

Limitaciones de *blockchain* en contratos y propiedad

Limitations of Blockchain in Contracts and Property

por

BENITO ARRUÑADA*

Catedrático de Organización de Empresas
Universidad Pompeu Fabra

RESUMEN: Este trabajo identifica qué valor añade la tecnología *blockchain* a los procesos relacionados con la contratación y la propiedad, explorando su potencial y analizando las principales dificultades que encara su aplicación. Sostiene que, contrariamente a concepciones ingenuas que proclaman el fin de la participación de intermediarios y del propio Estado, las aplicaciones de *blockchain* se basarán en una variedad de especialistas dedicados a proporcionar servicios de interfaz, y de perfeccionamiento y ejecución contractual, los cuales incluirán intervenciones públicas estándar, sobre todo en el ámbito de las transacciones con efectos reales. Sin estas intervenciones públicas, las aplicaciones de *blockchain* permitirán a lo sumo intercambiar derechos personales, en lugar de reales, facilitando transacciones personales, basadas en el conocimiento y

* Universidad Pompeu Fabra y Barcelona GSE. E-mail: benito.arrunada@upf.edu. Este trabajo es una traducción adaptada por Luis Torras y Juan Barenys, y revisada y actualizada por el autor, de Benito Arruñada, «Blockchain's Struggle to Deliver Impersonal Exchange», *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, 2018, vol. 19, 55-105. Su elaboración y adaptación han contado con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto ECO2017-85763-R y del Programa Severo Ochoa para Centros de Excelencia en Investigación y Desarrollo (SEV-2015-0563).

reputación de las partes, en lugar de aquellas verdaderamente impersonales, que se basan en derechos reales sobre los activos.

ABSTRACT: The paper identifies what value blockchain adds to contractual and property processes, exploring its potential and analyzing the main difficulties it is facing. It argues that, contrary to naive conceptions that proclaim the end of intermediaries and state involvement, blockchain applications will rely on a variety of interface, completion, and enforcement specialists, including standard public interventions, especially for property transactions. Without these interventions, blockchain applications will at most enable trade in personal claims instead of property (i.e., *in rem*) rights, therefore facilitating personal instead of truly impersonal—that is, asset-based—transactions.

PALABRAS CLAVE: Derechos de propiedad. Ejecución contractual. Costes de transacción. Intercambio impersonal. *Blockchain*. Contratos inteligentes.

KEY WORDS: *Property rights. Enforcement. Transaction costs. Impersonal exchange. Blockchain. Distributed ledgers. Smart contracts.*

SUMARIO: I. INTRODUCCIÓN.—II. BLOCKCHAIN Y SMART CONTRACTS: A. LA NATURALEZA DEL *BLOCKCHAIN*. B. LOS CONTRATOS INTELIGENTES.—III. LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN* EN LA CONTRATACIÓN DE DERECHOS PERSONALES: A. LA PRESENCIA DE CENTRALIZACIÓN. B. CÓMO «COMPLETAR» CONTRATOS INTELIGENTES.—IV. LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN* EN LA CONTRATACIÓN DE DERECHOS REALES: A. LA NECESIDAD DE INTERMEDIARIOS ENTRE DERECHOS PERSONALES Y REALES. B. COMENTARIO SOBRE LOS DERECHOS DE PROPIEDAD.—V. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE *BLOCKCHAIN* EN EL ÁMBITO DE LA PROPIEDAD: A. EL PROBLEMA DE LA TRANSMISIÓN DE LA PROPIEDAD. B. TRANSACCIONES Y REGISTROS SOCIETARIOS. C. REGISTRO DE LA PROPIEDAD.—VI. CONCLUSIONES SOBRE EMPRESAS, CONTRATOS Y PROPIEDAD.—VII. BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología *blockchain* (que cabría traducir como «cadena de bloques» aunque aquí usaré la expresión inglesa, por su amplia aceptación) se ha posicionado en el escenario económico como una de las innovaciones tecnológicas con mayor potencial. Pese a que resulta imposible separar la sustancia de la exageración, lo cierto es que desde 2015 se han lanzado miles de apli-

ciones de esta tecnología, y que grandes empresas de todos los sectores le han dedicado cuantiosos recursos. Sin embargo, con estos esfuerzos también empiezan a ser visibles las limitaciones y obstáculos a los que se enfrenta esta tecnología cuando pretende traducirse en productos y servicios útiles para el usuario final.

Este documento intenta determinar la importancia y potencial de esta nueva tecnología, así como obtener algunas pautas que pueden orientar las decisiones y las estrategias, tanto de las empresas como de las instituciones públicas. Tras presentar los conceptos básicos sobre *blockchain* y su aplicación más disruptiva (los denominados «contratos inteligentes» o *smart contracts*), explora los principales desafíos a los que se enfrentan las aplicaciones del *blockchain*¹.

Esta investigación se aborda desde la perspectiva del análisis económico de los derechos de propiedad, prestando especial atención, por un lado, a la distinción entre derechos personales (*in personam*) y reales (*in rem*) (e.g., MERRILL y SMITH, 2000; HANSMANN y KRAAKMAN, 2002); y, por otro, al distinto papel que pueden representar la «ordenación» u orden privado y público, en el sentido del *private* y *public ordering* de matriz hayekiana (ARRUÑADA, 2016; ARRUÑADA, 2017). El trabajo complementa así los numerosos esfuerzos que se efectúan en la literatura para comprender los efectos económicos de *blockchain*, pero que simplifican considerablemente el problema al limitarse a analizar transacciones que de hecho solo tienen como objeto derechos personales².

El análisis se basa en la premisa teórica y empírica de que, si bien los participantes en el mercado pueden negociar derechos personales fácilmente en virtud de acuerdos de orden privado basados en su reputación y en la expectativa de obtener beneficios en transacciones futuras, la negociación de derechos reales requiere un mínimo de ordenación pública, en particular un ejecutor o *enforcer* que sea neutral e independiente no solo respecto a las partes de cada contrato, sino respecto a todos los titulares de derechos de propiedad en activos del mismo tipo sobre el que dichas partes negocian (ARRUÑADA, 2012, 67-71).

De acuerdo con esta premisa, este documento analiza el problema común de algunas aplicaciones pioneras en *blockchain* que consiste en sobreestimar el poder de la ordenación privada entre las partes, minimizando el papel de todo tipo de intermediarios, lo que a menudo ha generado cierta frustración de expectativas. No se trata de un problema nuevo: la titulación de tierras y los esfuerzos de simplificación administrativa han sufrido problemas similares por las mismas razones (ARRUÑADA, 2007; ARRUÑADA, 2017). Por ello, el desarrollo de *blockchain* puede beneficiarse de los conocimientos desarrollados en el análisis crítico de los errores sistemáticos que se suelen cometer en esas áreas. Esto es particularmente cierto en el ámbito de la propiedad, como analizaré en el apartado VI.

II. BLOCKCHAIN Y SMART CONTRACTS

A. LA NATURALEZA DEL BLOCKCHAIN

Blockchain es la tecnología criptográfica y organizativa detrás de bitcoin, el dinero electrónico o criptomonedas que ha revolucionado el mundo financiero en los últimos años. Al igual que con cualquier otra forma de dinero, el dinero electrónico debe garantizar que cambie de manos sin riesgo de ser desviado o de que el mismo individuo lo gaste dos veces. Los sistemas de pago tradicionales resuelven ambos problemas recurriendo a entidades centralizadas y fiables, como bancos, compañías de tarjetas de crédito o cámaras de compensación.

En contraste, el *blockchain* es un libro mayor «distribuido» o, dicho más simplemente, descentralizado (un *distributed ledger*) que permite el intercambio entre iguales y sin intermediarios (persona-a-persona, *peer-to-peer* o P2P). Esto es posible gracias a que la *blockchain* es capaz de contener el historial de todas las transacciones anteriores, por lo que constituye por sí misma una fuente de evidencia para establecer *quién* posee *qué* en cada momento. Para lograrlo, este gran libro contable se replica en una multitud de computadoras o «nodos», que trabajan de manera coordinada, haciendo que todas las transacciones de la red sean públicas, accesibles y ampliamente descentralizadas entre los usuarios.

Para asegurar una acción coordinada entre los diferentes nodos dentro de la *blockchain*, antes de contabilizar cualquier transacción esta debe conseguir el *consenso* de la comunidad mediante un protocolo por el cual los participantes aceptan implícitamente cambiar la *blockchain*.

Supongamos que *A* quiere transferir un activo (por ejemplo, un bitcoin) a *B*, ambos con sus correspondientes *wallets* o billeteras digitales. Primero, *A* propone cambiar la *blockchain* desde su *wallet* para reducir su saldo y aumentar el saldo de *B*. Esta propuesta circula por la red invitando a los participantes a confirmarla consultando el libro contable. Un ejercicio que requiere resolver un complejo rompecabezas criptográfico. Se trata de resolver un acertijo mediante un proceso de prueba y error que en esencia solo requiere poder de computación. Algunos especialistas (los llamados «mineros») compiten entre sí para resolverlo. El incentivo de estos mineros es que cobran un determinado número de bitcoins cuando aciertan y crean un nuevo bloque, después de que otros mineros hayan confirmado la solución. Solo entonces, ya validado por el consenso el nuevo bloque, este se agrega a la cadena. De ahí el nombre de «cadena de bloques» o *blockchain*. Por último, la nueva versión del libro se distribuye entre los miles de computadoras de la red y es aceptado por la mayoría, lo que permite el intercambio sin intermediarios y mantener actualizada la red de forma descentralizada.

El conjunto del sistema está protegido contra alteraciones y revisiones mediante la duplicación de la cadena en múltiples nodos. El problema criptográ-

fico mencionado anteriormente se refiere al encabezamiento de cada bloque que contiene un código o *hash* producido por una función criptográfica más algunos otros datos específicos del bloque (por ejemplo, cada bloque contiene una marca de tiempo y un enlace a un bloque anterior). El encabezado es fácil de producir sobre la base de la información en la cadena. Por lo tanto, si los contenidos de la cadena se modificaran, el cambio causaría una discrepancia fácilmente observable, y el último bloque sería rechazado.

Alterar la *blockchain* es difícil porque no es posible predecir qué minero específico resolverá el rompecabezas. Además, ningún minero puede manipular la cadena porque los participantes trabajan en la cadena más larga. En el momento en que un minero (imaginemos la transacción anterior entre A y B) fuera capaz de manipularlo, otros participantes ya estarían trabajando en una cadena alternativa. Por lo tanto, un A malévolos necesitaría alargar la cadena más rápido que todos los demás usuarios, lo que en principio requeriría que A controlase más de la mitad de las computadoras de la red (KROLL *et al.*, 2013).

B. LOS CONTRATOS INTELIGENTES

Las aplicaciones de la tecnología *blockchain* se han ido expandiendo a partir de aplicaciones que se benefician de la ventaja que puede suponer contar con un libro mayor abierto y descentralizado (*distributed ledger*): desde el archivo y almacenamiento de todo tipo de datos hasta los intentos de generar plataformas para el intercambio de todo tipo de activos sin intermediarios. Mediante el intercambio de *tokens* digitales, valiosos por sí mismos y existentes solo en el libro mayor, los interesados pueden intercambiar representaciones de todo tipo de activos físicos o digitales existentes fuera de esta forma de registro sin necesidad de confiar en terceros.

Una de sus aplicaciones más ambiciosas es el desarrollo de *contratos inteligentes* (*smart contracts*). Se trata contratos que incorporan distintas reglas que desencadenan respuestas predefinidas correspondientes a contingencias particulares previamente especificadas (SZABO, 1997). Las máquinas de *vending*, los cajeros automáticos los sistemas de video *on demand*, VOD, pueden verse como antecedentes simples de *smart contracts*. La novedad con *blockchain*, es que el *smart contract* usa la propia cadena como mecanismo de ejecución, por lo que se beneficia de su inmutabilidad.

Comprensiblemente, con frecuencia se define *blockchain* como una «máquina de confianza» puesto que, supuestamente, «permite a personas, que no tienen especial confianza entre ellas, colaborar sin tener que recurrir a una autoridad neutral central»³. Del mismo modo, algunos autores argumentan que los contratos inteligentes suponen tal innovación en la organización de las transacciones y que el alcance de su aplicación es tan amplio que amenazan la posición de

todo tipo de intermediarios. Sin embargo, los contratos inteligentes padecen serias limitaciones. Como veremos más adelante, excepto para transacciones extremadamente simples, es necesario considerar un gran número de contingencias, lo que multiplica exponencialmente la dificultad de codificar cuál es el resultado apropiado.

En este sentido, es importante no caer en la trampa señalada por HAYEK con respecto a la planificación económica: la información científica y estadística es relativamente fácil de recopilar, agregar y transferir, pero la información específica incluye «circunstancias de tiempo y lugar» que son casi imposibles de transmitir (HAYEK, 1945). El conocimiento necesario para completar contratos a menudo depende de esas circunstancias específicas que no pueden estandarizarse o transmitirse fácilmente. Además, dado que las renegociaciones son costosas, el pago de daños por incumplimiento puede ser preferible a la ejecución automática del contrato: su incumplimiento puede ser eficiente (e.g., COOTER *et al.*, 2008, 262-66).

III. LA TECNOLOGÍA *BLOCKCHAIN* EN LA CONTRATACIÓN DE DERECHOS PERSONALES

Como hemos dicho, la tecnología *blockchain* promete hacer posible el intercambio sin necesidad de intermediarios. No es extraño encontrar afirmaciones como que el *blockchain* representa una amenaza para cualquier estructura jerárquica. En particular, se supone que los contratos inteligentes evitan el riesgo de que la parte que aporta confianza o un gobierno pueda manipular el contenido del libro mayor. En este sentido, podrían entenderse como un paradigma de un ordenamiento privado puro (TAPSCOTT *et al.*, 2016, 199-201; cfr., sin embargo, NARAYANAN *et al.*, 2016, 285).

Sin embargo, en realidad, las aplicaciones *blockchain* requieren que intervengan intermediarios para, entre otras funciones: escribir el código, ejecutar el sistema y almacenar los datos, a fin de administrarlos, lo que desde el punto de vista jurídico deben verse solo como derechos personales (MERRILL *et al.*, 2000; HANSMANN y KRAAKMAN, 2002; ARRÚNADA 2012, 15-34 y 2016a).

Además de estas figuras, la tecnología *blockchain* suele requerir de otros agentes como los «cuidadores» o *curators*, que cumplen una notable variedad de funciones, incluida la preselección de propuestas de aplicaciones y la prevención de ataques; y los «oráculos», agentes encargados de aportar información externa a la cadena y que determinan las condiciones que desencadenan la ejecución contractual de los *smart contracts*: por ejemplo, si el precio de mercado del petróleo llega a cierto nivel cuando ese nivel se especifica en una cláusula condicional del contrato. La dependencia de estos oráculos «socava el objetivo de que los acuerdos estén perfectamente libres de fallo humano»⁴.

También resulta innegable que los cuidadores representan un cierto grado de centralización y aplicación especializada.

Por lo demás, cabe pensar que el desarrollo de aplicaciones y, en especial, de contratos inteligentes dependerá cada vez más de módulos creados y examinados por especialistas⁵: el lado de la oferta de la industria probablemente estará basado en una cadena de proveedores vinculados verticalmente, lo que, en conjunto, apunta hacia la existencia de límites con respecto al grado de descentralización que es posible alcanzar con esta tecnología (Brener, 2016).

A. LA PRESENCIA DE CENTRALIZACIÓN

Al margen de estos elementos centralizadores, los contratos inteligentes requieren también la presencia de *enforcers* en su versión más tradicional, como evidenció el incidente sufrido en 2016 por la plataforma Ethereum, que lidera Vitalik Buterin y es considerada el paradigma para crear tales contratos inteligentes. Ethereum nació de hecho con el objetivo de implementar el principio acuñado por LESSIG de que *el código es ley (code is law)*, según el cual el propio código informático proporciona una ejecución concluyente del contrato (LESSIG, 1999 y 2006; WRIGHT *et al.*, 2015).

Sin embargo, un incidente con uno de sus proyectos estrella, la organización autónoma descentralizada conocida como el DAO (acrónimo de *Decentralized Autonomous Organization*), pronto mostró que la implementación de este principio es más difícil de lo que parece. Sucedió que un error en la redacción codificada del contrato requirió de una revisión posterior, mostrando que, en contra de lo predicho, el contenido de la cadena *blockchain* no era inmutable.

El DAO funcionaba de manera similar a un fondo de capital de riesgo. Cualquier inversor podía contribuir, a cambio de *ether*, la moneda de Ethereum, adquiriendo a cambio una especie de acciones y derechos de voto, que luego habría de ejercitar para decidir en qué proyectos se invertían los fondos recaudados. Enseguida, sin embargo, después de haber reunido 250 millones de dólares en los meses previos, se descubrió en junio de 2016 que alguien había explotado un «error» del código para, ejecutando los propios términos del *smart contract* que definía al DAO, «desviar» de sus dueños alrededor de 60 millones de dólares.

Ante este escenario, los líderes de Ethereum decidieron implementar lo que se denomina un *hard fork*, solución que consiste en modificar las reglas de la cadena y se emplea para perseguir objetivos diversos, generalmente poco conflictivos, como es el de implementar nuevas funciones (NARAYANAN *et al.*, 2016, 73-75). Obviamente, en este caso, el fin era altamente conflictivo, pues consistía en revertir transacciones ya validadas. Ciertamente, se proponía revertir una transacción imprevista e injusta pero al precio de negar la inmuta-

bilidad del *blockchain*. Se hizo visible que existía de hecho un grado notable de centralización en manos de los líderes de la plataforma, pues los hechos demostraron que eran capaces de convencer a la mayor parte de la comunidad para alterar el contenido del *blockchain*.

A la mayor parte, que no a toda, pues ocurrió algo muy interesante: la división o *split* de la comunidad y de la propia moneda, el *ether* en, por un lado, Ethereum (ETH), que da por buena la reversión; y, por otro, Ethereum Classic (ETC), que sigue usando el *blockchain* original. La bifurcación vino así a crear dos mundos: el de Ethereum, donde ni el DAO ni las consecuencias de su saqueo han ocurrido; y el de Ethereum Classic, que sí da por buenos tanto el DAO como su posterior saqueo.

Esta posibilidad de bifurcación es una característica distintiva de las criptomonedas. Los usuarios de una moneda convencional pueden dejar de usarla (por ejemplo, irse del peso al dólar). Si cuentan con suficientes seguidores, los usuarios de criptomonedas disponen de otra opción: pueden intentar bifurcar las reglas, para lo cual han de, primero, proponer reglas distintas a las de la moneda original; y segundo, convencer a toda la comunidad o, al menos, a una parte sustancial de ella, para que las adopten (Narayanan *et al.*, 2016, 171).

En estas bifurcaciones, la evolución de ambas redes en el mercado (compuesto aquí no solo de inversores sino también de mineros), en términos principalmente de precio y volumen, permite inferir cuál de los dos consensos o conjunto de reglas es mejor valorado por usuarios e inversores. En el caso que analizamos, Ethereum Classic, ETC, se convirtió inmediatamente en la tercera criptomoneda, detrás solo de bitcoin y la versión *hard fork* de Ethereum, ETH. La supervivencia de las dos monedas, más el hecho de que su valor total superase pronto el valor anterior a la bifurcación, sugiere que la diversidad de reglas (y, tal vez, la disponibilidad de un proceso competitivo para establecerlas) es, en sí mismo, valiosa, quizá porque aumenta la capacidad de adaptación y mejora el control de los líderes por parte de la comunidad.

Es notable, no obstante, que, si bien la vocación y el objetivo declarado de Ethereum Classic era y es preservar la inmutabilidad de la *blockchain* y el carácter concluyente de las transacciones, sus rimbombantes afirmaciones en esos términos de «código es ley» se diluyen cuando inmediatamente, desde un principio, proponen que, para resolver casos como el que dio lugar al *split*, esta infraestructura descentralizada y *peer-to-peer* requiera... del sistema judicial (SEHRA, 2016, 10). Por lo demás, hoy por hoy (2018), la capitalización relativa de las dos monedas da la razón a los líderes de Ethereum: en una interpretación positiva, cabe entender su actuación como dirigida a «completar» eficientemente un contrato, aunque haya sido mediante su incumplimiento formal (en línea con el argumento del incumplimiento eficiente o *efficient breach* mencionado con anterioridad).

Este de Ethereum Classic no es un caso único. Bitcoin también pasó por una experiencia similar en el verano de 2017, cuando intentaba llegar a un consenso para resolver un conflicto técnico, económico e ideológico entre los mineros, que querían aumentar el tamaño de los bloques, y los desarrolladores, que hacían hincapié en la seguridad. La incertidumbre perjudicó la cotización de la moneda y dio lugar a otro *split* que implicó la creación de la nueva moneda Bitcoin Cash.

B. CÓMO «COMPLETAR» CONTRATOS INTELIGENTES

Estos casos permiten extraer algunas lecciones generales sobre el tipo de tensiones a las que se enfrenta *blockchain*. En primer lugar, los casos observados se parecen al conflicto tradicional entre la aplicación ciega y automática de principios legales formales que deberían permitir transacciones impersonales y su resolución más matizada a través de excepciones basadas en principios de equidad, buena fe y conocimiento, las cuales, en el fondo, introducen un elemento personal, muchas veces incluso político, y que resultan más adecuados para el intercambio personal.

En segundo lugar, como en otros intentos de facilitar el intercambio impersonal, se demuestra que la simplicidad contractual es imprescindible. Por ejemplo, en su raíz, el problema del DAO fue similar al viejo problema al que se enfrenta todo contrato mínimamente complejo cuando opera en un entorno incierto y cambiante, lo que agudiza la necesidad de adaptación. Una complejidad que se incrementa con la inevitabilidad de que el código contenga errores, frecuentes e imposibles de erradicar, como también ocurre en los contratos convencionales (BLOCH, 2006).

Con una complicación añadida. Y es que, una vez que se lanza un contrato inteligente, este ya pasa a estar fuera del control de su creador, a menos que el poder para cambiar el código se asigne a un *master*, otro elemento más propio de sistemas centralizados. Por lo tanto, tiene sentido pensar que los contratos automáticos necesitan de una programación lo más simple posible. Algunas plataformas esquivan el problema y satisfacen esta demanda de simplicidad ejecutando una parte significativa —la más compleja— de los contratos fuera de la *blockchain*.

ABRAMOWICZ apunta en la misma línea al destacar el elemento de «juicio» que suele ser necesario para «completar» los contratos: «hasta que los programas de computadora puedan exhibir inteligencia artificial, carecerán de juicio. Por ejemplo, no podrán determinar si se han cumplido las disposiciones vagas del contrato. Las criptomonedas no pueden resolver el problema de los contratos incompletos, y mientras los contratos sean incompletos, harán falta seres humanos para resolver las ambigüedades» (ABRAMOWICZ, 2016, 362).

El papel de la simplicidad y las dificultades para completar el contrato *ex ante* ayudan a explicar por qué *blockchain* parece estar ganando más terreno en el mundo financiero y, en particular, en áreas como el comercio de derivados, por tratarse de un ámbito donde se suele operar con contratos altamente estandarizados.

Obviamente, la simplicidad contractual y de la propiedad se correlaciona negativamente con el valor de las transacciones: para las de bajo valor, los contratos complejos son demasiado costosos de escribir y hacer cumplir; y los activos de bajo valor tampoco son lo suficientemente valiosos como para definir derechos múltiples sobre ellos. Por ello, es comprensible que los contratos inteligentes y de *blockchain* también se desarrolleen más rápido en esos contextos de bajo valor.

Por último, *blockchain* claramente añade valor al facilitar la verificabilidad del *contenido* de los documentos contractuales. Sin embargo, no está tan claro en qué medida o en qué casos es capaz de hacer que el *cumplimiento* contractual sea verificable por terceros o incluso que la verificación sea innecesaria, a excepción de contratos muy abstractos, extremadamente formalizados o que versen sobre activos virtuales.

Por lo tanto, el impacto del *blockchain* en los contratos relacionales será más bien bajo si por «relacionales» nos referimos a contratos que son completados por las partes *ex post*, en algún momento en el futuro después de haberse comprometido a ello en el contrato (WILLIAMSON, 1985). (Piense, por ejemplo, en cómo los contratos laborales o de sociedad mercantil disponen mecanismos formales e informales para tomar decisiones futuras). En tales casos, el contrato queda incompleto porque habría sido ineficiente o incluso imposible completarlo *ex ante*. La mera verificabilidad del contenido contractual (que es en donde *blockchain* disfruta probablemente de su mayor ventaja comparativa) no parece constituir un factor de suficiente peso como para afectar sustancialmente este tipo de problema.

Por otro lado, *blockchain* podría afectar más el funcionamiento de los contratos relacionales cuando por «relacionales» entendemos un intercambio salvaguardado por la reputación o la expectativa de ganancias futuras (KLEIN *et al.*, 1981; SHAPIRO, 1983), en cierto modo lo opuesto al intercambio impersonal. En este contexto, las aplicaciones *blockchain* podrían confiar en sistemas «privados» o «autorizados», que están abiertos solo a usuarios pre-aprobados y en los que el consenso puede así alcanzarse por un número reducido de nodos (BUTERIN, 2015). Estas *blockchains* privadas podrían aplicarse con rapidez a la gestión de las cadenas de suministro, modernizando las redes ya existentes de proveedores, fabricantes y distribuidores, que ya se caracterizan por fenómenos tales como la «fabricación subcontratada» (ARRUÑADA y VÁZQUEZ, 2006), así como también la «integración virtual» (ARRUÑADA, 2002). Las entidades financieras son otra punta de lanza en este terreno.

Sin embargo, desde la perspectiva de *blockchain*, todos estos sistemas se enfrentarán con una contradicción básica: cuanto más pequeña sea la red, menor será el alcance y las ventajas de la descentralización, y más fácil será manipularla. Por lo tanto, pueden terminar con escasa descentralización y pocos cambios sustanciales. Incluso corren el riesgo de que se produzca colusión entre las empresas ya instaladas. Además, confrontan una paradoja desde la perspectiva de la contratación relacional. El motivo reside en que la ventaja de *blockchain* —al hacer que el *contenido* de los contratos (en oposición a la *ejecución contractual*) sea verificable— puede hacerla desaconsejable para aquellos contratos que las partes, a propósito, optan por no formalizar con el fin de evitar que puedan ser objeto de litigio y ejecución judicial (HADFIELD y BOZOVIC, 2016, 1019-32).

IV. LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN LA CONTRATACIÓN DE DERECHOS REALES

A. *La necesidad de intermediarios entre derechos personales y reales*

Un atributo clave de una criptomoneda es contar con «un protocolo para enviar, recibir y registrar valor de forma segura utilizando métodos criptográficos» (EVANS, 2014). Una pregunta clave es hasta qué punto, además de intercambiar *valor*, estos sistemas son capaces de intercambiar derechos de propiedad reales, *in rem* (MERRILL y SMITH, 2000; HANSMANN y KRAAKMAN, 2002). Abundan al respecto las afirmaciones exageradas pero convenientemente imprecisas. Por ejemplo, uno de los autores del Informe Walport afirmó que «[blockchain] puede usarse como un registro global que no se puede editar: para declarar un testamento, por ejemplo, o para asignar la propiedad de los bienes» (TAYLOR, 2016).

Sin embargo, incluso la mayoría de los pioneros que efectúan transacciones relativamente simples, pensemos en Bitcoin, dependen inevitablemente de ciertas figuras intermedias como los *exchanges* o mercados digitales y las *wallets* (los servicios de almacenamiento digital, similares en gran medida a los que presta la banca *online* convencional). Por cierto, estos intermediarios han dado abundantes muestras de ser inseguros, sufriendo frecuentes ataques fraudulentos (véase, por ejemplo, REDMAN, 2017).

Además, la presencia de estos intermediarios no es necesariamente negativa. A pesar de que, como correctamente señalan los partidarios de *blockchain*, la aplicación especializada y, en general, la intermediación implican costes de transacción, también disfrutan de las ventajas de su especialización; y no debemos olvidar que el crecimiento económico se basa en aprovechar las ventajas de especialización mediante el comercio, aun incurriendo en los costes de transacción que ello comporta.

En redes de *blockchain* más complejas, en las que las partes intercambian derechos sobre activos existentes fuera de la *blockchain*, estas interfaces entre el mundo digital y el real se asemejan a la interfaz tradicional entre derechos personales y reales. Con la excepción de los sistemas puramente basados en la posesión, el intercambio de derechos de propiedad requiere al menos un intermediario (un registro o un tribunal) entre el mundo de las meras pretensiones (el de los derechos personales) y el mundo de los derechos reales (ARRUÑADA, 2015).

Por ejemplo, en el derecho de la propiedad, dos cadenas de títulos contradictorias podrían sobrevivir durante algún tiempo, pero (1) en cualquier momento, como máximo, solo un individuo posee el derecho sobre el activo; (2), lo más importante, es que para transformar una pretensión en un derecho real, se necesita una autoridad externa e imparcial, que represente los intereses de todos los posibles titulares de derechos, y no solo los intereses de los que están representados en la cadena de títulos—un aspecto este último relevante para aplicaciones *blockchain*—. (Por lo demás, en cierto sentido, una cadena de escrituras en papel también es «virtual», ya que refleja meras pretensiones; por lo tanto, si las partes en el contrato están de acuerdo, puede respaldar el comercio sin que necesariamente tenga un efecto real en términos de los activos negociados que pretende representar).

Este análisis es consistente con los relatos de aplicaciones *blockchain* en «propiedad inteligente», pues estos usan ejemplos en los que, de hecho, están describiendo transferencias de derechos posesorios en lugar de transferencias de derechos de propiedad. Así, en cuanto se analiza el famoso ejemplo de un «automóvil cuya *propiedad* está controlada a través de un *blockchain*» dicha propiedad resulta ser mera posesión:

«La transacción del *blockchain* no representa *simplemente* un cambio en la propiedad del automóvil: además, transfiere el control físico real o la posesión del automóvil. Cuando un automóvil se transfiere de esta manera, la llave del propietario anterior deja de funcionar, y la llave del nuevo propietario adquiere la capacidad de abrir la cerradura y encender el motor. Igualar la propiedad con la posesión de esta manera tiene profundas implicaciones» (NARAYANAN *et al.*, 2016, 274, énfasis añadido).

Las implicaciones son ciertamente profundas; pero se logran degradando la *propiedad* en mera *posesión*, es decir, limitando a uno solo los múltiples derechos que en otro caso podrían existir sobre el activo en cuestión. El precio que se paga es enorme: la economía moderna se basa en la especialización (separación) de propiedad y control (este último equivale, en su sentido más simple, a la posesión). Si la propiedad inteligente de *blockchain* se limitara a derechos posesorios, la palabra «simplemente» de la cita anterior debería ser suprimida y

la palabra «además» reemplazada por «solo». En términos prácticos, esto limitaría las aplicaciones autónomas (esto es, sin terceros confiables) de los sistemas de propiedad inteligente a activos de bajo valor (NARAYANAN *et al.*, 2016).

En cierto sentido, el sistema de decisión utilizado por *blockchain* parece situarse más cerca del que se aplica en el ámbito del derecho inmobiliario que del dinero: las decisiones en *blockchain* se basan en la obtención del consentimiento de los usuarios, algo similar a la transferencia de la propiedad en bienes inmuebles cuando se requiere el consentimiento de los titulares de derechos para transferir derechos reales (ARRUÑADA, 2013). Si *V* transfiere a *C* un derecho propiedad de *O*, *C* puede adquirir un derecho *in personam* contra *V* pero ello no afecta de ninguna manera el derecho real de *O* sobre el correspondiente activo. Del mismo modo, la transferencia de bitcoins requiere un consenso por parte del conjunto de la red. En contraste, en una transferencia bancaria solo los bancos involucrados certifican la transferencia, mientras que el efectivo cambia de manos simplemente transfiriendo la posesión de los billetes. Las transferencias en efectivo ni siquiera dejan un registro: Bitcoin es similar al efectivo por ser también un instrumento al portador, pero con un registro de su trazabilidad y un elemento de consentimiento.

Existen dos diferencias fundamentales en cuanto a cómo se establece el consentimiento en los ámbitos de la propiedad y de *blockchain*. Primero, los usuarios de *blockchain* se parecen más a observadores que a titulares de derechos, y sus incentivos no están necesariamente bien alineados. Segundo, no todos los titulares de derechos en activos reales son usuarios de *blockchain*; por lo tanto, cualquier procedimiento de depuración o «purga» requeriría mecanismos adicionales para asegurar que los intereses de estos titulares de derechos estén bien representados. Los derechos reales requieren que todos los titulares otorguen su consentimiento, y no solo aquellos que figuran en la cadena de títulos, ya conste esta en papel o en un registro digital.

Estas preocupaciones ponen en tela de juicio la idea de que cualquier tipo de activo puede ser transferido usando únicamente tecnología *blockchain*. Los efectos jurídicos de tales transferencias, al menos, se limitarían a las partes que transfieren. Otra manera de expresarlo es que, si bien puede teóricamente transferirse todo tipo de activo, no es igual de viable transferir todo tipo de derecho jurídico sobre dichos activos.

La clave reside en que los derechos reales hacen referencia a un orden jurídico público; un orden privado puro solo es viable cuando las partes comercian con derechos personales. Como el tipo de derecho entraña obvias implicaciones en términos de una ejecución o *enforcement* más débil, es comprensible que las partes demanden derechos reales. Satisfacer esta demanda requiere la intervención de un tercero con una función necesariamente pública, ya que debe ser imparcial respecto a todos y prevalecer ante las partes de cualquier contrato (ARRUÑADA, 2016, 305).

Para empezar, dicho tercero es necesario para definir el conjunto de titulares legales de derechos, y los mecanismos y requisitos probatorios para que transmitan su consentimiento con respecto a las transacciones que se pretendan efectuar. Es revelador al respecto que las iniciativas *blockchain* a menudo exijan un papel más activo de los gobiernos en la fijación de estándares de lo que implica, en esencia, tal definición de titulares.

Estas preocupaciones también resuenan en las advertencias que a menudo se introducen al prever aplicaciones de *blockchain*. Por ejemplo, Marc ANDREESSEN, pionero de Internet y ahora de *blockchain*, afirma que «Bitcoin brinda por primera vez la posibilidad de que un usuario transfiera una propiedad digital única a otro usuario, de manera segura y sin que se pueda cuestionar la legitimidad del intercambio... Las consecuencias de este avance serían difíciles de exagerar» (ANDREESSEN, 2014). Sin embargo, el adjetivo «digital» en la primera frase no es tan evidente en bienes inmuebles donde se incluye no únicamente el pago sino también la transferencia efectiva de la posesión del activo. De modo similar, ABRAMOWICZ advierte algunas limitaciones de Bitcoin en este mismo sentido: «Lo que hace que Bitcoin sea notable es que soluciona el problema más controvertido: quién posee riqueza, sin necesidad de un aparato para hacer cumplir la ley. Bitcoin se puede ver no solo como una moneda, sino más grandiosamente como una institución que crea y hace cumplir derechos de propiedad. Sin embargo, es una institución que *puede resolver un solo tipo de cuestión: decidir si las supuestas transferencias de Bitcoins serán validadas y agregadas a una lista de transferencias aprobadas, conocida como blockchain*» (ABRAMOWICZ, 2016, 361, énfasis añadido). Conviene apreciar que el significado implícito de «derechos de propiedad» en la cita anterior es el de meros derechos *in personam*. Por la misma razón, es comprensible que la ejecución de intercambios persona-a-persona (P2P) sea más fácil cuando dichos intercambios versan sobre recursos digitales que mantiene el propio sistema. No solo el perdedor tiene menos capacidad para evitar la ejecución, sino que es poco probable que los tribunales interfieran, ya que, por lo general, no hay pretensiones de terceros.

B. COMENTARIO SOBRE LOS DERECHOS DE PROPIEDAD

Aspectos adicionales de *blockchain* pueden ser ilustrados por elementos específicos de la teoría de la propiedad. En primer lugar, la distinción entre la asignación inicial de derechos y la recurrente, a sabiendas de que esta última es un requisito para los derechos reales (ARRUÑADA, 2012b). La discusión y las iniciativas de *blockchain* son todavía demasiado incipientes como para haber sufrido la inclinación general que sufren los proyectos de reforma institucional en el ámbito de la propiedad y la simplificación administrativa a enfatizar la

asignación inicial de los derechos de propiedad, prestando escasa atención a su asignación recurrente (ARRUÑADA, 2017).

Sin embargo, incluso en el escenario poco creíble de que la asignación recurrente pudiera efectuarse de manera más segura mediante una tecnología basada en *blockchain*, tal sistema requeriría al menos dos intervenciones públicas para, en primer lugar, producir algún tipo de primera inscripción en el registro (conocido en la jerga *blockchain* como «*gateway problem*», es especialmente agudo, para bienes tales como inmuebles y sociedades sujetas a titulación pública; pero se plantea en menor medida para aquellos que carecen de ella, tales como los diamantes); y, segundo, definir el *blockchain* como la única o al menos una fuente privilegiada de evidencia judicial para propósitos de titulación.

Por el contrario, en sus esfuerzos sobre titulación de la propiedad y simplificación administrativa las aplicaciones *blockchain* están ya siguiendo las pautas habituales, al prestar escasa atención a los aspectos jurídicos, a pesar de ser este el determinante principal de la funcionalidad de este tipo de aplicaciones y, por lo tanto, de su valor económico.

Este sesgo es muy visible en los diagnósticos de los sistemas tradicionales por parte de los proyectos basados en *blockchain* en el área de propiedad, cuyos fallos se atribuyen estrechamente a una deficiente gestión de datos. Por ejemplo, se afirma que «el fallo de [los proyectos tradicionales de software de registro de propiedad] para lograr un cambio se puede remontar a defectos de diseño que en última instancia impiden el trabajo de los auditores y hacen que la información sea demasiado flexible» (ABSHISHEK y REGAN, 2016).

Sin embargo, el principal problema de los registros de propiedad no es el almacenamiento de la información, sino el hecho de que en muchos países producen información poco fiable. Es decir, el problema no reside en «mantener» un registro de derechos de propiedad perfectamente «purgados», sino en la propia incapacidad para purgar esos derechos, es decir en la incapacidad para asegurar que las transacciones no sean contradictorias con los derechos de propiedad preexistentes, de modo que no generen nuevas colisiones entre pretensiones contrapuestas. No cabe suponer, como se hace a menudo, que la información existente es fiable (ANAND *et al.*, 2016). A pesar de que se trata sobre todo de un problema jurídico, no tecnológico, las aplicaciones *blockchain* en el ámbito de los registros de propiedad se han centrado en mantener la integridad del archivo, prestando escasa atención a cómo se produce dicha información y, especialmente, al proceso de purga entre pretensiones contradictorias.

Además, para este proceso de purga, que resulta clave, *blockchain* es más bien de poca utilidad. Todos estos elementos desinflan sustancialmente muchas de las afirmaciones hiperbólicas que se han venido haciendo sobre el potencial que puede alcanzar esta tecnología en este ámbito.

Merece una crítica similar la iniciativa interinstitucional sueca para aplicar el *blockchain* a la transmisión y registro de inmuebles, cuando considera

cúales son los principales problemas del Registro de la Propiedad sueco (el *Lantmäteriet*):

«el Registro solo participa en unos pocos pasos al final de las transacciones inmobiliarias. Como consecuencia, la mayoría del proceso no es transparente, en otras palabras, visible para el público u otras partes interesadas... que el sistema es lento en el registro de transacciones inmobiliarias. El tiempo entre la firma de un contrato de compra legalmente vinculante y cuando Lantmäteriet recibe la escritura de compraventa y la inscribe suele ser de tres a seis meses... [y] los problemas anteriores han provocado que vendedores, compradores, bancos y agentes inmobiliarios se vean obligados a crear sus propios procesos complejos y burocráticos para llegar a acuerdos, ya que deben asegurarse de que las cosas no salgan mal, dado que el valor de las transacciones es grande» (KEMPE, 2016, 8-9).

Cabe hacer al respecto algunas matizaciones importantes. En primer lugar, no es del todo cierto que el registro sueco solo esté «involucrado en unos pocos pasos al final de las transacciones inmobiliarias» porque brinda información crucial sobre posibles derechos conflictivos desde el principio y durante todo el proceso de contratación. Por ejemplo, en el tercer paso del propio proceso convencional de transmisión, tal y como lo describe el propio KEMPE (2016), el agente inmobiliario se pone en contacto con el registro y ordena un extracto de la información registral para verificar la situación jurídica de la propiedad, es decir, que el vendedor es el propietario y que puede vender la propiedad (KEMPE, 2016, 23). Se realizan contactos similares en los pasos 10 y 21, antes de firmar el contrato de compra y antes del cierre «para garantizar que no haya ningún problema que impida la venta de la propiedad» (KEMPE, 2016, 24), y los bancos efectúan aún más contactos en relación con las hipotecas en los pasos 25 y 27 (KEMPE, 2016, 26). Además, no solo existen beneficios asociados a la transparencia sino también costes, y su balance no siempre se puede suponer positivo.

En segundo lugar, la típica queja de que los sistemas son «lentos para registrar las transacciones» debe tomarse con cierta reserva, ya que la mayor parte del tiempo total dedicado a la transmisión de bienes inmuebles suele dedicarse a actividades como publicidad, negociación e inspección de los inmuebles, así como a verificar la solvencia de los prestatarios (KEMPE, 2016, 23-25), actividades que tienen poco que ver con los procesos burocráticos en sí mismos. En consecuencia, surgen dos dudas sobre, primero, el tiempo que realmente se dedica a los trámites burocráticos que, por lo tanto, podrían acortarse mediante la aplicación de *blockchain* u otras tecnologías similares; y, segundo, el valor económico de tales ahorros de tiempo. En otros términos: para la mayoría de las

transacciones, acortar el tiempo puede tener poco valor, especialmente cuando las transacciones urgentes se pueden procesar con rapidez.

Por último, tenemos el asunto clave de qué seguridad son capaces de proveer estos sistemas alternativos de registro, incluido el *blockchain*. Muy especialmente al principio. Los nuevos sistemas necesitan un periodo de aprendizaje para revelar sus verdaderas debilidades, pues muchas veces estas son imposibles de anticipar en la fase de diseño; mientras que los sistemas antiguos ofrecen la ventaja de haber acumulado ese conocimiento como consecuencia de haber procesado millones de transacciones.

V. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE *BLOCKCHAIN* EN EL ÁMBITO DE LA PROPIEDAD

El análisis precedente proporciona una base para determinar el potencial de la tecnología *blockchain* en las áreas de las transacciones personales y reales y evaluar qué circunstancias pueden obstaculizar o favorecer su desarrollo.

Me centraré a continuación en discutir los principales problemas en el área de la propiedad, definida en sentido amplio para cubrir la ventaja comparativa de los diferentes tipos de intermediarios y de soluciones, e incluyendo no solo las limitaciones y oportunidades en las áreas de la transmisión y registro de la propiedad, sino también las transacciones societarias.

Para empezar, conviene advertir tres notas previas que invitan a la prudencia. Primero, recuerde el elemento social antes mencionado en los derechos de propiedad. Incluso Nick SZABO parece estar contemplando derechos *in personam* al implementar su idea de los *property clubs* cuando señala que: «en realidad, hacer que los usuarios finales respeten los derechos de propiedad acordados por este sistema dependerá de la naturaleza específica de la propiedad, y eso está más allá del alcance de esta investigación» (SZABO, 2017). Ciertamente, inmediatamente añade que «el propósito de la base de datos replicada es simplemente *acordar de forma segura quién es dueño de qué*» (énfasis añadido por el autor), y este «acuerdo seguro» es esencial para pasar de derechos *in personam* a derechos *in rem*.

Segundo, en el mundo real, la descentralización está limitada por el propio comportamiento de los individuos.

«Al reducir la propiedad al problema de conservar claves privadas, aumentamos la apuesta por la seguridad digital, un problema ya de por sí difícil y del que los individuos somos el eslabón más débil. Los programadores informáticos se han esforzado durante décadas por escribir código sin errores, pero el desafío sigue siendo difícil de alcanzar. [Igualmente,] han intentado convencer a los usuarios menos

técnicos para que utilicen sus claves privadas de manera que estas puedan resistir tanto el robo como la pérdida accidental; pero también con escaso éxito... Además, si bien pueden disponerse mecanismos que protejan contra estos accidentes, tales mecanismos tienden a retrotraernos hacia el uso de intermediarios y sistemas centralizados, reduciendo así los beneficios del modelo descentralizado que estábamos buscando (NARAYANAN *et al.*, 2016, 283).

Es este un problema que está presente en todo tipo de aplicaciones pero que, comprensiblemente, restringe especialmente aquellas en las que hay más en juego, lo que lleva a las personas a exigir una mayor seguridad.

Por último, la mala conducta con respecto a la seguridad es solo un ejemplo de un fenómeno más amplio y profundo: la libertad individual tiene un precio en términos de *responsabilidad individual*, un precio que no todo individuo está siempre dispuesto a pagar. Por el contrario: conociendo sus propias debilidades, a menudo prefieren confiar en soluciones centralizadas, basadas en custodios privados y públicos. Ciertamente, esta opción cobra más sentido bajo supuestos realistas de conducta. Observe, por el contrario, que quienes desarrollan aplicaciones de *blockchain* suelen suponer racionalidad perfecta, un supuesto que, fuera del contexto de la teoría de juegos, puede generar un entusiasmo injustificado.

Esta preferencia por confiar en terceros más que en sí mismos impone una restricción particularmente grave a las aplicaciones en el ámbito de la propiedad porque su naturaleza universal exige que se apliquen las mismas reglas a todos los titulares de derechos sobre cada bien. En un hipotético sistema de propiedad plenamente descentralizado, todas las personas deberíamos estar otorgando o negando nuestro consentimiento a todo tipo de proyectos transaccionales que puedan afectar nuestros derechos de propiedad. En consecuencia, nos convertiríamos en los únicos custodios no solo de nuestras claves criptográficas (para obtener el aviso y otorgar el consentimiento) sino también para proteger la integridad legal de nuestros derechos.

A. EL PROBLEMA DE LA TRANSMISIÓN DE LA PROPIEDAD

El impacto de *blockchain* en la transmisión y titulación de la propiedad se verá afectado por las características básicas de ambos procesos jurídicos, que, de acuerdo con los incentivos de los participantes, son en su mayoría privadas en la transmisión e intrínsecamente públicas en el registro (ARRUÑADA, 2003, 423-24). En particular, se definen por el hecho de que en todos los sistemas de propiedad, las partes son libres para elegir a sus abogados, transmisores y notarios. Por el contrario, la protección de terceros lleva a la ley a restringir

universalmente su elección de en qué oficina pública registra sus títulos o qué registrador preserva sus derechos, así como también qué juez preside una demanda para «purgar» la propiedad o cualquier proceso equivalente (ARRUÑADA, 2003, 424-28; ARRUÑADA, 2012a). Por lo tanto, debería ser más fácil aplicar *blockchain* a la notarización y el archivo de datos, pero resultará más difícil reemplazar los registros de propiedad, especialmente en jurisdicciones, como las de Australia, Inglaterra, Alemania o España, dotadas con registros de derechos (ARRUÑADA, 2003, 406-23).

De entrada, en la medida en que incluso en las jurisdicciones de derecho civil los notarios públicos son elegidos libremente por las partes de los contratos privados, es probable que *blockchain* juegue un papel más importante en la notarización, incluso de transacciones inmobiliarias. Las únicas funciones para las cuales los notarios solían ser claramente superiores eran para identificar a las partes y, más claramente, para determinar su capacidad legal y servir como proveedores de servicios de liquidación, cierre y depósito para las partes (ARRUÑADA, 2007). Estas ventajas, que durante décadas ya se vieron amenazadas por el desarrollo de las tecnologías de identificación personal y la disponibilidad de registros relacionados con la capacidad jurídica de las personas, ahora se ven afectadas sustancialmente por el *blockchain*, ya que este permite desarrollar servicios de *autenticación*, para demostrar a otras partes que eres quien dices ser, y de *autorización*, para demostrarles que tienes los permisos necesarios para un determinado acto (THOMAS *et al.*, 2013; THOMAS y HUANG, 2015). Del mismo modo, con respecto a la liquidación, el comercio implementado a través de *blockchain* ya puede proporcionar un cierre simultáneo condicionada mediante el uso del principio de «atomicidad», que, en esencia, asegura que las partes cumplen sus obligaciones simultáneamente (NARAYANAN *et al.*, 2016, 274).

En segundo lugar, la aplicabilidad a los registros de una *blockchain* verdaderamente descentralizada (es decir, sin intermediarios de confianza) será más limitada porque estos desempeñan una función pública, protegiendo el interés de terceros no representados. Son, por lo tanto, mucho más que simples bases de datos o «libros mayores». (Incluso en los registros de documentos, que se limitan a fechar los documentos y establecer su prioridad jurídica sin eliminar contradicciones entre los posibles titulares alternativos, la fecha de entrada tiene graves consecuencias jurídicas, pues es ella y no la fecha del contrato la que establece la prioridad entre pretensiones contradictorias). Por todo ello, la centralización y el monopolio de los registros no se basan principalmente en la existencia de economías de escala, sino en la necesidad de una neutralidad máxima (no solo con respecto a las partes del contrato sino también respecto a quienes son ajenos al mismo), que es necesaria para alcanzar efectos jurídicos universales.

Sin embargo, esto no excluye que los contratos inteligentes puedan ser complementarios de muchas maneras a los registros de propiedad y sociedades.

Por ejemplo, los registros de propiedad pueden verse afectados por la capacidad de aplicaciones como Ethereum no solo para registrar y rastrear propiedades sino también para definir nuevos tipos de derechos de propiedad, incluidos los de propiedad y uso compartido de activos, con asignaciones de derechos de uso sofisticadas y matizadas.

En principio, además, al considerar el impacto de *blockchain* para los registros de propiedad, es necesario distinguir al menos entre los registros de documentos, tales como los de Francia o los Estados Unidos, y los registros de derechos, como el sistema alemán (*Grundbuch*) o el Torrens australiano. Este último no solo fecha y conserva los documentos o «escrituras» que reflejan las transacciones privadas de las partes, sino que también verifica, como una condición necesaria para ingresar en el Registro, que las transacciones respeten todos los demás derechos reales que posibles terceros ostentan sobre el correspondiente activo (ARRUÑADA, 2012a, 55-67).

Es concebible que un registro de escrituras pueda ser reemplazado por un sistema automático para datar los contratos privados y preservar sus contenidos, si las partes en dichos contratos privados no pueden manipular ambas funciones una vez que hayan firmado. Sin embargo, incluso en ese caso, aún es preciso que la ley establezca las reglas en que se sustenta la evidencia judicial: esto es, que establezca el valor de la *blockchain* como una fuente de evidencia para la adjudicación *in rem*. Por ejemplo, para que una *blockchain* produzca efectos *in rem*, todas las partes deben estar obligadas a expresar su voluntad a través de dicha cadena. Además, la ley debe confiar en aquellos que diseñan, implementan y —en cierta medida— gobiernan, o al menos afectan, al gobierno del sistema.

El informe oficial del proyecto piloto llevado a cabo en el condado de Cook, que incluye la ciudad de Chicago (YARBROUGH, 2017), concuerda con este análisis, ya que concluye que depender de un sistema de contratación P2P «sin permisos» sería demasiado costoso en términos de energía y obligaría a la mayoría de los propietarios a confiar en terceros. Todo ello lleva a los autores del informe a recomendar sistemas «con permisos» y a enfatizar el uso de *blockchain* para transmitir bienes y presentar títulos al registro, pero manteniendo el marco legal, según el cual «el registro público del condado es el único registro oficial» (YARBROUGH, 2017, 22). Además, la mayoría de los aspectos positivos destacados por el informe o bien no son exclusivos de *blockchain* (como sucede con la posibilidad de combinar transmisión y presentación en un solo evento); o bien mejoran la práctica registral con componentes que se emplean pero no definen la tecnología *blockchain* (en particular, Cook County ha decidido añadir el *hashing* de archivos para mejorar la integridad de los datos); o bien se refieren a aspectos ajenos al *blockchain* (como, por ejemplo, el consolidar en un solo sitio web la información hoy dispersa en varias oficinas gubernamentales o dificultar el fraude protegiendo las transmisiones con claves criptográficas).

Blockchain también puede reducir los costes de identificación de derechos y activos, haciendo viables nuevos tipos de registros. Podrían emerger así nuevas soluciones para derechos más detallados en el ámbito de la propiedad intelectual; y también registros completamente nuevos dedicados a ciertos activos de alto valor, como sugiere la iniciativa Everledger para registrar diamantes y otros activos especialmente valiosos. Obsérvese a este respecto que el ordenamiento privado goza de cierta ventaja cuando los derechos no son exigibles *in rem*, como sucede con activos que son «fácilmente portables, universalmente valiosos y prácticamente imposibles de rastrear», como los diamantes, lo que explica por qué la industria del diamante se ha basado tradicionalmente en un «sistema de distribución milenario que dependía de múltiples capas de intercambio personal» (RICHMAN, 2009). *Blockchain* conseguiría alterar dicha ventaja si fuese capaz de relajar dicha restricción, de modo que fuera económicamente viable identificar cada activo individual, uno de los objetivos establecidos del registro Everledger (LOMAS, 2015).

B. TRANSACCIONES Y REGISTROS SOCIETARIOS

El caso de los registros de empresas es en parte similar al de los registros de documentos. Sin embargo, las iniciativas como el *blockchain* de Ethereum podrían desafiar a los registros de las empresas, ya que su objetivo es crear organizaciones descentralizadas y autónomas virtuales que se definirían solo por un conjunto determinado de reglas que se ejecutan en el *blockchain*. En principio, estas organizaciones pueden organizarse de manera flexible, asignando funciones administrativas y contractuales especializadas de diferentes maneras.

Sin embargo, una perspectiva histórica arroja luz sobre la contribución potencial y las posibles dificultades de este enfoque contractual para la incorporación de la compañía. La experiencia de las sociedades irregulares (*unincorporated companies*) en el Reino Unido antes de la creación del registro de sociedades en 1844 proporciona información relevante a este respecto (HARRIS, 2000; ARRÚÑADA, 2010a, 558-62). En términos generales, sugiere que, incluso suponiendo una inmutabilidad perfecta de la *blockchain*, el respaldo explícito de la ley y las resoluciones judiciales es indispensable para evitar futuros conflictos *ex post* y para proporcionar a las partes la certeza necesaria *ex ante*.

Una iniciativa menos ambiciosa es la de desarrollar un estándar internacional para identificar entidades legales, conocido como el Registro de Organizaciones Legales (ROLO). Es revelador que, a pesar de estar liderado por la industria, dado que la mayoría de las transacciones son entre empresas, *business-to-business* (B2B), defienden la necesidad de aplicar ROLO «en cada nación», así como la presencia esperada de un elemento obligatorio. En particular, «inscribirse en un ROLO a un nivel de aseguramiento es voluntario; sin embargo, estar en ROLO

se volverá obligatorio como requisito futuro de alta seguridad, ciberseguridad y aseguramiento. También se puede esperar que sea obligatorio para contratistas públicos y empresas de sectores regulados». En Inglaterra, cuenta con el apoyo del registro de sociedades, la *Companies House* (COAKLEY, 2016).

Las implicaciones de *blockchain* son más claras en aquellas áreas societarias que son intrínsecamente contractuales. Por ejemplo, tiene el potencial de automatizar las transacciones en el área de las «acciones corporativas»: cualquier anuncio hecho por una sociedad que afecte a sus valores y que pueda requerir una acción por parte de los inversores o de sus agentes representativos. Los ejemplos incluyen el pago de dividendos y cupones, las ofertas para emitir o canjear valores, los *splits* de acciones, las fusiones y las segregaciones. La mayoría de estos datos se comunican hoy a los inversores a través de canales complejos, en los que participan proveedores de datos financieros, custodios de valores y gestores de fondos de inversión, que también han de transmitir las decisiones de los inversores en la dirección opuesta. En ambas direcciones, *blockchain* podría hacer todo el proceso mucho más eficiente y automático.

C. REGISTRO DE LA PROPIEDAD

Todos los registros de derechos incluyen un registro de documentos que toma la forma de su libro de entrada o «diario», libro que utilizan para establecer la prioridad antes de someter las transacciones privadas a la revisión o «calificación» registral. El análisis previo sobre los registros de documentos se aplica directamente a esta parte de los registros de derechos.

Además, en comparación con los registros de documentos y los registros de sociedades, los registros de derechos deberían verse menos afectados por *blockchain*, en la medida en que la calificación registral no puede ser ejercida fácilmente por un sistema automático (incluso por uno centralizado), pues confrontaría dificultades similares a las considerados anteriormente con respecto a la tarea de «completar» el contrato.

La solución histórica estándar al crear los modernos registros de propiedad ha consistido en reducir la variedad de derechos reales, definiendo un número menor y cerrado de tales derechos reales —el principio del *numerus clausus* tratado por MERRILL y SMITH (2000), HANSMANN y KRAAKMAN (2002) y ARRÚÑADA (2003)— y hacer que las transacciones de propiedad sean más «abstractas» (es decir, formales). Esta simplificación de los derechos de propiedad vale la pena en la medida en que hace posible el funcionamiento de los registros de derechos o, en general, reduce las asimetrías de información en el mercado (ARRÚÑADA, 2003, 416-23). Sin embargo, también puede ser costoso porque reduce el conjunto de derechos que se beneficia del enforcement *in rem*. En este sentido, la propuesta de tener parte de la transacción «fuera del

blockchain» podría terminar creando un proceso de transmisión en dos pasos similar a la separación entre las etapas «causal» y «abstracta», presente en muchos sistemas jurídicos como el alemán (KOHLER, 1996).

Además, en un sistema de propiedad completamente descentralizado, todas las personas se harían cargo de proteger sus derechos por sí mismas, ya que las reglas de evidencia utilizadas para establecer la prioridad deben ser las mismas para todas las partes que poseen derechos sobre ese tipo de activo. Tendrían por ello que conservar sus claves criptográficas y decidir sobre cualquier transacción que propusieran otras personas y que pudieran afectar a sus derechos. Como mencioné anteriormente, muchas personas, probablemente la mayoría, prefieren confiar, al menos parcialmente, en intermediarios privados e institucionales.

Las propuestas para aplicar *blockchain* en Registros de la Propiedad confirman este análisis. Por ejemplo, el mencionado proyecto sueco se limita, en esencia, a reorganizar la transmisión de derechos personales que precede a la transmisión de derechos reales⁶. Los cambios propuestos se asemejan así en parte a los introducidos en Nueva Zelanda en 2009 (ARRUÑADA 2010b), pero con una diferencia clave: el registro sueco retendría todos sus poderes para calificar las transacciones y aceptar o denegar la correspondiente inscripción en el Registro: «En la fase inicial, la base de datos del Lantmäteriet permanece intacta. Si bien las entradas en el *blockchain* se efectúan digitalmente y están sujetas a una serie de requisitos legales, lo que minimiza los errores en la información, es el Lantmäteriet quien recupera y verifica los cambios que se pretenden efectuar en el registro... Lantmäteriet está, en principio, completamente separado de la solución» (KEMPE, 2016, 33-34)⁷. Además, el Registro define también los activos y (supuestamente) la autoridad para contratar: «Lantmäteriet garantiza qué representación digital tiene cada inmueble» (KEMPE, 2016, 22). Para saber quién está autorizado a transmitir, el proyecto confía, en cambio, en la identificación mediante telefonía móvil, a lo que no es ajeno el hecho de que la compañía de telecomunicaciones Telia sea socia del consorcio promotor.

Por lo tanto, el único cambio substancial propuesto en el proyecto es el desarrollo de un *blockchain* para facilitar transmisiones electrónicas, lo que debe hacer posible que todas las partes involucradas trabajen con la misma información, reduciendo duplicaciones y errores. Adicionalmente, la aplicación proporcionaría a todas las partes acceso instantáneo a cualquier documento que se presente en el registro y pudiese afectar a la prioridad de los derechos objeto del negocio.

Por otra parte, el sistema está pensado para trabajar con «títulos de propiedad pendientes» durante todo el proceso de transmisión hasta que tiene lugar la correspondiente inscripción registral. Los promotores confían que todos estos títulos pendientes sean inscritos, pero esa confianza se basa en un supuesto de dudosa relevancia: el de que la causa de la mayoría de las negativas a inscribir

reside actualmente en errores burocráticos: «El riesgo de que el derecho no se inscriba se reducirá drásticamente, pues el sistema puede asegurar que la información que se requiere por ley es requerida por el sistema antes de que las partes puedan firmar» (KEMPE, 2016, 32). Sin embargo, aunque muchas de las actuales calificaciones negativas del registro se deban a errores burocráticos, es probable que las más importantes en términos de valor y seguridad jurídica sean las que impiden transacciones dudosas o incluso fraudulentas y en daño de terceros. En principio, no está claro cómo afectaría el nuevo sistema a la incidencia de este tipo de transacción intencionalmente defectuosa. Pero dos importantes consecuencias parecen probables. En primer lugar, las funciones desempeñadas por el Registro en el periodo supuestamente transicional se convertirán en características definitivas del sistema. De otro modo, existe el riesgo de transformar inadvertidamente un registro de derechos en un registro de documentos (ARRUÑADA, 2012, 210-12). En segundo lugar, acelerar todo el proceso y mantener el mismo nivel de seguridad jurídica requiere introducir una calificación registral avanzada en las primeras etapas. Esos títulos de propiedad «pendientes» se convertirían así en títulos «condicionales».

VI. CONCLUSIONES SOBRE EMPRESAS, CONTRATOS Y PROPIEDAD

Se afirma a menudo que *blockchain* no necesita confianza para funcionar. Sin embargo, lo que de hecho hacen no solo *blockchain* sino otras tecnologías institucionales y físicas que sostienen el intercambio impersonal es reemplazar la confianza entre las partes por la confianza de todas ellas en un intermediario, ya sea este un registro, un mercado «organizado» (como los de derivados financieros), un banco, un sistema de pago mediante tarjeta de crédito, etc. Los entusiastas de *blockchain* afirman que prescinde de los intermediarios, pero esta afirmación resulta exagerada: es más un Santo Grial que un objetivo realista. Este trabajo muestra los principales roles desempeñados por diferentes tipos de intermediarios dentro de ese universo *blockchain*. Su presencia tiene consecuencias clave para las oportunidades de especialización, la estrategia de las empresas y la estructura de los procesos de contratación y propiedad.

En primer lugar, es probable que las aplicaciones de *blockchain* tiendan a basarse en estructuras duales de transacciones causales y formales, siendo la etapa formal más abstracta, utilizando contratos más simples y empleando un menor número de derechos *in rem*, perdiendo la posibilidad de disponer de una variedad más amplia de tales derechos.

En segundo lugar, la estructura persona-a-persona de *blockchain* enfrenta dificultades insuperables para completar los contratos e interactuar con el mundo real, dos dificultades que se han enmarcado aquí en términos de los conceptos jurídicos de, respectivamente, derechos personales y reales.

En tercer lugar, para superar estas dificultades y complementar su estructura persona-a-persona, el desarrollo de *blockchain* alentará la proliferación de una miríada de nuevos especialistas para completar eficazmente los contratos, así como interfaces entre el mundo virtual y el real para la mayoría de los usuarios finales, al menos para activos valiosos.

En cuarto lugar, la aparición de agentes especializados reducirá algunos costes al precio de generar conflictos de intereses adicionales y aumentar por esta vía los costes de transacción. Esto abrirá oportunidades adicionales para el fraude y generará mayor demanda de regulación.

En términos más generales, debido al papel de los intermediarios, es probable que *blockchain* afecte a los costes de transacción en todo tipo de transacciones, modificando la ventaja comparativa de diferentes formas, viéndose afectado, por ejemplo, el grado óptimo de integración vertical y horizontal en empresas comerciales y otras organizaciones; e incluso la ventaja comparativa de los mercados y la política como mecanismos de información, decisión y asignación. Sin embargo, hoy por hoy no solo es dudoso el alcance sino el signo de muchos de estos impactos. Por lo tanto, contrariamente a muchas afirmaciones cotidianas, es discutible si *blockchain* realmente favorece las transacciones de mercado sobre las empresas comerciales, o en qué medida.

Por último, al *blockchain* le resultará más fácil habilitar transacciones en derechos personales que en derechos reales. Pasar del mundo personal al real requerirá interfaces e intervenciones e públicas (como mínimo, para la inscripción inicial de los activos y para establecer el estatuto del *blockchain* como prueba judicial). Por lo tanto, las aplicaciones de *blockchain* en transacciones de propiedad probablemente se limitarán a la notarización de documentos y la transmisión de pequeñas cantidades y transacciones basadas en la posesión, así como, a lo sumo, al uso de *blockchains* privadas para propósitos de archivo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ABHISHEK, D., y MATTHEW, R. (2016). Immutability & Auditability: The Critical Elements in Property Rights Registries. *2016 World Bank Conference on Land and Poverty*. The World Bank, Washington DC, 14-18 de marzo.
- ABRAMOWICZ, M. (2016). Cryptocurrency-Based Law. *Arizona Law Review* 58(2), 359-420.
- ALLISON, I. (2017). Blockchain-Based Ubitquity Pilots with Brazil's Land Records Bureau, *International Business Times*, 5 de abril.
- ANAND, A., MATTHEW, McK., y FRANK, P. (2016). Colored Coins: Bitcoin, *Blockchain*, and Land Administration. *2016 World Bank Conference on Land and Poverty*. The World Bank, Washington DC, 14-18 de marzo.
- ANAND, S. (2018). A Pioneer in Real Estate *Blockchain* Emerges in Europe: Sweden's Lantmäteriet Will Test Using *Blockchain* Technology for Property Sales. *The Wall Street Journal*, 6 de marzo.

- ANDREESSEN, M. (2014). Why Bitcoin Matters. *New York Times*, 21 de enero. <http://dealbook.nytimes.com/2014/01/21/why-bitcoin-matters>.
- ARRUÑADA, B., y VÁZQUEZ, X. H. (2006). When Your Contract Manufacturer Becomes Your Competitor. *Harvard Business Review*, 84(9), 135-45.
- ARRUÑADA, B. (2002). The Quasi-Judicial Role of Large Retailers: An Efficiency Hypothesis of their Relation with Suppliers. En Eric Brousseau y Jean-Michel Glachant, eds., *The Economics of Contracts: Theories and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 337-57.
- (2003). Property Enforcement as Organized Consent. *Journal of Law, Economics, and Organization*, 19(2), 401-44.
 - (2007). Market and Institutional Determinants in the Regulation of Conveyancers. *European Journal of Law and Economics*, 23(2), 93-116.
 - (2010a). Institutional Support of the Firm: A Theory of Business Registries. *The Journal of Legal Analysis*, 2(2), 525-76.
 - (2010b). Leaky Title Syndrome? *New Zealand Law Journal*, 115-20.
 - (2012a). *Institutional Foundations of Impersonal Exchange: Theory and Policy of Contractual Registries*. Chicago: University of Chicago Press.
 - (2012b). Property as an Economic Concept: Reconciling Legal and Economic Conceptions of Property Rights in a Coasean Framework. *International Review of Economics*, 59(2), 121-44.
 - (2015). The Titling Role of Possession. En Yun-chien Chang, ed., *The Law and Economics of Possession*. Cambridge: Cambridge University Press, 207-33.
 - (2016a). Coase and the Departure from Property. En Claude Ménard and Elodie Bertrand, eds., *The Elgar Companion to Ronald H. Coase*. Cheltenham UK: Edward Elgar Publisher, 305-19.
 - (2017). Property as Sequential Exchange: The Forgotten Limits of Private Contract. *Journal of Institutional Economics*, 13(4), 753-83.
- BLOCH, J. (2006). Extra, Extra - Read All About It: Nearly All Binary Searches and Mergesorts are Broken. <https://research.googleblog.com/2006/06/extra-extra-read-all-about-it-nearly.html>.
- BRENER, D. (2016). The Ugly Truth About Blockchain. *Medium*, 29 de septiembre. <https://blog.zeppelin.solutions/the-ugly-truth-about-blockchain-applications-73e55cad9582>.
- BUTERIN, V. (2015). On Public and Private Blockchains. *Ethereum Blog*, 7 de agosto. <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/>.
- CATALINI, C., y JOSHUA, S. GANS. (2016). Some Simple Economics of the Blockchain. *NBER Working Paper* 22952.
- CHANG, YUN-CHIEN, ed. (2015). *The Law and Economics of Possession*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CHROMAWAY. (2018). Blockchain and Future House Purchases: Third Phase to be Completed in April 2018. <http://chromaway.com/landregistry/>.
- COAKLEY, A. (2016). The Block Chain Network: Accelerating Adoption (Notes from a 2nd roundtable discussion about the block chain and distributed ledger technology). Sopra Steria. Londres, 25 de noviembre. <http://www.slideshare.net/AndrewCoakley1/blockchain-final-25112015-v11>.
- CONSENSYS. (2017). Introducing OpenLaw. *Medium*, 25 de julio. <https://media.consenSys.net/introducing-openlaw-7a2ea410138b>.

- COOTER, R., y THOMAS, U. (2008). *Law And Economics*, 5.^a ed., Pearson: Boston.
- EVANS, D. S. (2014). Economic Aspects of Bitcoin and Other Decentralized Public-Ledger Currency Platforms. University of Chicago, Coase-Sandor Institute for Law & Economics, *Working Paper* 685, abril. <http://www.law.uchicago.edu/files/file/685-dse-economic.pdf>.
- HADFIELD, G. K., e IVA BOZOVIC. (2016). Scaffolding: Using Formal Contracts to Support Informal Relations in Support of Innovation. *Wisconsin Law Review*, 5, 981-1032.
- HALABURDA, H. (2018). *Blockchain Revolution Without the Blockchain*. Bank of Canada, *Staff Analytical Note* 2018-5. Ottawa. <https://www.bankofcanada.ca/2018/03/staff-analytical-note-2018-5/>.
- HANSMANN, H., y REINIER KRAAKMAN. (2002). Property, Contract, and Verification: The *Numerus Clausus* Problem and the Divisibility of Rights. *Journal of Legal Studies* 31(2), S373-S420.
- HARRIS, RON. (2000). *Industrializing English Law: Entrepreneurship and Business Organization, 1720-1844*. Cambridge University Press: Cambridge.
- HAYEK, F. A. (1945). The Use of Knowledge in Society. *The American Economic Review*, 35(4), 519-30.
- KEMPE, M., ed. 2016. The Land Registry in the *Blockchain*: A Development Project with Lantmäteriet, Telia Company, ChromaWay and Kairos Future. *White Paper*. Estocolmo.
- KLEIN, B., y KEITH B. LEFFLER. (1981). The Role of Market Forces in Assuring Contractual Performance. *Journal of Political Economy* 89(4), 615-41.
- KOHLER, J. (1996). The Law of Rights in *Rem*. En W. F. Ebke and M. W. Finkin, eds., *Introduction to German Law*. The Hague: Kluwer, 227-50.
- KROLL, J. A., IAN C. D., y EDWARD W. FELTEN. (2013). The Economics of Bitcoin Mining, or Bitcoin in the Presence of Adversaries, 12th Workshop on the Economics of Information Security (WEIS 2013) Washington, DC, 11-12 de junio. <http://www.econinfosec.org/archive/weis2013/papers/KrollDaveyFeltенWEIS2013.pdf>.
- LESSIG, L. (1999). *Code, and Other Laws of Cyberspace*. Basic Books: New York.
- LESSIG, L.. (2006). *Code: Version2.0*. Basic Books: New York.
- LOMAS, N. (2015). Everledger Is Using *Blockchain* To Combat Fraud, Starting With Diamonds, *Tech Crunch*, 29 de junio. <https://techcrunch.com/2015/06/29/everledger/>.
- MERRILL, T. W., y HENRY E. SMITH. (2000). Optimal Standardization in the Law of Property: The *Numerus Clausus* Principle. *Yale Law Journal*, 110(1), 1-70.
- MIZRAHI, A. (2016). A *Blockchain*-Based Property Ownership Recording System. Chroma Way. <http://chromaway.com/papers/A-blockchain-based-property-registry.pdf>.
- NARAYANAN, A., BONNEAU, J., FELTEN, E., MILLER, A., y GOLDFEDER, S. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*, Princeton University Press: Princeton.
- REDMAN, J. (2017). The Bitcoin Exchange Thefts You May Have Forgotten. *Bitcoin News*, 3 de febrero. <https://news.bitcoin.com/bitcoin-exchange-thefts-forgotten/>
- RICHMAN, B. D. (2009). Ethnic Networks, Extralegal Certainty, and Globalisation: Peering into the Diamond Industry. En Volkmar Gessner, ed., *Contractual Certainty in International Trade: Empirical Studies and Theoretical Debates on Institutional Support for Global Economic Exchanges*. Oxford: Hart Publishing, 31-49.

- SASSE, M. A. (2016). Security and Privacy. En Mark Walport, ed., *Distributed Ledger Technology: Beyond Block Chain*. London: Government Office for Science, 47-51.
- SEHRA, A. (2016). Building a Decentralised Ecosystem. *Slideshare*, 18 de agosto. https://www.slideshare.net/arcatomia/ethereum-classic-18-august-2016?qid=f687c929-6875-4c92-9f42-422ceaba64cc&v=&b=&from_search=7.
- SHAPIRO, C. (1983). Premiums for High Quality Products as Returns to Reputations». *The Quarterly Journal of Economics*, 98(4), 659-80.
- STINCHCOMBE, K. (2018). *Blockchain* is Not Only Crappy Technology But a Bad Vision for the Future. *Medium*, 5 de abril. <https://medium.com/@kaistinchcombe/decentralized-and-trustless-crypto-paradise-is-actually-a-medieval-hellhole-c1ca122efdec>.
- SZABO, N. (1997). The Idea of Smart Contracts. *Nick Szabo's Papers and Concise Tutorials*. http://szabo.best.vwh.net/smarts_contracts_idea.html.
- SZABO, N. (1998-2005). Secure Property Titles with Owner Authority. <http://szabo.best.vwh.net/securetitle.html>.
- TAPSCOTT, D., y TAPSCOTT, A. (2016). *Blockchain* Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World. Penguin: New York.
- TAYLOR, S. (2016). Definitions. En Mark Walport, ed., *Distributed Ledger Technology: Beyond Block Chain*. London: Government Office for Science, 17-18.
- The Economist*. (2015). The Trust Machine, 31 de octubre.
- The Economist*. (2016). Not-so-Clever Contracts, 28 de julio.
- THOMAS, R., LOW, R. y GRIGGS, L. (2013). Australasian Torrens Automation, Its Integrity, and the Three Proof Requirements, *New Zealand Law Review*, 2, 227-262.
- THOMAS, R., y HUANG, C. (2016). *Blockchain*, the Borg Collective and Digitalisation of Land Registries, *The Conveyancer*, December.
- VIGNA, P. (2016). Ethereum Gets Its Hard Fork and the ‘Truth’ Gets Tested, *Money Beat, WSJ Blog*, July 20. <http://blogs.wsj.com/moneybeat/2016/07/20/ethereum-gets-its-hard-fork-and-the-truth-gets-tested/>.
- WALPORT, M., ed. (2016). *Distributed Ledger Technology: Beyond Block Chain*. London: Government Office for Science. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492972/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf.
- WILLIAMSON, O. E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*, Free Press: Nueva York.
- WRIGHT, A., y PRIMAVERA DE, F. (2015). Decentralized *Blockchain* Technology and the Rise of Lex Cryptographia». 10 de marzo. <http://www.ssrn.com/abstract=2580664>.
- YARBROUGH, K. A. (2017). *Blockchain Pilot Program Final Report* 32-34. Cook County Recorder of Deeds: Chicago. <http://cookrecorder.com/wp-content/uploads/2016/11/Final-Report-CCRD-Blockchain-Pilot-Program-for-web.pdf>.

NOTAS

¹ A lo largo del artículo, me referiré tanto a «el» como a «la» *blockchain*, por ser tanto *un* sistema como *un* libro mayor, *una* cadena de bloques y *una* tecnología.

² Véanse, para sendas visiones críticas de las posibilidades de *blockchain*, con planteamientos más y menos teóricos, respectivamente, Halaburda (2018) y Stinchcombe (2018).

³ «The Trust Machine», *The Economist*, 31 de octubre, 2015.

⁴ «Not-So-Clever Contracts», *The Economist*, 28 de julio, 2016.

⁵ Véase, por ejemplo, la propuesta de OpenLaw:

«OpenLaw ofrece ‘plantillas jurídicas’ que se pueden mejorar utilizando nuestro lenguaje de ‘Legal Markup’, que opera de forma similar a los ‘texto wiki’ de Wikipedia pero con funciones adicionales, las cuales permiten a cualquier persona añadir información lógica y contextual a la prosa jurídica tradicional.

Este lenguaje acelera la penosa preparación de acuerdos legales, reduciendo drásticamente el tiempo necesario para generar y ejecutar una variedad de contratos, y no solo acuerdos simples. Cualquiera puede crear una plantilla, a menudo en cuestión de minutos, e identificar con rapidez las variables clave y los términos opcionales de un acuerdo.

Una vez que se crea una plantilla, la interfaz guía al usuario a través de las áreas que suelen ser personalizadas en cada acuerdo y regenera automáticamente los documentos en tiempo real dependiendo de las entradas del usuario» (Consensys, 2017).

⁶ Véase, sobre todo, Kempe (2016, 27-31), así como Mizrahi (2016); y también ChromaWay (2018) para una demostración interactiva acerca de cómo se realizaría la compra de una propiedad usando la tecnología *blockchain*. En 2018, aún no se habían iniciado las pruebas piloto (Anand 2018). Otros proyectos menos ambiciosos suelen usar el *blockchain* solo como mero depósito de datos para preservar los índices del registro (Allison, 2017).

⁷ Como cabría esperar, la interacción del *blockchain* con el registro sería mínima: «El *blockchain* para las transacciones es de código abierto y es validado por Lantmäteriet, pero puede ser verificado por cualquiera. La cadena de autorización, firmando con una ID de Telia, etc., puede ser editada. El *blockchain* almacena las claves de verificación del recibo y el contrato de compra. Una parte externa puede almacenar los documentos originales y sus claves de verificación, pero también puede almacenarlos digitalmente cada parte del acuerdo (banco, comprador, vendedor, agente, etc.). De este modo, tanto los documentos como las claves de verificación permanecen almacenados en múltiples ordenadores, lo que crea redundancia. Las claves se registran también en un *blockchain* externo, por lo que cada parte está segura de que, si las demás partes sufren una pérdida de datos, ella puede, por sí sola, recrear y demostrar toda la cadena de eventos» (Kempe, 2016, 33).

(Trabajo recibido el 22-3-2018 y aceptado para su publicación el 17-7-2018)