

## **“Aplicaciones basadas en blockchain como herramienta para la gobernanza forestal en Argentina”**

por Isa Daniel Arturo

### **I. Introducción**

La crisis global planteada por el cambio climático y el continuo proceso de pérdida de la biodiversidad a nivel mundial tornan necesaria la adopción de medidas urgentes en materia de gobernanza de los bosques<sup>59</sup>. Los ecosistemas forestales del mundo cumplen funciones esenciales para hacer frente a las consecuencias de las transformaciones ambientales generadas por la humanidad, dado que actúan como sistemas naturales de captura de carbono, sirven de hábitat para la biodiversidad, intervienen en la regulación de diferentes ciclos naturales y proporcionan sustento a millones de personas en todo el mundo<sup>60</sup>.

Sin embargo, la deforestación a escala mundial está provocando la disminución de la superficie cubierta por bosques, y la presión creciente que sufren estos ecosistemas pone en riesgo los medios de vida de comunidades dependientes de los mismos, provoca inseguridad alimentaria, genera migraciones y conflictos de tenencia de la tierra y disminuye la disponibilidad de inversiones en el sector debido a la percepción de riesgos<sup>61</sup>. La ilegalidad, la falta de transparencia y la conflictividad a su vez dificultan el acceso de los proyectos

---

<sup>59</sup> La Agenda 2030 adoptada en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas traza la agenda mundial de los próximos años para alcanzar el desarrollo sostenible, a través de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas asociadas, entre los que se incluyen el de adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (Objetivo 13), y el de proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad (Objetivo 15).

<sup>60</sup> NOBRE, C. A., FINEGAN, B., RAJÃO, R., ROBALINO, J., ARIEIRA, J. y NASCIMENTO, N., “Bosques y Cambio Climático”, en BLACKMAN, A. (ed.), *Bosques de América Latina y el Caribe en la década de 2020: Tendencias, desafíos y oportunidades*, Monografía del BID: Banco Interamericano de Desarrollo, 2020, pp. 60-116.

<sup>61</sup> Véase FAO, *El estado de los bosques del mundo 2022. Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles*, Roma: FAO, 2022, <https://doi.org/10.4060/cb9360es>.



forestales a mercados sostenibles que exigen estándares rigurosos en cuanto a la gestión y el origen de los recursos que provienen de los bosques<sup>62</sup>.

Esto evidencia la necesidad de fortalecer la capacidad de los gobiernos y del sector privado para gestionar sosteniblemente los bosques, la cual es particularmente apremiante en países como Argentina, donde se presenta una de las mayores tasas de deforestación a nivel mundial en las últimas décadas <sup>63</sup> y se han observado importantes deficiencias de implementación y financiación de las políticas de gestión de los bosques<sup>64</sup>. Al respecto, se ha señalado la importancia de promover el uso de las innovaciones digitales para el acceso a datos y su análisis con el fin de apoyar la toma de decisiones. En ese sentido, ante el creciente interés por el potencial de la tecnología “blockchain” en diversos aspectos relacionados con la protección ambiental y la gestión de los recursos naturales<sup>65</sup>, junto al desarrollo de nuevas tecnologías para el monitoreo de los bosques, conviene prestar atención al modo en que la gobernanza forestal podría verse favorecida por estas innovaciones. No obstante, dado que todavía existe incertidumbre sobre los reales impactos que puede tener esta tecnología<sup>66</sup>, resulta importante aportar a la discusión sobre sus proyecciones para la gestión forestal en el contexto de Argentina.

A ese fin, en las secciones que siguen se presenta un panorama general de la gobernanza forestal en Argentina, junto a una descripción de las principales características de la tecnología blockchain y sus diferentes aplicaciones en materia de gobernanza forestal, considerando en particular el panorama jurídico e institucional relacionado con la gestión de los bosques en el país. Luego, se describen las debilidades y los desafíos principales vinculados

---

<sup>62</sup> CONTRERAS-HERMOSILLA, A., "Pueblos, gobernanza y bosques", en Petkova, E., Larson, A., y Pacheco, P. (eds.), *Gobernanza forestal y REDD*, Bogor: CIFOR, 2011, pp. 33-59.

<sup>63</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS), *Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/desmotes\\_y\\_alternativas-julio27.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/desmotes_y_alternativas-julio27.pdf).

<sup>64</sup> DI PANGRACIO, A. y CÁCERES, N. A., *Diagnóstico actualizado del estado de implementación Ley n° 26331*, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2020. Obtenido de [https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/07/FVSA-FARN\\_Diagnostico-estado-de-implementacion\\_compressed.pdf](https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/07/FVSA-FARN_Diagnostico-estado-de-implementacion_compressed.pdf)

<sup>65</sup> BARBERO, M. B., "Blockchain, transparencia para el desarrollo sostenible", *bie3: Boletín IEEE*, 2019, no 15, pp. 221237.

<sup>66</sup> RINALDI, G., "Blockchain y sustentabilidad ambiental", *La Ley*, 2020, Tomo 2020-A, año LXXXIV, no. 28, pp. 1-3.



con la utilización de blockchain para la gestión forestal, y se identifican potenciales fortalezas y oportunidades en el contexto nacional, incluyendo la consideración de diferentes experiencias y esquemas potenciales para la implementación y el financiamiento de proyectos basados en el uso de blockchain.

## II. Gobernanza forestal en Argentina

La gobernanza forestal se refiere a la forma en que se toman y ejecutan decisiones sobre la gestión de los bosques, incluyendo los aspectos normativos, procedimentales y organizacionales del sector público, como también los procesos, mecanismos y prácticas formales e informales del sector privado que inciden sobre el manejo de los ecosistemas forestales<sup>67</sup>.

En lo normativo, Argentina cuenta con un profuso marco relacionado con la gobernanza de los bosques, que integra fuentes de orden nacional e internacional. Como parte de los mecanismos del sector privado vinculados con la gobernanza forestal, actualmente cobran especial importancia diversos instrumentos voluntarios, con los cuales se busca asegurar el manejo sostenible de los recursos forestales y la sustentabilidad de las actividades relacionadas con la gestión de los bosques.

### II.1. El marco normativo nacional.

En el ámbito interno, a partir de la ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos<sup>68</sup>, se establece un marco específico de gestión y protección de los bosques nativos, a partir del cual se impone a cada jurisdicción provincial el deber de realizar un Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN). El resultado de este proceso es la zonificación de los bosques nativos en tres categorías, las cuales reconocen diferentes grados de restricción en función del valor de conservación de cada

---

<sup>67</sup> Esta conceptualización de la gobernanza forestal responde al enfoque descrito en FAO, *Marco para la evaluación y seguimiento de la gobernanza forestal*, Roma: FAO, 2011. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i2227s/i2227s00.pdf>.

<sup>68</sup> Reglamentada por el Decreto N° 91/2009.



área<sup>69</sup>. Toda intervención en bosques nativos -sin importar su categoría- deberá sujetarse a un Plan de Conservación (PC), Plan de Manejo Sostenible (PM), Plan de Manejo y Conservación (PMyC) o, para el caso de desmonte, un Plan de Cambio de Uso del Suelo (PCUS)<sup>70</sup>. El beneficio para los titulares que se acojan a este régimen consiste en un aporte no reintegrable, que se paga por hectárea y por año, asumiendo el propietario la obligación de ejecutar el plan que resulte aprobado. Como instrumento para el financiamiento del sistema de la ley, se crea el Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos (FNECBN), cuyo objeto es compensar a las jurisdicciones que conservan los bosques nativos por los servicios ambientales que éstos brindan<sup>71</sup>.

Entre las herramientas de promoción de la actividad forestal, además de la ley 24.857, sancionada en 1997 y que estableció la estabilidad fiscal para toda actividad forestal y aprovechamientos de los bosques comprendidos en el régimen de la ley 13.273, mediante la ley 25.080 de Inversiones para Bosques Cultivados<sup>72</sup> se instituye un régimen de promoción de las inversiones en nuevos emprendimientos forestales y forestoindustriales y en las ampliaciones de los bosques y emprendimientos existentes, otorgándoles beneficios fiscales y un aporte económico no reintegrable.

## **II.2. Instrumentos normativos y mecanismos de fuente internacional.**

En el plano internacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) -ley 24.295- se dirige a lograr la

---

<sup>69</sup> El desmonte o cambio de uso del suelo se permite exclusivamente en la categoría III o de “bajo valor de conservación”. En cambio, en la categoría II o de “mediano” valor se permite el aprovechamiento sostenible, el turismo, la recolección y la investigación científica, y en la categoría I o de “alto” valor de conservación se permite exclusivamente que puedan ser hábitat de comunidades indígenas y o ser objeto de investigación científica.

<sup>70</sup> Los requisitos para cada tipo de plan varían según su objetivo y la jurisdicción requirente. No obstante, los contenidos mínimos concertados a nivel nacional en el ámbito del Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA) se aprobaron mediante la Resolución COFEMA 277/14.

<sup>71</sup> El FNECBN se aplica en un 70% para compensar a tenedores de bosques nativos que presenten los referidos planes, mientras que el restante 30% se destina al fortalecimiento institucional de las autoridades locales, específicamente para el monitoreo y sistemas de información de sus bosques nativos. La ley 27.431 crea un Fondo Fiduciario para administrarlo, y la resolución MAyDS N° 402/18 aprueba el Reglamento del Fondo Fiduciario de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (FOBOSQUE).

<sup>72</sup> Reglamentada por el Decreto 133/99, texto según el Decreto 776/2021. En 2018, la Ley 27.487 prorrogó nuevamente la vigencia de la ley 25.080 por un período de diez años.



# DECONOMI

estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, y fija entre sus compromisos el de promover la gestión sostenible, la conservación y el reforzamiento de los sumideros y depósitos de GEI, entre los cuales se incluyen los bosques. Bajo ese marco, el Protocolo de Kioto adoptado en 1997 consagró instrumentos de mercado como el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), la Implementación Conjunta y el Comercio de Emisiones, los cuales permitieron a países en desarrollo comercializar bonos certificados de carbono en el mercado internacional a partir de proyectos que absorban emisiones, tales como forestación o reforestación<sup>73</sup>. Este mercado de carbono constituye de tal modo un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas e individuos pueden adquirir o vender unidades de reducción de emisiones para cumplir con sus obligaciones actuales o futuras<sup>74</sup>.

Estos mecanismos encuentran su complementación a través del Acuerdo de París adoptado en 2015 -ley 27.270-, el cual fijó los objetivos de limitar el aumento de la temperatura global, aumentar la capacidad de adaptación al cambio climático, promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones, y situar los flujos financieros en un nivel compatible con estas metas<sup>75</sup>. Esto pretende lograrse a través de los compromisos asumidos por cada país, que son expresados en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs, por sus siglas en inglés) y que encuentran su correlato en los respectivos planes de acción internos de cada jurisdicción nacional. En materia de financiamiento climático, el artículo 5° del Acuerdo establece el deber de las Partes de adoptar medidas para conservar y aumentar los sumideros y depósitos de GEI, entre los cuales se incluyen los bosques. El artículo 6° reconoce mecanismos de cooperación entre países para implementar las NDCs, a través del intercambio o transferencia de las reducciones de emisiones entre países y otros enfoques de cooperación para la mitigación, adaptación, financiamiento, transferencia de tecnología y fomento de las capacidades. Con un enfoque

---

<sup>73</sup> FRONTI de GARCÍA, L., ACEVEDO, M. L. y GARCÍA FRONTI, V., "Análisis exploratorio del Mecanismo de Desarrollo Limpio en proyectos forestales (Argentina)", *Documentos de trabajo de Contabilidad Social*, 2013, vol. 4, no. 1, pp. 43-67.

<sup>74</sup> IBARRA, D. y ESCOBAR, L., "Mercado de bonos de carbono", *Revista Tiempo Económico*, 2008, vol. III, no. 9, p. 22.

<sup>75</sup> El Acuerdo se propone mantener el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento a 1,5 °C (artículo 2°).



# DECONOMI

similar, el artículo 9° establece que los países desarrollados deberán proporcionar recursos financieros a los países en desarrollo para que puedan adoptar medidas de adaptación y de mitigación.

En el aspecto institucional y financiero, el Acuerdo de París se vincula con el Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, en inglés), entidades encargadas del funcionamiento del mecanismo financiero en el marco de la CMNUCC, dado que servirán también como mecanismo financiero del Acuerdo<sup>76</sup>. En esa línea, el mecanismo del sistema de la CMNUCC de Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques (REDD+), establecido en 2005 a través del Marco de Varsovia, viene siendo implementado desde hace varios años con el objeto de proveer a los países en desarrollo de incentivos positivos para proteger sus bosques y mejorar la gestión y utilización sostenible de sus recursos, permitiendo compensar a los gobiernos, comunidades, empresas o individuos por acciones reduzcan emisiones de GEI<sup>77</sup>.

En el derecho interno, las obligaciones asumidas por Argentina en el marco del Acuerdo de París se han traducido en la sanción en el año 2019 de la ley 27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global, que contiene los lineamientos para la elaboración y coordinación del Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático (PNAyMCC)<sup>78</sup>. Esta ley se complementó con la presentación de la segunda NDC, mediante la cual el país actualiza las metas comprometidas a través de su primera NDC y fija el compromiso de no exceder la emisión neta de 359 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub>e) en el año 2030<sup>79</sup>. Adicionalmente, se han desarrollado planes de acción sectoriales, entre los cuales se encuentra el Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático

---

<sup>76</sup> Véase CARLINO, H., NETTO, M., SUAREZ, E. y VASA, A., *La contribución de la banca pública de desarrollo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible en los países de América Latina y el Caribe*. Washington, DC: IDB, 2017. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.18235/0000625>.

<sup>77</sup> LUNA, C., "Análisis de las fortalezas y debilidades del marco legal para la compensación y pago por servicios ambientales en Argentina", *Derecho & Sociedad*, 2020, vol. 2, no. 54, pp. 395-410.

<sup>78</sup> El PNAyMCC fue aprobado por Resolución 447/2019 de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

<sup>79</sup> MAyDS, *Informe del estado del ambiente 2020*, 1° ed., Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, 2020, p. 514. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/iea\\_2020\\_digital.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/iea_2020_digital.pdf).



# DECONOMI

(PANByCC), como instrumento de política tendiente a reducir las emisiones y aumentar la captura de GEI del sector a través del fortalecimiento de la gestión sostenible de los bosques nativos<sup>80</sup>.

En relación con la protección y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) -ley 24.375- establece como sus objetivos la conservación de la biodiversidad a nivel de ecosistemas, especies y recursos genéticos, el uso sostenible de sus componentes y el disfrute equitativo de los beneficios derivados del uso de estos recursos. También cabe mencionar la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África -ley 24.701-, y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre -ley 22.344-, ésta última destinada a proteger especies de flora y fauna de manera que su comercio no amenace su supervivencia.

Como instrumentos específicos en materia forestal, destacan el Desafío de Bonn adoptado en 2011, mediante el cual 61 países adhirieron al compromiso de restaurar 150 millones de hectáreas de paisajes degradados y deforestados para el año 2020, y 350 millones de hectáreas para el año 2030, y la Declaración de Nueva York sobre los Bosques de 2014, que entre sus 190 signatarios incluye a gobiernos, empresas y organizaciones no gubernamentales que se comprometieron a ayudar a reducir la deforestación en los trópicos en un 50% para 2020 y en un 100% para el año 2030<sup>81</sup>. Más recientemente, a través de la Declaración de los Dirigentes reunidos en Glasgow sobre los Bosques y el Uso de la Tierra adoptada en la 26° Conferencia de las Partes (COP26) de la CMNUCC del año 2021, más de 140 países -entre ellos Argentina- se comprometieron a eliminar la pérdida de bosques de aquí a 2030, y a apoyar las actividades forestales sostenibles y de restauración, para lo cual se han asignado

---

<sup>80</sup> Gabinete Nacional de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, *Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático. Versión I - 2017*. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/4849\\_1\\_plan\\_de\\_accion\\_nacional\\_de\\_bosques\\_y\\_cambio\\_climatico\\_-\\_argentina.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/4849_1_plan_de_accion_nacional_de_bosques_y_cambio_climatico_-_argentina.pdf).

<sup>81</sup> BLACKMAN, A. (ed.), *Bosques de América Latina y el Caribe en la década de 2020...*, cit. p. 13.



fondos específicos a fin de ayudar a los países en desarrollo a lograr estos objetivos<sup>82</sup>.

### II.3. Instrumentos y mecanismos de cumplimiento voluntario.

Entre los instrumentos de cumplimiento voluntario destinados a los gobiernos, se destaca la Declaración de Principios para el Manejo Sustentable de Bosques aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 en Río de Janeiro. Esta Declaración marca el origen del concepto de manejo forestal sostenible, y entre sus quince principios, contempla el del reconocimiento de la función vital que cumplen los bosques de todo tipo en el mantenimiento de los procesos y del equilibrio ecológico.

Por otra parte, la certificación voluntaria de la gestión forestal y de la cadena de custodia de productos forestales representan importantes herramientas voluntarias vinculadas al sector privado. Los mecanismos de certificación permiten a quienes participan de la gestión, producción y/o comercialización de recursos forestales acreditar el cumplimiento de una serie predeterminada de normas o estándares, relativos al manejo de los bosques, los procesos de producción, el cumplimiento de requisitos legales y administrativos *-compliance-*, e incluso condiciones laborales y relaciones con el entorno y la comunidad, generalmente a través de la intervención de un tercero considerado independiente como entidad que otorga la certificación<sup>83</sup>.

De igual forma, la certificación como herramienta voluntaria se constituye actualmente en un requisito para las empresas que pretenden acceder a instancias de financiamiento por parte de entidades internacionales<sup>84</sup>. Actualmente hay distintos sistemas de certificación con diferentes esquemas, entre los cuales el Consejo de Manejo Forestal -Forest Stewardship Council o FSC- y el Programa de Reconocimiento de Sistemas de Certificación Forestal -PEFC, por sus siglas en inglés- son dos de los más difundidos a nivel mundial;

---

<sup>82</sup> FAO, *El estado de los bosques del mundo 2022*, cit, p.viii.

<sup>83</sup> FAO, *Conjunto de herramientas para la gestión forestal sostenible. Certificación forestal*, en <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/forest-certification/forest-certification/es/> (consultado el 5 de junio de 2023).

<sup>84</sup> CHAVAT, F., "El Sistema Argentino de Certificación Forestal - CerFoAr", *XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos*, octubre de 2010, p. 1. Obtenido de <https://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2010/423.III.CHAVAT.CERFOAR.pdf>.





en Argentina, dichos esquemas son representados respectivamente por la Iniciativa Nacional FSC Argentina y el Sistema Argentino de Certificación Forestal -CerFoAr.

Partiendo del marco descripto, se han identificado diversas aplicaciones posibles de la tecnología blockchain que pueden contribuir a fortalecer la gobernanza forestal en varios de sus aspectos más relevantes.

### III. Generalidades sobre la tecnología blockchain.

Aunque la utilización de la tecnología blockchain ha adquirido popularidad en los últimos años principalmente a partir de su utilización en el campo de las criptomonedas<sup>85</sup> -tales como Bitcoin o Ethereum-, los usos que pueden darse a esta herramienta son muy diversos y se encuentran en constante evolución.

#### III.1. La blockchain como tecnología para el registro de información.

Si bien no hay unanimidad en cuanto a la definición de blockchain, puede conceptualizarse como una tecnología que permite administrar un registro de información digital distribuido en una red de nodos, es decir, computadoras o servidores<sup>86</sup>. Las nuevas entradas de información realizadas por un nodo conectado a la red, denominadas transacciones, se agrupan con otras hasta formar un “bloque” -*block*- de transacciones, el que será agregado al registro digital por uno de los nodos en forma sucesiva con los bloques anteriores, lo que se conoce como sellado o minado, de tal manera que se forma una “cadena” -*chain*. Para que ello ocurra, es necesario que los nodos hayan llegado a un “acuerdo” entre sí, mediante un mecanismo informático llamado protocolo de

---

<sup>85</sup> La primera descripción del sistema blockchain que sustenta la criptomoneda Bitcoin se suele atribuir a un trabajo publicado en 2008 bajo el seudónimo Satoshi Nakamoto, que describió el uso de esta tecnología para instrumentar un sistema de pago electrónico entre pares -*peer to peer* o P2P. Véase NAKAMOTO, S., “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system”, *Decentralized business review*, 2008.

<sup>86</sup> SERALE, F., REDL C. y MUENTE KUNIGAMI, A., *Blockchain en la Administración Pública ¿Mucho ruido y pocos bloques?*, Washington: Banco Interamericano de Desarrollo, 2019, p. 75. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/blockchain-en-la-administracion-publica-mucho-ruido-y-pocos-bloques>



# DECONOMI

consenso, que consiste en una operación matemática ejecutada por los nodos “selladores”<sup>87</sup>.

Cada transacción registrada en la blockchain puede contener información de cualquier tipo (operaciones, documentos, fotografías, etcétera), y su registro incluye la hora exacta -*time stamping* o sello de tiempo- y la firma digital del remitente. Al agregarse un nuevo bloque a la cadena, éste es dotado de un “hash”, consistente en una serie única de caracteres que lo identifica. Cada bloque, contendrá a su vez el hash del bloque anterior. Por su diseño, cada nodo conectado a la red conserva una copia del registro, y dado que sólo se puede cambiar la información contenida en un bloque mediante una nueva entrada, cualquier cambio que se realice generará automáticamente un nuevo hash y arrastrará cambios en los bloques sucesivos de la cadena, dejando un registro de la modificación realizada. En suma, su arquitectura la dota de una alta seguridad, garantizando inmutabilidad y trazabilidad de los datos, ya que la información original se conserva y se puede rastrear, a la vez que permite detectar cambios prácticamente en tiempo real por todos los miembros de la red.

Como parte del amplio género de las *distributed ledger technologies* (DLTs) o tecnologías de registro distribuido<sup>88</sup> -consistentes en bases de datos descentralizadas y gestionadas por varios participantes-, las redes blockchain funcionan de tal manera como registros de información pública o privada, la cual se conserva encriptada, inmutable e incorruptible, y permiten que personas que no se conocen o no necesariamente confían entre sí puedan acordar sobre la existencia de determinada transacción, sin tener que recurrir a una autoridad central para atestiguar o validar lo ocurrido<sup>89</sup>.

---

<sup>87</sup> CESETTI, A. B. y SARRO, L. A., “Blockchain al servicio de la administración en organizaciones sostenibles”, *Revista UNS*, 2019, vol. 3, no. 1; pp. 72-90.

<sup>88</sup> Como observan del Pino y Mora, entre las innovaciones tecnológicas relacionadas con el paradigma de la denominada *Web 3.0*, en el horizonte de herramientas disruptivas también aparecen conceptos como los Non-Fungible Tokens (“NFTs”), Fintech, las organizaciones autónomas descentralizadas o DAOs (por sus siglas en inglés) o el Metaverso, como parte una tendencia hacia la descentralización de sistemas inspirados en tecnologías blockchain, monetizados a través del uso de criptomonedas o *tokens* y potenciados a través de la automatización que aporta la inteligencia artificial. Véase DEL PINO, M. y MORA, I. C., “El impacto de la tecnología en materia de antitrust en Argentina”, *Suplemento Innovación & Derecho*, LL, 2023 (marzo), no 1, pp. 1, 10-17, TR LALEY AR/DOC/469/2023.

<sup>89</sup> HEREDIA QUERRO, S., *Smart Contracts: qué son, para qué sirven y para que no servirán*, 1° ed., Ciudad Autónoma de Buenos Aires: IJ Editores, 2020.



## III.2. Contratos inteligentes.

Debido a sus múltiples aplicaciones, se torna igualmente relevante considerar la función de los *smart contracts* o contratos inteligentes. Un contrato inteligente puede definirse como un código de computadora que se ejecuta sobre un registro distribuido -por ejemplo, una red blockchain- y que incluye reglas o condiciones predeterminadas que las partes involucradas han acordado con el fin de interactuar entre sí<sup>90</sup>. En el caso de que se cumplan las reglas preestablecidas, el acuerdo instrumentado a través del contrato inteligente será automáticamente ejecutado, lo que garantiza un mayor grado de seguridad y posibilita reducir los costos de la transacción, al no ser necesaria la participación de terceros intermediarios.

Los contratos inteligentes permiten el almacenamiento de reglas y políticas para negociar términos y acciones predeterminadas entre las partes, lo que contribuye a aportar mayor precisión, velocidad, seguridad y confianza con el resultado de la transacción, además de transparencia, trazabilidad y eficiencia<sup>91</sup>.

## III.3. Tipos de redes blockchain.

En cuanto a su clasificación, en general se suele distinguir entre redes públicas y privadas según quién tiene acceso al contenido -cualquiera o sólo quien está autorizado; y según quién gestiona la cadena, validando transacciones para agregar bloques -cualquier nodo o solamente los nodos que cuentan con un permiso especial-, se distingue entre redes permissionadas o no permissionadas<sup>92</sup>.

Como características de las redes públicas y no permissionadas, se destaca que permiten el acceso libre a cualquier persona, aún sin ser usuario registrado y sin necesidad de contar con permisos determinados, en tanto la información registrada forma parte del dominio público; en cambio, en las

---

<sup>90</sup> PAPADOPOULOS, K., "Using smart contracts in smart energy grid applications", *Sintezza 2019-International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research*, Singidunum University, pp. 597-602.

<sup>91</sup> MADHANI, P. M., "Effective marketing strategy with blockchain implementation: Enhancing customer value propositions", *IUP Journal of Business Strategy*, 2022, vol. 19, no 1, pp. 7-35.

<sup>92</sup> VEGA MAZA, M., "El auge de blockchain y sus posibilidades reales de aplicación en los registros de las administraciones públicas", *IDP: Revista de Internet, Derecho y Política*, 2019, vol. 28, pp. 109-126.



blockchain privadas y/o permissionadas existen ciertos elementos de centralización, ya que se suele requerir un permiso para poder utilizar la plataforma, ver la información contenida o agregar bloques<sup>93</sup>. Actualmente también se incluyen las redes blockchain híbridas, que pretenden combinar los atributos de los diferentes tipos de blockchain para diseñar soluciones a medida del problema que se busca resolver.

#### **IV. Blockchain y gobernanza forestal.**

Sobre la base de esas características, se ha discutido ampliamente sobre los diferentes impactos potenciales de la tecnología blockchain en distintos campos vinculados con la gobernanza forestal.

Entre sus numerosas aplicaciones, a partir de investigaciones que se han ocupado del tema con distintos enfoques se han identificado diversos beneficios derivados de su utilización en materia de gestión de información y monitoreo forestal, las cadenas de suministro de productos forestales y la gestión del territorio.

Partiendo del marco institucional y normativo existente en Argentina, se destacan diversas aplicaciones posibles de este tipo de herramientas que podrían contribuir a fortalecer la gobernanza forestal en varios de sus aspectos más relevantes.

##### **IV.1. Gestión de información forestal y sistemas de monitoreo.**

La transparencia resulta esencial para una buena gobernanza, ya que permite el seguimiento de las instituciones y la información por parte de todos los actores involucrados, y constituye un presupuesto para el adecuado acceso a la información, el control ciudadano y la rendición de cuentas por parte de las autoridades<sup>94</sup>. En el contexto argentino, la sistematización de la información forestal generada en las diferentes jurisdicciones del país representa asimismo una meta fundamental en relación con las políticas nacionales y los compromisos internacionales en materia de bosques, biodiversidad y cambio climático, ya que la posibilidad de evaluar sus resultados depende directamente de la

---

<sup>93</sup> HEREDIA QUERRO, S., cit.

<sup>94</sup> FAO, *Marco para la evaluación y seguimiento de la gobernanza forestal*, cit.



# DECONOMI

disponibilidad de datos sólidos acerca del estado y evolución de dichos ecosistemas.

No obstante, la generación y el manejo de información clave para el sector forestal requiere de procesos en los que intervienen varias personas y entidades diferentes en los distintos niveles. En efecto, en el marco de la Ley 26.331, las jurisdicciones locales tienen la responsabilidad primaria en fiscalizar su cumplimiento, mientras que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS), como autoridad de aplicación nacional, impulsa acciones de monitoreo y fiscalización en el ámbito de su competencia<sup>95</sup>. Los distintos planes aprobados por las provincias ingresan en el Registro Nacional de Planes (RNP), dentro de la plataforma digital del Sistema Integral de Información Forestal (SIIF), lo que permite el seguimiento técnico-administrativo de cada plan para generar informes, fiscalizar y difundir avances, verificar el cumplimiento de lo comprometido por los titulares, agilizar trámites, homogeneizar solicitudes y su control<sup>96</sup>. Asimismo, de este sistema dependen instrumentos de prevención de la actividad ilegal como el Sistema de Alerta Temprana de la Dirección Nacional de Bosques (DNB), destinado a contrastar la información cargada en dicho Registro con los OTBN provinciales e imágenes satelitales, generando alertas y requiriendo información a las provincias sobre la legalidad de los eventos de deforestación detectados en el marco del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques Nativos.

Sin embargo, se han detectado importantes deficiencias con relación a la transparencia en materia de gestión de la información y monitoreo forestal, especialmente vinculadas con la implementación de la ley 26.331. En informes recientes, se ha observado que el control de la deforestación y del cumplimiento de planes es en general escaso e insuficiente tanto a nivel nacional como provincial, cambios en la página web del MAyDS han suprimido documentación actualizada sobre los planes vigentes, los OTBN y otros documentos, obstaculizando el acceso a la información, y se ha señalado la necesidad de

---

<sup>95</sup> DI PANGRACIO, A. y CÁCERES, N. A., cit.

<sup>96</sup> MAyDS, *Informe de Estado de implementación de la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos*, Tomo I, p. 34. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021\\_informe\\_estado\\_implementacion.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021_informe_estado_implementacion.pdf).



# DECONOMI

integrar conocimientos y herramientas generadas por otros actores y aumentar el control y fiscalización incorporando el monitoreo mediante sensores remotos<sup>97</sup>.

La implementación de redes blockchain puede aportar a fortalecer estos mecanismos, en tanto permite optimizar y aumentar la transparencia y seguridad en la gestión de documentos e información forestal de todo tipo. El uso de blockchain en procesos que involucran gran cantidad de actores podría facilitar el registro de datos y su contralor de manera segura y confiable, gestionar de manera más eficiente el tiempo y los recursos disponibles y reducir el riesgo de manipulación de la información. Esto se debe a que una blockchain permite distribuir la información entre múltiples nodos, sin ser necesario que todos integren la estructura de la administración pública, y garantiza al mismo tiempo que cada participante almacenará y procesará los mismos datos que todos los demás, lo que reduce el grado de influencia de intermediarios y la confianza requerida entre los involucrados; con ello, a su vez, se facilita la detección de cambios no autorizados y se optimiza la labor de auditoría<sup>98</sup>.

La inmutabilidad y descentralización de la información registrada también pueden contribuir al control ciudadano de las autoridades y organismos involucrados en la gestión forestal, ya que ni éstos, ni otros actores, podrían retirar o falsificar datos sin ser detectados<sup>99</sup>. Adicionalmente, la articulación de blockchain con tecnologías de monitoreo remoto y otros dispositivos del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) -concepto referido a la interconexión de objetos a través de Internet- permite generar datos precisos y registrarlos en forma segura, posibilitando mayor transparencia y automatización en procesos tales como la certificación de condiciones ambientales determinadas, el intercambio de bonos de carbono y el pago por servicios ecosistémicos<sup>100</sup>.

---

<sup>97</sup> Auditoría General de la Nación (AGN), *Implementación de la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos*, 2017. Obtenido de [https://www.agn.gob.ar/sites/default/files/informes/informe\\_230\\_2017.pdf](https://www.agn.gob.ar/sites/default/files/informes/informe_230_2017.pdf).

<sup>98</sup> CESETTI, A. B. y SARRO, L. A., cit.

<sup>99</sup> CHAPRON, G., "The environment needs cryptogovernance", *Nature*, 2017, vol. 545, no. 7655, pp. 403-405.

<sup>100</sup> Véase HOWSON, P., "Tackling climate change with blockchain", *Nature Climate Change*, 2019, vol. 9, no. 9, pp. 644-645.



# DECONOMI

Mediante su combinación con el uso de contratos inteligentes, las redes blockchain puede aumentar la eficiencia y transparencia del monitoreo forestal mediante sensores remotos, además de posibilitar la ejecución automática de diversas operaciones vinculadas a la gestión forestal. Incluso existen modelos que proponen la combinación de blockchain con tecnologías de IoT, sensores remotos y contratos inteligentes para el monitoreo forestal, incluyendo las actividades de control de incendios forestales mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados -*unmanned aerial vehicles* o UAVs, comúnmente conocidos como *drones*<sup>101</sup>. Los atributos de las redes blockchain también pueden facilitar el seguimiento del uso y destino de los recursos financieros dirigidos al sostenimiento de proyectos de conservación o aprovechamiento forestal, por lo que representa una herramienta de especial interés para la transparencia del financiamiento climático internacional<sup>102</sup>.

Como ejemplos estas aplicaciones<sup>103</sup>, puede mencionarse el proyecto de Poseidon, que administra una blockchain que permite rastrear la huella de carbono de consumidores y empresas, y compensarla mediante la adquisición de créditos de carbono originados en actividades de conservación del bosque en el Proyecto REDD+ Cordillera Azul en Perú. Con un enfoque similar, el proyecto Regen Network propone utilizar blockchain y sensores remotos para monitorear el estado ambiental de áreas determinadas, generando atestaciones confiables y registradas en tiempo real que permiten automatizar el pago por servicios ambientales<sup>104</sup> a propietarios de tierras que implementen prácticas de manejo sostenible.

---

<sup>101</sup> MAHMUDNIA, D., ARASHPOUR, M., BAI, Y. y FENG, H., "Drones and blockchain integration to manage forest fires in remote regions", *Drones*, 2022, vol. 6, no 11, p. 331.

<sup>102</sup> CHEBLY, J. E., MANCINI, M., HENDERSON, I. y ZADEK, S., *Alineando el financiamiento climático a la implementación efectiva de las NDCs y las estrategias a largo plazo*, Documento de insumo para el Grupo de Trabajo de Sustentabilidad Climática del G20, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2018, p. 43. Obtenido de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/unep\\_-\\_alineando\\_el\\_financiamiento\\_climatico\\_a\\_la\\_implementacion\\_efectiva\\_de\\_las\\_ndcs\\_y\\_las\\_es\\_trategias\\_a\\_largo\\_plazo.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/unep_-_alineando_el_financiamiento_climatico_a_la_implementacion_efectiva_de_las_ndcs_y_las_es_trategias_a_largo_plazo.pdf).

<sup>103</sup> Citados en HOWSON, P., cit.

<sup>104</sup> Se define a los pagos por servicios ambientales como transacciones voluntarias, mediante las cuales un servicio ambiental bien definido -o un uso de la tierra que promueva la provisión de ese servicio- es comprado por -al menos- un comprador a -al menos- un proveedor, siempre y cuando se cumpla el requisito de la *condicionalidad* -es decir, que el proveedor asegure la provisión continua del servicio. Véase WUNDER, S., Payments for environmental services:



## IV.2. Certificación y cadenas de suministro de productos forestales.

Una buena gobernanza forestal también requiere de transparencia entre todos los actores y etapas involucrados en la verificación de la legalidad de los productos extraídos de los bosques<sup>105</sup>. Sin embargo, el depender de documentos o inclusive sistemas digitales fácilmente manipulables y susceptibles al fraude debilita los mecanismos estatales y del sector privado destinados al control y certificación de productos y prácticas de gestión forestal, lo cual facilita la actividad ilegal<sup>106</sup>. Además de perjudicar la sostenibilidad de la actividad forestal en general, la ilegalidad y la falta de transparencia se constituyen en obstáculos al acceso a mercados que exigen el cumplimiento de determinados estándares de gestión<sup>107</sup>. A ello se suma que el uso dominante de papel para documentar información en las cadenas de suministro insume tiempo y recursos que provienen de los bosques, aumenta el riesgo de errores y discrepancias entre las distintas etapas, dificulta la asignación de responsabilidades<sup>108</sup>.

En Argentina, el transporte legal de productos forestales en la generalidad de las jurisdicciones se basa en el sistema de guías forestales, documentos emitidos por la autoridad competente en cada provincia según sus propias regulaciones<sup>109</sup>. En 2017, se creó a su vez el Sistema de Administración, Control y Verificación Forestal (SACVeFor) para la gestión digitalizada de las

---

some nuts and bolts. *Centre For International Forestry Research*, Occasional Paper, 42.

Obtenido de <http://hdl.handle.net/10919/66932>.

<sup>105</sup> CONTRERAS-HERMOSILLA, A., cit.

<sup>106</sup> DÜDDER, B. y ROSS, O., "Timber tracking: reducing complexity of due diligence by using blockchain technology (Position Paper)", *CEUR Workshop Proceedings*, 2017, vol. 1898, pp. 1-6.

<sup>107</sup> Como uno de los ejemplos más significativos y recientes de este tipo de regulaciones, puede verse el nuevo Reglamento sobre la deforestación del Parlamento Europeo aprobado el 19 de abril de 2023 (P9\_TA (2023)0109), el cual prohíbe el ingreso al mercado de la Unión Europea de productos provenientes de desmontes -legales o ilegales- posteriores a 2020, tales como madera, ganado, soja, cacao, palma, carbón y papel. Respecto de tales productos, deberá garantizarse además que hayan sido producidos de conformidad con la legislación pertinente del país de producción, y que estén amparados por una declaración de "diligencia debida" (artículo 3).

<sup>108</sup> GARCÍA, H. C. E., "Tecnología blockchain en cadenas de suministro; mito, realidad o proyección", *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 173-188.

<sup>109</sup> MINAVERRY, C. M., "Los organismos públicos vinculados con la sanidad vegetal y forestal en Argentina: Desafíos jurídicos", *Avances en Investigación Agropecuaria*, 2017, vol. 21, no. 2; pp. 85-99.





# DECONOMI

diferentes instancias que componen la cadena productos forestales - autorizaciones para extracción, planificación de movimientos, emisión de guías, control en tránsito y recepción- con el fin de mejorar la transparencia y la comunicación entre jurisdicciones, integrar los datos con otros sistemas de control, y armonizar criterios y normas mediante una guía única<sup>110</sup>. No obstante, en algunas provincias el actual control por guías resulta ineficaz, no permite determinar con exactitud de dónde se extrajo la madera, y es propenso a la reutilización y sustracción de guías e incluso de las computadoras que las emiten<sup>111</sup>.

En este aspecto, se identifican diversos aportes que podría brindar la utilización de blockchain para el abordaje de estos problemas. En las cadenas de suministro en general, se le reconoce un potencial transformador en cuanto a detección de errores, control de calidad, gestión de inventarios, *compliance*, automatización, reducción de costos y optimización de flujos de información entre los actores de la cadena<sup>112</sup>. En materia de gestión forestal, el uso de blockchain puede contribuir a la prevención de manipulaciones o fraudes en los sistemas de trazabilidad de la madera, aportando valor para las distintas partes interesadas, ya que permite a las autoridades monitorear en tiempo real y controlar la legalidad de los procesos, los esquemas de certificación forestal pueden incrementar la confiabilidad de sus sistemas, y los demás actores a lo largo de la cadena pueden cerciorarse sobre el origen legal y otros datos relevantes de cada material o componente que procesan, comercian o adquieren<sup>113</sup>. De esta manera, es posible lograr mayor transparencia y eficiencia en la cadena para todos los actores, y fortalecer las capacidades de control sobre el desmonte ilegal y el comercio ilícito de especies<sup>114</sup>.

---

<sup>110</sup> MAyDS, *Informe de Estado de implementación de la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos*, cit., p.47.

<sup>111</sup> Red Agroforestal Chaco Argentina (REDAF), *Monitoreo de Deforestación en los Bosques Nativos de la Región Chaqueña Argentina - Bosque Nativo en la provincia del Chaco. Análisis de deforestación y situación del Bosque chaqueño en la provincia*, REDAF, 2018, p. 34. Obtenido de <https://redaf.org.ar/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Documeto-Final-Chaco-Sep.-2018.pdf>

<sup>112</sup> CESETTI, A. B. y SARRO, L. A., cit; GARCÍA, H. C. E., cit.

<sup>113</sup> DÜDDER, B. y ROSS, O., cit.

<sup>114</sup> CHAPRON, G., cit.



# DECONOMI

La articulación con otras tecnologías también puede incrementar el potencial de la blockchain en este campo<sup>115</sup>. Por ejemplo, como parte de un estudio conducido por Figorilli et al.<sup>116</sup> se describió la puesta en práctica de un prototipo de trazabilidad electrónica que combina el uso de blockchain y tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) para el etiquetado y seguimiento de productos forestales desde los ejemplares en pie hasta su destino final, recogiendo datos como especie, fecha de corte y ubicación geográfica exacta, que luego se asocian a las condiciones determinadas en la autorización administrativa correspondiente.

Como otro caso de aplicación relevante, la plataforma Dimitra<sup>117</sup> ofrece certificación para agricultores, comercializadores, operadores y fabricantes con el fin de garantizar que cada envío cumpla con las normas y exigencias reglamentarias, a partir de la combinación de análisis satelital, inteligencia artificial, blockchain y dispositivos móviles para detectar la deforestación, verificar el *compliance* normativo y reducir el riesgo de fraude.

### IV.3. Gestión del territorio.

La gobernanza forestal se vincula íntimamente con la seguridad y claridad en la tenencia de la tierra, en cuanto ambos factores inciden en la determinación de quién puede tomar decisiones, ejercer determinados derechos o facultades y aprovechar los beneficios provenientes de los bosques y sus recursos<sup>118</sup>. Por otra parte, la conflictividad y la falta de claridad en la tenencia de la tierra se asocian con las causas de la deforestación, además de provocar la exclusión de personas que dependen del bosque para su supervivencia. A la vez, dichos conflictos desalientan inversiones positivas para el sector e impiden el acceso equitativo a los sistemas de fomento y de reparto de beneficios que descansan en principio sobre la titularidad de las tierras -tales como REDD+ y

---

<sup>115</sup> HE, Z. y TURNER, P., "Blockchain applications in forestry: A systematic literature review", *Applied Sciences*, 2022, vol. 12, no 8, p. 3723.

<sup>116</sup> FIGORILLI, S., ANTONUCCI, F., COSTA, C., PALLOTTINO, F., RASO, L., CASTIGLIONE, M., ... y MENESATTI, P., "A blockchain implementation prototype for the electronic open source traceability of wood along the whole supply chain", *Sensors*, vol. 18, no. 9, 3133, pp. 1-12.

<sup>117</sup> <https://dimitra.io/deforestation/> (consultado el 11/07/2023).

<sup>118</sup> LARSON, A. y PETKOVA, E., "Riesgos y oportunidades. Una introducción a la gobernanza forestal, las comunidades y REDD+ en América Latina", en Petkova, E., Larson, A., y Pacheco, P. (eds.), *Gobernanza forestal y REDD*, Bogor: CIFOR, 2011, pp. 9-31.



# DECONOMI

los mercados de carbono en el plano internacional<sup>119</sup> o el financiamiento de los planes presentados en el marco de la Ley 26.331.

Al respecto, se ha destacado la utilidad de la tecnología blockchain para la gestión del territorio, especialmente en contextos donde los registros de la propiedad son deficientes, los títulos no se almacenan sistemáticamente y las instituciones vinculadas no son estables o confiables<sup>120</sup>. En este tipo de escenarios, implementar blockchain para el registro de títulos, datos relativos a derechos sobre la tierra, transferencias y modificaciones derechos, puede contribuir a proteger los intereses de los tenedores, prevenir y resolver conflictos y desalentar el fraude o las prácticas arbitrarias en la gobernanza de la tierra, otorgando seguridad jurídica, transparencia y mayor eficiencia en su administración<sup>121</sup>. La utilización de blockchain en materia registral hace posible garantizar la inmutabilidad de los datos y un seguimiento temporal preciso de los cambios de titularidad o modificaciones, y permite asegurar la identidad de las partes en cada transacción, optimizar la percepción de tributos para el Estado y consultar datos históricos confiables en caso de que se presenten disputas<sup>122</sup>. A su vez, optimiza la interconexión entre las distintas organizaciones involucradas en estos procesos, y permite a la entidad a cargo de llevar el registro reducir su intermediación y centrarse solamente en administrar y mantener la aplicación blockchain.

En los últimos años, varios países -entre otros, Georgia, Canadá, Japón, Suecia, Brasil, India, Honduras y Ghana- han introducido o han propuesto la introducción de redes blockchain públicas y/o privadas en sus sistemas de gestión del territorio, con diferentes funciones como la administración, la

---

<sup>119</sup> Di PAOLA, M., VOLOJ, B., DI PANGRACIO, A., FUSTER, V., RIVERA, I., ESPERANZA, Y., ... y CARBAJAL BENÍTEZ, G., *Vulnerabilidad Climática y Mecanismo REDD en la región del Gran Chaco Americano*, Documento de trabajo, Fundación AVINA Argentina, 2011.

<sup>120</sup> ØLNES, S., UBACHT, J. y JANSSEN, M., "Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing", *Government Information Quarterly*, 2017, vol. 34, no. 3, pp. 355-364.

<sup>121</sup> WEIZSÄCKER, F., EGGLER, S. y ATARIM, E., *Concept Note. Land registries on a distributed ledger*, en <https://www.giz.de/en/downloads/giz2019-en-distributed-land-registry.pdf> (consultado el 9 de junio de 2023).

<sup>122</sup> VEGA MAZA, M., cit.; ØLNES, S., UBACHT, J. y JANSSEN, M., cit.



titulación y el registro de tierras, con el objeto de gestionar toda la información relacionada con dichas operaciones<sup>123</sup>.

## V. Desafíos de implementación.

Junto a los beneficios que presenta la aplicación de blockchain para la gestión forestal en términos de transparencia, eficiencia y seguridad de la información, se deben considerar los diversos desafíos y obstáculos que es necesario superar en orden su efectiva implementación. Entre las barreras principales, se encuentra en primer lugar la necesidad de invertir grandes cantidades de recursos en la investigación y el desarrollo de tecnología, un obstáculo particularmente difícil de superar en el contexto de los países en desarrollo<sup>124</sup>. Dado que su implementación y escalabilidad dependen de la conectividad y el grado de alfabetización digital de los actores involucrados, y que ciertos beneficios requieren de otras tecnologías complementarias, también resulta necesario capacitar e invertir importantes cantidades de recursos si no se cuenta con adecuadas condiciones en términos de infraestructura y capital humano<sup>125</sup>.

Por otra parte, el uso de blockchain en las cadenas de suministro requiere de una compleja coordinación entre varios actores con distintos intereses, complejidad que se incrementa si se abarcan varias jurisdicciones y diferentes regulaciones, existiendo la posibilidad de que algunos rechacen la adopción de un sistema de estas características si ello implica compartir datos sensibles sobre la empresa<sup>126</sup>. A su vez, el hecho de que muchos prototipos se proyectan en un rango reducido, limitado a un contexto específico, y en general en el sector privado, dificulta evaluar su implementación a gran escala, lo que se suma al reto de conseguir que varias redes sean interoperables entre sí para garantizar la eficiencia en los procesos, en particular si se pretende adoptarlos en el sector público.

---

<sup>123</sup> AMEYAW, P. D. y DE VRIES, W. T., "Toward smart land management: land acquisition and the associated challenges in Ghana. A Look into a Blockchain Digital Land Registry for Prospects", *Land*, 2021, vol. 10, no 3, p. 239.

<sup>124</sup> SERALE, F., REDL C. y MUENTE KUNIGAMI, A., cit.

<sup>125</sup> VEGA MAZA, M., cit.

<sup>126</sup> GARCÍA, H. C. E., cit.



# DECONOMI

Otro factor a considerar es la necesidad de minimizar el riesgo de fraude en la información ingresada manualmente, pues la implementación de blockchain, por sí sola, no evita el fraude ni la manipulación en los datos que ingresan para su registro, sino que asegura la inmutabilidad de la información original. Estos problemas se replican en materia de registro para la gestión del territorio, y debe notarse que los conflictos sobre tenencia de la tierra que se pretenden abordar mediante algunas de las iniciativas desarrolladas responden a factores políticos, económicos y socioambientales<sup>127</sup> cuya gestión excede totalmente el potencial de esta tecnología, de modo que estas barreras debieran superarse antes de pensar en este tipo de transformaciones.

También existen otros factores que pueden obstaculizar algunas de las innovaciones señaladas, como los serios cuestionamientos existentes sobre la verdadera eficacia de los instrumentos basados en el mercado para proteger los bosques, tales como los mercados de carbono o el pago por servicios ambientales<sup>128</sup>. A estas críticas se añade la falta de una metodología acordada para la valorización de los servicios ambientales y sociales provenientes de los bosques nativos en el marco de la ley 26.331, lo cual dificulta evaluar el potencial de las innovaciones en general en esta materia para aportar beneficios reales a la gestión de los bosques, si bien existen distintas propuestas metodológicas de diferentes instituciones científicas y técnicas a ese fin<sup>129</sup>.

Para la implementación de cualquier solución basada en blockchain, en definitiva se torna necesario abordar una diversa gama de retos organizacionales, tecnológicos y regulatorios que exigen, entre otros presupuestos, la identificación de las partes interesadas y las dinámicas de poder entre ellas, el diseño de un esquema de gobernanza que tome en cuenta los distintos intereses, marcos legales y valores en juego, la elección de un tipo de red, la consideración de los restantes elementos que permitan valorar si realmente aporta algún beneficio frente a otras alternativas, y la evaluación del

---

<sup>127</sup> Véase VVENENCIA, C. D., CORREA, J. J., DEL VAL, V., BULIUBASICH, C., y SEGHEZZO, L., "Conflictos de tenencia de la tierra y sustentabilidad del uso del territorio del Chaco salteño", *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2020, vol. 30, pp. 29-35.

<sup>128</sup> LUNA, C., cit.

<sup>129</sup> DI PANGRACIO, A., y CÀCERES, N. A., cit., p. 89.



volumen y el tipo de información que se quiere registrar, además de si la misma está o no digitalizada previamente<sup>130</sup>.

## VI. Oportunidades y fortalezas en el contexto nacional.

Frente a los desafíos descriptos, en el ámbito nacional se ha avanzado en la implementación de diferentes iniciativas, como también en la sanción de normativa específicamente referida al uso de las nuevas tecnologías, incluyéndose expresamente la tecnología blockchain. A nivel nacional, se encuentra creada la red Blockchain Federal Argentina, una plataforma multiservicios que permite a individuos y organizaciones de cualquier sector desplegar aplicaciones blockchain en un marco colaborativo entre los sectores público, privado, académico y de la sociedad civil<sup>131</sup>. Se trata de una red pública y permissionada, cuyo mantenimiento y el sellado de bloques está a cargo de los miembros del consorcio que la forman, y su protocolo de consenso es energéticamente más eficiente que otro tipo de redes. De tal modo, resulta un entorno propicio para abordar desafíos en el diseño de modelos de gobernanza, marcos regulatorios y aplicaciones blockchain escalables y sostenibles en el tiempo.

Entre los diversos casos de aplicación instrumentados en el marco de BFA<sup>132</sup>, con relación a las cadenas de suministro puede mencionarse el caso del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), que incorporó una nueva versión del Sistema Informático de Trazabilidad Citrícola (SITC) para la gestión de los datos de fiscalización de la exportación de cítricos hacia mercados que aplican restricciones cuarentenarias<sup>133</sup>. El SITC se basa en la utilización de blockchain para dar mayor seguridad a los documentos generados, al garantizar que no hayan sido modificados durante las diferentes etapas del proceso de certificación.

---

<sup>130</sup> SERALE, F., REDL C. y MUENTE KUNIGAMI, A., cit.

<sup>131</sup> Blockchain Federal Argentina, *Brief BFA*, en <https://gitlab.bfa.ar/blockchain/docs/wikis/presentacion-bfa> (consultado el 16/06/2023).

<sup>132</sup> Véase <https://bfa.ar/bfa/aplicaciones> (consultado el 16/06/2023).

<sup>133</sup> Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), *Tecnología blockchain en el Sistema Informático de Trazabilidad Citrícola*, en <https://www.argentina.gob.ar/noticias/tecnologia-blockchain-en-el-sistema-informatico-de-trazabilidad-citricola> (consultado el 30/06/2023).



# DECONOMI

Existen asimismo estructuras como la Red Federal de Monitoreo Ambiental <sup>134</sup> , que promueve la sinergia entre autoridades nacionales, provinciales, organismos privados y la sociedad para el monitoreo integrado del ambiente, la sistematización de los datos y su difusión. Si bien actualmente no abarca el sector bosques, representa una infraestructura de valor para la implementación de tecnologías de monitoreo y la generación de información. También se encuentra operativo el Centro de Información Ambiental <sup>135</sup> , un sistema integrado para la producción, recopilación y articulación de información ambiental a nivel nacional, cuyo objetivo es garantizar la transparencia y facilitar el ejercicio el acceso a la información pública ambiental; a ese fin, articula las diferentes plataformas y sistemas de información ambiental existentes en Argentina <sup>136</sup> .

En el aspecto regulatorio, mediante la Resolución 17/22 del 7 de diciembre de 2022, la Secretaría de Innovación Pública -dependiente de la Jefatura de Gabinete de Ministros- aprobó el Lineamiento Nacional sobre Blockchain, y creó en la órbita de esa Secretaría el Comité Nacional de Blockchain. Según el artículo 3° de la resolución, el Comité Nacional de Blockchain estará presidido por quien se encuentre a cargo de la referida Secretaría o el organismo que en el futuro la reemplace, y tendrá la facultad de dictar las normas complementarias, aclaratorias y reglamentarias del Lineamiento Nacional correspondientes. La presidencia del Comité tiene a su vez la misión de articular la convocatoria a aquellos organismos y entidades del Sector Público Nacional que, de conformidad a sus acciones primarias y competencias, puedan contribuir al desarrollo de políticas públicas y soluciones tecnológicas basadas en blockchain.

El Lineamiento propone sentar las bases y líneas de acción para la implementación de un Plan Nacional de Blockchain que permita aprovechar los beneficios de los diferentes usos de la tecnología blockchain en la administración pública, reconociendo que la auditoría y la certificación de identidad se

---

<sup>134</sup> <https://monitoreo.ambiente.gob.ar/> (consultado el 16/06/2023).

<sup>135</sup> <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/ciam> (consultado el 16/06/2023).

<sup>136</sup> MAyDS, *Sistemas de información ambiental en la Argentina*, en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/acuerdo-de-escazu/acceso-la-informacion-ambiental/sistemas-de-informacion-ambiental-en-la> (consultado el 16/06/2023).



# DECONOMI

vislumbran actualmente como usos inmediatos en la transformación digital del Estado. Entre los sectores de aplicación más prometedores para la gestión pública, el documento menciona asimismo el ámbito notarial (por ejemplo, para registrar títulos o activos con sellado temporal, inmutabilidad del contenido y fácil verificación), la salud pública (para autenticar datos de los pacientes) y la gestión de datos públicos en general (incluyendo, por ejemplo, información sobre procesos de licitación, gestión de ciudades inteligentes y registro de contenidos o publicaciones que deban mantenerse inmutables para su comprobación por terceros). El Lineamiento sintetiza cuatro ejes a los fines de la edificación de normativa para el desarrollo de la tecnología blockchain -identidad, privacidad, seguridad y gobernanza-, y como parte de sus conclusiones incluye una serie de objetivos para el desarrollo de una Estrategia Nacional de Blockchain<sup>137</sup>.

Entre las diversas oportunidades que se vislumbran a partir del impulso de iniciativas desde el sector privado, se destaca que organizaciones internacionales de certificación como el FSC han demostrado un claro interés por implementar blockchain. En el marco de FSC, esto pretende lograrse a partir del desarrollo de un sistema de reglas claramente definido en cuanto a los permisos para acceder a la información relevante, lo que permite crear blockchain privadas sólo entre los involucrados en la cadena de suministro y proteger datos sensibles<sup>138</sup>. Con ese enfoque, se ha impulsado el programa piloto FSC Blockchain Beta, una red blockchain privada y permissionada diseñada para verificar el *compliance* en tiempo real en las cadenas de suministro de materiales certificados por FSC.

Considerando los desafíos vinculados con el financiamiento, se torna asimismo relevante considerar las diferentes oportunidades disponibles para el

---

<sup>137</sup> Entre dichos objetivos se incluyen: investigar aspectos normativos y analizar la pertinencia de normas relativas a una certificación de blockchain federal; analizar la relevancia y ventajas de una blockchain estatal basada en la identificación de las personas; relevar potenciales casos de aplicación que aprovechen y potencien los beneficios de esta tecnología en el sector público; establecer un modelo de colaboración y cooperación que incluya a diversos grupos del sector productivo tecnológico, del sector académico y del sector público; promover experiencias de uso de blockchain y favorecer la creación y utilización de fondos que financien o soporten sus costos totales o parciales; potenciar el surgimiento de emprendimientos y experiencias piloto con pequeñas y medianas empresas locales; promover la capacitación y la difusión, la valorización de experiencias compartidas y casos de éxito y la colaboración con otros países u organismos internacionales.

<sup>138</sup> FSC, *Blockchain*, en <https://fsc.org/es/innovation/blockchain> (consultado el 30/06/2023).





# DECONOMI

acceso a fondos destinados a la implementación de proyectos de gestión forestal sostenible a nivel regional, incluyendo los diferentes mecanismos de cooperación internacional existentes. En el caso de Argentina, si bien esta cooperación se da a través de la labor de diferentes instituciones, destaca la vinculación constante del país con diversos organismos multilaterales de crédito como el Grupo Banco Mundial (GBM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) los cuales han financiado o se encuentran financiando proyectos vinculados a la gestión forestal sostenible en el país y/o contemplan aspectos relacionados con la gobernanza de los bosques en sus instrumentos orgánicos, planes de trabajo y líneas de financiamiento.

Por ejemplo, el Plan de Acción de Cambio Climático 2021-2025 del GBM pone énfasis en el objetivo de impulsar la adaptación y la resiliencia, y promueve la creación de diferentes instrumentos y enfoques que ayudan a los países a enfrentar la crisis climática; el GBM se ha comprometido a alinear el 100% de sus flujos de financiamiento con los objetivos del Acuerdo de París para 2025<sup>139</sup>. En el caso particular de Argentina, cabe destacar que el desarrollo e implementación del mencionado SACVeFor fue posible mediante la financiación del Proyecto Bosques y Comunidad<sup>140</sup>, el cual incluyó un financiamiento total de USD 58.76 millones a cargo del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) como organismo integrante del GBM.

En línea similar, el BID proporciona financiamiento y cooperación técnica a los países miembros para proyectos forestales orientados a la utilización y conservación de los recursos forestales, y se enfoca en la cooperación en torno a siete áreas principales: (i) Fortalecimiento institucional, (ii) Investigación y estudios, (iii) Programas de manejo forestal, repoblación forestal, forestación y restauración, (iv) Sistemas de agrosilvicultura para impulsar el desarrollo rural, (v) Establecimiento de industrias de base forestal, (vi) Medidas de conservación y protección de los bosques y (vii) Servicios relacionados con la silvicultura <sup>141</sup>. Vinculado al cambio climático, en su

---

<sup>139</sup> DE IPARRAGUIRRE, A. D., "Financiamiento a la Acción Climática", *PostdoctUBA*, 2022, vol. 4, no 1, pp. 90-107.

<sup>140</sup> Banco Mundial, *Forests and Community*, en <https://projects.bancomundial.org/es/projects-operations/project-detail/P132846> (consultado el 02/07/2023).

<sup>141</sup> BID, *Desarrollo Forestal*, en <https://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/desarrollo-forestal%2C6213.html> (consultado el 02/07/2023).



Documento de Visión 2025 el Grupo BID también declara que ofrecerá conocimientos e innovación para apoyar las NDCs y las estrategias de largo plazo como parte del proceso para establecer políticas que permitan a los países convertirse en economías de bajas emisiones de carbono y ajustarse al Acuerdo de París<sup>142</sup>.

Como otro factor importante en el ámbito internacional, cabe destacar que en el marco del sistema de las Naciones Unidas el país recibe recursos y servicios financieros de diferentes agencias especializadas, programas y fondos específicos<sup>143</sup>, que se destinan a proteger ecosistemas forestales e implementar medidas de acción concretas para lograr los objetivos propuestos a nivel internacional, nacional y subnacional en materia de bosques.

## VII. Consideraciones finales.

A lo largo del presente trabajo se ha pretendido identificar diferentes aplicaciones potenciales de la tecnología blockchain que pueden contribuir al fortalecimiento de los mecanismos vinculados con la gobernanza forestal en Argentina, en línea con los objetivos que fija el marco normativo nacional e internacional relacionado con la gestión de los bosques. A partir de la revisión de la literatura especializada, se observa que existe una relación entre dichas aplicaciones y varios de los problemas que se presentan en el ámbito nacional. También se observa que existe un contexto relativamente favorable a la adopción de proyectos de gestión forestal, en especial aquellos que tienden a la conservación o el manejo sostenible de bosques nativos o cultivados, principalmente por su importancia para el logro de los objetivos globales vinculados al desarrollo sostenible.

Los principales beneficios identificados como aporte de esta tecnología se refieren a mayores niveles de transparencia y eficiencia en la

---

<sup>142</sup> BID, *Visión 2025: Reinvertir en las Américas: una década de oportunidades*, Documento del BID la Corporación Interamericana de Inversiones. Obtenido de <https://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-328957462-89>.

<sup>143</sup> El sistema de las Naciones Unidas está conformado por la propia Organización (ONU) y por numerosas organizaciones afiliadas, las cuales se estructuran como programas, fondos y agencias especializadas, que cooperan con la ONU para lograr los propósitos establecidos en la Carta de la Organización. Entre estos organismos especializados, algunos de los cuales ya fueron mencionados, por su apoyo al desarrollo de proyectos forestales en el país se destacan el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), además del GEF y el GCF.



# DECONOMI

gestión de información forestal, el monitoreo forestal, la trazabilidad en las cadenas de suministro de productos forestales y el registro de información para la gestión del territorio. En tales aspectos, las redes blockchain pueden representar una herramienta novedosa para mejorar los mecanismos e instrumentos existentes, y abordar determinadas deficiencias y vacíos que se presentan actualmente. Sin embargo, existen importantes debilidades, limitaciones y desafíos que deben considerarse para la implementación de soluciones basadas en blockchain.

En particular, se hace necesario evaluar el contexto específico en que se pretenda adoptar, para valorar si realmente puede aportar algún beneficio en cada caso concreto. Por otro lado, su potencial para fortalecer la gobernanza forestal puede verse restringido si no se logra una adecuada coordinación entre los distintos actores e intereses que tengan incidencia en cada uno de aquellos aspectos. En tal sentido, se torna imprescindible contar con la participación de todas las autoridades involucradas en la gestión forestal, el sector productivo y la sociedad civil en general.

Considerando las debilidades y desafíos identificados, es claro que la utilización de blockchain no debe ser entendida como una solución inmediata a problemas de corrupción, fraude o exclusión, sino que puede insertarse como herramienta dentro de un esquema más amplio de transformaciones institucionales y compromisos asumidos por los actores relevantes. Más aún, su implementación en el contexto de los países en desarrollo debe tener en cuenta la necesidad de abordar deficiencias estructurales y brechas preexistentes, por lo que el diseño de soluciones tecnológicas a los problemas locales debe partir de considerar esos problemas en forma prioritaria.

Como fortalezas, se observa que en Argentina existen estructuras e iniciativas que pueden facilitar esta sinergia y el diseño de modelos para la adopción progresiva de estas nuevas tecnologías. Los avances en el aspecto regulatorio también resultan importantes, dado que establecen un marco institucional organizado y con definición de funciones y objetivos para el desarrollo de soluciones basadas en blockchain.



# DECONOMI

A nivel local, se destaca asimismo la existencia de oportunidades de financiamiento que abarcan un amplio espectro de mecanismos y organismos multilaterales de crédito, como también el trabajo desarrollado por diferentes agencias, programas y fondos del sistema de las Naciones Unidas. Estos mecanismos representan una oportunidad de alto valor para el país y la región, en cuanto pueden constituirse en canales adecuados para asegurar los flujos de recursos que se necesitan para la implementación de soluciones tecnológicas de alta complejidad y elevado costo en el mediano y largo plazo.

