu ruta de descarbonización*. <https://www.ceroco2.org/>
- Cervellati, T. (2025). *Tokenization of Private Assets: Unlocking Liquidity, Transparency, & Access in the Modern Investment Landscape*. Portfolio for The Future | CAIA. <https://caia.org/blog/2025/01/17/tokenization-private-assets-unlocking-liquidity-transparency-access-modern>
- Chalkias, K. K., Kostis, A., Alnuaimi, A., Knez, P., Naulty, J., Salmasi, A., Servatius, R., & Veloso, R. (2024). *Preserving nature's ledger: Blockchains in biodiversity conservation*. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.12086>

- Colombia Fintech (2019). *El Banco de la República de Colombia explorará intercambio de valores con Blockchain*, octubre 2019. <https://www.colombiafintech.co/novedades/banco-republica-de-colombiaexplorara-intercambio-de-valores-con-corda-de-r3>
- Congreso de la República de Colombia. (2005, 8 de julio). *Ley 964 de 2005*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=22412>
- Darwish, A. (2023). *Emerging sustainable capital markets and their role in global climate goals*. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/f03e45a8-63f6-4dbe-a108-c245306e9a33/content>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (julio 31). *Decreto 1357 de 2018: Por el cual se modifica el Decreto 2555 de 2010 en lo relacionado con la actividad de financiación colaborativa*. Función Pública. Decreto-1357-de-2018-Gestor-Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87770>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (enero 10). *Ley 1508 de 2012: Régimen de las asociaciones público privadas en Colombia Diario Oficial 48308*. Función Pública. Ley-1508-de-2012-Gestor-Normativo. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=45329>
- Departamento Nacional de Planeación de Colombia. (2022). *Guía de referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología Blockchain para el Estado Colombiano*. 2022_Actualización Guía de Referencia Blockchain_scc. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-272783_recurso_1.pdf
- EcoGox (2025). *Requerimientos para inscribir proyectos en Colombia*. https://www.ecogox.com/documents_soport.
- Emmi (2024). *Climate data for your reporting and investment management needs*. <https://www.emmi.io/>
- European Securities and Markets Authority. (2018). *ESMA advises on initial coin offerings and crypto-assets*. <https://www.esma.europa.eu/press-news/esma-news/esma-advises-initial-coin-offerings-and-crypto-assets>
- Fathi, I. F. (2022). *Unlocking strategies for co-financing urban nature-based solutions: A balancing act between the scaling up and justice* (Master's thesis). The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9097035>
- Fondo Acción y la Universidad EAFIT (2024). *Finanzas y biodiversidad para territorios posibles*. https://fondoaccion.org/?sdm_process_download=1&download_id=18283

- García Rubio, L. F. (2020). Contratos inteligentes en Blockchain: Una propuesta de lege data para el derecho privado colombiano en materia contractual. *Anuario de Derecho Privado*, (2), 9–45. <https://anuarioderechoprivado.uniandes.edu.co/images/pdfs/anuario2/1Garciadoctrina.pdf>
- Hawaii International Conference on Systems Sciences (2023). *Design Principles for Blockchain-based Applications in Green Bond Reporting*. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/f03e45a8-63f6-4dbe-a108-c245306e9a33/content>
- Hong Kong Monetary Authority. (2023). *Bond tokenisation in Hong Kong*. <https://www.hkma.gov.hk/media/eng/doc/key-information/press-release/2023/20230824e3a1.pdf>
- Hong Kong Special Administrative Region. (2023). *Green bond report 2023*. Hong Kong Government. https://www.hkgb.gov.hk/en/others/documents/Green_Bond_Report_2023_EN_August_2023.pdf
- International Capital Market Association (ICMA). (2021). *Guía del procedimiento voluntario para la emisión de bonos verdes*. ICMA. <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2022-updates/Green-Bond-Principles-June-2022-060623.pdf>
- International Capital Market Association (ICMA). (2021). *Principios de los Bonos Verdes: Guía del Procedimiento Voluntario para la Emisión de Bonos Verdes*. ICMA. <https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2021-updates/Green-Bond-Principles-June-2021-140621.pdf>
- IOTA Foundation, Blockchain for Europe, & BC100+. (2023). *An overview of Blockchain for climate action and sustainability*. <https://www.blockchain4europe.eu/wp-content/uploads/2024/08/An-Overview-of-Blockchain-for-Climate-Action-and-Sustainability-BC4EU-IOTA-April-2023.pdf>
- Lombán, B. y Delibes, J. (2022). *DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LA TECNOLOGÍA DLT/BLOCKCHAIN EN LOS MERCADOS DE CAPITALES*. <https://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/7399/7485>
- Llempén, Z., Frenk, P., y Guardia, A. (2025). *Incorporación de la acción climática en la inversión pública: avances y retos de los sistemas nacionales de inversión pública (SNIP) en América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.18235/0013381>
- Martínez, P. (2022). La tokenización de activos y su impacto en el mercado financiero global. *Revista de Economía y Finanzas*, (8549456). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8549456>

- Marsters, L., Morales, A., Ozment, S., Silva, M., Watson, G., Netto, M., & Frisari, G. (2021). *Soluciones basadas en la naturaleza en América Latina y el Caribe: Mecanismos de Financiación para la Replicación Regional*. Inter-American Development Bank and World Resources Institute. <https://doi.org/10.18235/0003688>
- Maupin, J. (2017). *Blockchains and the G20: Building an Inclusive, Transparent and Accountable Digital Economy*. Centre for International Governance Innovation. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefifndmkaj/<https://www.cigionline.org/static/documents/documents/PB%20no.101.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023, julio 15). *El Jaguar, especie emblemática del Ecuador, ya cuenta con un plan de acción para su conservación*. <https://www.ambiente.gob.ec/el-jaguar-especie-emblematica-del-ecuador-ya-cuenta-con-un-plan-de-accion-para-su-conservacion/>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2020). *Guía de referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología Blockchain para el Estado colombiano*. https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-161810_pdf.pdf
- Moss. (2023). *Moss: the one-stop-shop for carbon solutions*. <https://moss.earth/>
- Naciones Unidas. (2016). *Acuerdo de París*. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Naciones Unidas. (2022). *Blockchain for Biodiversity Finance*. <https://cognizium.io/uploads/resources/UN%20environment%20programme%20-%20An%20Overview%20of%20Various%20Blockchain%20Applications%20to%20Help%20Increase%20Biodiversity%20Funding.pdf>
- Naciones Unidas. (2024). *Surging seas in a warming world: The latest science on present-day impacts and future projections of sea-level rise*. Naciones Unidas. [ClimateChange | United Nations slr_technical_brief_26_aug_2024.pdf](https://www.un.org/press/en/2024/slr-technical-brief-26-aug-2024.pdf)
- Naciones Unidas. (2024). *United Nations Secretary-General's call to action on extreme heat*. Naciones Unidas. https://www.un.org/climatechange/unsg_call_to_action_on_extreme_heat_for_release.pdf
- Núñez, T. (2022). *¿El negocio de la tokenización de activos puede desarrollarse legalmente en Colombia?* *Ámbito Jurídico*. <https://www.ambitojuridico.com/noticias/columnista-online/el-negocio-de-la-tokenizacion-de-activos-puede-desarrollarse-legalmente>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). (2024). *Recomendaciones para políticas de desarrollo sostenible*. UNDRR. <https://www.undrr.org/download>

- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2024). *Informe de Evaluación Regional sobre el Riesgo de Desastres para América Latina y el Caribe (RAR24)* <https://www.undrr.org/download>
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2020). *Reglamento (UE) 2020/852*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852>
- Phineal. (2013). *Tecnología inspirada en la naturaleza*. <https://www.phineal.com/>
- Poseidon DAO. (2023, 25 de febrero). *Poseidon DAO anuncia el lanzamiento del token PDN*. The Cryptonomist. <https://en.cryptonomist.ch/2023/02/25/poseidon-dao-announces-pdn-token/>
- Raskin, M. (2017). The law and legality of smart contracts. *Georgetown Law Technology Review*, 1(2), 305–341. <https://georgetownlawtechreview.org/wp-content/uploads/2017/05/Raskin-1-GEO.-L.-TECH.-REV.-305-.pdf>
- Regen Market (2024). *Créditos de gestión de la biodiversidad. La administración ancestral del jaguar*. <https://app.regen.network/project/sharamentsa-pilot>
- Regen Network Development (2024). *Biocultural Jaguar Credits*. <https://app.regen.network/project/sharamentsa-pilot>
- Regen Network. (s.f.). *Regen Registry: Invest in high-integrity carbon credits*. <https://www.registry.regen.network/>
- Regen Registry. (2023). *Urban forestry part 3: Protecting mature forests and wildlife habitat corridors*. <https://regen-registry-28b507.webflow.io/learning-center/urban-forestry-part-3-protecting-mature-forests-and-wildlife-habitat-corridors>
- Reuters. (2025, febrero 5). *Petro ordena la venta de las operaciones de fracking de Ecopetrol en EE.UU. para financiar energías limpias en Colombia*. Reuters. Presidente de Colombia pide vender operación de fracking de Ecopetrol en EEUU | Reuters <https://www.reuters.com/latam/negocio/37AETXEJIVLQVCGEG3DN2KFBZM-2025-02-05/>
- Riascos Enríquez, C. S., & Arciniegas Jiménez, D. F. (2024). *Oportunidades de desarrollo de mecanismos para el financiamiento de las soluciones basadas en la naturaleza en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT].
- Sáenz de Santa María, V.C. (2023). 2030: la Era Token. *Con-texto*, 57 (feb. 2023), 101–126. DOI:<https://doi.org/10.18601/01236458.n57.06>.
- Sandoval, Y. (2024, 11 de febrero). *XM lanzó EcoClic, plataforma para que empresas cumplan objetivos de sostenibilidad*. Valora Analitik. Recuperado de

<https://www.valoraanalitik.com/xm-lanzo-ecoclic-plataforma-para-que-empresas-cumplan-objetivos-de-sostenibilidad/>

Saraji, S., & Borowczak, M. (2021). *A blockchain-based carbon credit ecosystem*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.00185>

Saxena, R., Sharma, S., Saini, K.P., Agarwal, S. (2024). From Greenwashing to Green Finance: Blockchain as a Catalyst for Transparency and Impact. In: Sharma, V., Gupta, M., Arora, N., Rocha, A. (eds) *Blockchain's Transformative Potential of Financial Technology for Sustainable Futures. Information Systems Engineering and Management*, vol 17. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70219-8_10

Schulz, K., & Feist, M. (2020). Leveraging Blockchain technology for innovative climate finance under the Green Climate Fund. *Earth System Governance*, 7, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.esg.2020.100084>

Schulz, K., & Feist, M. (2020). Blockchain applications for climate protection: A global empirical investigation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111378. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111378>

Silva, Tiago (2023). *Harnessing the power of transient Non-fungible Tokens in support of preserving natural landscapes as heritage in the face of climate change*. <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3605390.3605392>

Slootman, B. (2022). *Using Blockchain technology to attract funding for nature-based solutions* (Tesis de maestría). Universidad de Utrecht. <https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/42195>

Superintendencia Financiera de Colombia. (2020, diciembre 8). *Concepto 202259314-001 de 2020*. Boletín Jurídico Número 89: Criptomonedas, criptoactivos, proyecto piloto. Superintendencia Financiera de Colombia. <https://www.superfinanciera.gov.co/publicaciones/10106486/normativanormativa-generalboletin-juridico-superintendencia-financieraboletin-juridico-numero-criptomonedas-criptoactivos-proyecto-piloto-10106486/>

Terrasos. (2024). *Protocolo para la Emisión de Unidades de Biodiversidad Voluntarias* (Versión 4.0). <https://www.terrasos.co/wp-content/uploads/protocolo-unidades-biodiversidad-version-4-0-espanol.pdf>

Toxopeus, H., & Polzin, F. (2021). Reviewing financing barriers and strategies for urban Nature-based Solutions. *Journal of Environmental Management*, 289, 112371. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112371>

TreeCoin. (s. f.). *Eucalyptus Trees: A Sustainable Option for Carbon Sequestration and Wood Production*. <https://www.treecoin.global/post/eucalyptus-trees-a-sustainable-option-for-carbon-sequestration-and-wood-production>

- Trueba Villamil, M. (2024). *Finanzas Descentralizadas (DeFi) Sostenibles*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/79417/1/TFG-Trueba%20Villamil%2C%20Marta.pdf
- Tullo, L. (2021). *Reaching Net Zero: A Carbon Credit Blockchain Solution*. Global Risk Institute. <https://www.globalriskinstitute.org/reports/reaching-net-zero-a-carbon-credit-blockchain-solution/>
- UN Environment Programme. (2022). *Blockchain for biodiversity finance: An overview of various Blockchain applications to help increase biodiversity funding*. <https://cognizium.io/uploads/resources/UN%20environment%20programme%20-%20An%20Overview%20of%20Various%20Blockchain%20Applications%20to%20Help%20Increase%20Biodiversity%20Funding.pdf>
- Useche Rojas, J. C. (2024). *Análisis de la implementación de la tecnología Blockchain en la industria de bienes raíces: Perspectivas y desafíos para el sector fintech / Analysis of the Implementation of Blockchain Technology in the Real Estate Industry: Perspectives and Challenges for the Fintech Sector*. [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/bitstreams/134ccb9d-5cc1-41b1-848a-d772eb861937/download>
- Vergara Garavito, J. (Ed.). (2024). *Finanzas y biodiversidad para territorios posibles*. Fondo Acción y Universidad EAFIT.
- Veridium. (s. f.). *Te ayudamos en tu ruta de descarbonización*. <https://beaver.digital/veridium>
- World Economic Forum. (2024). *Digital assets regulation: Insights from jurisdictional approaches*. <https://www.weforum.org/publications/digital-assets-regulation-insights-from-jurisdictional-approaches/>
- World Meteorological Organization. (2025, January 10). *WMO confirms 2024 as warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial level* [Comunicado de Prensa]. World Meteorological Organization. <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>