

Criptomonedas y *blockchain* en la adolescencia

Cryptocurrencies and blockchain in adolescence

Criptomoedas e blockchain na adolescência

Agustín Barroilhet

ORCID: 0000-0002-2646-9750

Universidad de Chile

Correo: agustin@derecho.uchile.cl

Recibido: 31/12/2021

Aceptado: 16/05/2022

Resumen: El 31 de octubre de 2008 Satoshi Nakamoto publicó su famoso White paper con las bases técnicas, computacionales e ideológicas de las criptomonedas. Y el 3 de enero de 2009 se lanzó Bitcoin. Las criptomonedas y las tecnologías de registro distribuido están en la adolescencia, pero sus futuros se visualizan disímiles. Este trabajo analiza cómo la tecnología de las criptomonedas ha madurado, especialmente en lo que se refiere a sus estructuras de registro distribuido, y cómo estas últimas se han consolidado con un potencial transformador en el derecho y en la economía que recién empezamos a reconocer. Esta madurez se contrasta con las amenazas que se ciernen sobre las criptomonedas. Ya se han denunciado reiteradamente los problemas financieros y de sustentabilidad de algunas de las monedas más populares. A lo que se suma que ahora las autoridades monetarias y bancos centrales estudian emitir activos digitales (CDBC), que otorguen algunas de las prestaciones que actualmente otorgan las criptomonedas. Esto podría disminuir sustancialmente la cuota de mercado de estas últimas y, por tanto, su valor de cambio o valor de uso.

Palabras clave: criptomonedas; blockchain; tecnologías de registro distribuido; regulación; Latinoamérica; Bitcoin.

Abstract: On October 31, 2008, Satoshi Nakamoto published his famous White paper with the technical, computational, and ideological foundations of cryptocurrencies. On January 3, 2009, Bitcoin was launched. Cryptocurrencies and distributed ledger technologies are, thus, in their teens but their following different paths. In this paper I analyze how the technology of cryptocurrencies has matured, especially regarding distributed registry structures, and how the latter have consolidated a transforming potential in law and in the economy that we are just recognizing. This maturity is contrasted with the threats that hang over cryptocurrencies themselves. The financial and sustainability problems of some of the most popular currencies have already been repeatedly denounced. What is more, now monetary authorities and central banks are studying issuing digital assets (CDBC) that provide some of the benefits currently provided by cryptocurrencies. This could substantially reduce the market share of the latter and, therefore, their exchange value or use value.

Keywords: cryptocurrencies; blockchain; distributed ledger technologies; regulation; Latin America; Bitcoin.

Resumo: Em 31 de outubro de 2008, Satoshi Nakamoto publicou seu famoso "White Paper" com os fundamentos técnicos, computacionais e ideológicos das criptomoedas. Em 3 de janeiro de 2009, o Bitcoin foi lançado. Criptomoedas e tecnologias de contabilidade distribuída estão na adolescência, mas seus futuros parecem mistos. Neste artigo analiso como a tecnologia das criptomoedas amadureceu, especialmente no que diz respeito às suas estruturas de registro distribuído, e como estes últimos se consolidaram com um potencial transformador no direito e na economia que estamos apenas começando a reconhecer. Essa maturidade é contrastada com as ameaças que pairam sobre as próprias criptomoedas. Os problemas financeiros e de sustentabilidade de algumas das moedas mais populares já foram repetidamente denunciados. Além disso, agora as autoridades monetárias e bancos centrais estão estudando a emissão de ativos digitais (CDBC) que fornecem alguns dos benefícios atualmente fornecidos pelas criptomoedas. Isso poderia reduzir substancialmente a participação de mercado destes últimos e, portanto, seu valor de troca ou valor de uso.

Palavras-chave: criptomoedas; blockchain; tecnologias de registro distribuído; regulação; América Latina; Bitcoin.

Introducción

El 31 de octubre de 2008 Satoshi Nakamoto publicó su famoso white paper con las bases técnicas, computacionales e ideológicas de las criptomonedas. Y el 3 de enero de 2009 se lanzó Bitcoin. Las criptomonedas y las tecnologías de registro distribuido están en la adolescencia, pero sus futuros se visualizan disímiles. Este trabajo analiza cómo la tecnología de las criptomonedas ha madurado, especialmente en lo que se refiere a sus estructuras de registro distribuido, y cómo estas últimas se han consolidado con un potencial transformador en el derecho y en la economía que recién empezamos a reconocer. Esta madurez se contrasta con las amenazas que se ciernen sobre las criptomonedas mismas. Ya se han denunciado reiteradamente los problemas financieros y de sustentabilidad de algunas de las monedas más populares. Pero ahora en el horizonte crece una amenaza nueva. Autoridades monetarias y bancos centrales estudian emitir activos digitales (CDBC) que otorguen algunas de las prestaciones que actualmente otorgan las criptomonedas. Esto podría disminuir sustancialmente la cuota de mercado de estas últimas y, por tanto, su valor de cambio o valor de uso.

La primera parte del artículo revisa las tecnologías de registro distribuido que nacieron en conjunto con las criptomonedas. En ella se revisa en qué consiste las tecnologías de registro distribuido, por qué estas reemplazan la confianza, y cómo logran coordinarse y remover la intermediación. También se describen algunos usos actuales y proyectados de las tecnologías de registro distribuido, que están revolucionando algunas instituciones legales.

La segunda parte se enfoca en las amenazas sobre las criptomonedas, que es uno de los usos de las tecnologías de registro distribuido. Las criptomonedas se llevaron inicialmente mucha atención debido a su explosivo aumento de valor empujado por un grupo de usuarios pioneros. Pero estas tienen algunos problemas financieros y de sustentabilidad, y además escasas barreras técnicas de entrada, lo que implica que pueden ser desplazadas por monedas oficiales. Aquí se revisa en qué consisten las criptomonedas y cuáles son sus usos, luego se describen los problemas que ya han sido detectados por la literatura, y finalmente se describen las amenazas que se ciernen en el horizonte con las criptomonedas oficiales.

Las tecnologías de registro distribuido alcanzado la adolescencia

Las criptomonedas y las tecnologías de registro distribuido que las hacen posibles tienen 13 años. Las últimas se han consolidado con un potencial transformador en el derecho y en la economía que recién empezamos a reconocer (Barroilhet, 2019). Para visualizar sus contornos, es útil revisar el concepto de tecnologías de registro distribuido, la técnica involucrada y algunos de sus usos actuales y previstos. El objetivo es dejar sobre la mesa los desafíos que esta familia de tecnologías tiene por delante.

Las tecnologías de registro distribuido (DLT)

Las tecnologías de registro distribuido, conocidas como DLT por su nombre en inglés (Distributed Ledger Technologies), se crearon conceptualmente a propósito de introducir las criptomonedas (Maupin, 2017; Reyes, 2016). La más conocida de ellas es la *blockchain* de Bitcoin. Esta guarda registro de las transacciones de la conocida criptomoneda. *Blockchain* se encarga de que las operaciones que se realicen con Bitcoin queden registradas con poca latencia para que nadie pueda pagar dos veces con la misma moneda. Esto elimina el conocido problema del doble pago que durante décadas impidió que datos esencialmente replicables pudieran utilizarse como medio de pago. Como señalan Kursh y Gold, *blockchain* vino a solucionar “dos de los aspectos más riesgosos de la vida y los negocios en internet: las transacciones y la confianza” (2016, p.6). Una comparación con el mundo físico y el uso de dinero electrónico en el *ecommerce* ilustran la utilidad de las DLT.

Una transacción en el mundo físico está sujeta a una serie de limitaciones fácticas. La figura más simple es el truco. En el trueque las partes se presentan físicamente a la

transacción y tienen control de lo que están entregando y no pueden duplicarlo (Graf, 2014). En figuras como el truco no es necesario resguardar la confianza en que las partes entregarán el objeto del intercambio. Un profesor y un ladrón pueden intercambiar cosas de forma legalmente válida sin saber quién es quién. Cuando se trata de compraventas presenciales, el dinero de curso legal cumple una función similar. Asumiendo que se trata de dinero real, su uso hace innecesario resguardar la confianza en la medida de que el dinero circule y, por tanto, sea efectivo. Construir confianza solo es necesario para contratos con obligaciones diferidas. El derecho civil y, en particular, el derecho de las obligaciones se enfoca en este problema. Una explicación tradicional es que el derecho cumple la función de disminuir costos de transacción y hacer menos costosa o innecesaria la confianza (Posner, 2008).

Al contrario de lo que sucede en el mundo físico, en internet cuando dos desconocidos realizan una transacción a distancia, no tienen ninguna de las restricciones fácticas que implican entregar un objeto o entregar efectivo. De partida, los medios digitales les proveen un velo de anonimato. No deben presentar su cuerpo físico a la transacción, ni mostrar el objeto a transar. Ese simple hecho, que inhabilita la percepción, obliga a construir un ambiente donde la confianza sea relevante. Los grandes portales de *ecommerce* son un buen ejemplo de cómo se realiza esta construcción.

Amazon, Alibaba, o Mercado Libre tienen reglas estrictas para intentar identificar y registrar a los mercantes y compradores según las regulaciones de cada país. Con ello buscan fijar un identificador único (porque las identidades son únicas) para inducir a las partes a cumplir los acuerdos que realicen en la plataforma. El mecanismo *enforcement* que utilizan es la amenaza de dañar la reputación o excluir de la plataforma a quienes traicionen la confianza (Keser, 2002). Estas sanciones se fundamentan en que quienes se involucran con una plataforma son jugadores repetidos que, por tanto, tiene incentivos para permanecer en la plataforma y cumplir.

Siguiendo la comparación con el mundo físico, dos desconocidos que transan por internet no necesitan presentar los bienes para que una transacción remota se perfeccione. Los portales de internet, intermediarios habituales en las transacciones, gastan una gran cantidad de recursos en logística para asegurarse de que se envíen y se entreguen las cosas transadas por internet. Quizás más importante, estos les imponen contractualmente a las partes mecanismos de solución de conflictos para resolver los inconvenientes que implicaría recurrir a las normativas de distintos países en caso de

incumplimiento. Estos mecanismos son tremendamente complejos, pues se apoyan, a su vez, en contratos negociados con cada uno de los intermediarios; además de los correspondientes seguros. Los mecanismos de solución de controversias efectivos requieren contratos con bancos, emisores de tarjetas de crédito, portales de procesamiento de pagos, bodegas, logística, *couriers*, etc., todos pueden fácilmente cruzar fronteras.

La construcción de la confianza de una transacción por internet no solo se basa en el funcionamiento del portal donde se produce la transacción; sino en una confianza en el dinero electrónico que reemplaza el envío de efectivo.

Cuando dos personas se envían pagos por internet no están confiando realmente en la contraparte. Están confiando en que los bancos, los operadores de tarjetas de crédito involucrados, los procesadores de transacciones, etc., tratarán el dinero como si se tratara de dinero físico y darán cuenta de las transacciones y órdenes de pago como si fueran cheques o notas escritas. Ciertamente, el dinero físico puede ser falso. Pero ni siquiera el dinero falso puede entregarse dos veces como podría suceder con el dinero electrónico (Barroilhet, 2019). Toda persona razonable sabe que los billetes no se mueven físicamente en una transacción electrónica. Pero deben creer, no obstante, que el registro será acucioso y que lo que salió de su cuenta electrónica fue lo que aumentó la cuenta de la persona a la que se le envió el dinero. Como señalan Gans y Halaburda (2015), el dinero electrónico es la “capa digital” del dinero corriente y, se supone, debe funcionar igual.

Como muestra lo anterior, el *ecommerce* y el uso del dinero electrónico requieren de confianza. Esta se construye sobre la base de la existencia de intermediarios poderosos y de una infraestructura contractual muy compleja, que permite a partes desconocidas involucrarse sin miedo en una transacción (Qin, 2009). Esta infraestructura otorga algunas de las certezas que otorgan las transacciones que se producen cara a cara y con dinero físico, pero se basan en una confianza distinta. Lo que los consumidores hacen al comprar en un portal o pagar servicios online, es transar y confiar en los intermediarios, que son quienes responden. Es Mercado Libre el que debe debitar la tarjeta de crédito de un comprador si su sistema de tracking muestra que las mercancías adquiridas no llegaron a destino.¹

¹ En este sentido los portales de *ecommerce* no son radicalmente distintos a *retailers*, que deben responder solidariamente por la seguridad de los productos que venden según las distintas normativas que protegen a los consumidores. Ver, por ejemplo, arts. 46 y subsiguientes de la Ley n.º 19.496 (Chile).

La diferencia que existe entre los DLT y la confianza en el *ecommerce* y el dinero electrónico es que en estos últimos el o los intermediarios inevitablemente adquieren un amplio poder sobre las partes. Sus políticas y protocolos internos están diseñados para ser neutros entre las partes, pero no respecto de sí mismos. Como ha señalado Lina M. Khan (2016), los intermediarios que dominan el intercambio en internet se han convertido en infraestructura crítica para otros negocios y han explotado a su favor la información que obtienen de las transacciones. Este es un ejemplo patente de los inconvenientes de la intermediación. La existencia de intermediarios también podría ser inadecuada para el envío de dinero en algunos casos donde se desea certeza absoluta o donde la información agregada le da una ventaja al intermediario. Un intermediario inescrupuloso o forzado por alguna autoridad nacional podría dejar de cursar una operación, como sucede con una institución financiera antes de derrumbarse o cuando opera un embargo judicial.

Fuera del ámbito estrictamente financiero nadie querría, por ejemplo, que Amazon fuera la oficina de patentes, o quien resguardara los títulos de propiedad, o las voluntades de un testamento, o que conociera la identidad de algunos de sus clientes o proveedores. En efecto, se ha denunciado reiteradamente que Amazon ha copiado con marcas propias productos exitosos que no están patentados, incrementado su poder de mercado (Kim, 2021; Palmer, 2020). También es habitual que esta empresa contacte a fabricantes de productos exitosos para reemplazar a los intermediarios que inicialmente colocan productos exitosos en su plataforma (Mattioli, 2020).

La comparación con el *ecommerce* y las transacciones en internet que funcionan con una confianza construida o intermediada permite ilustrar por contraste la utilidad de un registro descentralizado o autónomo, como *blockchain*, para múltiples usos más allá de guardar los registros de transacciones en criptomonedas.

La literatura habitualmente destaca a *blockchain* como la tecnología propuesta por Nakamoto para Bitcoin que impidió el problema del doble pago –que una moneda digital se use dos veces– (Bonneau et al., 2015). Esto es cierto. Sin un registro no se podría haber tenido certezas de la duplicación de monedas en el ámbito digital porque los archivos encriptados pueden duplicarse y, por tanto, una moneda enviada a dos personas al mismo tiempo frustraría un pago digital. Pero esta verdad opaca un aspecto más importante de esta tecnología y que ahora muestra sus usos: su descentralización o ausencia de intermediarios, o lo que desde Nakamoto se denomina un registro *trustless* (que no requiere confianza). Los DLT hacen que la confianza en los intermediarios sea

innecesaria. A esto a veces se le denomina la confianza en la prueba criptográfica. Como bien señalan Bratspies (2018) y McGinnis (2020), para transar en una DLT solo se necesita confiar en la DLT y el trabajo de sus nodos. Esta es la verdadera herencia computacional revolucionaria de las criptomonedas (Berg et al., 2018; Kiviat, 2015; Tapscott & Tapscott, 2016). Las DLT permiten guardar registros de datos y operar con ellos sin intermediarios para distintos fines.

Al contrario de lo que sucede con los titanes del *ecommerce*, un registro descentralizado como *blockchain* no les da ningún poder a terceros respecto de las bitcoins que se transan. Las transacciones en *blockchain* no son reversibles, ni rechazables, nadie puede ordenar que una transacción se retenga o se revierta. Las transacciones que se registran, el registro mismo, no está sujeto a la jurisdicción de ningún país. Análogamente, una DLT es una intermediaria neutra y lo es no solo entre las partes, también es neutra respecto de sí misma. Una DLT realmente descentralizada y abierta no obtiene ninguna ventaja informacional sobre las partes porque toda su información está disponible para todos los participantes. Por ello sirven como excelente prueba para el registro de patentes, inventos, para control de cadenas logísticas, para registros de propiedad y una infinidad de usos, algunos de estos se desarrollan más adelante.

Podemos, entonces, definir las tecnologías de registro distribuido (DLT) como una técnica de registro digital de transacciones automatizado que: (1) en general e idealmente no puede ser influido por la voluntad individual de quienes lo mantienen;² (2) puede ser verificado por cualquiera que tenga acceso a él,³ (3) da certeza de los datos registrados y el orden cronológico de los mismos y, por tanto, facilita acuerdos sin necesidad de confianza.

El consenso en las tecnologías de registro distribuido

Los sistemas de bloques de datos concatenados y distribuidos, las DLT, deben recibir un *input* o entrada de información que sea, a su vez, verdadera. De otra forma podrían registrarse datos falsos. Es decir, aunque nadie tiene el control de un DLT, las

² Si bien es posible que en ciertos casos un individuo, un grupo de individuos o una entidad tengan la posibilidad técnica de influir en un registro del tipo DLT por tener un peso relevante en la autorización de transacciones o en los nodos que mantienen el registro, especialmente cuando un DLT usa el sistema de la prueba de interés (*proof-of-stake*) para lograr consenso, influir en un registro va contra el uso ideal de un DLT y puede mermar la confianza pública en el mismo, pues esta se basa en que se trate precisamente de un registro *distribuido*, en oposición a uno concentrado o centralizado.

³ Ver Andolfatto (2021).

transacciones que se van registrando deban ser autorizadas o validadas (Low & Mik, 2019). La validación, que no puede depender de una autoridad, pues una DLT no es un mecanismo de respaldo de datos, se produce por lo que se denomina *el consenso*. Este concepto no corresponde exactamente al significado natural o legal de dicha palabra. El consenso no es un acuerdo ni una votación. La forma en que se llega al consenso depende del tipo de DLT de que se trate. Las DLT totalmente descentralizadas son el estándar dorado y el caso más general. Por ello se desarrolla el ejemplo más conocido, *blockchain*, la DLT de Bitcoin.

En *blockchain* el consenso que valida los datos que entran al registro se produce por el reconocimiento colectivo de la validez de las transacciones que hacen los computadores de la red denominados *mineros*, frente a la propuesta de uno solo de ellos que ha resuelto un problema matemático con alto grado de aleatoriedad y que requiere mucha inversión en procesamiento. Esta regla de coordinación, que se denomina prueba-de-trabajo, funciona automáticamente de la siguiente forma:

Todos los computadores mineros de la red están todo el tiempo intentando agregar bloques de información al registro de *blockchain* y compiten por hacerlo. La información que intentan agregar son bloques de transacciones de criptomonedas que a priori los mineros consideran válidas. Los datos de estas transacciones provienen de softwares que se denominan billeteras y que tienen las instrucciones de pago de sus respectivos dueños. Cuando una persona da una orden de pago de Bitcoin en la billetera en un teléfono celular, lo que está haciendo es postear una transacción a la red para que mineros la validen agregándola a un bloque que quedará eventualmente en la *blockchain*. Los mineros hacen este esfuerzo de tratar de agregar bloques a la red porque la misma red les paga en bitcoins cuando logran incorporar un bloque a la cadena. Este pago tiene dos componentes: un porcentaje de las transacciones que van en el bloque que proponen agregar a la red, y un premio adicional en nuevas monedas que entran en circulación por cerrar el bloque. Está programado que este último componente desaparezca cuando existan 21 millones de monedas en circulación.

Pero no todos los mineros logran agregar bloques a la cadena, ni toda la información que se propone a la cadena queda automáticamente incorporada. El derecho a cerrar un bloque o agregarlo a la cadena lo tiene exclusivamente el minero que resuelve un problema matemático muy complejo con una alta dosis de aleatoriedad (que se complejiza cada vez más y demanda cada vez más energía para el procesamiento computacional). Esto implica que los mineros deben invertir muchos recursos reales

para tratar de ganarse el premio en bitcoins de agregar un bloque a la *blockchain*. Y la suma de la suerte con esfuerzo o trabajo que permite resolver el problema es la base del consenso. Este se produce cuando el resto de la red le reconoce a un minero dos condiciones: que su solución al problema propuesto para el bloque que se trata de cerrar es válida, y que las transacciones que propone incorporar son válidas también, es decir, que están correctamente concatenadas con la información que ya existe en la *blockchain*.

La forma de generar el consenso, descrita en los párrafos anteriores, se denomina *prueba de trabajo (proof-of-work)*, y si los computadores pudieran verbalizar lo que están haciendo cuando llegan a un consenso, dirían algo del siguiente tenor:

Reconocemos que el trabajo del minero X es válido, porque las transacciones que propone nos hacen sentido dada la información existente en la cadena, y porque le costó mucha inversión de energía resolver el problema matemático que le dio derecho a cerrar el bloque que propuso. Sabemos que a cada uno de nosotros individualmente nos convendría desconocer el resultado porque estamos perdiendo todo lo que llevábamos trabajado para cerrar este mismo bloque y la red ahora no nos pagará nada. Pero nos conviene que estas sean las reglas para poder competir por el bloque siguiente. El que se quiera quedar disputando la validez del cierre del bloque ya cerrado que lo haga a su propio riesgo. La mayoría de nosotros consideraremos que el bloque está bien cerrado y empezaremos a competir por cerrar el bloque siguiente. Con esta decisión la verdad queda fijada.

La razón por la cual el consenso en la *blockchain* genera información fiable o consistente se basa en que nadie se arriesgaría a invertir esfuerzo y recursos del mundo real para resolver el problema que la red propone incorporando transacciones falsas que luego la mayoría de la red rechaza. Eso sería desperdiciar dinero real gastado en la energía necesaria para cerrar el bloque. Mentir solo tiene sentido cuando un grupo muy potente de computadores ataca alguna DLT con tal capacidad computacional que alteran el consenso, aceptando transacciones que son falsas, modificando la historia de la cadena desde el momento del ataque en adelante. Esto se lo denomina ataque del 50%+1. Pero esto solo parece haber afectado a algunas monedas nuevas. La *blockchain* de Bitcoin es particularmente sólida a este respecto porque los mineros están dispersos por todo el planeta.

Vale la pena consignar que la prueba de trabajo no es la única forma que tiene una DLT de llegar al consenso. Otras formas de obtener consenso es dar un peso mayor en la resolución del problema a aquel que tiene más monedas, lo que se denomina *prueba de interés (proof-of-stake)*, o cerrar el grupo de mineros a quienes estén previamente validados o federados, y así disminuir los requerimientos computacionales y el gasto energético de la red para mantener el registro, sin perjuicio del derecho de nodos de la red a consultar el DLT (Liu et al., 2020, p. 397). Esto se tratará más adelante, a propósito de las críticas a las criptomonedas.

Ventajas y usos de las tecnologías de registro distribuido. La herencia de las criptomonedas

Existen diversas ventajas de mantener un registro descentralizado o distribuido en muchos ambientes. Desde ya para el caso de las criptomonedas, una DLT genera un sistema de pagos que funciona independientemente de cualquier autoridad o gobierno, pero con la misma eficacia y mayor certeza entre las partes. Este fue el objetivo inicial de la creación de *blockchain* (Nakamoto, 2009). El creciente uso de algunas de las criptomonedas existentes atestigua que, efectivamente, han sido consideradas un medio de pago entre partes anónimas. El uso para fines ilícitos confirma, irónicamente, esta efectividad (FATF, 2020; Oberheiden, 2021).

Las DLT también sirven para mantener riqueza en activos alternativos, como las criptomonedas. Un banco central puede ignorar las señales de inflación, ser capturado por un gobierno y perder su independencia. Una DLT no tiene ninguno de estos riesgos. El uso de una DLT en el caso de las criptomonedas garantiza que nadie podrá abusar de la posición de control sobre el registro de criptomonedas para duplicar, o emitir nuevas monedas, y, por tanto, imponer señoreaje o generar devaluación de la misma (Barroilhet, 2019; McGinnis, 2020). Por eso las criptomonedas han sido refugio en ciertas economías con políticas monetarias insensatas y opresivas (Cifuentes, 2019; Haesly, 2016).

Otra ventaja de los DLT es el ahorro de costos a los usuarios en las transacciones. Esta ventaja se debería a la comodidad, seguridad y comisiones, que son comparativamente menores a las que cobran otros servicios de transferencias de dinero en el caso de las criptomonedas. Como señala el portal PYMNTS (2021), las criptomonedas se están convirtiendo en la forma preferida de enviar pagos al extranjero,

teniendo a finales de 2021 aproximadamente el 40 % del mercado de envío de remesas desde Estados Unidos (ETF Trends, 2021).

Fuera de las ventajas para las criptomonedas, los DLT tienen otros atractivos para usos que están comenzando a ser explotadas.

En una DLT pueden guardarse distintos tipos de datos, de hecho, todo tipo de datos respecto de los que se quiera mantener una certeza y un *timestamp*. Esto implica que sirven para registrar transacciones de cualquier tipo de *token* o título digital, mantener registro de derechos sobre bienes, dejar voluntades, testamentos, votaciones colectivas, etc., y permitir que la titularidad sobre los *tokens* se transfiera sin necesidad de intermediarios. Un prominente uso es la coordinación de comunidades en internet, con mayor o menor grado de centralización. Esta son las denominadas Decentralized Autonomous Organizations (DAO; Buterin, 2014; Wright & De Filippi, 2015). Las Islas Marshall cuentan desde marzo de 2022 con una normativa que reconoce a las DAO como entidades legales o lo que denominaríamos en jurisdicciones civiles: personas jurídicas, capaces de ser sujetos de derechos y obligaciones.⁴ Incluso las DLT sirven para dejar contratos autoejecutables y declaraciones condicionadas a hechos verificables digitalmente, mediante nodos denominados *oráculos*, como es el caso de los *smartcontracts* (Ibáñez Jiménez, 2017; Padilla Sánchez, 2020).

Por ejemplo, una aplicación cada vez más común es utilizar DLT para llevar registros de una cadena de dominio como las que existen para registros o libros de accionistas. Varias legislaciones ya reconocen la posibilidad de llevar registros de accionistas en una DLT. Delaware cambió la definición de registro de accionistas para contemplar la posibilidad de que estos fueran llevados en una DLT (Crawford, 2020, p. 778).⁵ Wyoming tiene una ley especial que da fuerza legal a información contenida en una DLT.⁶ Suiza modificó su Código de las Obligaciones para permitir que ciertos títulos, entre ellos los accionarios, fueran desmaterializados a una DLT bajo ciertas condiciones (Meyer & Mauchle, 2021).⁷

Liechtenstein ha sido uno de los países más radicales en la transformación de títulos de propiedad a un activo digital transable, lo que se denomina *tokenización* (Savelyev, 2018). Este país cuenta con una ley que regula especialmente la tokenización genérica,

⁴ Republic of the Marshall Islands (2020).

⁵ Delaware (2017).

⁶ Disponible en Andolfatto (2021).

⁷ Por más información: Suiza (2020) y Gesley (2021). Una explicación de la visión Suiza de los *tokens* como títulos en el derecho civil puede encontrarse en Federal Council Swiss Federation, 2018, p. 63.

no solo para acciones y accionistas, sino para cualquier título representativo de activos físicos o digitales (Ferreira et al., 2021; Gesley, 2019).⁸ Se proyecta que los DLT irán reemplazando en Europa a los registros de propiedad raíz, si logran vencer las resistencias institucionales (Daniel & Ifejika Speranza, 2020; Quinn & Connolly, 2021). Con patrocinio de la Organización de Naciones Unidas, a través de la Oficina de Tecnología para la Información y Comunicaciones (Office of Information and Communications Technology, OICT) y el Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (Habitat), Afganistán estuvo experimentado con las DLT para el registro de propiedad raíz (Konashevych, 2021). Países como Serbia, Nigeria y Ghana también han experimentado con un uso similar.

Los usos existentes y proyectados y los legalmente sancionados, pero no totalmente implementados en los DLT, como el de los registros de accionistas, la tokenización, financiamiento de proyectos, cadenas logísticas, resguardo de testamentos, etc., son imposibles de abordar en un trabajo como este. Solo en el año 2021, GoogleScholar registra más de 2770 artículos académicos haciendo referencias a los términos DLT y *blockchain*. Esto no implica que sea una tecnología asentada y madura. Todavía no llega a la adultez. Los desafíos computacionales y la resistencia a su implementación, ahí donde es técnicamente factible, varía dependiendo del sector en del cual busquen ser aplicados, y qué tipo de registro estén reemplazando (Lemieux, 2021; Quinn & Connolly, 2021). El reemplazo de registros oficiales, es decir, aquellos que dependen de la autoridad o que, dependiendo de privados, están sancionados legalmente, es un buen ejemplo del tipo de problemas que a las DLT les queda por vencer en el mediano plazo.

Una de las barreras legales más comunes para la implementación de una DLT es que la ley reserva a ciertas instituciones el monopolio legal sobre algún registro. Esta reserva no es técnicamente sobre la información misma, a la que a veces se puede acceder, sino a la información capaz de producir efectos jurídicos fuera del registro, lo que se conoce como documento autorizado, copia fidedigna, registro certificado, apostillado, etc., dependiendo de la jurisdicción.

En vista de que este tipo de registros oficiales tienen muchísimos efectos legales dentro de cada ordenamiento y, a veces, intereses económicos importantes para

⁸ Liechtenstein, jurisdicción de la tradición continental, creó su propia definición de lo que es un *token* para evitar la confusión de las definiciones propias del derecho civil. De acuerdo a la ley, un *token* es “un pedazo de información en una DLT que representa membresías o derechos, derechos de propiedad, y otros derechos absolutos o subjetivos y que están asignados a identificadores (o direcciones privadas) en una DLT” (Ferreira et al., 2021, p. 15). Traducción propia.

gobiernos o quienes visten los oficios y oficinas, usualmente la estrategia para introducir las DLT ha sido introducirlas puertas adentro. Esto significa, descentralizar el registro en nodos federados, o nodos autorizados por el dueño del registro, y reservar la validación de datos a quién tenía control antes de la introducción de la DLT. Esto es como si la Dirección General de Registros del Uruguay decidiera llevar los registros de los inmuebles en varios computadores y nodos de la misma Dirección General de Registros, coordinándolos con tecnologías DLT y reservándose el derecho a ingresar datos y emitir los certificados correspondientes.

Como nos advierte Konashevych (2020, p. 123), la estrategia puertas adentro para introducir las DLT no hace otra cosa que “digitalizar la burocracia” y al intermediario. Una DLT no tiene sentido si el monopolio legal sobre los registros que pueden tener efectos jurídicos siguen en manos de la institución o funcionario que los tenía antes. Si los códigos, como existen en Latinoamérica, solo dan validez a los títulos y derechos reales inscritos al margen de la propiedad inmueble, que el notario o conservador lleve dichos registros en una DLT cerrada no es realmente disruptivo.

La resistencia de personas interesadas, nos dice Konashevych (2020, p.124), hicieron que el experimento de Suiza con la empresa Chromaway para registrar títulos de propiedad no fuera exitoso. Según él, la inercia institucional es difícil de vencer en países prósperos, especialmente por resistencia de los mismos gobiernos. Esta afirmación coincide con una observación: los experimentos más entusiastas sobre las DLT para registros de propiedad se producen en lugares donde los registros no existen o no son fiables.

Quizás un camino intermedio entre digitalización de la burocracia y adoptar cambios que otorguen algunos de los beneficios de la nueva tecnología a los usuarios es el que ha tomado el Colegio de Notarios de Brasil del Consejo Federal. Utilizando una DLT privada con la tecnología Hyperledger, Brasil convirtió a cada uno de los notarios en un nodo de la red Notarchain (Lacuna, 2022). Esta forma de proceder asegura a toda la red la fecha de los documentos otorgados por cada notario, como una especie de protocolización colectiva, y además permite autenticar los documentos ahí contenidos. Para que este cambio fuera posible, fue necesario un cambio regulatorio del Consejo Nacional de Justicia que estableció los mínimos de los registros digitales (Conselho Nacional de Justiça, Corregedoria Nacional de Justiça, 2018). No obstante, este salto tecnológico, que pone a Brasil liderando la modernización notarial en el continente, los

derechos notariales en Brasil siguen siendo similares y, como contrapartida, siguen enfrentando responsabilidad por los datos (Feitosa & Romanello Bueno, 2020).

Otros problemas previsibles de las DLT son cómo adecuar un registro existente a una DLT sin cerrar definitivamente la puerta a la corrección de potenciales errores. La idea de una DLT es que sea fiable al punto de que no necesite autoridad que confirme la validez de los datos que se pueden obtener de ella. Pero podría darse el caso de que en la transición, por ejemplo, de títulos físicos a *tokens* de una DLT se produzcan errores. ¿Cómo enmendar esos errores sin debilitar la certeza en la misma DLT? Muchas de las personas que proponen DLT para todo olvidan que Bitcoin nació con *blockchain*. Intentar imponer una DLT donde ya existe un registro resulta más complejo, especialmente si se trata de un registro masivo. Es por ello que se puede prever que cualquier intento de migrar un registro masivo existente a una DLT requerirá de mecanismos de adaptación, seguros civiles para casos erróneos y una convivencia forzada de ambos registros por largo tiempo.

Quizás, antes de implementar el uso de las DLT, lo que debe modificarse son los potenciales efectos legales de los mismos (Low & Mik, 2019). Existen naciones que discuten si debiera otorgarse valor probatorio a los contenidos de una DLT. Existen propuestas para que jueces consideren datos de una *blockchain* como evidencia atípica, en España, mientras no se regule su valor probatorio (Melo, 2019). En Estados Unidos, el valor probatorio de registros electrónicos provenientes de *blockchain* ya están regulados en algunos estados.⁹ En materiales penales han servido como evidencia para sustentar juicios criminales (Pelker et al., 2021). Existe también la propuesta de que se utilicen tecnologías DLT como mecanismo de validación de evidencia electrónica en China por su inmutabilidad, trazabilidad e independencia (Chen et al., 2020). Ya existe aceptación incipiente en tribunales de dicho país de la integridad y autenticidad de los contenidos de una *blockchain* (Wu & Zheng, 2020). Esto último a pesar de que las criptomonedas privadas, como Bitcoin, están prohibidas.

El futuro de los DLT

Para generar confianza y un ambiente propicio para transacciones en el mundo físico solo basta un mínimo sustrato de derecho necesario para resolver divergencias. Históricamente este sustrato estuvo íntimamente ligado a las necesidades del mercado, a su forma y al tipo de disputas habituales. Por ejemplo, en lugares donde la soberanía era

⁹ Ver, por ejemplo, Illinois General Assembly (s. f.).

disputada han existido históricamente soluciones legales, más allá de los estados, para favorecer el comercio (Mantilla Molina, 2001). Asimismo, comunidades de comerciantes han recurrido a soluciones informales o extralegales para resolver sus disputas, amparándose en algunas instituciones básicas, como el derecho de propiedad, o la sabiduría de los ancianos. Existen casos de estudio muy desarrollados respecto de cómo se construye la confianza en estos casos (Bernstein, 1992; Ellickson, 1985; Macaulay, 1963).

En el mundo virtual, en cambio, la confianza siempre dependió del intermediario hasta la existencia de las DLT. Este intermediario abarató los costos de búsqueda y contratación, apalancándose en márgenes menores de mercados más grandes y en economías de red, y le tomó tiempo construir la confianza de clientes y proveedores. Ello porque la certeza en el mundo virtual es costosa.

Los DLT nacieron para dar fe y guardar registro de las transacciones con criptomoneda y evitar el problema del doble pago en el entorno virtual. Precisamente por la independencia de cada participante de una DLT y los incentivos que genera la coordinación, además de la apertura de los registros a terceros, estas permiten dar certeza y ser una nueva base para la confianza en internet. Las aplicaciones de esta tecnología van mucho más allá de simplemente guardar registros de criptotransacciones (Sunyaev, 2020). Eventualmente, cualquier dato puede terminar guardado fidedignamente en una DLT y recién empezamos a comprender las implicancias que esto tiene para el derecho y la confianza en otras áreas en las que hoy existen intermediarios con poca competencia o que están reservadas para el Estado.

Los desafíos para las DLT es poder hacerse cargo del problema de flexibilizar la transición de datos que actualmente se encuentran en otros repositorios para poder corregir errores, sin que se pierda la confianza en las DLT y vencer la resistencia institucional que el cambio podría implicar para muchas instituciones, oficinas y oficios. El Colegio de Notarios de Brasil es un buen caso de estudio respecto de esta interacción. Como señalan Iansiti y Lakhani (2017): “la verdad acerca de *blockchain*: tomará años en transformar los negocios, pero el viaje se inicia ahora”.

Las criptomonedas alcanzando la adolescencia

Si bien las DLT tienen un futuro promisorio, las primeras generaciones de criptomonedas que nacieron con ellas tienen un horizonte más sombrío. Ya existe literatura asentada respecto de algunos de sus problemas. Por ejemplo, Bitcoin tiene una

blockchain cuya huella de carbono es insostenible en el tiempo (Foteinis, 2018; Mora et al., 2018; Stoll et al., 2019). También se reclama que muchas criptomonedas son deflacionarias. Como señala Barroilhet (2019), esto es parte del modelo de negocios de los desarrolladores que apuestan por modelos descentralizados, apostar por el aumento de valor de monedas minadas al inicio en vez de retener el control de la moneda. Esta característica podría impedir su uso masivo como medio de cambio y unidad de cuenta, dos de las funciones más importantes del dinero (McGinnis, 2020; Roubini, 2018). Si a ello se le suma que la mayoría de las criptomonedas no tienen valor uso, en palabras de Warren Buffet, “no producen nada” (Pan, 2022), podrían convertirse en una trampa financiera en el mediano plazo, si resultan reemplazadas por criptomonedas oficiales o activos digitales oficiales (CDBC) de más fácil adopción, que cumplan funciones similares. Esta es la amenaza que surge en el horizonte, si los bancos centrales y autoridades monetarias emiten criptomonedas (Bech & Garratt, 2017; Grym et al., 2017).

Para mostrar este sombrío panorama, primero se definen las criptomonedas como monedas asociadas a registros descentralizados; luego se revisa las críticas más conocidas a la primera generación de criptomonedas; y finalmente, se desarrolla la potencialidad de las criptomonedas oficiales (CDBC) que las amenazan.

El concepto de criptomoneda

Existen muchas formas válidas de conceptualizar que es una criptomoneda. Casi todas coinciden en que es una forma de dinero digital (Barroilhet, 2019), en oposición al dinero físico, es decir, existe como código dentro de un computador conectado a internet (Grinberg, 2012). Esta caracterización es técnicamente correcta, pero no ayuda mucho al ciudadano corriente. Las transferencias de WesternUnion también son virtuales. De hecho, un gran porcentaje de las transacciones que hacemos hoy se realizan con dinero digital (Durgun & Timur, 2015). En muchos países de Latinoamérica, como México y Chile, la demanda por dinero físico, billetes y monedas, viene cayendo sostenidamente (Merino, 2021). Otros países quieren seguirlos (Rivera Guerrero et al., 2018). La tendencia en Suecia, Europa y España es similar, especialmente en las nuevas generaciones (Alameda et al., 2018).

Si miramos por el medio en que se realizan y registran las transacciones, la mayoría de la moneda de curso legal en economías avanzadas es dinero digital. En Chile el

circulante –las monedas y billetes– corresponden a menos del 10 % del agregado monetario M1.

Tampoco sirve mucho para definir las criptomonedas señalar que estas son un medio de pago o sirven para transferir recursos por internet. Las criptomonedas o el dinero digital como oposición al efectivo son comparables. De hecho, muchos servicios pueden pagarse indistintamente en criptomonedas o dinero de curso legal, dependiendo de si el vendedor los acepta o tiene acceso a un portal de pago que permita la conversión a dinero corriente para el pago. En México las *e-wallets* aparecieron como el cuarto medio de pago más utilizado en la semana de ventas por internet Buen Fin (Flores, 2021). En Chile existe un portal de pagos denominado Flow incorporado a muchos *retailers* online que convierte las criptomonedas en pesos chilenos con 15 minutos de desfase al momento del pago.¹⁰

Finalmente, aunque raras vez se busca la conversión, el dinero electrónico es el transformable en dinero circulante por cualquiera de los intermediarios, según contrato o por decisión de la autoridad, y, por eso, se justifica que tenga su misma denominación (Khan, 2008; Rogers, 2005). Esto porque en el trasfondo de la confianza en el dinero digital está la confianza en el dinero físico, es decir, en las reglas y las instituciones del Estado que regulan el uso de la moneda de curso legal.¹¹

Enfatizando estos los aspectos descritos del dinero digital podemos definir por oposición a las criptomonedas. Las criptomonedas son un medio de pago digital con denominación propia, que buscan cumplir todas las funciones del dinero electrónico y que utilizan el mismo medio de transmisión, internet (Barroilhet, 2019), pero que existen en registros descentralizados y, por tanto, no dependen de ninguna autoridad ni intermediario, ni de la fe en las instituciones que regulan la estabilidad del dinero.

Los problemas conocidos de las criptomonedas

Existen dos tipos de problemas conocidos de las criptomonedas, especialmente las de primera generación: el ambiental que genera la formación del consenso de algunas de las DLT; y las fluctuaciones de valor derivadas de su imposibilidad de ajustarse fácilmente a los aumentos de demanda.

¹⁰ <https://www.flow.cl/cryptocompra.php>

¹¹ Como recuerda McGinnis, Knap, el padre de la teoría monetaria moderna, señaló: “El alma del circulante no es material de las piezas, sino las ordenanzas legales que regulan su utilización” (McGinnis, 2020, p. 60).

De acuerdo con Statista (2021), una transacción de 1 bitcoin utiliza actualmente 1779 kw/hora, en comparación a los 148 kw/hora que consumen 100 mil transacciones en Visa. Estos números traducidos a la huella de la generación de electricidad hacen que la vieja *blockchain*, que nació con Bitcoin, sea una amenaza cierta para el medioambiente y el calentamiento global. Stoll et al. (2019, p. 1654) estimaron que la red que sostiene a Bitcoin tenía al año la misma huella de carbono que Jordán y Siri Lanka unidas, o lo mismo que Kansas. Según un informe de la Universidad de Cambridge, citado por Cho (2021), el consumo eléctrico de toda la red de Bitcoin es de 121,36 terawatts/hora al año lo que es más que lo que consume Argentina. Esta cifra ha sido actualizada a 147,94 terawatts/hora, que corresponde a 0,66 % del consumo mundial, y aproximadamente al consumo de Tailandia.¹² Según Mora y sus coautores (2018), al paso actual, la prueba-de-trabajo (*proof-of-work*) podría costarnos 2 grados de calentamiento global en tres décadas. Esta externalidad no es internalizada ni por los usuarios de Bitcoin ni por los mineros. Por el contrario, cada vez que los bitcoin suben de precio invitan a más usuarios a desperdiciar energía intentando cerrar un bloque para recibir la recompensa.

El panorama ambiental para las criptomonedas no es auspicioso. Quienes desarrollan nuevas monedas han intentado reemplazar la costosa seguridad del consenso obtenido por la prueba-de-trabajo de Bitcoin con otros mecanismos de consenso sin sacrificar la seguridad que dicho sistema otorga. Este es el caso de la prueba-de-interés (PoS, por sus siglas en inglés) a la que la red Ethereum está intentando migrar. En Ethereum 2 el consenso también se obtendrá por mineros de la red que se denominan *validadores*. El validador es elegido aleatoriamente por la red de entre los que ofrecen más de sus propias monedas por asegurar la posibilidad de validar las transacciones, y que pueden perderlas si validan transacciones incorrectas. Esto disminuye la necesidad de procesamiento y energía requeridos para obtener el consenso (Buterin, 2013, Bluestein, 2021). Otras criptomonedas han intentado crear redes donde la actividad de minado esté cerrada a un grupo de computadores autorizados (*Permissioned DLT*). No obstante, todos estos mecanismos sacrifican en mayor o menor grado la centralización o la seguridad. Y aunque no cabe dudas que hay espacio para innovación tecnológica en estos aspectos (Andolfatto, 2021), la innovación ha sido lenta. Ello se debe

¹² Se puede acceder al Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index, desarrollado por la University of Cambridge, online: <https://ccaf.io/cbeci/index/comparisons>

precisamente a que las criptomonedas son por el momento valiosas y, por tanto, sus DLT son constantemente sujetas a ciber-ataques.

Una defensa más promisoría del problema ambiental de algunas criptomonedas ha sido ampliar los usos de las DLT asociadas a ellas, cuando estas lo permiten. Por ejemplo, se ha defendido que la red de Ethereum, que permite guardar datos adicionales a las transacciones en Ethers, podría utilizarse intencionadamente para producir beneficios ambientales. Este sería el caso si Ethereum se aplicara a cadenas logísticas sustentables o la redistribución de energía en ciudades inteligentes (Parmentola et al., 2021; Schinckus, 2020). En la medida en que agregar nuevos datos a una DLT tiene un costo marginal y una huella de carbono ínfima, tiene sentido el reclamo que utilizar una DLT para fines verdes podría reducir en el agregado su huella de carbono. Pero aunque existen experimentos en curso y la red Ethereum tiene múltiples usos, aun no existe evidencia suficiente para sustentar que dicha red pueda llegar a ser carbono neutral. Hasta el momento el consumo de electricidad ha sido un problema que ha forzado a cerrar la actividad de mineros en algunos países (Turak, 2021). De concentrarse la actividad en países que tengan disponibilidad energética, parte de la seguridad de la *blockchain* podría desaparecer.

El segundo problema conocido de las criptomonedas es la fluctuación del precio. Esto es algo conocido porque acapara habitualmente titulares en Latinoamérica, donde usuarios apuestan a su aumento de valor o intentan evitar la inflación de algunos de sus países. Pero más allá de culpar a la especulación (o de hecho apostar a ella), pocos entienden por qué el valor corriente de las criptomonedas es tan inestable. Entre enero de 2018 y junio de 2019 Bitcoin tuvo una variación promedio diaria de 2.68 %, con subidas de hasta 16 % y caídas de 18 % en un día. Esto sextuplica las variaciones de divisas o del oro (eToro, 2022). La explicación, desarrollada latamente por Barroilhet (2019), tiene que ver con que por diseño las criptomonedas son deflacionarias e invitan a la especulación. Bitcoin tiene una función de crecimiento de la oferta de monedas mucho más lenta que su demanda de uso, lo que hace que todas las cosas que tengan su denominación en bitcoin tiendan a bajar de precio o que Bitcoin aparezca subiendo de precio (Roubini, 2018).

Lo que ha comandado siempre la prevalencia de una moneda sobre otra es la conveniencia (Davidson & Block, 2015; Barroilhet 2019). La conveniencia de una moneda está determinada por todos los costos que implica usarla en sus funciones tradicionales, es decir, como medio cambio, unidad de cuenta y reserva de valor. En

general, las criptomonedas no han servido como medio de cambio por su fluctuación, aunque esta realidad puede cambiar. Actualmente los sistemas de pago en línea logran ajustar rápidamente el precio de las monedas más transadas para reflejar cambios en el precio en cada transacción. Algunos vendedores o mercantes, como Overstock, han aceptado el riesgo de la fluctuación fijando precios en criptomonedas en menús que se actualizan constantemente. En el lenguaje técnico, los costos de menú, como los denomina Larrain (Larrain & Sachs, 2002, p. 341), han disminuido sustancialmente en la era de internet, aunque ello no disminuye el riesgo financiero.

No obstante, como unidad de cuenta y como reserva de valor, las criptomonedas todavía están en deuda. Como unidad de cuenta son demasiado volátiles y no sirven como precio de referencia de otros bienes, lo que hace difícil que reemplacen a las monedas de uso corriente en esta función (Berg et al., 2018; Davidson & Block, 2015). Como inversión, el resultado tampoco ha sido óptimo. El aumento de valor de Bitcoin ha sido en oportunidades espectacular, como en el año 2021, pero también así han sido sus caídas, como el 2020 y nuevamente el 2022. Actualmente, en mayo de 2022, Bitcoin se encuentra a la mitad de valor que alcanzó en noviembre de 2021. Las personas son, en general, adversas a la volatilidad y es difícil que las criptomonedas desplacen inversiones en dinero de curso legal (McGinnis, 2020). Las criptomonedas más difundidas solo han logrado entrar a portafolios de inversionistas a través del fondo de inversión cotizado (ETF, por su sigla en inglés *exchange-traded fund*), a través de fondos con inversionistas precalificados o de vehículos de inversión que aíslan su riesgo. Y aunque muchos inversionistas hoy las recomiendan como antídoto a la inflación mundial producida por el exceso de gasto en pandemia (Foelber, 2021; Quiroz-Gutierrez, 2021), la evidencia en su favor no es concluyente (Rekenthaler, 2021; Salzman, 2021).

Reflejando lo anterior, en Latinoamérica no hay bancos autorizados a ofrecer o mantener en depósito criptomonedas. Esto podría cambiar en el futuro, aunque la experimentación ha sido limitada. El Banco de Galicia en Argentina ha anunciado que permitirá a los argentinos invertir en Bitcoin y otras monedas de sus celulares, aunque a mayo 2022 dicha medida no se ha implementado (Amick, 2022). Suiza tiene ya bancos de giro exclusivo para criptomonedas y autorizó recientemente un fondo para inversionistas institucionales (Finma, 2021). Wyoming también ha autorizado vehículos de inversión especial (SPDI, por siglas en inglés) para captar la inversión en

criptomonedas. Las regulaciones en ambos lugares son estrictas en separar el dinero corriente y las inversiones habituales y las inversiones en criptomonedas.

Fuera del uso especulativo, el principal uso de las criptomonedas son los pagos por internet, sea para remesas o envíos de dinero a terceras partes en internet. Fuera de los usos ilegales estimados, este es su principal uso. La ventaja de las criptomonedas sobre las monedas de curso legal hasta el momento es que las primeras se transan y tienen convertibilidad local en todos los lugares donde no están prohibidas y los pagos son anónimos. Esto permite el envío de remesas evitando gatillar impuestos locales o controles cambiarios. Estos son privilegios de las criptomonedas que por el momento no se ven amenazados. Pero crecientemente por las exigencias normativas relativas al lavado de dinero y el financiamiento de terrorismo (AML and CFT, por sus siglas en inglés), y las normativas del tipo conoce-a-tu-cliente (*know-your-client* o KYC), los usuarios que usan legítimamente las criptomonedas están abandonando el anonimato. Con la renuncia al anonimato, por ejemplo, a través de billeteras oficiales, países y comercios se han sentido más confiados en permitir y legalizar el uso de las criptomonedas, lo que permite su uso más extendido. Esto fue lo que hizo El Salvador, legalizando Bitcoin en septiembre de 2021 con la billetera oficial Chivo.

El movimiento hacia reconocer las criptomonedas aumentando sus usos abre riesgos a que criptomonedas oficiales emitidas por bancos centrales, denominadas *Central Bank Digital Currency* (CBDC), tomen algunas de las funciones que actualmente cumplen, derrumbando su valor especulativo, lo que se explora a continuación.

La amenaza de las criptomonedas oficiales (CBDC)

Como señala Andolfatto, quien tempranamente apuntara la existencia de CBDC:

Algunos esperan que los desarrollos [derivados de la tecnología de Bitcoin] llevarán a una revolución –al desplazamiento de las instituciones existentes– un triunfo de la democracia sobre la clase privilegiada. Pero lo que es más probable es que las instituciones existentes evolucionen para acomodarse a la amenaza de potenciales usurpadores en beneficio de la sociedad. En simple, es probable que veamos el patrón usual en el desarrollo económico en las sociedades que funcionan adecuadamente (Andolfatto, 2021).

De acuerdo a Bech y Garratt (2017, p. 59), siguiendo a Bjerg (2017), las CBDC que podrían opacar las criptomonedas serían aquellas que son emitidas por un banco central, con existencia electrónica y universalmente accesibles—*retail* (rCBDC), o aquellas que funcionen como intermediación con los bancos—*wholesale* (wCBDC). Al contrario de lo que sucede con criptomonedas, como Bitcoin, que funcionan en modo *retail*, disponible a todo público en cualquier país; una wCBDC requiere de una infraestructura de coordinación entre bancos centrales y de intermediación y consolidación bancaria. Pocos países están considerando una rCBDC por las dificultades con el anonimato y por los desafíos que implican a la estabilidad monetaria. En comparación, una wCBDC, tendría la gracia de ser emitida o destruida siguiendo los mismos patrones que la moneda corriente, es decir, podrían ser objetos de política monetaria para estabilizar su valor de cambio. Esta es la idea que se maneja con Fedcoin, que es la moneda que se viene planteando para Estados Unidos desde 2014 (Koning, 2014).

La ventaja de la estabilidad de precios, sumada a la fácil conexión por convertibilidad y valor de referencia que tendrían las wCBDC, respecto de las monedas de curso legal actualmente emitidas por bancos centrales, podrían otorgarles una ventaja para simplificar las transacciones que crucen fronteras (Auer & Böhme, 2020). También existen otras ventajas de la introducción de los wCBDC como política pública para la macroeconomía que la hacen interesantes para bancos centrales y países en desarrollo (Carapella & Flemming, 2020). Entre ellas es que puede adaptarse al uso de intermediarios con experiencia en el trato a clientes, y como defensa de la soberanía monetaria, además de como mecanismo estabilizador en el caso de corridas bancarias (Panetta, 2022).

De acuerdo al sitio web Central Bank Digital Currency Tracker, del Atlantic Council (2022), 9 países ya han lanzado wCBDC, entre ellos Bahamas, Nigeria, y muchas naciones de Islas del Caribe; 14 se encuentran con programas piloto y un 81 países se encuentra con proyectos de CBDC activos, notoriamente el Yuan digital. No es esperable que todas estas iniciativas sean exitosas y seduzcan rápidamente a los consumidores ahí donde las CBDC están abiertas al público *retail*. Pero en enero de 2022 concluyó el exitoso experimento Helvetia II, que consistió en probar una wCBDC del Banco Central de Suiza (World Bank, 2021). La amenaza sobre las criptomonedas es cada vez más patente.

Por su puesto las wCBDC y las rCBDC difícilmente podrán reemplazar a todas las criptomonedas existentes en todos sus usos. Países que quieran seguir evitando bloqueos financieros, como Venezuela o Irán, o personas que busquen usos ilegales, seguirán usándolas. Pero el Banco Central Europeo (EBC) viene hace algunos años intentando desarrollar conceptualmente una criptomoneda oficial wCBDC, que por diseño sea compatible con las normativas de preventivas del lavado de dinero y del financiamiento del terrorismo. Los CBDC deben cumplir con estas normativas. Modelos como el propuesto por el EBC, que podrían llegar a usuarios *retail*, requieren de intermediarios y someten transacciones sobre cierto volumen al chequeo por parte de una autoridad especializada, lo que implica una renuncia anticipada al anonimato absoluto (European Central Bank, 2019). La misma solución –anonimato limitado a distintos niveles de intermediarios con distintos niveles autoridad programada– es la que propone el Bank of International Settlements y un grupo de bancos centrales (BIS, 2021; Group of Central Banks, 2020). Todos los diseños asumen que las wCBDC circularán más allá de las fronteras del país emisor y, por la misma razón, no podrán ser totalmente anónimas (World Bank, 2021). Esta potencial pérdida de anonimato, que puede evitar usos ilegales y permitirá la existencia de mercados internacionales de criptodivisas oficiales, genera un espacio reservado a transacciones en criptomonedas privadas. Estas, no obstante, podrían ser eventualmente proscritas, si se las identifica con transacciones ilegales.

Finalmente, cabe preguntarse si los bancos centrales tendrán incentivos para crear los CBDC. Según Andolfatto (2021), si las criptomonedas más estables pasan con el tiempo a tener una base de usuarios lo suficientemente grande y se desconectan del activo subyacente podrían ser una amenaza a la soberanía monetaria que provoque reacciones preventivas con CBDC.¹³ El atractivo podría ser que además las CBDC se programaran como mecanismos de subsidios, por ejemplo, para ser gastadas en algunos bienes específicos, incrementando el poder de algunos gobiernos sobre sus ciudadanos.

¹³ De una opinión similar es Fabio Manetta, miembro del directorio del Banco Central Europeo, que en una reciente conferencia en Frankfurt señaló: “We should be mindful that the counterfactual to a world without CBDC is not the *status quo*. Rather it could be one that sees a diminished role of central bank money and a stronger one for stablecoins and crypto-assets with risks for monetary sovereignty, the lender of last resort functions of central banks and financial stability” (Panetta, 2022).

En una muy reciente columna en Forbes, Kenneth Rapoza (2021), imagina que 2022 puede ser el año en que los bancos centrales, liderados por el Bank for International Settlements decidan borrar a Bitcoin. En palabras del gerente de esta institución, “si las monedas digitales son necesarias, los bancos centrales debieran ser quienes las emiten” (Bosley, 2021).

Conclusión

Luego de 13 años del surgimiento de Bitcoin y de *blockchain* existen menos dudas y más certezas, y decididas aplicaciones de la tecnología DLT, que se espera aumenten en el tiempo en la medida en que la industria privada descubra sus ventajas y el sector público logre vencer las resistencias institucionales que los cambios requieren. El gran desafío es no digitalizar la burocracia y utilizar las DLT como un mecanismo accesible que pueda, por ejemplo, abaratar costos y desintermediar transacciones de bienes que hoy requieren títulos y registros oficiales para ser transados. El caso del Colegio de Notarios de Brasil del Consejo Federal es una incipiente aplicación con consecuencias en el mundo del derecho en Latinoamérica.

Respecto de las criptomonedas existentes, el panorama es menos alentador. Si bien las alzas de precio de Bitcoin pueden encandilar, las monedas más seguras tienen una huella de carbono insustentable y demandan un gasto de energía que ha llevado a países a prohibir la actividad de minado de monedas. La volatilidad en los precios también aparece como una limitación natural de las criptomonedas para los inversionistas adversos al riesgo, y para que sirvan de precio de referencia de otros bienes y como medio de cambio masivo.

A las debilidades anteriores se suma que desde hace varios años se viene desarrollando la idea de generar criptomonedas oficiales, las CBDC. De masificarse, las CBDC podrían reemplazar algunos de los usos de las criptomonedas, derrumbando su valor especulativo. Por su convertibilidad y conveniencia, las CBDC debieran ser más fáciles de adoptar por bancos centrales, intermediarios financieros y, eventualmente, consumidores, ahí donde ya existe fe en el dinero de curso legal. Como muestra el sitio Atlantic Council (2022), la experimentación con CBDC sigue creciendo. El desafío ambiental y las CBDC son desafíos que las criptomonedas deberán vencer si quieren llegar a la madurez.

Referencias

- Alameda, T., Mejía, J., & Llop, J. (2018, 7 octubre). El uso de efectivo cae entre los “millennials” y en grandes ciudades. *BBVA*. <https://www.bbva.com/es/el-uso-de-efectivo-cae-entre-los-millennials-y-en-grandes-ciudades/>
- Amick, S. (2022, 2 de Mayo). *Argentina’s Largest Private Bank Now Allows Users To Buy Bitcoin*. Bitcoin Magazine. <https://www.nasdaq.com/articles/argentinas-largest-private-bank-now-allows-users-to-buy-bitcoin>
- Andolfatto, D. (2021, 23 de abril). MacroMania: On the Role and Future of Cryptocurrencies. *MacroMania*. <http://andolfatto.blogspot.com/2021/04/on-role-and-future-of-cryptocurrencies.html>
- Atlantic Council. (2022). *Central Bank Digital Currency Tracker*. Recuperado el 24 de mayo de 2022, de <https://www.atlanticcouncil.org/cbdctracker/>
- Auer, R., & Böhme, R. (2020). The Technology of Retail Central Bank Digital Currency. *BIS Quarterly Review Special Features Series*, 3561198. <https://papers.ssrn.com/abstract=3561198>
- Bank for International Settlements (BIS). (2021). *Central bank digital currencies: System design and interoperability* [Informe n.º 2]. https://www.bis.org/publ/othp42_system_design.pdf
- Barroilhet, A. (2019). Criptomonedas, economía y derecho. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 8(1), 29-67. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2019.51584>
- Bech, M. L., & Garratt, R. (2017). Central Bank Cryptocurrencies. *BIS Quarterly Review September 2017*, 3041906. <https://papers.ssrn.com/abstract=3041906>
- Berg, C., Davidson, S., & Potts, J. (2018). Some Public Economics of Blockchain Technology. *Social Science Research Network*, 3132857. <https://papers.ssrn.com/abstract=3132857>
- Bernstein, L. (1992). Opting out of the Legal System: Extralegal Contractual Relations in the Diamond Industry. *The Journal of Legal Studies*, 21(1), 115-157. <https://doi.org/10.2307/724403>
- Bjerg, O. (2017). *Designing New Money: The Policy Trilemma of Central Bank Digital Currency*. <https://research.cbs.dk/en/publications/designing-new-money-the-policy-trilemma-of-central-bank-digital-c>
- Bluestein, A. (2021, 29 de julio). Ethereum risks it all on going green. *Fortune*. <https://fortune.com/2021/07/29/ethereum-going-green-ether-crypto-carbon-footprint/>
- Bonneau, J., Miller, A., Clark, J., Narayanan, A., Kroll, J. A., & Felten, E. W. (2015). SoK: Research Perspectives and Challenges for Bitcoin and Cryptocurrencies. *2015 IEEE Symposium on Security and Privacy*, 104-121. <https://doi.org/10.1109/SP.2015.14>

- Bosley, C. (2021, 27 de enero). Bitcoin 'Might Break Down Altogether,' BIS Head Carstens Warns. *Bloomberg.Com*.
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-01-27/bitcoin-might-break-down-altogether-bis-head-carstens-warns>
- Bratspies, R. M. (2018). Cryptocurrency and the Myth of the Trustless Transaction. *Michigan Technology Law Review*, 25, 1.
- Buterin, V. (2013). *Ethereum White Paper: Next generation smart contract and decentralized platform*.
- Buterin, V. (2014, 6 de mayo). DAOs, DACs, DAs and More: An Incomplete Terminology Guide. *Ehtereum Foundation*.
<https://blog.ethereum.org/2014/05/06/daos-dacs-das-and-more-an-incomplete-terminology-guide/>
- Carapella, F., & Flemming, J. (2020). Central Bank Digital Currency: A Literature Review. *FEDS Notes*. Board of Governors of the Federal Reserve System
<https://www.federalreserve.gov/econres/notes/feds-notes/central-bank-digital-currency-a-literature-review-20201109.htm>
- Chen, S., Zhao, C., Huang, L., Yuan, J., & Liu, M. (2020). Study and implementation on the application of blockchain in electronic evidence generation. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 35, 301001.
<https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2020.301001>
- Chile. (1997). Ley n.º 19.496: Establece normas sobre Protección de los Derechos de los Consumidores.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=61438&idParte=8542455>
- Cho, R. (2021, 20 de septiembre). Bitcoin's Impacts on Climate and the Environment. *State of the Planet*. <https://news.climate.columbia.edu/2021/09/20/bitcoins-impacts-on-climate-and-the-environment/>
- Cifuentes, A. F. (2019). Bitcoin in Troubled Economies: The Potential of Cryptocurrencies in Argentina and Venezuela. *Latin American Law Review*.
<https://doi.org/10.29263/lar03.2019.05>
- Conselho Nacional de Justiça. Corregedoria Nacional de Justiça. (Brasil). (2018, 31 de julio). Provimento n.º 74.
https://atos.cnj.jus.br/files/provimento/provimento_74_31072018_01082018113730.pdf
- Crawford, B. J. (2020). Blockchain Wills. *Indiana Law Journal*, 95(3), 735-788.
- Daniel, D., & Ifejika Speranza, C. (2020). The Role of Blockchain in Documenting Land Users' Rights: The Canonical Case of Farmers in the Vernacular Land Market. *Frontiers in Blockchain*, 3, 19. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2020.00019>
- Davidson, L., & Block, W. E. (2015). Bitcoin, the Regression Theorem, and the Emergence of a New Medium of Exchange. *The Quarterly Journal of Austrian Economics*, 3, 28.

- Delaware. (2017). Title 8: Corporations. Chapter 1: General Corporations Law. <https://delcode.delaware.gov/title8/c001/sc01/>
- Durgun, Ö., & Timur, M. C. (2015). The Effects of Electronic Payments on Monetary Policies and Central Banks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 680-685. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.271>
- Ellickson, R. C. (1985). Of Coase and Cattle: Dispute Resolution among Neighbors in Shasta County. *Stanford Law Review*, 38(3), 623-688.
- ETF Trends. (2021, 26 de octubre). Crypto Fast Becoming a Preferred Payment for Remittances. *ETF Trends*. <https://www.nasdaq.com/articles/crypto-fast-becoming-a-preferred-payment-for-remittances-2021-10-26>
- eToro. (2022). Bitcoin volatility is common, but why? *EToro*. <https://www.etero.com/crypto/why-bitcoin-fluctuates/>
- European Central Bank. (2019). Exploring anonymity in central bank digital currencies. *In Focus*, 4.
- Federal Council Swiss Federation. (2018). *Legal framework for distributed ledger technology and blockchain in Switzerland: An overview with a focus on the financial sector*. Federal Council Swiss Federation. <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/55153.pdf>
- Feitosa, J. V., & Romanello Bueno, J. G. (2020). Notary and Registrar's Civil Liability for Data Leaking at the Brazilian Electronic Central (E-Notariado). *Athens Journal of Law*, 6(4), 379-390.
- Ferreira, A., Sandner, P. G., & Dünser, T. (2021). *Cryptocurrencies, DLT and Crypto Assets: the Road to Regulatory Recognition in Europe*. En M. Thai (Ed.), *Forthcoming in: Handbook on Blockchain*. Springer Nature. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3891401>
- Financial Action Task Force (FATF). (2020). *Virtual Assets Red Flag Indicators of Money Laundering and Terrorist Financing*. <http://www.fatf-gafi.org/publications/fatfrecommendations/documents/Virtual-Assets-Red-Flag-Indicators.html>
- Finma. (2021, 29 de septiembre). Approval of first Swiss crypto fund. *Finma*. <https://www.finma.ch/en/news/2021/09/20210929-mm-genehmigung-schweizer-kryptofonds/>
- Flores, Z. (2021, 13 de noviembre). Criptomonedas aparecen por primera vez como método de pago en el Buen Fin. *Bloomberg Linea*. <https://www.bloomberglinea.com/2021/11/13/criptomonedas-aparecen-por-primera-vez-como-metodo-de-pago-en-el-buen-fin/>
- Foelber, D. (2021, 20 de noviembre). 3 Reasons Why Bitcoin Is a Better Inflation Hedge Than Gold. *The Motley Fool*. <https://www.fool.com/investing/2021/11/20/3-reasons-why-bitcoin-is-a-better-inflation-hedge/>

- Foteinis, S. (2018). Bitcoin's alarming carbon footprint. *Nature*, 554(7690), 169-170.
- Gans, J. S., & Halaburda, H. (2015). Some Economics of Private Digital Currency. In *Economic Analysis of the Digital Economy* (pp. 257–276). <https://www.nber.org/chapters/c12992>
- Gesley, J. (2019). Liechtenstein: Parliament Adopts Blockchain Act. *Library of Congress*. <https://www.loc.gov/item/global-legal-monitor/2019-10-30/liechtenstein-parliament-adopts-blockchain-act/>
- Gesley, J. (2021). Switzerland: New Amending Law Adapts Several Acts to Developments in Distributed Ledger Technology. *Library of Congress*. <https://acortar.link/ARQAqC>
- Graf, K. S. (2014). Commodity, scarcity, and monetary value theory in light of bitcoin. *Prices & Markets*, 18.
- Grinberg, R. (2012). Bitcoin: An Innovative Alternative Digital Currency. *Hastings Science & Technology Law Journal*, 4, 159-208.
- Group of Central Banks. (2020). *Central bank digital currencies: Foundational principles and core features*. https://www.bis.org/publ/othp33_summary.pdf
- Grym, A., Heikkinen, P., Kauko, K., & Takala, K. (2017). *Central bank digital currency*. <https://helda.helsinki.fi/bof/handle/123456789/14952>
- Haesly, K. B. I. (2016). How to Solve a Problem Like Venezuela? An Argument for Virtual Currency. *Law and Business Review of the Americas*, 22, 261.
- Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2017). The Truth About Blockchain: It will take years to transform business but the journey begins now. *Harvard Business Review*, Jan-Feb 2017.
- Ibáñez Jiménez, J. W. (2017). Cuestiones jurídicas en torno a la cadena de bloques («blockchain») y a los contratos inteligentes («smart contracts»). *icade. Revista de la Facultad de Derecho*, 101. <https://doi.org/10.14422/icade.i101.y2017.003>
- Illinois General Assembly. (s. f.). Financial Regulation (205 ILCS 730/): Blockchain Technology. Act. <https://www.ilga.gov/legislation/ilcs/ilcs3.asp?ActID=4030&ChapterID=20>
- Keser, C. (2002). *Trust and reputation building in e-commerce* [IBM Research Report No. RC22533]. Citeseer.
- Khan, L. A. (2008). A Theoretical Analysis of Payment Systems. *South Carolina Law Review*, 60, 425-492.
- Khan, L. M. (2016). Amazon's Antitrust Paradox. *Yale Law Journal*, 126(3), 710-805.
- Kim, L. (2021, 13 de octubre). Amazon Reportedly Copied Products And Manipulated Search Results To Benefit Its Own Products In India. *Forbes*.

- <https://www.forbes.com/sites/lisakim/2021/10/13/amazon-reportedly-copied-products-and-manipulated-search-results-to-benefit-its-own-products-in-india/>
- Kiviat, T. I. (2015). Beyond Bitcoin: Issues in Regulating Blockchain Transactions. *Duke LJ*, 65, 569.
- Konashevych, O. (2020). Constraints and benefits of the blockchain use for real estate and property rights. *Journal of Property, Planning and Environmental Law*, 12(2), 109-127. <https://doi.org/10.1108/JPEL-12-2019-0061>
- Konashevych, O. (2021). “GoLand Registry” Case Study: Blockchain/DLT Adoption in Land Administration in Afghanistan. *DG.O2021: The 22nd Annual International Conference on Digital Government Research*, 489-494. <https://doi.org/10.1145/3463677.3463720>
- Koning, J. (2014, 19 de octubre). Moneyiness: Fedcoin. *Moneyiness*. <http://jpkoning.blogspot.com/2014/10/fedcoin.html>
- Kursh, S. R., & Gold, N. A. (2016). Adding fintech and blockchain to your curriculum. *Business Education Innovation Journal*, 8(2), 6-12.
- Lacuna. (2022). Lacuna Blockchain [Software]. <https://www.lacunasoftware.com/en/case-blockchain>
- Larrain, B. F., & Sachs, J. D. (2002). *Macroeconomía en la economía global*. Pearson Educación.
- Lemieux, V. L. (2021). Blockchain and Recordkeeping: Editorial. *Computers*, 10(11), 135. <https://doi.org/10.3390/computers1011013>
- Liu, X., Farahani, B., & Farahani, F. (2020). Distributed Ledger Technology. En F. Firouzi, K. Chakrabarty & S. Nassif (Eds.), *Intelligent Internet of Things: From Device to Fog and Cloud* (pp. 393–431). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30367-9_8
- Low, K. F. K., & Mik, D. E. (2019). Pause the Blockchain Legal Revolution. *International & Comparative Law Quarterly*, 69(1), 135-175. <https://papers.ssrn.com/abstract=3439918>
- Macaulay, S. (1963). Non-Contractual Relations in Business: A Preliminary Study. *American Sociological Review*, 28(1), 55-67. <https://doi.org/10.2307/2090458>
- Mantilla Molina, R. L. (2001). *Conceptos del Derecho Mercantil*. Porrúa. <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1305>
- Mattioli, D. (2020, 23 de abril). Amazon scooped up data from its own sellers to launch competing products. *The Wall Street Journal*. <https://www.foxbusiness.com/retail/amazon-scooped-up-data-from-its-own-sellers-to-launch-competing-products>

- Maupin, J. A. (2017). Mapping the Global Legal Landscape of Blockchain and other Executive Summary: Distributed Ledger Technologies. *CIGI Academic Paper Series*.
- McGinnis, J. O. (2020). Bitcoin's Nature and Its Future The Resurgence of Economic Liberty: The Thirty-Eighth Annual Federalist Society National Student Symposium on Law and Public Policy - 2019. *Harvard Journal of Law & Public Policy*, 43(1), 59-66.
- Melo, L. (2019). Régimen jurídico de blockchain: Una prueba atípica. *Revista de Bioética y Derecho*, 46, 101-116.
- Merino, P. (2021, 12 de mayo). El "boom" de las nuevas formas de pago: 62% de los chilenos evitan comercios que sólo aceptan efectivo. *Mastercard*. <https://www.mastercard.com/news/latin-america/es/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/pr-es/2021/mayo/el-boom-de-las-nuevas-formas-de-pago-62-de-los-chilenos-evitan-comercios-que-solo-aceptan-efectivo/>
- Meyer, M., & Mauchle, Y. (2021). Switzerland: Swiss Legislative Package on DLT. *Lexology, Baker-McKenzie*. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=9c3a8feb-2dfa-407b-8213-69e14d9b0291>
- Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M. K., Shimada, M., & Franklin, E. C. (2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change*, 8(11), 931-933. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0321-8>
- Nakamoto, S. (2009). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. www.bitcoin.org/bitcoin.pdf
- Oberheiden, N. (2021). Crypto Laundering: Bitcoin + Money Laundering. *The National Law Review*, XI(363). <https://www.natlawreview.com/article/crypto-laundering-bitcoin-money-laundering>
- Padilla Sánchez, J. (2020). Blockchain y contratos inteligentes: Aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos. *Revista de Derecho Privado*, 39. <https://papers.ssrn.com/abstract=3641667>
- Palmer, A. (2020, 23 de abril). Amazon uses data from third-party sellers to develop its own products, WSJ investigation finds. *CNBC*. <https://www.cnbc.com/2020/04/23/wsj-amazon-uses-data-from-third-party-sellers-to-develop-its-own-products.html>
- Pan, J. (2022, 5 de mayo). Warren Buffett just said he doesn't own bitcoin because 'it isn't going to do anything' - He'd rather own these 2 productive assets instead. *Yahoo Finance*. <https://finance.yahoo.com/news/warren-buffett-just-said-doesn-220000034.html>
- Panetta, F. (2022, 8 de abril). More than an intellectual game: Exploring the monetary policy and financial stability implications of central bank digital currencies. *European Central Bank*.

<https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2022/html/ecb.sp220408~980e39957b.en.html>

- Parmentola, A., Petrillo, A., Tutore, I., & De Felice, F. (2021). Is blockchain able to enhance environmental sustainability? A systematic review and research agenda from the perspective of Sustainable Development Goals (SDGs). *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.2882>
- Pelker, C. A., Brown, C. B., & Tucker, R. M. (2021). Using Blockchain Analysis from Investigation to Trial Technology & Law. *United States Attorneys' Bulletin*, 69(3), 59-100.
- Posner, R. (2008). *El análisis económico del derecho*. Fondo de Cultura Económica.
- PYMNTS. (2021, 26 de octubre). *Crypto Emerging for Cross-Border Remittances*. <https://www.pymnts.com/cryptocurrency/2021/new-study-crypto-emerging-as-favored-form-for-cross-border-remittances/>
- Qin, Z. (2009). *Introduction to E-commerce* (Vol. 2009). Springer.
- Quinn, J., & Connolly, B. (2021). Distributed ledger technology and property registers: Displacement or status quo. *Law, Innovation and Technology*, 13(2), 377-397. <https://doi.org/10.1080/17579961.2021.1977223>
- Quiroz-Gutierrez, M. (2021, 8 de octubre). Bitcoin –Not gold– Is the new inflation hedge, says JPMorgan. *Fortune*. <https://fortune.com/2021/10/08/bitcoin-not-gold-is-the-new-inflation-hedge-says-jp-morgan/>
- Rapoza, K. (2021). Imagining A Central Bank Wipeout Of Bitcoin In 2022. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/kenrapoza/2021/12/28/imagining-a-central-bank-wipeout-of-bitcoin-in-2022/>
- Rekenthaler, J. (2021, 22 de noviembre). Will Cryptocurrency Protect Against Inflation? *Rekenthaler Report-Morningstar*. <https://www.morningstar.com/articles/1069053/will-cryptocurrency-protect-against-inflation>
- Republic of the Marshall Islands. (2020). *Associations Law (amendment) Act, 2020* (41^o Constitution Regular Session, 2020). <https://rmicourts.org/wp-content/uploads/2020/12/PL-2020-27-ASSOCIATION-LAWAMENDMENT-ACT2020.pdf>
- Reyes, C. L. (2016). Moving Beyond Bitcoin to an Endogenous Theory of Decentralized Ledger Technology Regulation: An Initial Proposal. *Villanova Law Review*, 61(1). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2766705
- Rivera Guerrero, Á., Hablich Sánchez, F., & Berni Moran, L. (2018). Dinero Electrónico: Beneficios Tributarios. *Revista Global de Negocios*, 6(1), 77-92. <https://papers.ssrn.com/abstract=3041502>

- Rogers, J. S. (2005). The New Old Law of Electronic Money. *SMU Law Review*, 58, 1253-1312.
- Roubini, N. (2018). *Crypto is the Mother of All Scams and (Now Busted) Bubbles While Blockchain Is The Most Over- Hyped Technology Ever, No Better than a Spreadsheet/Database*. US Senate Committee on Banking Housing and Community Affairs.
- Salzman, A. (2021, 17 de marzo). Bitcoin's Not Really an Inflation Hedge, Bank of America Says. *Barron's*. <https://www.barrons.com/articles/bitcoins-not-really-an-inflation-hedge-bank-of-america-says-51615993475>
- Satista. (2021). Bitcoin average energy consumption per transaction compared to that of VISA. Recuperado el 20 de diciembre de 2021, de <https://www.statista.com/statistics/881541/bitcoin-energy-consumption-transaction-comparison-visa/>
- Savelyev, A. (2018). Some risks of tokenization and blockchainization of private law. *Computer Law & Security Review*, 34(4), 863-869. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2018.05.010>
- Schinckus, C. (2020). The good, the bad and the ugly: An overview of the sustainability of blockchain technology. *Energy Research & Social Science*, 69, 101614. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101614>
- Stoll, C., Klaaßen, L., & Gallersdörfer, U. (2019). The Carbon Footprint of Bitcoin. *Joule*, 3(7), 1647-1661. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.05.012>
- Suiza. (2020). *Bundesgesetz zur Anpassung des Bundesrechts an Entwicklungen der Technik verteilter elektronischer Register*. <https://perma.cc/P9EC-PTUV>
- Sunyaev, A. (2020). *Internet Computing: Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34957-8_9
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. Penguin.
- Turak, N. (2021, 26 de mayo). Iran bans bitcoin mining as its cities suffer blackouts and power shortages. *CNBC*. <https://www.cnbc.com/2021/05/26/iran-bans-bitcoin-mining-as-its-cities-suffer-blackouts.html>
- World Bank. (2021). *Central bank digital currencies for cross-border payments Report to the G20*. <https://doi.org/10.1596/36764>
- Wright, A., & De Filippi, P. (2015). Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2580664>
- Wu, H., & Zheng, G. (2020). Electronic evidence in the blockchain era: New rules on authenticity and integrity. *Computer Law & Security Review*, 36, 105401. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2020.105401>

Cómo citar: Barroilhet, A. (2022). Criptomonedas y Blockchain en la adolescencia. *Revista de Derecho*, 25, 117-149. <https://doi.org/10.22235/rd25.2776>

Contribución autoral: a) Concepción y diseño del trabajo; b) Adquisición de datos; c) Análisis e interpretación de datos; d) Redacción del manuscrito; e) revisión crítica del manuscrito.

A. B. ha contribuido en a, b, c, d, e.

Editora científica responsable: Dra. María Paula Garat.