

TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN Y DERECHO DE AUTOR: ESTADO DE LA CUESTIÓN, RETOS Y OPORTUNIDADES

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND COPYRIGHT LAW: CURRENT LANDSCAPE, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Rubén IGLESIAS POSSE*

RESUMEN

Desde el surgimiento del derecho de autor, las transformaciones tecnológicas han exigido una adaptación constante de su régimen jurídico, intensificada en la era digital con la expansión de Internet y la aparición de nuevos modelos de explotación de contenidos. En este contexto, la tecnología *blockchain* ha adquirido una relevancia creciente como infraestructura. El presente trabajo analiza su fundamento técnico y su relevancia jurídica desde la perspectiva del derecho de autor, evaluando los principales retos y oportunidades que plantea su aplicación en ámbitos como el registro, la contratación, la gestión colectiva y la lucha contra la infracción, con especial atención a su potencial para mejorar el funcionamiento de estos mecanismos.

Palabras clave: cadena de bloques; *blockchain*; P2P; derecho de autor.

ABSTRACT

Since the emergence of copyright, technological developments have required a continuous adaptation of its legal framework, a process that has intensified in the digital era with the expansion of the Internet and the emergence of new models of content exploitation. In this context, blockchain technology has gained increasing relevance as a digital infrastructure. This paper examines its technical foundations and legal significance from a copyright perspective, assessing the main challenges and opportunities arising from its application in areas such as registration, contracting, collective management and the enforcement of rights, with particular attention to its potential to improve the functioning of these mechanisms.

Keywords: blockchain; P2P; copyright.

* Abogado. Doctor en Derecho (Universidade de Santiago de Compostela) y LLM (*University of Edinburgh*). Dirección de correo electrónico: ruigpo@protonmail.com. El autor desea expresar su gratitud a Isabel Espín Alba por haber alentado la redacción del presente trabajo, y a Emilio Hurtado Rojo por los valiosos comentarios aportados tras la lectura de un primer borrador. Todas las opiniones y eventuales errores u omisiones del presente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Fecha de recepción: 15/04/2026// *Fecha de aceptación:* 18/05/2026

SUMARIO: I. PRELIMINAR.— II. EL SUSTRATO DE LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN*: LAS REDES P2P.— III. RELEVANCIA JURÍDICA DE LA CADENA DE BLOQUES.— IV. APLICABILIDAD CONCRETA AL ÁMBITO DEL DERECHO DE AUTOR: 1. Registro de autoría y titularidad de derechos; 2. Suscripción de contratos y acuerdos de explotación; 3. Gestión colectiva de derechos; 4. Lucha contra la infracción de derechos y la piratería digital.— V. CONCLUSIÓN.— VI. BIBLIOGRAFÍA.

CONTENTS: I. PRELIMINARY.— II. THE UNDERLYING STRUCTURE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY: P2P NETWORKS.— III. LEGAL RELEVANCE OF BLOCKCHAIN.— IV. SPECIFIC APPLICABILITY IN THE FIELD OF COPYRIGHT LAW: 1. Registration of Authorship and Ownership of Rights; 2. Subscription of Contracts and Exploitation Agreements; 3. Collective Management of Rights; 4. Combating Infringement and Digital Piracy.— V. CONCLUSION.— VI. BIBLIOGRAPHY.

I. PRELIMINAR

Desde el surgimiento del derecho de autor en el siglo XVIII, las sucesivas transformaciones tecnológicas —desde la Revolución Industrial hasta la era digital— han exigido una adaptación constante de su régimen jurídico, intensificada con la transición de la tecnología analógica a la digital y, especialmente, con la expansión de Internet como infraestructura global de comunicación. La irrupción de la *World Wide Web* alteró profundamente los mecanismos de creación, reproducción y difusión de obras protegidas, reavivando la tensión entre innovación tecnológica y seguridad jurídica en el ámbito de la propiedad intelectual.

En este contexto, aun cuando la atención doctrinal reciente se ha concentrado en la inteligencia artificial, otros desarrollos disruptivos —como el metaverso, las criptomonedas o los activos digitales no fungibles (NFT)— continúan consolidándose y planteando relevantes cuestiones jurídicas. Entre ellos, la tecnología *blockchain* o cadena de bloques ocupa una posición particularmente significativa como infraestructura del entorno digital descentralizado, cuyo interés se ve reforzado por la apuesta estratégica de la Unión Europea por su desarrollo y regulación¹.

Sobre esta base, el presente trabajo examina el estado de la cuestión de la tecnología de cadena de bloques desde la perspectiva del derecho de autor, atendiendo a su fundamento técnico y a su relevancia jurídica, y evalúa los principales retos y oportunidades que plantea su aplicación en ámbitos como el registro de autoría y titularidad, la formalización de contratos de explotación, la gestión colectiva y la lucha contra la infracción en entornos digitales.

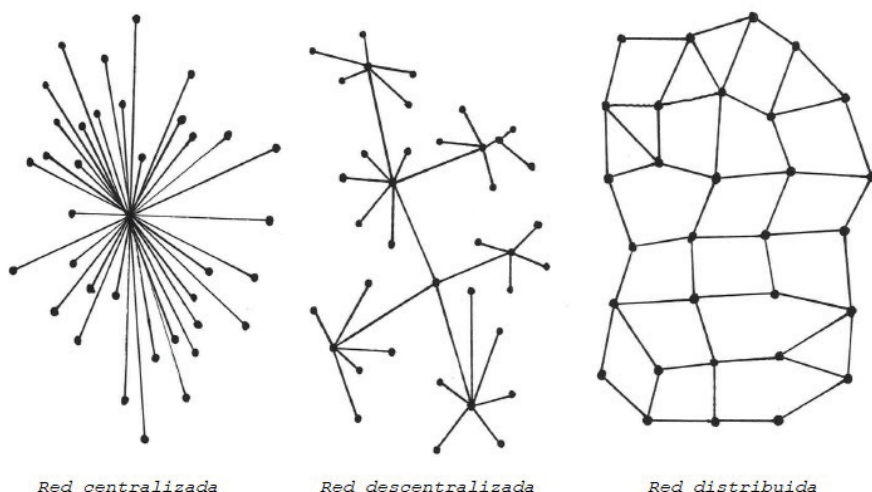
II. EL SUSTRATO DE LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN*: LAS REDES P2P

Un conjunto de dispositivos de comunicación interconectados —como computadoras, impresoras u otros equipos capaces de intercambiar datos— constituye una red. Cuando dos o más redes, generalmente de distinto tamaño y alcance, se conectan entre sí utilizando protocolos comunes de comunicación y *routers*, se configura lo que técnicamente se denomina una *internetwork* o *internet* (con

¹ Véase COMISIÓN EUROPEA, *Blockchain y Estrategia Web3*, disponible en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/blockchain-strategy>

«i» minúscula). Internet, con mayúscula, designa la red de redes más extensa y relevante, que interconecta a escala global millones de dispositivos y usuarios.

Atendiendo a su diseño estructural, la clasificación clásica de las redes de telecomunicaciones parte de la distinción formulada en 1964 por Baran entre redes centralizadas, descentralizadas y *distribuidas*². En las redes centralizadas existe un único nodo o servidor central al que se conectan el resto, de modo que toda comunicación entre los extremos debe pasar necesariamente por dicho punto. Las redes descentralizadas, por su parte, cuentan con varios nodos centrales que coordinan y redistribuyen la información de forma jerárquica. Finalmente, el *modelo distribuido* carece de cualquier instancia central de coordinación: los dispositivos participantes se comunican directamente entre sí, sin mediación de un servidor o nodo rector³.



El concepto teórico de red *peer-to-peer* (P2P) deriva del modelo distribuido descrito por Baran. En este tipo de redes, los participantes —denominados pares o *peers*— pueden comunicarse e intercambiar información y recursos en condiciones de igualdad, sin depender de una autoridad central que supervise o valide las interacciones⁴. La expresión *peer-to-peer* hace referencia precisamente a esa comunicación directa entre iguales. En síntesis, una red P2P es aquella en la que el intercambio de datos se produce de forma autónoma y horizontal, sin una estructura jerarquizada de control.

Esta concepción está en el origen y espíritu de la propia Internet, que fue concebida, al menos en su diseño inicial, como un sistema P2P. El objetivo inicial de ARPANET —su predecesora inmediata— consistía en compartir recursos de computación mediante la interconexión de redes heterogéneas en un

² BARAN, Paul (1964), «On distributed communications: I.- Introduction to distributed communications networks, Memorandum RM-3420-PB», Santa Monica, The RAND Corporation, pág. 2.

³ Sobre este tipo específico de red, véanse los trabajos de SLOMAN y KRAMER (1987); COULOURIS, DOLLIMORE y KINDBERG (2005); y TANENBAUM y VAN STEEN (2007).

⁴ SCHODER, FISCHBACH y SCHMITT (2005), pág. 2.

diseño común que permitiera a los participantes operar en condiciones de igualdad funcional, sin depender de un centro único de control⁵.

Por su parte, la tecnología *blockchain* fue descrita públicamente en 2008 con ocasión de la publicación del artículo en el que se presentaba Bitcoin, un sistema de pago electrónico que prescindía de la intervención de instituciones financieras tradicionales⁶ y que se puso a disposición del público bajo una licencia de código *abierto*. Más allá de su aplicación monetaria inicial, el texto fundacional de Nakamoto introducía un modelo técnico destinado a permitir la realización de transacciones seguras en un entorno descentralizado.

En ausencia de una entidad central encargada de supervisar y validar las transferencias realizadas entre los participantes, la solución propuesta consistía en utilizar una red P2P para configurar un sistema en el que todos los nodos compartieran un registro común de operaciones. Cada transacción sería verificada y aprobada *por consenso* de la red y registrada de forma *segura* mediante mecanismos de criptografía asimétrica⁷, reforzando así la integridad y la inmutabilidad del sistema.

Desde el punto de vista estructural, cada transferencia se incorpora a la red en forma de *bloque de información* identificado y fechado, que contiene además una referencia criptográfica al bloque anterior. Esta técnica de encadenamiento permite reconstruir cronológicamente todas las operaciones registradas desde el inicio del sistema⁸, generando una secuencia continua de bloques —de ahí la denominación *blockchain* o cadena de bloques—, cuya alteración resultaría técnicamente extraordinariamente compleja.

Como en otras aplicaciones avanzadas basadas en redes P2P —entre ellas, los sistemas de intercambio de archivos como BitTorrent—, los participantes en Bitcoin operan en condiciones de igualdad formal, sin jerarquías preestablecidas. Todos los nodos pueden comunicarse entre sí, validar las transacciones conforme a las reglas del protocolo y conservar una copia sincronizada del registro común de operaciones. Este diseño —basado en la descentralización, la transparencia y la verificación colectiva— constituye el elemento diferencial que permite generar confianza en el sistema sin necesidad de una autoridad central.

Dos elementos refuerzan esta arquitectura: el diseño distribuido, que reduce la vulnerabilidad frente a fallos o ataques, y el establecimiento de incentivos económicos para quienes contribuyen al mantenimiento de la red, por ejemplo, participando en la validación criptográfica de los bloques⁹.

Bitcoin constituye la primera y más conocida aplicación de la tecnología *blockchain*, pero no agota sus posibilidades. Como señaló Finck¹⁰, la cadena de

⁵ Véase TAYLOR y HARRISON (2009), pág. 108; MINAR y HEDLUND (2001), pág. 4; y SCHODER, FISCHBACH y SCHMITT (2005), pág. 3.

⁶ NAKAMOTO, Satoshi (2008), «Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System», disponible en: <https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper>

⁷ En la cual se combinan claves públicas y privadas para crear anotaciones cifradas de gran robustez. Véase DE FILIPPI y WRIGHT (2018), págs. 14 a 16. Para una explicación técnica, véase ARROYO, VICO y ENCINAS (2019), págs. 48 a 58.

⁸ Véase ANTONOPOULOS (2015), págs. 161 a 173.

⁹ *Ibid.*, págs. 139 a 141. Para una descripción técnica general, véase PONCE DE LEÓN (2018), págs. 35 a 77.

¹⁰ FINCK (2018), págs. 672 y 673.

bloques puede resultar especialmente idónea para el seguimiento seguro de transacciones en el ámbito del comercio internacional, así como la digitalización segura de los correspondientes documentos transferibles¹¹. Su potencial se extiende asimismo a otros sectores en los que resulte relevante disponer de un registro compartido, inmutable y verificable de operaciones¹², permitiendo reducir costes transaccionales y reforzar la seguridad jurídica en entornos digitales¹³.

Ahora bien, tal y como argumenta Werbach¹⁴, las ventajas derivadas del diseño descentralizado puro —seguridad, transparencia y resiliencia— comportan también determinados costes. Desde el punto de vista técnico, los mecanismos de verificación por consenso requieren un mayor consumo de recursos que los sistemas centralizados tradicionales. Desde una perspectiva jurídica y económica, una transparencia muy amplia puede entrar en tensión con exigencias de confidencialidad, protección de datos o cumplimiento normativo en sectores regulados. Estas limitaciones impulsaron la aparición de modelos alternativos al esquema público y completamente descentralizado de Bitcoin. Surgieron así redes privadas y redes híbridas —conocidas de forma general como redes «permisionadas»¹⁵—, que introducen distintos niveles de control sobre el acceso, la validación de operaciones y la visibilidad de la información.

Como ejemplos de redes privadas resultan especialmente conocidas Hyperledger y Quorum, desarrolladas respectivamente por The Linux Foundation y la entidad financiera J.P. Morgan Chase. Entre las redes híbridas cabe destacar la impulsada por la *Enterprise Ethereum Alliance*, consorcio en el que participan grandes empresas y compañías tecnológicas como Microsoft e Intel, así como entidades financieras como el Banco Santander y el BBVA. La disponibilidad de estas alternativas «controlables» al diseño descentralizado puro de Bitcoin supuso, como señala Werbach¹⁶, un factor determinante para que empresas y gobiernos de distintos países apostaran, especialmente a partir de 2016 y 2017, por soluciones *blockchain* de carácter «permisionado».

La consolidación de estos modelos y su progresiva adopción institucional permiten apreciar que la tecnología *blockchain* trasciende su origen como sistema de pago electrónico y plantea cuestiones de indudable relevancia jurídica, que conviene analizar de manera sistemática.

III. RELEVANCIA JURÍDICA DE LA CADENA DE BLOQUES

De entre las principales innovaciones que la tecnología *blockchain* presenta desde una perspectiva jurídica, pueden destacarse tres especialmente relevantes. La primera es la posibilidad de representar activos reales o derechos mediante su conversión en unidades digitales registradas en una cadena de bloques, susceptibles de circulación en entornos *online* con elevados niveles de trazabilidad

¹¹ Véase MUÑOZ GARCÍA (2023), págs. 117 a 134.

¹² Véase, en general, SWAN (2015), págs. 27 a 52; y la segunda parte de TAPSCOTT y TAPSCOTT (2016). Para un listado extenso de casos concretos a los que podría ser de aplicación la tecnología *blockchain*, vid. LLOPIS VAÑÓ (2018), págs. 256 a 258.

¹³ IBÁÑEZ JIMÉNEZ (2018), pág. 28.

¹⁴ WERBACH (2018), págs. 58 a 63.

¹⁵ Sobre los modelos de control de acceso, ARROYO, VICO y ENCINAS (2019), págs. 101 a 113.

¹⁶ WERBACH (2018), pág. 62.

y control frente a duplicaciones no autorizadas. Este proceso, conocido como «tokenización», permite crear representaciones digitales únicas o limitadas en número, lo que puede conferirles valor económico en función del activo o derecho subyacente¹⁷. En el ámbito financiero, la «tokenización» de instrumentos como acciones o bonos ha comenzado a adquirir reconocimiento jurídico. En España, la autorización concedida en noviembre de 2025 por la CNMV a Securitiz como primer sistema de negociación y liquidación de instrumentos financieros basados en tecnología de registro descentralizado constituye un ejemplo significativo¹⁸, en el marco del Reglamento (UE) 2022/858, relativo a un régimen piloto para infraestructuras del mercado basadas en esta tecnología.

La segunda innovación relevante radica en el sistema de fechado, sellado y cifrado electrónico que caracteriza a la tecnología *blockchain*, basado en el empleo de claves criptográficas públicas y privadas. Los datos o documentos incorporados a la cadena de bloques quedan vinculados a un registro temporal y a una huella criptográfica que dificulta extraordinariamente su alteración posterior sin que ello resulte detectable por la red. Esta configuración técnica permite que la información registrada pueda desplegar efectos probatorios entre las partes, en la medida en que proporciona evidencias sobre la existencia de determinados datos en un momento concreto y sobre su integridad desde entonces. En el ordenamiento español, tales registros podrían aportarse en juicio con el valor propio de los documentos privados, conforme a lo previsto en el art. 326 de la Ley 1/2000, de 7 de enero, de Enjuiciamiento Civil, sin perjuicio de su eventual impugnación y de la valoración que corresponda efectuar al órgano jurisdiccional.

Asimismo, cuando el proceso de autenticación asociado al registro cumpla los requisitos exigidos por la normativa aplicable en materia de firma electrónica, podría beneficiarse de la eficacia jurídica prevista en la Ley 6/2020, de 11 de noviembre, y en el marco normativo europeo correspondiente¹⁹. Ello abre posibilidades relevantes dentro del ámbito de la administración y de los registros públicos, en tanto en cuanto puede facilitar muchos de los fines propios de estas instituciones, mejorar su funcionamiento²⁰ y la labor de garantizar la publicidad formal de determinados hechos, circunstancias y derechos que la Administración pública tiene encomendada²¹.

En el plano comunitario, la progresiva institucionalización de estas soluciones tecnológicas resulta especialmente visible tras la creación en 2018 de la *European Blockchain Partnership*²² y, más recientemente, con la aprobación

¹⁷ GONZÁLEZ-MENESES (2019), págs. 140 a 144.

¹⁸ CNMV, «La CNMV autoriza a SECURITIZ como sistema de negociación y liquidación (SNL) basado en tecnología de registros distribuidos (TRD)». 26 de noviembre de 2025. <https://cnmv.es/web/services/verdocumento?ver?t=%7b44ec3466-5a78-4524-9c45-291209864197%7d>

¹⁹ IBÁÑEZ JIMÉNEZ (2018), pág. 41, refiriéndose a la otrora en vigor Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica. De especial relevancia también, el Reglamento (UE) N° 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio, relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por el que se deroga la Directiva 1999/93/CE, también conocido como Reglamento eIDAS.

²⁰ Como persigue el Reglamento de actuación y funcionamiento del sector público por medios electrónicos, aprobado por el Real Decreto 203/2021, de 30 de marzo.

²¹ Véase, para una aproximación general, WEBBACH (2018), págs. 107 a 116.

²² Una iniciativa para desarrollar una estrategia comunitaria sobre *blockchain* y construir en base a ella una infraestructura para servicios públicos, firmada por 21 de los 27 Estados miembros y que dio paso, por decisión de la Comisión Europea adoptada en mayo de 2024, a la creación del EUROPEUM-EDIC, que busca

del Reglamento (UE) 2024/1183, relativo al marco europeo de identidad digital. Este Reglamento contempla la implantación de medios de identificación electrónica reconocidos en toda la Unión que permitirán a los ciudadanos, entre otros fines, acreditar su identidad, controlar sus datos en línea y limitar su exposición, así como firmar declaraciones electrónicas personales o atributos autodeclarados y emplearlos en todo tipo de transacciones públicas y privadas²³.

La tercera novedad incide en el ámbito de la contratación electrónica en el derecho privado²⁴ y se vincula con la posibilidad que ofrecen determinadas redes *blockchain* —como Ethereum—, de incorporar a la cadena de bloques programas informáticos autoejecutables, comúnmente denominados *smart contracts*²⁵, cuya puesta en marcha, en algunos casos y dándose ciertas circunstancias establecidas con anterioridad, puede llegar a dar lugar a la formación de un contrato electrónico encriptado. Dicho acuerdo sería, en principio, jurídicamente válido entre las partes que hubiesen acordado recurrir a esta tecnología para realizar una determinada operación. La consumación del convenio de voluntades se llevaría a cabo de manera automática a través del propio sistema *blockchain*, pudiendo actualizarse o completarse determinados aspectos del mismo mediante la intervención de un tercero de confianza²⁶ y, del mismo modo, confirmarse mediante la cadena de bloques el cumplimiento de todas las obligaciones asumidas por cada uno de los participantes.

Obsérvese que estamos hablando fundamentalmente de obligaciones susceptibles de ejecución autónoma a través de sistemas informáticos; no de obligaciones de naturaleza personal, sino de obligaciones de contenido económico, típicas del tráfico en masa²⁷, derivadas en muchos casos de negocios jurídicos relativos a activos patrimoniales inmateriales, como sucede, por ejemplo, con las criptomonedas.

Navarro de Andrés sintetizó nítidamente los principales escenarios jurídicos de presencia de este *software* en una cadena de bloques, pudiendo darse varias situaciones: en primer lugar, que el *smart contract* sea un fiel reflejo de lo acordado por las partes en su integridad, constituyendo un supuesto tradicional de documentación del contrato, aunque en un soporte y forma específicos; en segundo término, que recoja únicamente determinadas obligaciones del contrato, pero no su totalidad; y, por último, que el *smart contract* no documente el contrato, sino que opere como medio de ejecución de las prestaciones de

profundizar la cooperación en tecnologías que permitan descentralizar la propiedad y el control de los datos en Internet. Véase <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/news/blockchain-creation-europeum-edic>

²³ Reglamento (UE) 2024/1183 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril, por el que se modifica el Reglamento (UE) núm. 910/2014 en lo que respecta al establecimiento del marco europeo de identidad digital, también conocido como Reglamento eIDAS 2. Véase, sobre identidad digital y *blockchain*, GONZÁLEZ-MENESES (2019), págs. 173 a 181.

²⁴ De momento, no obra la fe pública y la administración española no cuenta con ningún procedimiento o servicio articulado en base a la tecnología de bloques. Sobre la posibilidad de su aplicación al ámbito del derecho público, véase, por ejemplo, BRANCOS (2017), págs. 50 a 53; PIGNATELLI, Francesco (ed) (2019), *Blockchain for digital government. An assessment of pioneering implementations in public services*, EUR 29677 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg; y RUBIO NÚÑEZ (2018), págs. 235 a 242.

²⁵ El primero en conceptualizar las posibilidades de los *smart contracts* fue SZABO (1997).

²⁶ Tercero que puede ser no sólo una persona física o jurídica, sino también un determinado *software* o una aplicación informática cuya intervención hubiese sido prevista por las partes para ajustar el cumplimiento de sus respectivas obligaciones durante el término del acuerdo. Véase WERBACH (2018), pág. 75; y, con ejemplos prácticos, KIANIEFF (2019), págs. 41 a 49.

²⁷ VILALTA NICUESA (2019), pág. 30.

las partes²⁸, la cual no va a depender de la voluntad o interpretación de nadie, «sino del determinismo o automatismo que rige la ejecución de un programa informático»²⁹.

Ahora bien, los *smart contracts* no son meras secuencias de instrucciones destinadas a que un ordenador realice una determinada tarea. El resultado producido por su activación no es únicamente el generado por el equipo que ejecuta el código, sino que, tal y como señalaban ARROYO, VICO y ENCINAS (2019), es un resultado consensuado por un conjunto de ordenadores interconectados que lo validan y lo incorporan a un registro accesible, a fin de evitar alteraciones posteriores, configurando así un censo de operaciones con vocación de permanencia³⁰. En esta línea, el *EU Blockchain Observatory and Forum* ha señalado que las principales ventajas de los *smart contracts* se concretan en la mejora de la eficiencia y rapidez en la ejecución de obligaciones, el incremento de la transparencia, la reducción de intermediarios y costes asociados, y el refuerzo de la seguridad de los procesos³¹.

La influencia tecnológica del mundo angloparlante no debe llevarnos a asumir que estos *smart contracts* constituyen contratos jurídicamente vinculantes en un sentido estricto pues, tal y como avanzó Prenafeta, hay muchas variables que, de no quedar perfectamente determinadas *ex ante*, de manera lo suficientemente concreta como para poder ser verificadas autónomamente por un programa informático, supondrán serios obstáculos insalvables para que puedan llegar a desplegar plena fuerza obligatoria entre las partes³².

Ciertamente, los *smart contracts* son creados con la finalidad de producir efectos jurídicos, «como instrumento[s] para desarrollar la ejecución automática de las prestaciones de un contrato electrónico»; sin embargo, en lo que al ordenamiento español se refiere, solo aquellos en los que concurren objeto, consentimiento y causa, así como cualesquiera otros requisitos que nuestra legislación exija, podrán ser considerados contratos electrónicos plenamente válidos o «inteligentes»³³, si con esta cualidad tan propiamente humana queremos calificarlos, al margen de sus limitaciones y puntos débiles³⁴. Ahora bien, en ese caso y como acertadamente resalta Vilalta Nicuesa, no estaríamos ante una nueva tipología contractual sino frente a una manifestación novedosa y más compleja de los contratos electrónicos³⁵.

²⁸ NAVARRO DE ANDRÉS, (2018), pág. 336.

²⁹ GONZÁLEZ-MENESES (2019), pág. 145.

³⁰ ARROYO, VICO y ENCINAS (2019), págs. 76 y 77.

³¹ DIRECTORATE-GENERAL FOR COMMUNICATIONS NETWORKS, CONTENT AND TECHNOLOGY OF THE EUROPEAN COMMISSION (2022), «Smart Contracts», Blockchain Observatory and Forum publications, págs. 8 y 9. https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/publications/smart-contracts_en

³² PRENAFETA RODRÍGUEZ (2016), págs. 3 y 4.

³³ Defendiendo esta postura entiendo que se encuentran, entre otros, TUR FAÚNDEZ (2018), págs. 51 a 71 y pág. 139, de donde se toma la cita entrecomillada *supra*; entre corchetes propio; NAVARRO DE ANDRÉS (2018), págs. 337 a 340; y VILALTA NICUESA (2019), págs. 26 a 30 y 79 a 105.

³⁴ Riesgos que, según WERBACH (2018), págs. 83 a 88, podrían provenir entre otros del ámbito de la privacidad, del de la formalización del contrato y de una excesiva estandarización de su uso.

³⁵ VILALTA NICUESA (2019), pág. 28.

IV. APLICABILIDAD CONCRETA AL ÁMBITO DEL DERECHO DE AUTOR

La propiedad intelectual es uno de los sectores en los cuales la aplicación de la tecnología de cadena de bloques parece susceptible de mejorar procesos ya existentes, haciéndolos más eficientes y transparentes, e incluso de facilitar el desarrollo de nuevas vías de negocio³⁶. Del mismo modo que la tecnología P2P ha posibilitado mejoras notables en el ámbito de la arquitectura de aplicaciones informáticas —las cuales han redundado en beneficio de la explotación *online* que buena parte de la industria creativa hace de sus producciones—, la tecnología *blockchain* está en condiciones de ofrecer oportunidades a los titulares de derechos de autor y derechos afines sobre todo tipo de activos intangibles. Analizaremos ahora los potenciales beneficios de su aplicación en cuatro ámbitos: (a) el registro de autoría y titularidad de derechos; (b) la suscripción de contratos y acuerdos de explotación; (c) la gestión colectiva de derechos de propiedad intelectual; y (d) la salvaguarda y lucha contra la vulneración de dichos derechos.

Antes de ello, conviene resaltar que la aplicación de la tecnología *blockchain* en el ámbito del derecho de propiedad intelectual requiere de ciertos procesos de adaptación, imprescindibles para modular el carácter abierto y el diseño descentralizado puro de la cadena de bloques y ajustarlo a las necesidades de los titulares de derechos de autor y derechos afines, cuya naturaleza jurídica es privativa y cuya gestión presenta un carácter eminentemente centralizado. Ello implica, en primer lugar, que una aplicación directa y completa de la tecnología *blockchain* a las esferas del derecho de propiedad intelectual puede no ser posible, deseable o recomendable desde un punto de vista práctico, por lo que será necesario articular fórmulas intermedias que no sean completamente descentralizadas o en las que no exista una ausencia absoluta de intermediarios de confianza³⁷. Y, en segundo lugar, que resultase aconsejable tener en cuenta los conocidos aspectos problemáticos de la tecnología de cadena de bloques, que afectan a cuestiones tan diversas como la privacidad, el coste computacional derivado de su escalabilidad, la necesidad de una gestión rigurosa de claves o la inexistencia de un, llamémoslo así, «derecho al olvido», derivada de la inmutabilidad de la información registrada en cada bloque³⁸.

1. Registro de autoría y titularidad de derechos

La inclusión segura y cifrada de determinada información en la cadena de bloques puede, en primer lugar, contribuir a una mejor atribución y reconocimiento tanto de la autoría como de cualquier contribución realizada por otros sujetos en el proceso de creación de la obra —pensemos, por ejemplo, en los artistas intérpretes o ejecutantes que hayan podido participar en la grabación de una determinada pieza musical—, así como de la titularidad de los derechos de explotación que de la misma se deriven, superando las limitaciones físicas de

³⁶ Véase TAPSCOTT y TAPSCOTT (2016), págs. 226 a 229.

³⁷ Como advierten BODO, GERVAIS y QUINTAIS (2018), pág. 318; y GONZÁLEZ-MENESES (2019), págs. 183 a 199.

³⁸ ARROYO, VICO y ENCINAS (2019), págs. 125 a 133.

los soportes tangibles y vinculando de manera permanente e inalterable dicha información a cada ejemplar de la creación objeto de protección³⁹.

En segundo término, toda esa información incluida en la cadena de bloques podría servir como punto de partida para el desarrollo de registros públicos globales de autores y titulares de derechos, una idea que ya ha sido intentada en varias ocasiones desde una perspectiva centralizada y con escaso éxito, como evidencian el proyecto *Global Repertoire Database*⁴⁰ de la Comisión Europea o el *International Music Registry*⁴¹ impulsado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

Cabría plantear la conveniencia de abordar este reto desde la perspectiva opuesta a la centralización, esto es, desde el enfoque descentralizado propio de la cadena de bloques, con el objetivo de establecer un registro supranacional de obras, voluntario y complementario de los registros nacionales existentes, respetuoso con el art. 5.2 del Convenio de Berna, que dispone que el goce y ejercicio de los derechos de autor no están subordinados a formalidad alguna. Además de las ventajas que ofrecen los censos voluntarios nacionales⁴², la existencia de un registro global facilitaría, especialmente en el ámbito *online*, la identificación de titulares previa a la obtención de las correspondientes autorizaciones de explotación, y permitiría dejar constancia de los actos y contratos de constitución, transmisión, modificación o extinción de derechos, así como de otros hechos susceptibles de afectarlos⁴³. Un registro de estas características podría contribuir, asimismo, a paliar problemas estructurales del derecho de autor, como el de las obras huérfanas⁴⁴.

Un ejemplo particularmente relevante de la aplicación de la tecnología *blockchain* al registro de autoría y titularidad de derechos lo constituye el proyecto *Open Rights Data Exchange*⁴⁵. Puesto en marcha en abril de 2025 bajo el auspicio de la Comisión Europea, el *Open Rights Data Exchange* tiene como objetivo crear una red europea de información que facilite la identificación de titulares de derechos de propiedad intelectual, permita conocer las condiciones de explotación de las obras y contribuya a generar un ecosistema transparente y eficiente que favorezca el desarrollo de la economía creativa digital europea.

³⁹ O'DAIR, Marcus (2016), «The networked record industry. How blockchain technology could transform the monetisation of recorded music», NEMODE, March, págs. 14 y 15. Disponible en: <http://www.nemo-de.ac.uk/wp-content/uploads/2012/12/ODair-The-networked-record-industry-REPORT-1.pdf>

⁴⁰ Sobre su fracaso, véase MILOSIĆ (2015).

⁴¹ Véase WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (2011), «What copyright infrastructure is needed to facilitate the licensing of copyrighted works in the digital age: the International Music Registry (IMR)?», WIPO/IP/AUT/GE/11/T12, WIPO Symposium of Intellectual Property Authorities. Services for Access to Knowledge in Promoting Innovation and Creativity. Geneva, September 22 and 23. https://www.wipo.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22742

⁴² Véase European Union Intellectual Property Office (2018), «Study On Voluntary Registration and Deposit Systems: United States and China», https://euiipo.europa.eu/tunnel-web/secure/webdav/guest/document_library/observatory/documents/reports/Voluntary_Registration/2018_Voluntary_Registration_en.pdf, y la colección de respuestas provenientes de ochenta países, recibidas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual con motivo de la realización de la encuesta *WIPO, Second Survey on Voluntary Registration and Deposit Systems*, disponible en: www.wipo.int/copyright/en/registration/registration_and_deposit_system_03_10.html

⁴³ Véase TRESISE, GOLDENFEIN y HUNTER (2018), págs. 146 a 149.

⁴⁴ *Ibidem*, págs. 156 y 157. Véase también, desde una perspectiva europea y con relación a las disposiciones de la directiva de obras huérfanas, los comentarios de BODO, GERVAIS y QUINTAIS (2018), págs. 325 a 328.

⁴⁵ Véase, para más información sobre la propuesta: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/spaces/EBSI/pages/716149456/Open+Rights+Data+Exchange>

Desde un punto de vista técnico, el *Open Rights Data Exchange* se sustenta sobre la *European Blockchain Services Infrastructure* (EBSI), una red de nodos de cadena de bloques —al menos uno por cada Estado miembro de la Unión Europea, además de Noruega, Liechtenstein y la propia Comisión— que proporciona una infraestructura digital para el sector público europeo⁴⁶.

En términos operativos, el sistema se articula mediante un procedimiento orientado a garantizar la identificación fiable del titular y la integridad de los datos asociados a la obra, basado en el uso de credenciales verificables de identidad, la generación de una huella criptográfica del contenido y la incorporación de metadatos relativos a la obra, sus cotitulares y sus condiciones de explotación. El resultado es la emisión de un registro o *token* que vincula de forma verificable la identidad del titular con la obra y la información asociada, permitiendo su consulta y verificación a través de la infraestructura correspondiente.

Por el momento, el *Open Rights Data Exchange* se encuentra en una fase temprana de despliegue, por lo que será necesario evaluar su evolución para determinar su eficacia como herramienta complementaria a los sistemas registrales tradicionales.

2. Suscripción de contratos y acuerdos de explotación

Sin embargo, es en el ámbito de la celebración de acuerdos de licencia donde la tecnología *blockchain* estaría en condiciones de realizar aportaciones significativas. En esta segunda área de interés tenemos, en primer lugar, que la inclusión segura y cifrada en el bloque de información que acompañe a una obra musical, de los datos de contacto de todos los titulares de derechos sobre la misma, así como, por ejemplo, el porcentaje de titularidad que a cada uno le correspondiera, sus tarifas o las condiciones de licencia específicas que pudieran resultar de aplicación, facilitaría y simplificaría la tramitación de contratos, autorizaciones y licencias⁴⁷.

Esto sería de gran ayuda en escenarios *online* sumamente complejos, como es el caso del planteado a raíz de la aprobación del art. 17 de la Directiva 2019/790, sobre los derechos de autor y derechos afines en el mercado único digital, en virtud del cual aquellos prestadores de servicios de la sociedad de la información que alojen y den acceso al público a una gran cantidad de obras y prestaciones protegidas vienen obligados a hacer los mayores esfuerzos para obtener la autorización de sus correspondientes titulares. En este caso, el uso de la cadena de bloques pondría a su alcance toda la información relevante para intentar suscribir dichos acuerdos, dotándoles de un mayor control sobre el contenido licenciado, reduciendo los costes transaccionales asociados a este tipo de operaciones, al tiempo que se reduce el número de intermediarios involucrados y se agiliza el proceso de remuneración que a todo titular de derechos corresponde⁴⁸.

⁴⁶ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/european-blockchain-services-infrastructure>

⁴⁷ O'DAIR, Marcus y BEAVEN, Zuleika (2017), «The networked record industry: How blockchain technology could transform the record industry», Strategic Change: Briefings in Entrepreneurial Finance Strategic Change, Special Issue: The Future of Money and Further Applications of the Blockchain, vol. 26, núm. 5, págs. 473 y 474.

⁴⁸ Véase TRESISE, GOLDENFEIN y HUNTER (2018), pág. 151; y O'DAIR, Marcus and BEAVEN, Zuleika (2017), «The networked record industry: How blockchain technology could transform the record industry»,

Los *smart contracts* jugarían un papel muy importante en relación con este escenario de celebración de contratos y acuerdos de explotación *online* en materia de propiedad intelectual que estamos describiendo pues, en la medida en que se cumpliesen determinadas condiciones —por ejemplo, que el licenciatario haya facilitado sus datos de identificación y datos de facturación, especificado los concretos actos de explotación objeto de autorización, así como el ámbito territorial y temporal en el cual se piensan desarrollar—, la puesta a disposición o el acceso efectivo a la obra por parte del licenciatario pondría automáticamente en marcha un proceso informático que daría lugar a la formación de un acuerdo electrónico entre las partes, cuyas obligaciones serían exigibles a partir de ese mismo momento.

Pongamos por caso que la empresa responsable de un determinado sitio web desea obtener las autorizaciones necesarias para incorporar unos segundos de una canción grabada durante una actuación en directo a un vídeo promocional propio. Ello exige identificar a los distintos titulares de derechos sobre la obra y la grabación —incluidos titulares editoriales, fonográficos e intérpretes— y recabar de cada uno de ellos la correspondiente autorización, en lo que se conoce como contrato de sincronización, lo que en la práctica puede resultar complejo dada la pluralidad e independencia de los intervinientes.

Si la versión digital de la obra incorporase un bloque de información característico de la tecnología *blockchain* con los datos de identificación y contacto de los titulares, el proceso para el licenciatario se simplificaría considerablemente. Si, además, dicha información se integrase en un *smart contract* diseñado para permitir la suscripción automatizada de acuerdos, el interesado podría formalizar la autorización de manera simultánea con todos los titulares implicados, procediéndose de forma inmediata al abono individualizado de la remuneración correspondiente a cada uno de ellos. Ambas soluciones contribuyen a optimizar la explotación de los derechos exclusivos, haciéndola más eficiente y equitativa.

Como apuntan algunos autores⁴⁹, la naturaleza global de Internet exige que los titulares ajusten determinados aspectos de este esquema de licencias basado en la cadena de bloques si se pretende aprovechar plenamente sus posibilidades. De no hacerlo, podrían surgir problemas y litigios de compleja resolución. Así, dado que no existe un «derecho internacional de autor» propiamente dicho, sino un sistema de protección mínima articulado a través de instrumentos como el Convenio de Berna, la celebración de contratos internacionales de explotación podría plantear dificultades de interpretación y cumplimiento si el correspondiente *smart contract* no incorporase cláusulas específicas que contemplen las diferencias normativas existentes entre los distintos ordenamientos aplicables.

Otro aspecto que no debe pasarse por alto es que la adopción de un modelo de suscripción de contratos y acuerdos de explotación basado en tecnología *blockchain* implicará necesariamente un mayor esfuerzo por parte de los titulares en la correcta administración y control de las licencias concedidas, a fin de evitar duplicidades y solapamientos que puedan dar lugar a conflictos, especial-

Strategic Change: Briefings in Entrepreneurial Finance Strategic Change, Special Issue: The Future of Money and Further Applications of the Blockchain, vol. 26, núm. 5, pág. 474.

⁴⁹ Entre ellos BODO, GERVAIS y QUINTAIS (2018), págs. 320 a 323, cuya descripción y ejemplos seguimos en el presente párrafo.

mente entre aquellos acuerdos formalizados de manera automatizada y aquellos que continúan celebrándose por vías convencionales.

En suma, el potencial de la tecnología *blockchain* en la contratación de derechos de autor dependerá en gran medida de su capacidad para integrarse con los modelos tradicionales sin generar disfunciones adicionales en la gestión de licencias.

3. Gestión colectiva de derechos

Dos de las características capitales de la tecnología *blockchain* son la transparencia y el registro cronológico e inalterable de todas las transacciones que sobre un determinado activo inmaterial puedan llegar a tener lugar. El quién, el cuándo y por cuánto dejan de ser interrogantes inescrutables y la publicidad del alcance, del rol y de la identidad de los intervinientes en operaciones previas genera seguridad entre quienes tengan intención de realizar otras futuras de similar índole.

Por ello, el potencial empleo de la cadena de bloques presenta gran interés cuando dichos activos consistan en obras artísticas, literarias o científicas en formato digital y las transacciones que sobre ellas se realicen encajen en la definición de actos de explotación que puedan o deban encontrarse sujetos a gestión colectiva por parte de los organismos debidamente habilitados para ello.

Muchas han sido las críticas formuladas a lo largo de los años en relación con el funcionamiento de las entidades de gestión colectiva en nuestro país, que han tratado de ser abordadas mediante reformas normativas como la Ley 21/2014, de 4 de noviembre, el Real Decreto-ley 2/2018, de 13 de abril, o la Ley 2/2019, de 1 de marzo. Entre ellas destacan, de un lado, la consolidación de un régimen jurídico privilegiado, históricamente vinculado a la posición predominante de determinadas entidades⁵⁰, y, de otro, la tensión existente entre el ejercicio de las facultades que la normativa les atribuye y las exigencias derivadas del Derecho de la competencia.

En este sentido, tanto las resoluciones de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) en casos concretos⁵¹, como sus análisis generales del sector, han puesto de manifiesto la necesidad de avanzar hacia un modelo más transparente y competitivo, especialmente en el ámbito *online*, en el que, como ha señalado la propia CNMC, las posibilidades de mejora resultan particularmente significativas⁵². En efecto, uno de los déficits recurrentemente señalados en relación con las entidades de gestión colectiva es el de su falta de transparencia, estrechamente vinculada a la seguridad jurídica del sistema⁵³, lo que ha llevado a plantear la conveniencia de explorar soluciones alternativas que permitan reforzar ambos elementos.

⁵⁰ Tras la entrada en vigor de la Ley de 24 de junio de 1941 por la que se instituye la Sociedad General de Autores de España. Boletín Oficial del Estado, número 194, de 13 de julio de 1941, pág. 5.234.

⁵¹ Véase, por citar una, la Resolución del Consejo, Sala de Competencia, de 30 de mayo de 2019, en el expediente S/DC/0590/16 DAMA vs SGAE.

⁵² COMISIÓN NACIONAL DE LA COMPETENCIA (2009), «Informe sobre la gestión colectiva de derechos de propiedad intelectual», diciembre, conclusión Sexta, pág. 84.

⁵³ Como apunta MARISCAL (2010), pág. 37.

En este contexto, teniendo en cuenta que la transparencia y la seguridad son cualidades inherentes a la tecnología *blockchain* y en la medida en que esta habilita un entorno *online* confiable y jurídicamente seguro para realizar transacciones económicas o celebrar determinados negocios jurídicos⁵⁴, cabe plantearse su utilidad cuando los activos implicados sean obras del intelecto y las transacciones encajen en actos de explotación sujetos a gestión colectiva.

La respuesta para algunos autores es afirmativa y, así, se argumenta que el uso de la cadena de bloques podría permitir a las entidades de gestión colectiva adaptar mejor su sistema de licencias y de tarifas, ofreciendo posibilidades más ajustadas a los usos que actualmente se requieren en el ámbito *online*. O'dair pone varios ejemplos interesantes en relación con las obras musicales que, gracias a las posibilidades de la tecnología *blockchain*, permitirían ir más allá del sistema actual de licencias «planas»⁵⁵, haciendo posible la suscripción de licencias por autor —pensemos en quien solo está interesado en comunicar públicamente obras de un determinado artista— o por género —para aquellos licenciatarios cuyo interés se centre en un estilo determinado—, diversificando y creando nuevas escalas de tarifas más ajustadas a la demanda⁵⁶.

El empleo de la tecnología de bloques por parte de las entidades de gestión tendría un impacto positivo en el ámbito de los múltiples costes transaccionales que tradicionalmente lastran su cuenta de resultados, pues, tal y como vimos en el apartado dedicado a la suscripción de contratos de explotación, el uso de esta tecnología reduciría el número de intermediarios involucrados y agilizaría el proceso de cobro de licencias. Ello podría contribuir a situarlas en una mejor posición para hacer frente, por ejemplo, a las ineficacias del mercado comunitario que algunos autores han señalado y superar la disparidad entre el beneficio potencial existente en los distintos mercados nacionales que conforman el común de la Unión Europea y el que en realidad están obteniendo, especialmente en lo que se refiere al mercado de la música *online*⁵⁷.

En definitiva, la eventual incorporación de la tecnología *blockchain* a los sistemas de gestión colectiva plantea un escenario de mejora potencial que, no obstante, deberá conciliarse con las exigencias regulatorias y de competencia propias de este sector.

4. Lucha contra la infracción de derechos y la piratería digital

Una de las aplicaciones más relevantes de la tecnología *blockchain* en el ámbito de la propiedad intelectual reside en la utilización de *smart contracts* para

⁵⁴ Véase IBÁÑEZ JIMÉNEZ (2018), pág. 28.

⁵⁵ O'DAIR, Marcus (2016), «The networked record industry. How blockchain technology could transform the monetisation of recorded music», NEMODE, March, págs. 16 y 17. Disponible en: <http://www.nemode.ac.uk/wp-content/uploads/2012/12/ODair-The-networked-record-industry-REPORT-1.pdf>

⁵⁶ Resulta de interés la lectura de COMISIÓN NACIONAL DE LA COMPETENCIA (2022), «Informe sobre el proyecto de orden por la que se aprueba la metodología para la determinación de las tarifas generales de las entidades de gestión de derechos de propiedad intelectual por la utilización de su repertorio y el contenido de la memoria económica que debe acompañar a las tarifas generales.», IPN/CNMC/013/22; documento en el cual la CNMC recomienda que las tarifas de las sociedades generales de propiedad intelectual se establezcan fundamentalmente en función del uso *efectivo* del repertorio.

⁵⁷ Véase GHAFELE, ROYA y GIBERT, Benjamin (2011), «Counting the Costs of Collective Rights Management of Music Copyright in Europe», MPRA Paper No 34646, 17 October, pág. 3.

la protección y gestión de los derechos licenciados respecto de obras digitales. Esta tecnología permite realizar operaciones sobre dichos contenidos —como su transmisión o cesión— garantizando la integridad de las transacciones y dificultando la generación de copias no autorizadas⁵⁸, lo que puede contribuir de manera significativa a la lucha contra la piratería digital.

En este contexto, los *smart contracts*, en cuanto programas informáticos autoejecutables integrados en la cadena de bloques, permiten establecer mecanismos automatizados de control del uso de las obras, de modo que el incumplimiento de las condiciones de licencia pueda activar determinadas consecuencias previamente configuradas, tales como la limitación del acceso, la modificación de los términos de uso o la imposibilidad de continuar disfrutando del contenido licenciado. Estas posibilidades conectan con el desarrollo de las medidas de gestión de derechos digitales (*digital rights management* o DRM), previstas en los Tratados de la OMPI sobre Derecho de Autor y sobre Interpretación o Ejecución y Fonogramas, adoptados ambos en Ginebra el 20 de diciembre de 1996⁵⁹, si bien presentan una diferencia estructural relevante: mientras que los sistemas tradicionales operan sobre arquitecturas centralizadas, la tecnología *blockchain* se basa en registros distribuidos y verificación colectiva.

Desde esta perspectiva, aunque las tecnologías DRM permiten controlar los usos autorizados de las obras digitales, la cadena de bloques introduce ciertas ventajas⁶⁰. En particular, su carácter descentralizado y su fundamento en tecnologías de código abierto pueden reducir los costes asociados a la implementación de sistemas propietarios⁶¹ y mitigar problemas como la falta de interoperabilidad entre plataformas⁶². Asimismo, la información relativa a las condiciones de uso y a las transacciones realizadas queda registrada de forma inmutable y accesible para los participantes en la red, lo que refuerza la trazabilidad y la seguridad jurídica de las operaciones⁶³.

Otro elemento diferenciador radica en el distinto grado de vulnerabilidad técnica de los sistemas⁶⁴. Mientras que las medidas DRM pueden, en determinados casos, ser eludidas mediante la neutralización del *software* que las soporta, los mecanismos basados en *blockchain* incorporan sistemas criptográficos y de validación por consenso que dificultan extraordinariamente la alteración de la información registrada sin que ello resulte detectable. En este sentido, cualquier manipulación de las condiciones de acceso o de las licencias podría ser identificada por la red, activando mecanismos destinados a preservar la integridad del sistema.

⁵⁸ VILLARINO MARZO (2018), pág. 568.

⁵⁹ En sus arts. 11 y 12 y 18 y 19, respectivamente.

⁶⁰ Véase PRENAFETA (2016), pág. 1.

⁶¹ SAVELYEV (2018), pág. 552.

⁶² TRESISE, GOLDENFEIN y HUNTER (2018), pág. 150.

⁶³ Véanse diversos ejemplos concretos, plenamente aplicables a plataformas *online* de contenidos musicales y audiovisuales como Spotify, iTunes, Tidal o Netflix, en *Ibid.*, págs. 149 a 151.

⁶⁴ Sin perder de vista que la instalación innecesaria de archivos puede acarrear graves problemas desde la perspectiva de la seguridad del usuario, como demostró el escándalo que afectó en 2005 a *Sony BMG Music Entertainment*, o ser susceptible de limitar de manera abusiva algunas de las facultades concedidas por ley a quien ostenta la condición de usuario legítimo. Véase, por un lado, MULLIGAN y PERZANOWSKI (2007), págs. 1.157 a 1.232, y por otro, TRESISE, GOLDENFEIN y HUNTER (2018), pág. 151; SAVELYEV (2018), pág. 552.

Asimismo, la arquitectura propia de la cadena de bloques permite, en determinados supuestos, vincular el acceso a la obra no solo al contenido, sino también al dispositivo autorizado, de manera que la validez de la licencia sea verificada automáticamente en cada intento de acceso. Esta funcionalidad posibilita que la expiración de los derechos de uso o su alteración indebida conlleven la imposibilidad de acceder al contenido, incluso cuando este se encuentre almacenado localmente en el dispositivo del usuario⁶⁵.

Estas posibilidades se insertan, además, en el contexto del desarrollo del Internet de las Cosas, en el que la interconexión de dispositivos y la automatización de procesos permiten articular sistemas avanzados de gestión de derechos sobre activos digitales⁶⁶. No obstante, la efectividad de estas soluciones dependerá en gran medida de su grado de adopción por parte de la industria y de su integración en los dispositivos y plataformas utilizadas por los usuarios finales⁶⁷.

Finalmente, conviene mencionar el ámbito específico del arte digital y de los denominados *non-fungible tokens* (NFT), en el que la tecnología *blockchain* ha encontrado una aplicación particularmente significativa. Estos activos digitales, basados en redes como Ethereum, permiten certificar la autenticidad y la titularidad de obras digitales únicas, facilitando su comercialización en entornos descentralizados y ofreciendo a los creadores nuevas vías de explotación de sus derechos. Diversas iniciativas empresariales han explorado estas posibilidades tanto en el ámbito de la fotografía⁶⁸ como en la industria musical⁶⁹, desarrollando soluciones orientadas a la gestión de licencias, la detección de usos no autorizados y la comercialización de activos digitales mediante tecnología *blockchain*.

Con todo, el alcance real de estas herramientas en la lucha contra la infracción de derechos de autor dependerá de su implantación efectiva y de su capacidad para integrarse de manera coherente en el marco jurídico y tecnológico que rige la explotación de obras en el entorno digital.

V. CONCLUSIÓN

Hemos visto que la tecnología *blockchain* permite que funciones tradicionalmente asociadas a instituciones jurídicas centralizadas —como el registro, la prueba o la ejecución de obligaciones— puedan articularse en entornos descentralizados sin depender de un intermediario central encargado de su gestión o validación. La «tokenización» de activos, la generación de evidencias con valor probatorio y la automatización de prestaciones mediante *smart contracts* ponen de relieve que la tecnología de cadena de bloques ofrece nuevas posibilidades para mejorar el funcionamiento de instrumentos jurídicos ya conocidos por el

⁶⁵ Algo que ya esbozó SZABO (1997), apartado «Content Rights Management».

⁶⁶ Véase DE FILIPPI y WRIGHT (2018), págs. 156 a 169, y 162 a 165.

⁶⁷ Entiendo que esa es la opinión de BODO, GERVAIS y QUINTAIS (2018), pág. 328.

⁶⁸ Véase FINCK and MOSCON (2018), pág. 96.

⁶⁹ Véase DEL CASTILLO, Michael (2019), «Exclusive: From CryptoKitties To Cardi B: Warner Music Joins \$11 Million Investment In Ethereum Replacement», FORBES, Sep 12, disponible en: <https://www.forbes.com/sites/michaeldelcastillo/2019/09/12/exclusive-from-cryptokitties-to-cardi-b-warner-music-joins-11-million-investment-in-ethereum-replacement/#2f26ec8e2b21>

derecho, ampliando de manera significativa sus formas de aplicación en el entorno digital.

En el ámbito del derecho de autor, estas posibilidades se proyectan en el registro de autoría, la contratación de derechos, la gestión colectiva y la lucha contra la infracción, ámbitos en los que la tecnología *blockchain* introduce mayores niveles de eficiencia, trazabilidad y control, contribuyendo a corregir algunas de las ineficiencias que caracterizan la explotación de obras en el entorno digital.

Estas posibilidades requieren su integración con las estructuras jurídicas existentes, en particular con el régimen de protección de datos personales, el principio de ausencia de formalidades en materia de derecho de autor y la normativa aplicable a la contratación y a la gestión colectiva.

En definitiva, la tecnología *blockchain* se configura como una herramienta con capacidad para mejorar el funcionamiento práctico del derecho de autor, en particular en lo que respecta a la gestión, explotación y protección de los derechos en el entorno digital. El desarrollo de iniciativas como las impulsadas en el ámbito de la Unión Europea dependerá en gran medida de su adecuada articulación con los modelos tradicionales, evitando conflictos de aplicación y disfunciones en la gestión de derechos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ANTONOPOULOS, Andreas (2015), *Mastering Bitcoin; Unlocking Digital Cryptocurrencies*, O'Reilly, Sebastopol.
- ARROYO GUARDEÑO, David; DÍAZ VICO, Jesús y HERNÁNDEZ ENCINAS, Luis (2019), *Blockchain*, CSIC / Catarata, Madrid.
- BODO, Balazs; GERVAIS, Daniel y QUINTAIS, João Pedro (2018), «Blockchain and smart contracts: the missing link in copyright licensing?», *International Journal of Law and Information Technology*, volumen 26, número 4, págs. 311-347.
- BRANCOS I NÚÑEZ, Enrique (2017), «Blockchain, función notarial y registro», *El notario del siglo XXI. Revista del Colegio Notarial de Madrid*, número 71, págs. 50-53.
- COULOURIS, George, DOLLIMORE, Jean y KINDBERG, Tim (2005), *Distributed systems; Concepts and design*, 4th edition, Addison-Wesley, Harlow.
- DE FILIPPI, Primavera y WRIGHT, Aaron (2018), *Blockchain and the Law: the rule of code*, Harvard University Press, Cambridge.
- FINCK, Michèle (2018), «Blockchains: Regulating the Unknown», *German Law Journal*, volumen 19, número 4, págs. 665-692.
- FINCK, Michèle y MOSCON, Valentina (2018), «Copyright Law on Blockchains: Between New Forms of Rights Administration and Digital Rights Management 2.0», *IIC*, número 50, págs. 77-108.
- GONZÁLEZ-MENESES, Manuel (2019), *Entender Blockchain. Una introducción a la tecnología de registro distribuido*, 2ª edición, Thomson Reuters – Aranzadi, Cizur Menor.
- IBÁÑEZ JIMÉNEZ, Javier Wenceslao (2018), *Blockchain: primeras cuestiones en el ordenamiento español*, Dykinson, Madrid.
- KIANIEFF, Muharem (2019), *Blockchain Technology and the Law; Opportunities and Risks*, Informa Law, Abingdon.
- LLOPIS VAÑÓ, Francisco (2018), «Nuevos modelos de negocio en blockchain», en VILARROIG MOYA, Ramón y PASTOR SEMPERE, María del Carmen (dirs.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Thomson Reuters – Aranzadi, Cizur Menor.
- MARISCAL GARRIDO-FALLA, Patricia (2010), «Las entidades de gestión de derechos de

- propiedad intelectual: breve comentario acerca de la inadecuación de su régimen jurídico», Pe.i. Revista de Propiedad Intelectual, número 34, enero-abril, págs. 13-41.
- MILOŠIĆ, Klementina (2015), «GRD's Failure», *Music Business Journal*, Berklee College of Music, August.
- MINAR, Nelson y HEDLUND, Marc (2001), «A network of peers; Peer-to-Peer models through the History of the Internet», en ORAM, Andy (ed), *Peer-to-Peer: Harnessing the power of disruptive technologies*, O'Reilly & Associates, Sebastopol.
- MUÑOZ GARCÍA, Alfredo (2023), «La tokenización de instrumentos financieros en la Ley de los Mercados de Valores y de los Servicios de Inversión», RDBB, año 42, número 170, págs. 117-134.
- NAVARRO DE ANDRÉS, Santiago (2018), «Contratos inteligentes. En especial, su implantación técnica en negocios blockchain», en GARCÍA MEXÍA, Pablo (dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, Wolters Kluwer, Madrid.
- PONCE DE LEÓN, Pedro José (2018), «Blockchain, un nuevo patrón tecnológico», en VILLARROIG MOYA, Ramón y PASTOR SEMPERE, María del Carmen (dirs.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Thomson Reuters – Aranzadi, Cizur Menor.
- PRENAFETA RODRÍGUEZ, Javier (2016), «Smart contracts: aproximación al concepto y problemática legal básica», *Diario La Ley*, Sección Legal Management, número 8.824, de 15 de septiembre.
- RUBIO NÚÑEZ, Rafael (2018), «Blockchain: gobierno y democracia», en GARCÍA MEXÍA, Pablo (dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, Wolters Kluwer, Madrid.
- SAVELYEV, Alexander (2018), «Copyright in the blockchain era: Promises and challenges», *Computer Law and Security Review*, número 34, págs. 550-561.
- SCHODER, Detlef, FISCHBACH, Kai y SCHMITT, Christian (2005), «Core concepts in Peer-to-Peer networking», en SUBRAMANIAN, Ramesh y GOODMAN, Brian D. (eds), *Peer-to-Peer computing: The evolution of a disruptive technology*, Idea Group Publishing, London.
- SLOMAN, Morris y KRAMER, Jeff (1987), *Distributed systems and computer networks*, Prentice-Hall, New Jersey.
- SWAN, Melanie (2015), *Blockchain. Blueprint for a new economy*, O'Reilly, Sebastopol.
- SZABO, Nick (1997), «Formalizing and securing relationships on public networks», *First Monday*, Peer-reviewed Journal on the Internet, volume 2, number 9.
- TANENBAUM, Andrew y VAN STEEN, Martin (2007), *Distributed systems: Principles and paradigms*, 2nd edition, Prentice-Hall, New Jersey.
- TAPSCOTT, Don y TAPSCOTT, Alex (2016), *Blockchain Revolution; How the Technology behind Bitcoin is changing Money, Business and the World*, Portfolio / Penguin, London.
- TAYLOR, Ian y HARRISON, Andrew (2009), *From P2P and grids to services on the Web; Evolving distributed communities*, Springer-Verlag, London.
- TREISE, Annabel; GOLDENFEIN, Jake y HUNTER, Dan (2018), «What Blockchain Can and Can't Do for Copyright», *Australian Intellectual Property Journal*, volumen 28, págs. 144-157.
- TUR FAÚNDEZ, Carlos (2018), *Smart contracts; Análisis jurídico*, Editorial Reus, Madrid.
- VILALTA NICUESA, Aura Esther (2019), *Smart legal contracts y blockchain; La contratación inteligente a través de la tecnología blockchain*, Wolters Kluwer, Madrid.
- VILLARINO MARZO, Jorge (2018), «Blockchain y responsabilidad de los intermediarios en línea», en GARCÍA MEXÍA, Pablo (dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, Wolters Kluwer, Madrid.
- WERBACH, Kevin (2018), *The Blockchain and the new architecture of trust*, MIT Press, Cambridge.