

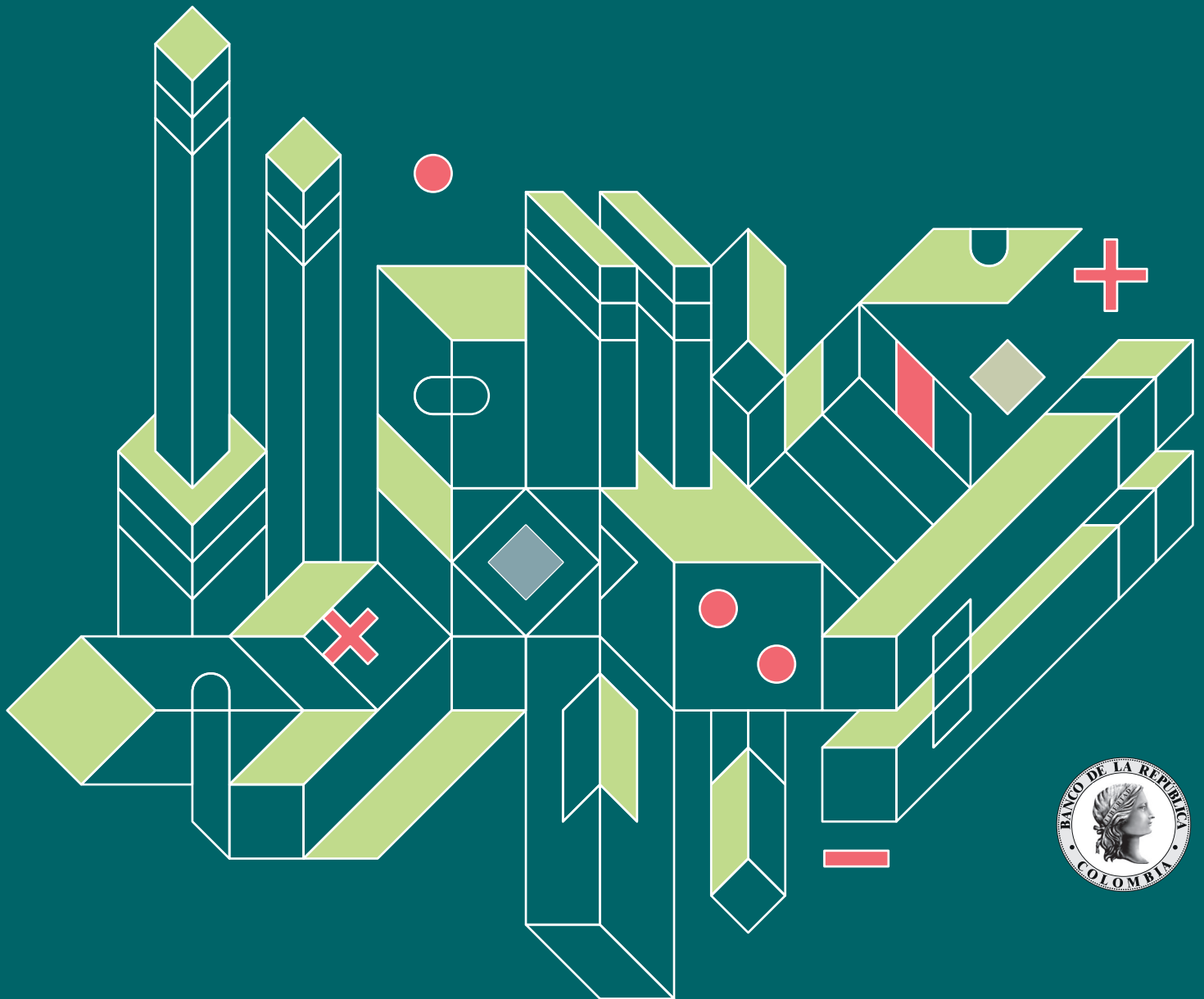
espe

Ensayos sobre
Política Económica

11/2019

Criptoactivos: análisis y
revisión de literatura

núm. 92

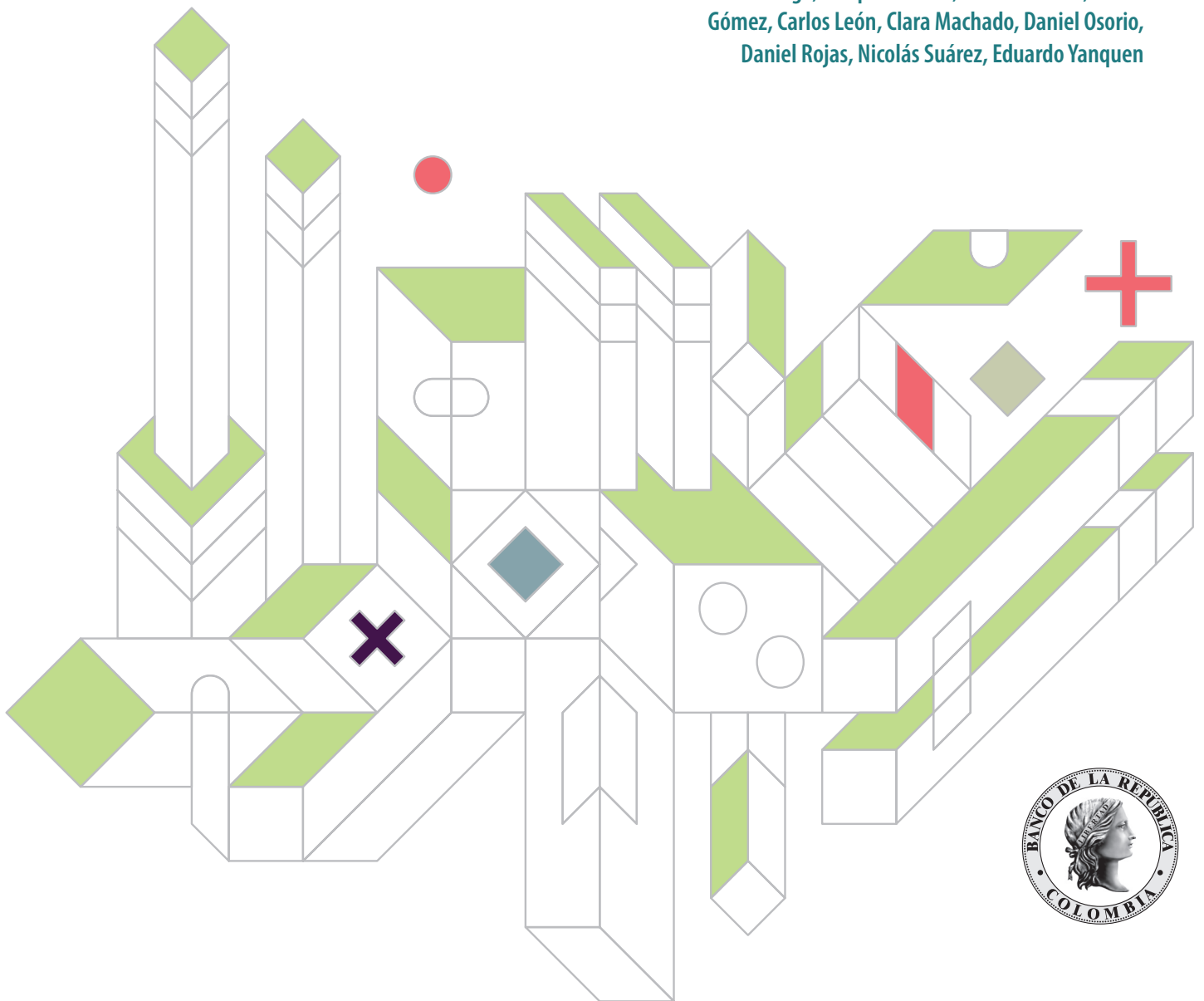


espe

Ensayos sobre
Política Económica

Criptoactivos: análisis y revisión de literatura

Julián A. Parra (coordinador),
Carlos Arango, Joaquín Bernal, José E. Gómez, Javier
Gómez, Carlos León, Clara Machado, Daniel Osorio,
Daniel Rojas, Nicolás Suárez, Eduardo Yanquen



Criptoactivos: análisis y revisión de literatura

Coautores

Julián A. Parra (coordinador),
Carlos Arango, Joaquín Bernal,
José E. Gómez, Javier Gómez, Carlos León,
Clara Machado, Daniel Osorio, Daniel Rojas,
Nicolás Suárez, Eduardo Yanquen

© 2019, Banco de la República

ISSN 2665-1327 (en línea)

Clasificación JEL: E42, E51, G12, G28, O33

Palabras clave: bitcoin, criptomoneda, criptoactivo, sistemas de pago, activos especulativos

Las opiniones, errores u omisiones de los autores son su responsabilidad, por lo que no reflejan la opinión de las entidades en las que laboran, la del Banco de la República, ni la de su Junta Directiva.

Parra, J. (coordinador); Arango, C.; Bernal, J.; Gómez, J. E.; Gómez, J.; León, C.; Machado, C.; Osorio, D.; Rojas, D.; Suárez, N.; Yanquen, E. (2019). "Criptoactivos: análisis y revisión de literatura", Ensayos sobre Política Económica (ESPE), núm. 92, noviembre, DOI: 10.32468/espe.92

ESPE está disponible en: <http://investiga.banrep.gov.co/es/espe>

Los derechos de reproducción de este documento son propiedad de la revista Ensayos sobre Política Económica (ESPE). El documento puede ser reproducido libremente para uso académico, siempre y cuando no se obtenga lucro por este concepto y, además, cada copia incluya la referencia bibliográfica de ESPE. El (los) autor(es) del documento puede(n), también, poner en su propio sitio electrónico una versión electrónica del mismo, pero incluyendo la referencia bibliográfica de ESPE. La reproducción de esta revista para cualquier otro fin, o su colocación en cualquier otro sitio electrónico, requerirá autorización previa de su comité editorial.

Comité editorial

Hernando Vargas Herrera (Banco de la República)
Mauricio Villamizar Villegas (Banco de la República)
Carmiña Vargas Riaño (Banco de la República)

Diseño

María Fernanda Latorre

Diagramación

Lucía Sandoval Andrade

Corrección de estilo

Nelson Rodríguez

Preparación editorial

Andrea Clavijo

Sección Gestión de Publicaciones
Departamento de Servicios Administrativos
Banco de la República

CONTENIDO

	Introducción	4
1.	El sistema de criptoactivos: ¿una estructura distribuida e independiente?	8
2.	Formación de precios de los criptoactivos	15
3.	Implicaciones de los criptoactivos para la política monetaria	20
4.	Los criptoactivos y la estabilidad financiera de la economía	21
5.	Regulación de los criptoactivos	24
6.	Conclusiones	28
	Recuadro 1: Glosario	29
	Referencias	31

Criptoactivos: análisis y revisión de literatura

A lo largo del tiempo diferentes objetos han fungido como dinero, incluso aunque carecieran de valor material tangible. La esencia del dinero es ser una *convención social* en virtud de la cual se produce la aceptación de un activo como forma de pago y depósito de valor porque se espera que otras contrapartes en el futuro también lo acepten. Para ello es indispensable que los miembros de una comunidad o jurisdicción lo perciba como estable, seguro, conveniente y confiable (Milkau y Bott, 2018). Actualmente, la forma común de emitir dinero y brindar confianza en el mismo en cada economía está en cabeza de un banco central independiente, responsable de salvaguardar el interés económico de la sociedad en una moneda estable.

El deseo de algunas personas o grupos¹, de lograr mayor independencia con respecto a las instituciones gubernamentales y el sistema financiero tradicional impulsó la búsqueda de una alternativa a la emisión de dinero centralizada y al sistema de transferencia de valor tradicional. Con ese propósito inicial surge la idea de los criptoactivos.

Los criptoactivos, también denominados *criptomonedas*, son unidades digitales emitidas por agentes privados, expresadas en su propia unidad de cuenta, susceptibles de ser adquiridas, preservadas y transferidas de forma electrónica². Desde hace más o menos una década los criptoactivos han sido creados con la intención de que su control se realice de forma distribuida³ y de que se conviertan en una alternativa a las monedas tradicionales y al sistema financiero actual.

Con el propósito de que la regulación de su emisión, el control del registro de saldos, y la verificación de las transacciones se puedan hacer de forma distribuida, cada criptoactivo usa un sistema de registro (conocido como *blockchain*; en

1 Por ejemplo, la concepción del bitcóin, el criptoactivo más conocido, puede enmarcarse dentro del movimiento *cypherpunk* que manifiesta, por un lado, inconformidad con lo que consideran el control ejercido por los gobiernos y el dominio de grandes corporaciones y, por otro, la idea de que el uso de la criptografía (técnicas de cifrado) en la informática le otorga más privacidad y libertad a los individuos (*The Economist*, 2018; Cross, 2018).

2 Aunque comúnmente se usa el término criptomoneda, en el presente artículo se empleará *criptoactivo*, por cuanto, como se menciona en la tercera sección, estas unidades digitales difícilmente pueden considerarse monedas, puesto que, al menos en su estado actual, tienen serias deficiencias para cumplir las funciones del dinero (medio de cambio, depósito de valor o unidad de cuenta). Con base en la taxonomía propuesta por Bech y Garratt (2017), por criptoactivos nos referimos a unidades digitales emitidas por agentes privados, de forma electrónica, con accesibilidad universal y cuya transferencia se hace mediante un mecanismo descentralizado. Es importante, sin embargo, como lo hacen Halaburda y Sarvary (2016), resaltar que el universo de las formas o intentos de medios de cambio digitales va más allá de las criptomonedas. Existen también medios de cambio creados para ambientes específicos (y, por tanto, de acceso limitado), como las plataformas de entretenimiento digital y plataformas o aplicaciones de interacción social o comercial. En estos casos, el mecanismo transaccional es usualmente controlado de forma centralizada.

3 Por *distribuida* se hace referencia al hecho de que sea completamente descentralizada, como se explica en la siguiente sección.

español, *cadena de bloques*) distribuido entre sus participantes, y asegurado con técnicas de cifrado o codificación. A partir de estos elementos (control y registro distribuidos y seguridad mediante técnicas de cifrado), los promotores de los criptoactivos los han presentado como una innovación promisoriosa y transformadora que permite hacer transferencias de valor de forma segura, anónima, con alcance global en períodos cortos, y a costos bajos (Senado de los Estados Unidos, 2013).

Quizá la intención más importante que tienen los promotores de los criptoactivos es la de que estos permitan crear y mantener un sistema de transferencia de valor que, al igual que el sistema tradicional, se base en la confianza, pero en el que, a diferencia de aquel, dicha confianza no repose sobre unas autoridades centrales (gobierno o banco central), sino que se genere a partir de las características mencionadas.

El atractivo que encierran estos propósitos, la curiosidad originada a partir de la novedad, la difusión de mensajes que lo señalan como el “dinero del futuro”, la anonimidad en las transacciones y el interés que genera para propósitos especulativos, entre otras características, han llamado la atención tanto de potenciales usuarios como de potenciales creadores de criptoactivos. Al momento de escribir este artículo, según el portal *investing.com*, existen alrededor de 2.700 criptoactivos, con una capitalización de mercado de aproximadamente USD 284 mil millones (mm) (julio de 2019). Bitcoín, el más antiguo (2009) y conocido, tiene actualmente una capitalización de mercado de cerca de USD 187 mm y llegó en diciembre de 2017 a alrededor de los USD 300 mm (cuando el precio de cada unidad estuvo cerca de los USD 20 m)⁴. Este nivel, sin embargo, es bajo si se compara con el de otros activos; por ejemplo, la capitalización de la bolsa de Nueva York (NYSE) ronda los USD 30 billones (b).

Por otro lado, varios de los propósitos en torno a los criptoactivos parecen, unos, insostenibles en el tiempo y, otros, lejos de poder hacerse efectivos en la práctica. Por ejemplo, en sus primeras etapas, bitcoín permitía hacer transferencias de forma rápida y a costos muy bajos, sin embargo, a medida que gana aceptación y su volumen de transacciones crece, también aumenta la congestión en el proceso de registro (problema de escalabilidad) y con ello las demoras en el procesamiento de transacciones y sus tarifas. Estas llegaron a superar los USD 50 en diciembre de 2017, cuando se alcanzó un pico cercano a las 500.000 transacciones por día⁵.

Una intención que también ha resultado insostenible, como se explica en detalle en la siguiente sección, es la de operar con base en un sistema distribuido e independiente. En la práctica, la complejidad de operar dentro del sistema ha ocasionado el surgimiento de un número reducido de intermediarios, que concentran una alta cantidad de transacciones, lo que ha generado una estructura más bien centralizada. Además, existe una alta dependencia del sistema financiero tradicional, como resultado de la interoperabilidad con aquel, requerida por los intermediarios del mercado de criptoactivos.

4 En el presente artículo se sigue, en general, la práctica común de usar el término *precio* para referirse a la tasa de cambio del criptoactivo con respecto a una moneda tradicional, usualmente el dólar estadounidense. Sin embargo, al hacer alusión a un criptoactivo en relación con su intento de fungir como dinero, y principalmente desde el punto de vista teórico (como ocurre particularmente en la subsección 2.1), es también común usar la palabra *precio* para referirse directamente a su poder adquisitivo, esto es, a su valor con respecto a la canasta de bienes de una economía.

5 En mayo de 2011, cuando habían alrededor de 5.000 transacciones por día, la tarifa promedio por transacción era menor a los tres centavos de dólar. En julio de 2017, con un volumen en torno a las 200.000 transacciones, la tarifa estaba alrededor de USD 2. En febrero de 2018, cuando las transacciones habían regresado nuevamente a niveles de 200.000 por día, la tarifa por transacción retornó a valores cercanos a los USD 3 (<https://bitinfocharts.com>).

Adicionalmente, el precio de los criptoactivos es altamente volátil⁶. Esta característica atrae principalmente a quienes ven la posibilidad de obtener ganancias rápidas en una inversión especulativa⁷, creando un círculo vicioso ya que esto aumenta la volatilidad de su precio y los hace aún menos confiables como medios de pago y depósito de valor.

Como consecuencia de estas y otras dificultades —v. g.: riesgos operativos y de ciberseguridad, inadecuada o nula protección a consumidores e inversionistas, alto e ineficiente uso de recursos energéticos para el proceso de validación y registro— existen serias dudas sobre la posibilidad de que el sistema actual de los criptoactivos sirva como sustituto del sólido marco institucional y legal de las monedas soberanas actuales. Como lo señala el BIS (2018a), los bancos centrales, como los conocemos hoy en día, surgieron principalmente como respuesta a las malas experiencias vividas por las economías con las formas de dinero descentralizado.

A pesar de lo anterior, y de que por ahora se ha tratado de un fenómeno de dimensiones relativamente pequeñas, el interés que han despertado los criptoactivos y la incertidumbre sobre sus posibles desarrollos futuros han provocado que varias instituciones y académicos, entre otros, se hayan pronunciado al respecto. Específicamente, el tema ha dado lugar a numerosos documentos académicos en la literatura económica y financiera de los últimos años. Esta literatura ha analizado escenarios potenciales en los que la evolución y alcance de los criptoactivos podrían tener efectos importantes sobre la economía o la estabilidad financiera. Por otro lado, permitir transacciones con alcance global y de forma anónima, dificultando su control y trazabilidad, hace que los criptoactivos sean atractivos para usos relacionados con actividades ilícitas, principalmente lavado de activos y financiación del terrorismo, generando discusiones relevantes con respecto a si deben regularse, y las alternativas para hacerlo.

El presente artículo tiene como propósito contribuir a la comprensión y el conocimiento de los criptoactivos mediante la revisión de la literatura académica existente. Dada la amplitud del tema y la abundante investigación realizada hasta el momento, el artículo se enfoca en algunos aspectos de política económica, financiera y de regulación de los criptoactivos (sin abarcar con profundidad algunos temas de la entera de las ciencias computacionales relacionados con la tecnología subyacente) y, en ese sentido, aborda temas tanto de interés general como de interés particular para las instituciones encargadas de diseñar e implementar las políticas económica y financiera. Se ha intentado emplear terminología sencilla y general, evitando en lo posible un uso excesivo de términos especializados. Para conveniencia del lector, el Recuadro 1 presenta un glosario con algunos términos o expresiones relacionadas con el universo de los criptoactivos y el argot financiero.

Aparte de esta introducción y de la sección de conclusiones, el artículo está dividido en cinco partes. La primera analiza la estructura sobre la que actualmente opera el sistema de criptoactivos y argumenta que esta se aleja de su propósito inicial de

6 Por ejemplo, con datos semanales para el último año (52 semanas, hasta el 17 de julio de 2019), la volatilidad del precio del bitcóin en dólares estadounidenses ha sido de 4,54%. El mismo cálculo para otras monedas es mucho menor: dólar australiano, 0,70%; dólar canadiense, 0,52%; euro, 0,62%; libra esterlina, 0,67%; yen, 0,49%; peso mexicano, 0,92%; real, 1,17%. (<https://es.investing.com/tools/forex-volatility-calculator>). El cálculo de volatilidad para la tasa de cambio del peso colombiano durante el mismo período es de aproximadamente 0,65%.

7 La alta volatilidad de los criptoactivos ha despertado también el interés sobre su potencial uso con fines de cobertura frente a otros activos volátiles en portafolios de inversión. Al respecto pueden encontrarse más detalles en las secciones segunda y cuarta del presente artículo.

ser una red distribuida e independiente, pues se asemeja más a una red con un bajo nivel de distribución (por la concentración en pocos agentes de las labores de minería y de los servicios de plataformas de intercambio) y un alto grado de interacción con el sistema financiero tradicional.

La segunda sección presenta una revisión de la literatura, teórica y empírica, sobre la formación de precios de los criptoactivos. En la literatura teórica el resultado general es la existencia de múltiples escenarios factibles y la imposibilidad de determinar la prevalencia de alguno. Este resultado se origina en la importancia de las expectativas en la formación de precios de los criptoactivos y la dificultad de precisar su valor intrínseco, lo que a su vez hace difícil determinar las variables fundamentales que influyen sobre las expectativas. Estas características originan la ocurrencia de profecías autocumplidas, esto es, creencias sobre los precios de los criptoactivos que influyen significativamente el mercado hasta el punto de hacer que esas creencias se materialicen. Entre los múltiples escenarios posibles, existe uno en donde el precio del criptoactivo llega a cero u otro en el que la moneda tradicional y varios criptoactivos (o uno solo de ellos) coexisten permanentemente.

Por su parte, la literatura empírica presenta resultados variados y a veces contrarios sobre los factores que afectan los precios de los criptoactivos, dependiendo principalmente de las variables que cada autor incorpora en su modelo empírico o de las frecuencias de los datos usados. *Grosso modo*, puede concluirse que el precio de un criptoactivo deviene de su demanda, tanto como medio de pago como de activo especulativo, y que esta demanda es altamente fluctuante e incierta. Lo anterior, unido a la rigidez de la oferta de estos activos, explica en parte por qué sus precios tienen volatilidades muy superiores a los medios de pago emitidos por gobiernos con políticas monetarias y financieras sólidas. Así mismo, la evidencia muestra que estos mercados son altamente susceptibles a comportamientos de manada, y a expectativas exuberantes o tendencias sociales momentáneas.

En la tercera sección se revisa la literatura económica que ha estudiado los efectos que podría tener la presencia de criptoactivos sobre la política monetaria de una economía. La principal conclusión es que los criptoactivos, en su estado actual, cumplen deficientemente las funciones de dinero y, por tanto, difícilmente podrían desplazar las monedas soberanas. La volatilidad de su precio obstaculiza su adopción como medio de transacción, depósito de valor o unidad de cuenta. Aún en casos en los que la moneda soberana de un país pierda credibilidad (v. g.: situaciones de hiperinflación), no es factible que los criptoactivos, en las condiciones actuales, representen una mejor alternativa de sustitución que monedas como el dólar o el euro.

La cuarta sección, a partir de la literatura que examina el posible impacto del uso de criptoactivos sobre la estabilidad financiera, concluye que el tamaño actual de ese mercado es muy reducido y que, por el momento y en el futuro cercano, no representa un riesgo importante para la estabilidad financiera global. La literatura, sin embargo, analiza algunos escenarios hipotéticos en los que una amplia adopción de los criptoactivos podría incrementar significativamente los efectos, sobre el mercado financiero, de la materialización de riesgos de liquidez o de la operación tecnológica en el mercado de criptoactivos.

Finalmente, la quinta sección, con base en la literatura relacionada, señala tres grandes áreas que requerirían particular atención por parte de las autoridades de aquellos países que consideren conveniente regular los criptoactivos: 1) ante la dificultad de que puedan ser regulados directamente, debe procurarse que se desarrollen en un ambiente con estrictas exigencias de seguridad y transparencia a sus

participantes e intermediarios, similares a las que la regulación vigente le exige en especial a los intermediarios y agentes del mercado financiero y de valores; 2) la actividad de facilitadores o agentes (v. g.: plataformas de intercambio, proveedores de billeteras digitales, etc.), a los que se les deben exigir requisitos estrictos en materia de identificación y conocimiento del cliente, aplicación de normas de prevención de lavado de activos y financiación del terrorismo, tributación, sólido manejo del riesgo operacional, segregación de activos de los clientes, entre otros, y 3) el sector financiero tradicional, cuya interoperabilidad con los criptoactivos debe darse solo mediante las plataformas y servicios debidamente licenciados que cumplan con las exigencias mencionadas.

1. El sistema de criptoactivos: ¿una estructura distribuida e independiente?

En la década de los sesenta, en medio de la Guerra Fría, el Ejército de los Estados Unidos identificó que la red de comunicaciones era descentralizada, pero dependiente de un conjunto reducido de nodos (Diagrama 1, panel B) y, por tanto, vulnerable a un ataque nuclear (Barabási, 2003). En respuesta, Baran (1964) concibió una red de comunicación robusta, sin nodos centrales, basada en una estructura distribuida (Diagrama 1, panel C)⁸.

8 Es común encontrar que se utilizan los términos *descentralizado* y *distribuido* indistintamente. En nuestro caso, por claridad y precisión, se distingue que una red distribuida es aquella que está completamente descentralizada (Baran, 1964).

Esa estructura distribuida fue el fundamento conceptual de lo que hoy se conoce como internet (*i. e.*: red de infraestructura física de intercambio de datos). Sin embargo, contrario al diseño de Baran, internet evolucionó hasta conformar una red descentralizada que, como la *world wide web* y muchas otras redes sociales y tecnológicas, se caracteriza por la existencia de unos pocos nodos que concentran la mayor cantidad e intensidad de conexiones (Barabási, 2003, Newman, 2010).

El sistema financiero tiene una estructura descentralizada, con un número reducido de agentes (*e. g.*: bancos centrales, instituciones financieras) que concentran la emisión e intercambio de activos, el procesamiento y registro de transacciones, así como la información de los usuarios. En respuesta a esta estructura descentralizada, el sistema de criptoactivos fue concebido por Sa-

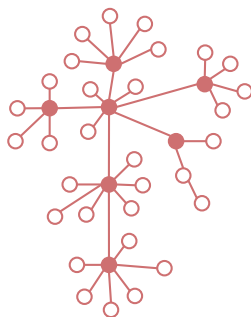
Diagrama 1
Tipos de redes por centralización

En una red centralizada (panel A) todas las conexiones dependen de un único nodo central (nodo oscuro); en la descentralizada (panel B) algunos nodos son centrales, pero no existe dependencia completa; en la distribuida (panel C) no existen nodos claramente centrales.

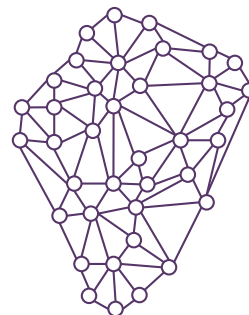
A. Red centralizada



B. Red descentralizada



C. Red distribuida



toshi Nakamoto (2008, 2009) como distribuido e independiente. Distribuido porque permitiría establecer una red de intercambio persona a persona (*peer to peer*) entre usuarios, quienes, a su vez, mantendrían el registro de sus transacciones. Así mismo, independiente, por no tener intervención de bancos centrales, gobiernos o instituciones financieras. Parafraseando a Nakamoto (2009), el objetivo es un sistema distribuido, sin riesgo de puntos únicos de falla (*single point of failure risk*), en el que los usuarios mantienen el acceso a sus activos y realizan transacciones directamente entre ellos.

Sin embargo, pese a que la tecnología de la mayoría de los criptoactivos se basa en el registro distribuido, la estructura en la que se desenvuelven los usuarios es descentralizada, concentrada en un número reducido de agentes, entre los que se destacan las plataformas de intercambio y las billeteras digitales (Moore y Christin, 2013; Böhme, *et al.*, 2015; Floyd, 2018). Así mismo, el sistema de criptoactivos no es independiente del sistema financiero tradicional por la interoperabilidad que, con este último sistema, requieren actualmente las plataformas de intercambio.

Esta estructura descentralizada y dependiente no solo contradice el concepto (la intención) que respalda la existencia misma del sistema de criptoactivos, sino que trae consigo riesgos y retos que deben ser identificados y manejados. Esta sección busca aportar en la descripción de la estructura del sistema de criptoactivos, con énfasis en la identificación de los agentes que cumplen un papel central, y en cómo dicho sistema se interconecta con el sistema financiero tradicional⁹.

1.1 Los criptoactivos y la búsqueda de un sistema distribuido e independiente

Como se mencionó en la introducción (véase nota al pie 1), con el uso del bitcóin se pretendía dejar de depender de los bancos centrales, de los gobiernos y de las grandes corporaciones financieras, los cuales se asociaban con la ocurrencia de la crisis financiera internacional de 2007-2008¹⁰. La propuesta de Nakamoto comprende dos aspectos fundamentales. Primero, crear un nuevo activo digital, independiente de cualquier banco central o gobierno, cuyo valor sea determinado por el libre juego de la oferta y la demanda: el bitcóin. Segundo, implementar una tec-

nología capaz de llevar un registro distribuido (*distributed ledger*) que evita que el activo sea gastado más de una vez por parte de un mismo usuario. Esa tecnología es conocida como *blockchain*.

Blockchain se encarga de generar un registro distribuido, encriptado, permanente y creciente de todas las transacciones con bitcóin, el cual permite la verificación distribuida de la disponibilidad de bitcóin para realizar las transacciones. Técnicamente, cada bitcóin carga consigo todo el historial de transacciones en las que ha sido utilizado (*i. e.*: permite completa trazabilidad), y solo el último tenedor está autorizado para gastarlo (BCE, 2012). La verificación de las órdenes y el posterior registro de las transacciones la realizan agentes conocidos como *mineros*. Los mineros reciben a cambio bitcoins por su labor de verificación y por comisiones de los usuarios. La labor de verificación por parte de los mineros es la única fuente de creación de bitcoins, la cual está limitada a 21 millones de unidades, las cuales se fraccionan en *satoshis*, que equivalen a una cienmillonésima parte de un bitcóin; con este límite, que se alcanzará hacia el año 2140, se busca que la impresión inorgánica de bitcóin sea imposible, por lo cual se ha hecho un paralelo con el patrón oro frente a su capacidad de limitar la intervención del gobierno y el banco central en la economía¹¹.

En principio, con la propuesta de Nakamoto los usuarios de criptoactivos pueden realizar pagos persona a persona, sin agentes centrales que concentren el registro de las transacciones y la información de los usuarios, y sin depender de bancos centrales emisores de los activos. La propuesta de Nakamoto ha servido para el desarrollo de otros criptoactivos, que utilizan otros activos digitales y versiones modificadas de la tecnología blockchain; estos suelen llamarse *altcoins*, entre los que se encuentran ethereum, litecoin, monero y zcash¹². En general, bitcóin y los altcoins siguen principios muy similares, entre ellos la búsqueda de un sistema distribuido e independiente.

1.2 El sistema de criptoactivos

El Diagrama 2 compara una transacción descentralizada, basada en instrumentos de pago electrónico tradicional (*e. g.*: transferencia electrónica, tarjeta débito y crédito), con

9 No se pretende explicar por qué la red de transacciones de criptoactivos derivó en una estructura descentralizada; sin embargo, la literatura sobre redes complejas adaptativas (Miller y Page, 2007) señala que la mayoría de sistemas tiende a autoorganizarse en una estructura descentralizada.

10 Véase Moore y Christin (2013), *The Economist* (2018), Surowiecki (2018) y Floyd (2018).

11 Esto no considera las bifurcaciones (*forks*), por las que un criptoactivo nace de otro existente, multiplicando así el límite de emisión original. Sobre el concepto de bifurcaciones, pueden encontrarse algunos detalles adicionales en la nota al pie 49.

12 Al 7 de agosto de 2019, con base en información consultada en <https://coinmarketcap.com>, el número de criptoactivos se aproxima a 2.500, con una capitalización de USD 310 mm. Bitcóin representa el 68,9%, seguido por ethereum (7,8%) y xrp (4,3%).

una transacción distribuida. En el caso de la transacción descentralizada se requiere la intervención de una o varias autoridades centrales (e. g.: bancos) que gestionan la información de los usuarios (e. g.: claves, saldos, etc.), y que procesan las órdenes y registran los movimientos. En el otro caso no hay intervención de autoridad alguna: se dispone de reglas por las cuales los participantes intercambian los criptoactivos directamente, al tiempo que se mantiene un registro distribuido de las transacciones.

Sin embargo, este tipo de representación ignora buena parte de los agentes que intervienen en una transacción. En el caso de una transacción con instrumentos de pago electrónico tradicional, no solo participan bancos comerciales, sino también infraestructuras de pagos al por menor (e. g.: redes de tarjetas, cámaras de compensación) y pasarelas de pago, entre otros, los cuales se constituyen en agentes centrales en una red descentralizada (Banco de la República, 2017).

De igual manera, además del creador del criptoactivo y su emisor, de los usuarios y de los mineros, también existen

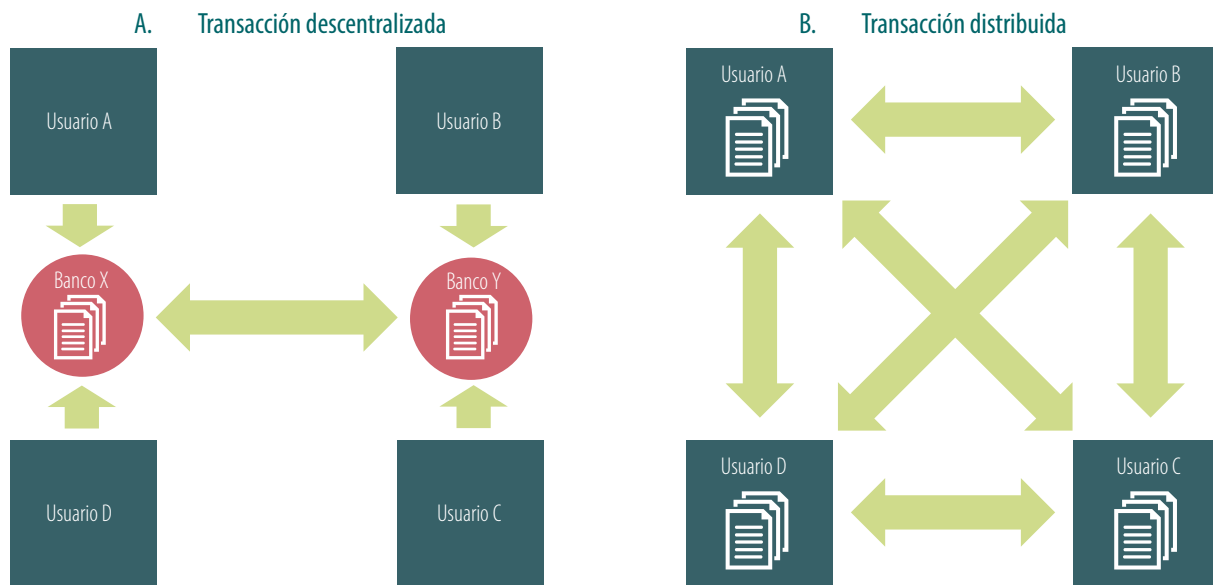
otros agentes en su sistema¹³. Por su rol central se destacan las billeteras digitales (*digital wallets*) y las plataformas de intercambio (*exchanges*)¹⁴.

Las billeteras digitales surgieron como respuesta a la dificultad para guardar y utilizar las claves y códigos de autenticación que requieren los usuarios para realizar sus transacciones¹⁵. Las plataformas de intercambio

- 13 Ver Moore y Christin (2013); BCE (2015); Böhme, *et al.* (2015); JP Morgan (2018); Underwood (2018).
- 14 Otros agentes son secundarios para el propósito de este artículo, pero determinan la estructura (no distribuida) del sistema. Por ejemplo, los mezcladores (*mixers* o *tumblers*), que aumentan la privacidad de las transacciones; los fondos de minería (*mining pools*), que se organizan para obtener un flujo más estable de criptoactivos; los custodios, cuya labor está en auge por las amenazas de pérdida y robo a usuarios, y los procesadores de pago (*payment processors*), que facilitan los pagos entre usuarios y comercios.
- 15 Un usuario de criptoactivos puede prescindir de las billeteras digitales, pero requiere un mayor conocimiento técnico e implica un mayor riesgo de pérdida de las claves y códigos necesarios para acceder a los criptoactivos.

Diagrama 2 Modelo de transacción descentralizada y distribuida

En el caso de la transacción descentralizada (panel A) se requiere la intervención de una o varias autoridades centrales (e. g.: bancos) que gestionan la información de los usuarios (e. g.: claves, saldos), y que procesan las órdenes y registran los movimientos. En el caso de la transacción distribuida (panel B), no hay intervención de autoridad alguna ya que se dispone de reglas bajo las cuales los participantes intercambian los criptoactivos directamente, al tiempo que se mantiene un registro distribuido de las transacciones.



Fuente: diseño de los autores.

surgieron como intermediarios entre compradores y vendedores, y también hacen las veces de compradores y vendedores de criptoactivos en posición propia. Igualmente, emiten criptoactivos, ofrecen servicios de cotización de precios, billeteras digitales, cuentas de margen, negociación automatizada y custodia. Las plataformas de intercambio cobran comisiones por sus servicios (Underwood, 2018; BTC Makers, 2018). Para las operaciones de compra y venta de criptoactivos, las plataformas de intercambio aceptan criptoactivos y diversos instrumentos de pago, que incluyen al efectivo, transferencias electrónicas y tarjetas de crédito. Por lo anterior, las plataformas de intercambio son el principal punto de conexión de los sistemas de criptoactivos con el sistema financiero tradicional (Armstrong, 2018; Arango-Arango *et al.*, 2018) y, por tanto, les brindan interoperabilidad (Auer y Claessens, 2018).

Por la limitada aceptación y utilización de los criptoactivos como instrumentos de pago¹⁶, las plataformas de intercambio son la principal forma como los usuarios pueden comprar o vender criptoactivos¹⁷. Contrario al propósito de operar sobre un sistema distribuido, esta labor está altamente concentrada en unas cuantas plataformas de intercambio¹⁸. Por ejemplo, a principios de septiembre de 2018 tres plataformas de intercambio concentraron cerca del 57% del valor transado en bitcóin¹⁹. Anteriormente, previo a su quiebra en febrero de 2014, la plataforma de intercambio Mt. Gox concentró cerca del 70% de las transacciones en bitcóin. En ese sentido, la existencia de un sistema distribuido es discutible, puesto que el rol de las plataformas de intercambio y los costos asociados con su labor corresponden más al de una estructura descentralizada (Spencer, 2018; Floyd, 2018).

16 Véase Meiklejohn *et al.* (2013); Ali *et al.* (2014a); DNB (2018); Surowiecki (2018); JP Morgan (2018); Cross (2018); Wood (2018), y Kharif (2018).

17 No existe un dato exacto o verificable sobre la proporción de las transacciones que se realiza en plataformas de intercambio. Se estima que esa proporción es bastante alta, 99% según Wood (2018) y Roubini (2018), y 90% según Armstrong (2018).

18 Véase Moore y Christin (2013), Böhme, *et al.* (2015), Floyd (2018), Carter (2018) y Armstrong (2018).

19 Con base en información de www.cryptocompare.com (consultado el 10 de septiembre de 2018), Bitfinex, Coinbase y Bitsamp concentran aproximadamente el 33%, 14% y 10% del valor transado en las más de doscientas plataformas de intercambio de bitcóin. Ese grado de concentración las hace altamente atractivas para quienes buscan robar criptoactivos, por lo que se les conoce como *tarros de miel* (*honeypots*). Se estima que cerca de una tercera parte de las plataformas de intercambio ha sido objeto de robos, y se estima que un 14% de la oferta de los principales criptoactivos ha estado implicada en estos hechos (JP Morgan, 2018; Cross, 2018; Lewis y Harding, 2018).

1.3 Transacciones con criptoactivos

Para un usuario común el proceso de compra de criptoactivos requiere dos pasos previos: primero, configurar una billetera y, segundo, abrir una cuenta en una plataforma de intercambio²⁰. Si este usuario es nuevo en el sistema de criptoactivos, deberá adquirirlos por primera vez pagando en línea o en efectivo.

En el primer caso (Diagrama 3), el usuario A adquiere bitcóin a cambio de una moneda (*e. g.*: dólares), para lo cual debe hacer un pago a la plataforma de intercambio mediante una transferencia electrónica o tarjeta de crédito. Otro usuario (B) estará dispuesto a vender esa cantidad de bitcóin usando la plataforma de intercambio, de la cual recibirá una transferencia electrónica en una moneda de su elección (*e. g.*: euros). Los precios de compra y venta de bitcóin incluirán el margen que establezca la plataforma de intercambio, la cual también puede cobrar comisiones por los pagos recibidos y enviados. La tecnología blockchain se ocupa de verificar y registrar la transacción de manera distribuida, y cada usuario tendrá en su billetera digital la información de sus bitcoins.

El Diagrama 3 representa buena parte de las transacciones con criptoactivos, las cuales involucran una o hasta dos conversiones por monedas (Böhme *et al.*, 2015), así como la utilización de entidades e instrumentos de pago asociados con el sistema financiero tradicional²¹. Según Armstrong (2018), la conexión de las plataformas de intercambio con el sistema financiero hace que estas tiendan a centralizar la estructura del sistema de criptoactivos mientras la adopción de los criptoactivos se hace masiva. De acuerdo con Böhme *et al.* (2015), las billeteras digitales propician la centralización de la información de los usuarios por las facilidades que ofrecen para mantener y utilizar los criptoactivos.

Alternativamente, se pueden comprar los criptoactivos con efectivo. En este caso (Diagrama 4) los usuarios deben encontrarse físicamente para que el usuario A entregue el efectivo al usuario B, quien a cambio entregará los bitcoins correspondientes desde su billetera digital; uno de los usuarios puede ser reemplazado por un cajero

20 Con base en Böhme *et al.* (2015), Kim (2018) y las instrucciones previstas en www.coindesk.com/information/how-can-i-buy-bitcoins (consultado el 17 de septiembre de 2018).

21 La plataforma de intercambio puede vender bitcoins al usuario A con su posición propia en el criptoactivo (*i. e.*: sin la intervención del usuario B). Según Underwood (2018), las transacciones en posición propia de algunas de las más importantes plataformas de intercambio pueden llegar hasta el 20% del total.

electrónico de criptoactivos²². En vez de efectivo se puede entregar a cambio un bien o un servicio; sin embargo, como se mencionó, la utilización de los criptoactivos

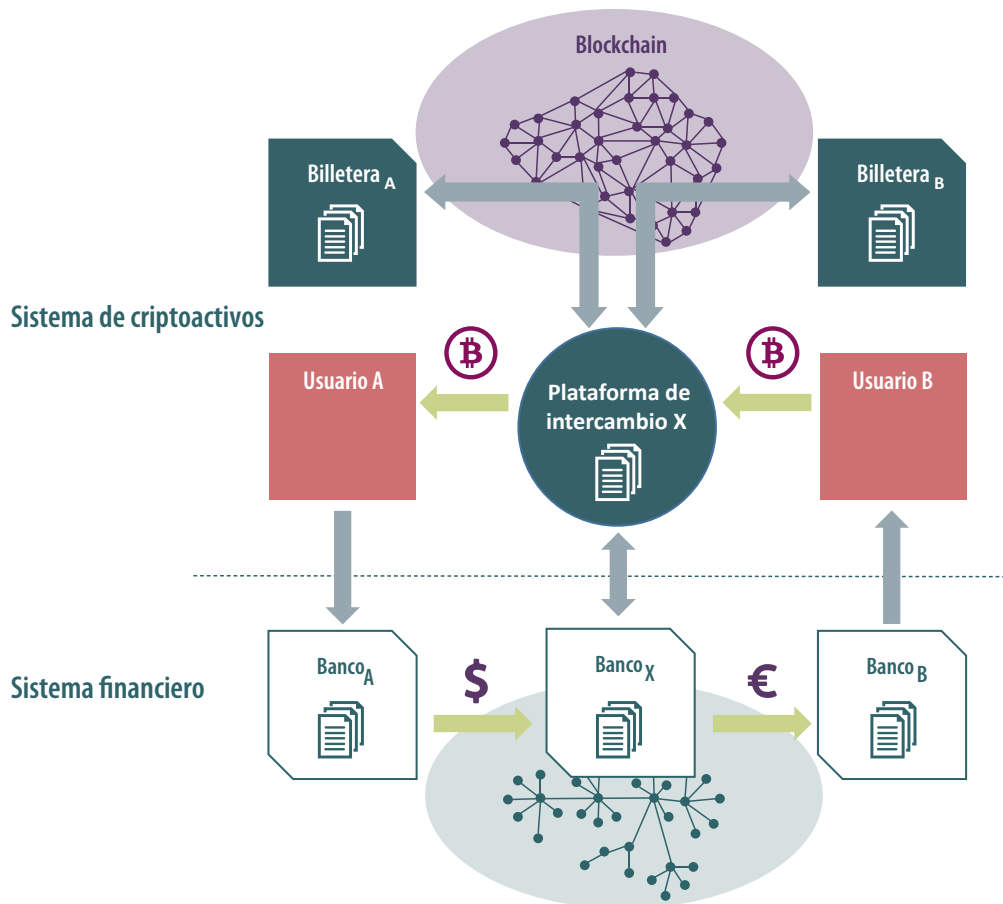
como instrumentos de pago es, por ahora, poco frecuente y representativa.

Una vez los usuarios ya cuentan con criptoactivos, pueden realizar transacciones para intercambiarlos por otros. En el Diagrama 5 se presenta un intercambio de bitcoin por ethereum. En este caso, generalmente las transacciones ocurrirán con intervención de una plataforma de intercambio, con registro en dos blockchain diferentes (una por criptoactivo).

22 Existen servicios (v. g.: <https://localbitcoins.com/>) para localizar individuos, cajeros electrónicos o comercios dispuestos a comprar o vender criptoactivos a cambio de efectivo.

Diagrama 3 Compra de bitcoin con instrumentos de pago del sistema financiero, mediante una plataforma de intercambio

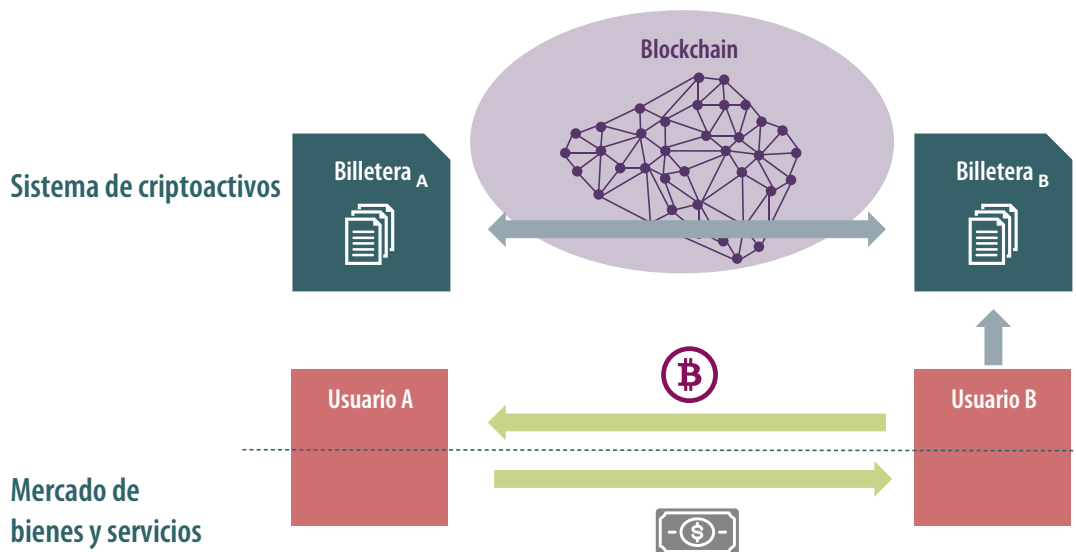
El usuario A adquiere bitcoin usando un instrumento de pago del sistema financiero (e. g.: transferencia, tarjeta de crédito), el cual está relacionado con una institución financiera (e. g.: banco_A). Para eso el Usuario A ordena realizar un pago a la plataforma de intercambio, la cual lo recibe desde un producto del sistema financiero (e. g.: cuenta de ahorros) relacionado con una institución financiera (banco_X). El usuario B vende bitcoin a la plataforma de intercambio, para lo cual transfiere dicho criptoactivo haciendo uso de su billetera electrónica (billetera_B). La plataforma de intercambio recibe bitcoin y utiliza un instrumento de pago del sistema financiero (banco_X) para abonar al usuario B en uno de sus productos del sistema financiero (en el banco_B). La plataforma de intercambio transfiere los bitcoins correspondientes al usuario A. Los precios de compra y venta de bitcoin incluirán el margen que establezca la plataforma de intercambio, la cual también puede cobrar comisiones por los pagos recibidos y enviados. La tecnología blockchain se ocupa de verificar y registrar la transacción de manera distribuida, y cada usuario tendrá en su billetera la información de sus bitcoins.



Nota: las flechas verdes representan intercambios de activos; las flechas azules representan intercambios de información (e. g.: órdenes, registros).
Fuente: diseño de los autores.

Diagrama 4 Compra de bitcoin con efectivo

El usuario A adquiere bitcoin a cambio de la entrega física de dólares al usuario B, quien transfiere bitcoin haciendo uso de su billetera. La tecnología blockchain se ocupa de verificar y registrar la transacción de manera distribuida, y cada usuario tendrá en su billetera la información de sus bitcoin.



Nota: las flechas verdes representan intercambios de activos; las flechas azules representan intercambios de información (e. g.: órdenes, registros).

Fuente: diseño de los autores.

1.4 Comentarios finales

En resumen, para los usuarios el sistema de criptoactivos se aleja del propósito de una red distribuida e independiente: primero, la estructura en la que interactúan se asemeja más a una red descentralizada; segundo, el sistema de criptoactivos es dependiente del sistema financiero tradicional. A ese respecto, Armstrong (2018) y Grossman (2019) argumentan que la estructura distribuida e independiente no es una característica inherente al sistema de criptoactivos, sino un objetivo que se alcanzará eventualmente, cuando la adopción masiva de los criptoactivos permita el intercambio persona a persona sin usar el sistema financiero tradicional²³.

Adicionalmente, el aparente registro distribuido de las transacciones también es cuestionable. Este reposa sobre la labor centralizada de unos pocos grupos de mineros, con una alta concentración geográfica y jurisdiccional²⁴, y que tienen en común a un proveedor de tecnología de minado (Bitmain) que concentra el 75% del mercado (Culpan, 2018). Así mismo, el desarrollo, mantenimiento y corrección de los códigos en que se basa el registro distribuido se encuentra centralizado en unos pocos agentes, quienes dan forma y ejercen un gran poder sobre el sistema en su conjunto (Srinivasan y Lee, 2017; Walch, 2019). En suma, dado que los subsistemas que componen el sistema de registro no son distribuidos, todo el sistema no puede ser considerado como tal.

Paradójicamente, los usuarios que adoptan los criptoactivos por su desconfianza en bancos y gobiernos confían en intermediarios no regulados ni supervisados, que en muchos casos los dejan expuestos a fraudes y ataques ci-

23 Sin embargo, existe una contradicción en el proceso de adopción de los criptoactivos. A medida que aumenta su uso, aumentan los costos transaccionales (v. g.: comisiones por procesamiento) y surgen externalidades negativas asociadas con los problemas de escalabilidad y congestión en el procesamiento de las transacciones (Arango *et al.*, 2018; BIS, 2018; Roubini, 2018), los cuales desincentivan su uso. Esto sugiere que existen barreras a la adopción masiva de los criptoactivos y a su eventual convergencia a sistemas distribuidos.

24 Véase Ali *et al.* (2014b); Böhme *et al.* (2015); Homakov (2017); Srinivasan y Lee (2017); Roubini (2018), y Walch (2019).

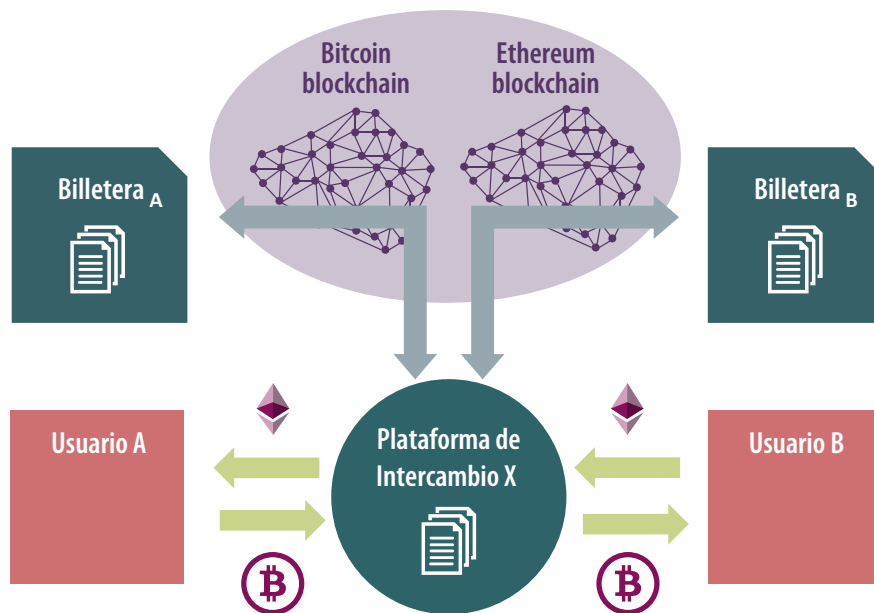
bernéticos (Orcutt, 2017; BIS, 2018), así como en grupos de mineros y desarrolladores cuyos intereses no necesariamente se alinean con los de los usuarios (Walch, 2019). También, resulta paradójico que en países en los cuales se ha restringido el acceso de usuarios y plataformas de intercambio al sistema financiero²⁵, estas plataformas han recurrido a las autoridades gubernamentales de las que el sistema de criptoactivos intenta prescindir, para reclamar el derecho a acceder al sistema financiero que pretenden evitar.

Entonces, la estructura del sistema de criptoactivos es mucho más compleja de lo que se aprecia a simple vista, o de lo que se ofrecía como objetivo último de bitcoin y otros criptoactivos. Para los usuarios la estructura del sistema de criptoactivos representa un reto mayúsculo: se enfrentan a una estructura descentralizada, con agentes centrales que no son supervisados ni regulados; con estructuras propietarias desconocidas; con incentivos económicos poco claros; de los cuales hay información difusa y poco confiable, y sin que exista el soporte de autoridad financiera alguna. Para las autoridades también representa retos, entre los que se destaca el determinar la necesidad, conveniencia y manera de regular y supervisar a estos nuevos agentes, ya sea con objetivos de protección al consumidor, prevención y detección de lavado de activos y financiación del terrorismo, política monetaria, buen funcionamiento de los sistemas de pago o estabilidad financiera.

25 Entre esos países se cuenta Chile, Colombia, Finlandia y Malasia (véase Chanjaroen, 2017; Guzmán, 2018; Russo y Thomson, 2018; Tiessalo, 2018).

Diagrama 5 Compra ethereum con bitcoin mediante una plataforma de intercambio

El usuario A adquiere ethereum a cambio de bitcoin, para lo cual transfiere este último desde su billetera a la plataforma de intercambio. El usuario B vende ethereum a la plataforma de intercambio, para lo cual transfiere dicho criptoactivo desde su billetera. La plataforma de intercambio recibe bitcoin y ethereum, y los transfiere al usuario B y usuario A, respectivamente. Los precios de compra y venta de los criptoactivos incluirán el margen que establezca la plataforma de intercambio, la cual también puede cobrar comisiones por los pagos recibidos y enviados. La tecnología blockchain se ocupa de verificar y registrar la transacción de manera distribuida, y cada usuario tendrá en su billetera la información de sus criptoactivos.



Nota: las flechas verdes representan intercambios de activos; las flechas azules representan intercambios de información (e. g.: órdenes, registros).
Fuente: diseño de los autores.

2. Formación de precios de los criptoactivos

La literatura económica reciente ha estudiado la dinámica de los precios de los criptoactivos desde diferentes ángulos. En esta sección se distinguen dos líneas principales, una que ha hecho más énfasis en elementos teóricos y, por tanto, en el análisis de los precios de los criptoactivos desde el punto de vista de modelos matemáticos, y otra con mayor énfasis en elementos prácticos y dedicada primordialmente al análisis de la evidencia empírica mediante modelos econométricos.

2.1 Trabajos teóricos

La línea teórica sobre determinación de precios²⁶ de los criptoactivos es relativamente reciente. Esta intenta entender su dinámica, principalmente desde la perspectiva de sus potenciales roles como medio de cambio y depósito de valor, y de su competencia con las monedas tradicionales. Los trabajos relacionados usualmente suponen que tanto la moneda gubernamental como los criptoactivos permiten, por una parte, evitar el tener que recurrir al trueque y, por otra, transferir valor de un período a otro (a diferencia de los bienes de consumo, que se suponen perecederos).

En los modelos teóricos, un supuesto común que motiva el uso del criptoactivo es que este tiene asociados unos costos de transacción menores a los de la moneda tradicional²⁷. Por otro lado, en algunos documentos se supone que el criptoactivo, a diferencia de la moneda soberana, está sujeto a una probabilidad exógena de fracaso²⁸ o de intrusión informática (*hacking*) o fraude (Biais *et al.*, 2018). En otros casos se supone que, al igual que ocurre en la práctica, la moneda del gobierno tiene el respaldo de un banco central que intenta mantener su poder de compra relativamente estable (v. g.: Schilling y Uhlig, 2019). El supuesto usual sobre el precio del criptoactivo es que está sometido completamente a los vaivenes del mercado.

Es común también suponer que la cantidad del criptoactivo está fija; sin embargo, algunos trabajos modelan su producción, esto es, intentan incorporar elementos relacionados con los incentivos y el costo privado o “esfuerzo” que hay detrás de la emisión de nuevas unidades de un criptoactivo (v. g.: Fernández-Villaverde y Sanches, 2019; Choi y Rocheteau, 2019; Schilling y Uhlig, 2019). En sistemas como el del bitcóin, donde la cantidad exacta y el ritmo de emisión están predeterminados por un algoritmo²⁹, Schilling y Uhlig (2019, Teorema 3) demuestran que incorporar en el modelo el esfuerzo requerido para la producción no modifica el precio de equilibrio del criptoactivo.

En términos de los resultados de la literatura teórica, posiblemente el más común de todos es la indeterminación del precio de equilibrio o, en otras palabras, la existencia de múltiples escenarios factibles y la imposibilidad de determinar una solución, incluso dentro de un rango específico de valores (v. g.: Garratt y Wallace, 2018; Fernández-Villaverde y Sanches, 2019). Un resultado similar había sido señalado por Kareken y Wallace (1981) para las monedas tradicionales (específicamente, para el caso de la tasa de cambio en un régimen internacional de libre flotación). El problema surge del hecho de la importancia de las expectativas en la formación de precios de los criptoactivos y de la ausencia o la dificultad de precisar su valor intrínseco o fundamental, lo que a su vez hace difícil determinar las variables fundamentales que influyen sobre las expectativas. Estas características provocan la ocurrencia de profecías autocumplidas, esto es, creencias sobre los precios de los criptoactivos que influyen significativamente en el mercado, hasta el punto de que esas creencias se hacen realidad. Por ejemplo, de los modelos de Biais *et al.* (2018) y de Schilling y Uhlig (2019) se obtiene que el precio actual del criptoactivo es igual al precio esperado para el siguiente período; de esta forma, cualquier precio esperado para el futuro, por los agentes en su conjunto, se hará realidad en el presente y se constituirá en equilibrio.

Entre los múltiples escenarios (equilibrios) posibles, existe uno en donde el precio del criptoactivo se reduce a cero, otro en el que la moneda tradicional y varios criptoactivos (o uno solo de ellos) coexisten permanentemente (con valores positivos), y escenarios en que permanecen varios criptoactivos mientras que la moneda emitida por el gobierno pierde todo su valor (v. g.: Garratt y Wallace, 2018; Fernández-Villaverde y Sanches, 2019). En particular, la

26 En esta subsección la palabra *precio* hace referencia principal y directamente al poder adquisitivo del criptoactivo, esto es, a su valor con respecto a la canasta de bienes de una economía. Véase nota al pie 4 para una explicación de las dos connotaciones de la palabra *precio* en el presente artículo.

27 En la práctica este supuesto se cumple solo de forma temporal y en las etapas iniciales de los criptoactivos. Como se menciona en la introducción, a medida que el volumen de transacciones de un criptoactivo aumenta, también se incrementa la congestión en el proceso de registro y las tarifas cobradas por el procesamiento de transacciones.

28 Debido a que, por ejemplo, la tecnología que lo soporta se revela como fallida (v. g.: Athey *et al.*, 2016; Garratt y Wallace, 2018; Bolt y Van Oordt, 2019).

29 En estos casos, un mayor esfuerzo individual, dado un esfuerzo agregado, aumenta la probabilidad de ser exitoso en adjudicarse los bitcoins recientemente emitidos (correspondientes a la retribución por el trabajo de validación y verificación de nuevos bloques de transacciones, o lo que comúnmente se conoce como *minería*), pero un mayor esfuerzo agregado no incrementa ni la cantidad ni el ritmo de emisión de nuevos bitcoins.

coexistencia permanente de varios criptoactivos con precios estables requiere que las funciones de costos de producción sean crecientes (Fernández-Villaverde y Sanches, 2019)³⁰ y que no haya diferencias sustanciales entre los costos de producir uno u otro (Choi y Rocheteau, 2019). Por otro lado, y como lo muestran Fernández-Villaverde y Sanches (2019), la competencia entre los criptoactivos y la moneda soberana crea incentivos adicionales para que el banco central mantenga la estabilidad del poder de compra de esta última (intentando preservar su conveniencia para ser usada como medio de cambio y depósito de valor).

Otro resultado en la literatura teórica sobre la formación de precios de los criptoactivos es la importancia de su nivel de adopción. Athey *et al.* (2016) suponen que el criptoactivo puede estar basado en una tecnología exitosa o fallida (esta última sujeta a una probabilidad exógena de colapso). Como los agentes no tienen certeza sobre este hecho, actualizan (de forma bayesiana) sus creencias y a medida que pasa el tiempo (y el criptoactivo permanece), atribuyen una mayor probabilidad a la tecnología exitosa. Como resultado, mientras el criptoactivo no colapse, su nivel de adopción y su precio van aumentando. El precio esperado de largo plazo de un criptoactivo basado en una tecnología exitosa es igual al cociente del volumen de transacciones (constante en el largo plazo) y la oferta (fija) del mismo.

En el modelo de Bolt y Van Oordt (2019) el nivel de adopción depende de los beneficios transaccionales (*v. g.*: costos, rapidez, anonimidad, etc.) que obtienen los consumidores y los comerciantes al usar un criptoactivo, y de las externalidades cruzadas que surgen de un mayor tamaño de usuarios de un lado y otro (esto es, a los consumidores los beneficia un mayor nivel de adopción por parte de los comerciantes, y viceversa). En este caso el resultado es muy similar al de Athey *et al.* (2016): dada una oferta de criptoactivos que crece a una tasa exógena, el precio quedará determinado en el largo plazo por el nivel de uso (transacciones) del criptoactivo como medio de pago.

Tanto Athey *et al.* (2016) como Bolt y van Oordt (2019) analizan el efecto sobre el precio del componente especulativo de la demanda; es decir, del interés de algunos agentes (inversionistas) en mantener en su poder el criptoactivo durante un tiempo con la expectativa de un aumento en su precio. Este fenómeno tiene, al menos desde el punto de vista teórico de estos dos modelos, un impacto positivo sobre el precio, puesto que disminuye

la oferta de unidades del criptoactivo en circulación. Sin embargo, este efecto ocurre principalmente en las etapas tempranas de los criptoactivos y debería desvanecerse en el largo plazo: a medida que el nivel de adopción aumenta, los precios se hacen más estables y los incentivos para el uso especulativo del criptoactivo se reducen. Choi y Rocheteau (2019) llegan a una conclusión similar. En ese modelo (de intercambios que pueden resultar mediante emparejamientos aleatorios: *random matching*), el motivo principal por el cual se atesoran unidades del criptoactivo en sus primeras etapas es la dificultad de que sea aceptado como medio de pago (debido a su baja circulación).

2.2 Trabajos empíricos

Una pregunta recurrente en la literatura empírica es hasta dónde el precio de los criptoactivos está motivado por su demanda como medio de pago (en el intercambio de bienes y servicios) o como depósito de valor (en decisiones de portafolio de los agentes económicos). Para dilucidar qué aspecto es más determinante, los trabajos relacionados se centran en estimar modelos del precio del criptoactivo en función tanto de factores asociados con su demanda transaccional, como de factores relacionados con sus características como un activo especulativo. La literatura usa la evidencia de qué factores son estadísticamente significativos para discernir sobre si el criptoactivo funge más como medio de pago o activo de riesgo. Finalmente, más allá de los factores económicos que inciden en la demanda del criptoactivo, la literatura se ha centrado también en mirar qué tan eficientes son los mercados de criptoactivos y, asociado con esto, cuánto de la dinámica de los precios tiene que ver con comportamientos de manada o irracionales, movidos por aspectos más emocionales como el miedo, expectativas exuberantes o tendencias sociales momentáneas.

En esta subsección se presenta el trabajo empírico dividiéndolo en la evidencia sobre los determinantes de su precio³¹ asociada con: 1) la demanda de los criptoactivos como medio de pago, 2) a su demanda como activo de riesgo y 3) a los aspectos relacionados con la eficiencia y racionalidad en los mercados de criptoactivos.

Varios trabajos se han enfocado en la función de los criptoactivos como medios de pago. Ciaian *et al.* (2016), Bouoiyour y Selmi (2017), Sovbetov (2018), Kjærland *et al.* (2018) y Kristoufek (2015) encuentran que el precio de bitcoin está relacionado en el largo plazo con la rigidez de

30 Estos autores encuentran, además, que la estabilidad del precio en el largo plazo puede conseguirse también imponiendo un límite superior a la oferta, como ocurre en la práctica con algunos de los criptoactivos (*v. g.*: 21 millones de unidades para el bitcoin).

31 En esta subsección, como es usual en la literatura empírica, por *precio* se hace principalmente referencia a la tasa de cambio del criptoactivo con respecto al dólar estadounidense.

la oferta y con los aspectos de demanda asociados con el volumen de transacciones y con su velocidad de circulación³². Así mismo, Polasik *et al.* (2015) concluyen que los factores de adopción y las externalidades de red son relevantes en la formación de precios de los criptoactivos. En particular, sobre el uso del bitcoin como medio de cambio presentan evidencia de que la proporción de transacciones con bitcoins en el comercio electrónico³³ está relacionada positivamente con el conocimiento del público de estos activos y con el tamaño de la economía subterránea, y negativamente con otras opciones de pago digitales (PayPal⁷, en el caso estudiado por los autores).

La evidencia de que el precio de los criptoactivos está asociado con el volumen de transacciones no necesariamente es válida para probar que su uso como medio de pago ha inducido el aumento en sus precios. Athey *et al.* (2016) encuentran evidencia mixta de la importancia del nivel de adopción para fines transaccionales y el tamaño de la red debido a que una proporción importante en la tenencia de bitcoins responde a fines de inversión, antes que transaccionales. Smith (2017) muestra que los bitcoins permanecen en manos del mismo tenedor en promedio entre cuarenta y cien días, lo que sugiere una demanda importante de los criptoactivos como activos especulativos.

Uno de los elementos cruciales para que los criptoactivos puedan fungir como medio de pago es la estabilidad de su precio. En efecto, un medio de pago cuyo valor fluctúa de manera importante en el corto plazo enfrenta a los usuarios con posibles pérdidas (o ganancias) de capital, aumentando los costos de usarlo, derivados del cubrimiento de estos riesgos y haciendo que caiga su demanda. Por ejemplo, en períodos de alta inflación los individuos tratan de minimizar sus tenencias de efectivo y usar otros medios de pago que los protejan contra los riesgos de pérdida de poder adquisitivo. En el caso de los criptoactivos, su precio tiende a ser altamente volátil debido a que su oferta es rígida y su demanda variable.

Wu y Pandey (2014) y Yermack (2015) encuentran que la volatilidad en el precio del bitcoin es mucho mayor a la de monedas como el dólar, el euro y el yen; y Kasper (2017)

encuentra que es superior aun frente a las de monedas de países menos desarrollados. Sovbetov (2018) encuentra evidencia del efecto negativo que tiene la volatilidad en el valor de los criptoactivos sobre sus precios en el corto y largo plazos. Por su parte, Liu y Tsyvinski (2018) encuentran un poder predictivo significativo y positivo de la volatilidad, pero solo sobre los retornos³⁴ de los precios de ripple, uno de los tres criptoactivos analizados³⁵.

Bouoiyour y Selmi (2017) y Kristoufek (2015) investigan la significancia de aspectos relacionados con la capacidad transaccional del bitcoin y encuentran que los avances tecnológicos en la velocidad de procesamiento de los mineros están relacionados positivamente con los precios del criptoactivo³⁶. Bouoiyour y Selmi (2017) asocian esta relación con los mayores costos del *hardware* requerido para aumentar la velocidad de validación del blockchain. Kristoufek (2015), por su parte, argumenta que esta relación positiva se debe a que los incrementos en los precios del bitcoin incentivan la entrada de nuevos mineros a la red, aumentando la velocidad de procesamiento. Sus resultados contrastan con la falta de evidencia, en este sentido, encontrada por Kjærland *et al.* (2018)³⁷.

Varios trabajos se han dado a la tarea de descubrir las propiedades empíricas de los criptoactivos como activos de refugio (*safe haven assets*), y de cobertura en el manejo de portafolios de inversión. Los activos de reserva o refugio son aquellos que permiten al inversionista cubrirse contra ciertos riesgos macroeconómicos, como crisis financieras, inflación o fluctuaciones en el precio del petróleo; ejemplos de estos son el oro y algunas monedas fuertes como el dólar estadounidense o el franco suizo. Los activos de cobertura son aquellos que permiten hacer operaciones, como opciones o contratos a futuro, para contrarrestar el riesgo de otros activos y así mitigar el riesgo conjunto de un portafolio (véanse también las definiciones de activos de refugio y de cobertura en el Recuadro 1).

32 Reconociendo la posible relación simultánea entre los precios de los criptoactivos y variables tales como el volumen de transacciones y la velocidad de circulación del criptoactivo, algunos trabajos efectúan sus estimaciones con base en técnicas de cointegración y otros usan tanto variables instrumentales para evitar sesgos en sus estimaciones como otros métodos que permiten determinar estadísticamente si el volumen de transacciones, por ejemplo, lidera o antecede a los precios (*wavelet coherence analysis*).

33 Los autores efectúan una encuesta a empresas con ventas en línea que aceptan bitcoin como medio de pago, las cuales proporcionan información sobre la participación de los pagos con bitcoin en el total de sus ventas.

34 El retorno se refiere al cambio (la tasa de variación) del precio del criptoactivo.

35 Sovbetov (2018) analiza datos semanales de los precios de cinco criptoactivos (bitcoin, ethereum, dash, litecoin y monero), mientras que Liu y Tsyvinski (2018) usan datos diarios de los retornos de los precios de tres criptoactivos (bitcoin, ethereum y ripple).

36 Debe recordarse que, como se mencionó en la subsección 2.1. la oferta del bitcoin está predeterminada por un algoritmo de emisión y, por tanto, no se ve afectada por avances tecnológicos en la capacidad transaccional.

37 Bouoiyour y Selmi (2017) usan datos diarios para 2015 y 2016; Kristoufek (2015), datos diarios desde septiembre de 2011 hasta febrero de 2014; Kjærland *et al.* (2018), datos semanales desde septiembre de 2011 hasta febrero de 2017.

Dyhrberg y Haubo (2016a, 2016b) encuentran que el bitcóin tiene características similares al oro y al dólar estadounidense, estudiando sus volatilidades. Estos concluyen que el bitcóin ofrece tanto propiedades de depósito de valor y de cobertura de riesgos en los mercados de capital y de divisas, como de medio de pago. Baur *et al.* (2017) y Wu y Pandey (2014) identifican bajas correlaciones del precio del bitcóin con los retornos de varias clases de activos financieros, resaltando sus propiedades de aumentar el retorno esperado y reducir el riesgo de portafolios óptimos. Así mismo Brière *et al.* (2015), con similares técnicas de análisis de correlación, encuentran que el bitcóin resulta conveniente para propósitos de diversificación y con limitadas propiedades con fines de cobertura (*hedging*) por su baja correlación con los retornos de otros activos. Por su parte, Bouri *et al.* (2017a, 2017b y 2017c) encuentran en el bitcóin propiedades de activo de reserva, lo cual contrasta con el trabajo de Kristoufek (2015) que no encuentra evidencia de que el bitcóin se comporte como activo de refugio o que sirva de cobertura frente a índices de inestabilidad financiera³⁸.

Bouri *et al.* (2018) y Zhu *et al.* (2017) estudian la relación entre los precios del bitcóin y los índices de los precios de las acciones, los bonos, los bienes primarios y las divisas. Encuentran que el fortalecimiento del dólar frente a otras monedas es el factor que más afecta de manera negativa el precio del bitcóin. Así mismo, encuentran que choques positivos en los índices accionarios, menores niveles de inflación y mayores tasas de interés de la Reserva Federal reducen el precio del bitcóin, mientras que el precio del oro tiene un efecto positivo moderado sobre el precio de ese criptoactivo. Con base en estos resultados, los autores concluyen que el bitcóin opera como un activo de inversión parecido al oro en sus propiedades de cobertura frente a riesgos macroeconómicos y financieros. Panagiotidis *et al.* (2018) encuentran resultados opuestos, hallando un efecto positivo del fortalecimiento del dólar frente a otras monedas, y del aumento en las tasas de interés de la Reserva Federal y del BCE³⁹ sobre el precio del bitcóin. Por su parte, Liu y Tsyvinski (2018) no encuentran relación alguna entre el precio del bitcóin y los precios del dólar australiano,

el dólar canadiense, el euro y la libra esterlina (esto es, la tasa de cambio con respecto al dólar de Estados Unidos).

Panagiotidis *et al.* (2018) encuentran, además, evidencia de un impacto negativo sobre el precio del bitcóin de los índices de incertidumbre política de China, Europa y los Estados Unidos. La inestabilidad política también aparece como determinante en Kjærland *et al.* (2018), donde los choques negativos de cambios en el estatus legal del bitcóin, por ejemplo, en China, los Estados Unidos o Europa, reducen su precio, mientras que noticias de crisis bancarias, como la de Chipre, lo aumentan. Resultados parecidos son reportados en Bouoiyour y Selmi (2017) con respecto a la incertidumbre sobre la desaceleración de China en 2016, el *brexit*, la desmonetización de la India, la crisis venezolana y la tensión frente a la elección de Trump en los Estados Unidos.

Frente a estos trabajos contrastan los resultados de otros autores que no encuentran relación empírica significativa de los precios del bitcóin con variables macroeconómicas, tales como la actividad económica agregada, las tasas de cambio, las tasas de inflación, el precio del petróleo o los índices accionarios, después de controlar por otros aspectos de la formación de precios. Este es el caso de Ciaian *et al.* (2016), quienes controlan simultáneamente por factores de oferta y transaccionales. Lo mismo ocurre con el estudio de Liu y Tsyvinski (2018), quienes encuentran que los precios del bitcóin, ripple y ethereum están marcados por factores idiosincrásicos, como la inercia de los retornos (los retornos corrientes predicen los retornos futuros), y el interés de los inversionistas, medido por las búsquedas en internet relacionadas con estos tres criptoactivos. Así, concluyen que estos criptoactivos difieren de las divisas, los bienes primarios (como el oro) y las acciones. Similares resultados encuentra Sovbetov (2018) después de controlar por volatilidad del precio y volumen de transacciones.

También se ha estudiado la eficiencia en los mercados de criptoactivos. La hipótesis de que los mercados financieros son eficientes (EMH, por su sigla en inglés) supone que los precios de los activos reflejan toda la información pública disponible (Fama, 1970). A este respecto, Bartos (2015) encuentra evidencia de que la EMH se cumple en el caso del bitcóin, ya que las noticias que se publican no tienen ningún impacto sobre sus retornos futuros. En contraste, Guegan *et al.* (2018) encuentran que los retornos del bitcóin pueden predecirse a partir de los precios pasados, en contravía de lo implicado por la EMH⁴⁰. Finalmente, Brandvold *et al.* (2015) analizan las diferencias en los pre-

38 Brière *et al.* (2015) usan datos semanales para el período 2010-2013, mientras que Bouri *et al.* (2017a, 2017b y 2017c) usan datos diarios para períodos comprendidos entre 2011 y 2016. Kristoufek (2015), usa datos diarios desde septiembre de 2011 hasta febrero de 2014.

39 Bouri *et al.* (2018) estiman versiones extendidas de los modelos rezagos distribuidos autorregresivos (ARDL, por su sigla en inglés) usando datos diarios desde julio de 2010 hasta febrero de 2017. Zhu *et al.* (2017) estiman un modelo de vector de corrección de errores (VEC, por su sigla en inglés) con datos mensuales desde 2011 hasta 2016. Panagiotidis *et al.* (2018) usan regresiones *least absolute shrinkage and selection operator* (Lasso) con datos diarios desde junio de 2010 hasta junio de 2017.

40 Bartos (2015) usa datos diarios desde marzo de 2013 hasta julio de 2014. Guegan *et al.* (2018) los usan desde julio de 2010 hasta febrero de 2018.

cios de los criptoactivos de siete plataformas de intercambio diferentes, y encuentran que es difícil explotarlas y beneficiarse de ellas por los costos transaccionales asociados.

Por otra parte, la posibilidad de que los mercados no sean eficientes puede dar pie a burbujas de precios. García *et al.* (2014) muestran evidencia de efectos de retroalimentación⁴¹ sobre burbujas en los precios de bitcoin asociados con la actividad de búsqueda sobre criptoactivos en sitios como Google, Wikipedia y Twitter. Así mismo, Kristoufek (2013) y Panagiotidis *et al.* (2018) encuentran que la intensidad de búsqueda en internet tiende a acentuar los procesos de aumento o caídas en el precio del criptoactivo. Por su parte, Cheung *et al.* (2015) y Guegan *et al.* (2018) encuentran evidencia empírica de tres burbujas financieras en el mercado de bitcoin: una en 2011; otra en 2013, que termina con el colapso del *exchange* MtGox, y una última en 2017, que finaliza con la emisión de futuros sobre bitcoin en el Chicago Mercantile Exchange. En contraste, Bouoiyour *et al.* (2016) muestran evidencia de que el comportamiento aparentemente especulativo del precio de bitcoin puede explicarse con factores fundamentales de su valor de corto y largo plazos.

Como lo plantea Williamson (2018), lo que parece una burbuja en términos de irracionalidad o exuberancia, puede ser explicada por el comportamiento racional de agentes dispuestos a invertir en proyectos con muy baja probabilidad de éxito, pero con grandes expectativas de retornos. Hale *et al.* (2018) aducen que la más reciente burbuja de los precios del bitcoin a finales de 2017 y comienzos de 2018 evidencia el peso de los inversionistas optimistas sobre el ascenso en los precios, los cuales se corrigen a la baja con la entrada de los derivados sobre bitcoin, al permitir a los inversionistas pesimistas tomar posiciones en el mercado.

Sobre los precios de los criptoactivos, un aspecto importante que se ha discutido recientemente es la posibilidad de que estos sean objeto de manipulación, esto es, de intentos deliberados de influir el mercado correspondiente con comportamientos fraudulentos o engañosos. Algunos trabajos académicos han examinado la evidencia empírica relacionada.

Gandal *et al.* (2018) analizan una gran cantidad de transacciones de bitcoins en el año 2013, intermediadas en

Mt. Gox, la plataforma de intercambio líder de ese momento, e identifican un alto número de operaciones sospechosas⁴². Los autores encuentran que hay evidencia de que estas operaciones pudieron haber causado el incremento histórico del precio del bitcoin de USD 150 a USD 1.000, en tan solo dos meses al final de 2013.

Feder *et al.* (2018) analizan dos aplicaciones populares de mensajería instantánea (Discord y Telegram) e identifican, en un período de seis meses durante 2018, miles de señales correspondientes a la estrategia de bombear y vaciar (*pump and dump*), intentando impulsar alrededor de trescientos criptoactivos. Con esta expresión se hace referencia al tipo de estrategias que intentan, usualmente por medios electrónicos, difundir información falsa o manipulada para influir el precio de un mercado específico. Los autores muestran que estas señales no son inocuas y que generan un impacto sobre los precios de los criptoactivos, especialmente sobre aquellos que tienen una baja capitalización de mercado (esto es, los que están clasificados por debajo de los primeros quinientos criptoactivos, según el nivel de capitalización). En esos casos la mediana del incremento del precio es alrededor de 20% contra un 4% de incremento en el caso de los criptoactivos que se ubican entre los 75 de mayor capitalización de mercado.

En resumen, y como puede apreciarse en esta subsección, la evidencia empírica presenta resultados mixtos sobre los factores que influyen sobre los precios de los criptoactivos, dependiendo principalmente de las variables que cada autor incorpora en su modelo empírico, o de las frecuencias de los datos usados. Aunque esta literatura está en sus etapas tempranas, quizás es posible concluir que el valor de un criptoactivo deviene de su demanda, tanto como medio de pago como de activo especulativo, y que esta demanda es altamente fluctuante e incierta como lo muestra la variedad de resultados empíricos, y la discordancia entre algunos de ellos. Lo anterior, unido a la rigidez de la oferta de estos activos, explica, en parte, por qué sus precios tienen volatilidades muy superiores a los medios de pago emitidos por gobiernos con políticas monetarias y financieras sólidas. Así mismo, la evidencia muestra que estos mercados son altamente susceptibles a comportamientos de manada, y a expectativas exuberantes o tendencias sociales momentáneas.

41 En García *et al.* (2014), los efectos de retroalimentación hacen referencia a los ciclos de propagación de noticias voz-a-voz y de información sobre tendencias en la adopción de los criptoactivos (tanto como medio de cambio como para fines especulativos). Los autores identifican estos efectos viendo la relación entre variaciones en precios del criptoactivo, tendencias en las búsquedas y remisiones de información asociadas con el mercado en sitios tales como Google, Wikipedia, Twitter y Facebook y variaciones en la adopción mediante modelos de vectores autorregresivos (VAR).

42 Por ejemplo, decenas de cuentas que compraron bitcoins (incluso en momentos en que Mt. Gox aparecía *offline* y no procesaba transacciones de ningún otro usuario) siguiendo el mismo patrón: se activaban, hacían una compra por exactamente USD 2,5 m y luego quedaban permanentemente inactivas.

3. Implicaciones de los criptoactivos para la política monetaria

Esta sección aborda dos preguntas relacionadas con las implicaciones de los criptoactivos sobre la política monetaria: ¿pueden los criptoactivos reemplazar las monedas soberanas? y, relacionada con la anterior, ¿puede un sistema monetario privado, competitivo y digital ofrecer mayor estabilidad de precios que un régimen monetario público y centralizado?

La primera pregunta ha sido estudiada en varios documentos, dentro de los cuales pueden citarse, desde la academia, a Williamson (2018); en las organizaciones multilaterales, al FMI (He *et al.*, 2016), y en los centros de pensamiento, al Instituto Peterson para la Economía Internacional (Heller, 2017) y al Instituto Bruegel (Claeys *et al.*, 2018). Estos estudios concluyen que los criptoactivos en su estado actual no podrían desplazar las monedas soberanas, porque cumplen las funciones de dinero deficientemente. La volatilidad del precio representa un serio obstáculo para que los criptoactivos sean ampliamente usados como medio de transacción, depósito de valor o unidad de cuenta.

He *et al.* (2016) y Williamson (2018) añaden que las monedas soberanas cumplen bien las funciones de dinero, porque su oferta satisface tres importantes flexibilidades o elasticidades. La primera es la elasticidad en el corto plazo a los cambios en su demanda; esta es importante para la estabilidad de las tasas de interés. La segunda es la elasticidad en el largo plazo al aumento en la demanda de dinero; esto ayuda a prevenir la deflación estructural, característica de sistemas de oferta rígida o fija como, por ejemplo, el de bitcoin. La tercera es la resiliencia de la oferta de dinero a las crisis bancarias, gracias a la figura del prestamista de última instancia.

Ante el problema de la volatilidad del precio, han surgido como alternativa las llamadas *monedas estables*. Un ejemplo de este tipo es tether, el segundo criptoactivo más importante después de bitcoin, según el volumen de transacción⁴³. La oferta de tether, argumenta la firma emisora, solo se hace a cambio de dólares a una tasa de uno a uno, como en una caja de convertibilidad; sin embargo, en contraste, la firma Tether no ofrece ninguna garantía de convertibilidad en sus términos y condiciones (Kaminska, 2017). Sobre la garantía del respaldo de tether en dólares, Eichengreen (2018) señala que hay evidencia que la cuestiona; de hecho, su precio bajó a USD0,9 en octubre de 2018 (Kelly, 2018). Eichengreen (2018) resalta que este tipo de criptoactivos estables en realidad son proclives a ser objeto de ataques especulati-

vos, como en una tasa de cambio fija ajustable o una corrida bancaria. Con este tipo de riesgos que amenazan su valor es difícil que puedan servir como dinero.

Con respecto a la segunda pregunta, sobre si puede un sistema monetario privado superar un régimen público, He *et al.* (2016) argumentan que el régimen monetario público tiene ventajas sobre un sistema privado porque cuenta con la figura de prestamista de última instancia, lo que lo hace superior especialmente durante las crisis. Estos autores muestran que, aunque el desempeño de la inflación en regímenes públicos es mixto, el desempeño también fue mixto en regímenes privados; por ejemplo, durante el período de banca libre en los Estados Unidos se encuentran tanto episodios de estabilidad de precios como de alta inflación.

Otra pregunta relacionada es, ¿puede la coexistencia de dinero privado y las monedas soberanas llevar a una sustitución en contra de la moneda emitida por el gobierno? La literatura sobre el tema hace eco de los argumentos usados en la literatura sobre dolarización parcial y sustitución de monedas (Claeys *et al.*, 2018; Arango-Arango *et al.*, 2018). Conviene, en este punto, hacer la diferencia entre la dolarización total y la dolarización parcial espontánea. En cuanto a la primera, el estado renuncia a emitir una moneda soberana; en el segundo caso, el público adopta el dólar como dinero por su propia cuenta.

Como es sabido, en economías con alta inflación y en donde la política monetaria ha perdido su credibilidad, se puede presentar el caso de la dolarización parcial (Savastano, 1996): el público sustituye la moneda soberana por el dólar de forma espontánea. Es importante anotar que, en estos casos, cuando se recurre al dólar, el euro o cualquier otra moneda es porque cumple enteramente con las funciones de dinero. En el caso hipotético en que, debido a la evolución tecnológica futura, los criptoactivos consigan cumplir efectivamente con esas funciones, estos podrían provocar una sustitución de la moneda soberana en economías con alta inflación. La consecuencia, igual que en el caso de la dolarización parcial, es la pérdida de autonomía monetaria, así como del señoreaje monetario (Claeys *et al.*, 2018; Arango-Arango *et al.*, 2018). La sustitución de monedas hacia dinero privado, que contempla la literatura, tiene adicionalmente como desventaja la pérdida de la figura de prestamista de última instancia (Claeys *et al.*, 2018; Arango-Arango *et al.*, 2018); de hecho, como se ha mencionado, los criptoactivos en su estado actual, y por lo menos en el futuro previsible, presentan importantes deficiencias para cumplir satisfactoriamente las funciones de dinero.

Como puntos adicionales relacionados con la sustitución de las monedas soberanas hacia dinero digital privado, Bordo y Levin (2017) argumentan que como las economías de red conllevan una concentración en la emisión de monedas, un

43 Además, tether es el sexto según la capitalización de mercado, de acuerdo con el portal investing.com con información consultada el 3 de marzo de 2019.

riesgo adicional de esta sustitución es el riesgo sistémico; es decir, el tropiezo de que una sola firma concentre el sistema de pagos. Por otro lado, Fernández-Villaverde y Sánchez (2018) argumentan que la sustitución de monedas puede inducir alguna disciplina a la implementación de la política monetaria soberana.

El eventual fenómeno de la adopción espontánea del bitcóin como dinero ha sido denominado por algunos como *bitcoínización*, en analogía con la dolarización parcial. En cuanto a esto último, Felices y Tuesta (2010) desarrollan un modelo dinámico y estocástico de equilibrio general (DSGE, por su sigla en inglés) en el que el dinero entra en la función de utilidad como un bien compuesto: es un agregado del dinero nacional y el dólar. Dentro de los resultados los autores también muestran que a medida que el porcentaje de dolarización aumenta, el efecto de la política monetaria local sobre la economía nacional disminuye; además, crece el efecto de la tasa de interés en dólares sobre la economía nacional. Este resultado es semejante al de la pérdida de autonomía monetaria de los regímenes de tasa de cambio fija.

Los resultados de Felices y Tuesta (2010) sobre la dolarización parcial son útiles para el análisis de una posible bitcoínización; sin embargo, para los niveles de bitcoínización contemplados en Sauer (2016: 125), en el estado actual no existe riesgo alguno para la autonomía monetaria: según los datos de esta autora, el porcentaje de bitcoínización no llega a un décimo de 1% en las tres principales economías avanzadas. En conclusión, los resultados de Felices y Tuesta (2010) acerca del efecto de la dolarización sobre la autonomía monetaria muestran una relevancia prácticamente nula en el presente y una relevancia apenas hipotética y condicionada para el futuro. Esta condicionalidad tiene que ver, primero, con la credibilidad de la política monetaria, pues solo en donde se ha perdido la credibilidad con hiperinflación la dolarización parcial ha prosperado y, segundo, con la moneda que sustituiría a la moneda soberana local, pues que ocurriera una bitcoínización requeriría que el dólar fuera una forma de dinero inferior al bitcóin, lo que supondría una tecnología de criptoactivos distinta a la que conocemos en el momento actual en el que los criptoactivos han entrado en boga.

4. Los criptoactivos y la estabilidad financiera de la economía

La estabilidad financiera se entiende como una condición general en la cual el sistema financiero (establecimientos, mercados e infraestructuras): 1) evalúa y administra los riesgos financieros de una manera que facilita el desempeño de la economía y la asignación eficiente de los recursos, y 2) está en capacidad de absorber, disipar y mitigar de manera autónoma la materialización de los riesgos que puedan sur-

gir como resultado de eventos adversos (Banco de la República, 2018).

Naturalmente, la utilización de criptoactivos por parte de algunos participantes en los sistemas de pagos, las infraestructuras y los mercados financieros motiva la pregunta sobre sus impactos potenciales sobre la estabilidad financiera de la economía. De acuerdo con el Financial Stability Board (FSB, 2018), en la actualidad el tamaño reducido de la actividad financiera basada en criptoactivos (relativo al tamaño del sistema financiero global) implica que su uso no presenta oportunidades o riesgos significativos para la estabilidad financiera global (Corbet *et al.*, 2018; Sauer, 2016; *The Economist*, 2017). En este sentido, el análisis de la literatura sobre los beneficios y costos de los criptoactivos es condicional a la aparición de un escenario donde su uso adquiera un carácter masivo. Ello sugiere que un crecimiento significativo en el uso de estos activos eventualmente implicaría la aparición de oportunidades y riesgos para la estabilidad financiera.

Esta sección describe las reflexiones que ha planteado la literatura sobre la relación entre los criptoactivos y la estabilidad financiera. En primer lugar, se exploran los aspectos en los cuales los criptoactivos tendrían eventualmente un impacto positivo sobre aquella; en segundo lugar, se discuten los principales riesgos emergentes y sus canales de transmisión de cara a la aparición eventual de riesgo sistémico. Al final de la presente sección se hacen unos breves comentarios sobre la importancia y las dificultades en materia de regulación y supervisión financiera de los criptoactivos. El tema de la regulación, en general, es tratado con mayor detalle en la siguiente sección.

4.1 Beneficios potenciales sobre la estabilidad financiera

En primer lugar, como se menciona en la segunda sección, algunos trabajos encuentran que los criptoactivos podrían usarse con fines de diversificación de portafolios de inversión debido a su correlación imperfecta con el resto de activos que ofrece una economía. En relación con la estabilidad financiera, el acceso a portafolios de inversión más diversificados mitiga los efectos sistémicos de perturbaciones a determinados activos individuales. En el caso de los criptoactivos se ha encontrado, por ejemplo, cierta correlación con instrumentos de inversión atados a la inflación, por lo cual podrían ofrecer algún grado de cobertura ante el riesgo inflacionario (Brière *et al.*, 2015). Al tiempo, se ha encontrado que el retorno que ofrecen los criptoactivos mantiene una baja correlación con activos tradicionales y compensa el mayor riesgo asociado con su volatilidad y baja liquidez, por lo que los criptoactivos harían parte de un portafolio de

inversión óptimo según la aproximación tradicional de la teoría de portafolios (Eisl *et al.*, 2015).

Una de las características más publicitada de los sistemas de criptoactivos es el sistema distribuido en el que se realizarían las transacciones. De acuerdo con Ali *et al.* (2014a), un sistema de este estilo es en teoría más resiliente frente a ataques a su infraestructura, ya que los registros de las transacciones no residen en un único nodo del sistema, sino que potencialmente están distribuidos en cada uno de los equipos que participan en la validación de transacciones de los activos en cuestión. Por otro lado, se ha argumentado que los criptoactivos son más seguros a la hora de realizar pagos, lo cual disminuye el riesgo de fraude en las transacciones comerciales (Skudnov, 2012). Los sistemas de pago distribuidos, al no requerir la entrega de detalles personales para participar, son más resilientes al riesgo de captura ilegal de información por parte de potenciales defraudadores (Ali *et al.*, 2014a). Sin embargo, como se explica en la segunda sección del presente artículo, estos potenciales beneficios están limitados por el hecho de que los criptoactivos operan en la práctica sobre un sistema cuya distribución efectiva es baja.

Otros beneficios del uso masivo de los criptoactivos sobre la estabilidad del sistema financiero mencionados por literatura son: el mayor control de la inflación basado en la oferta limitada o fija de ciertos criptoactivos (Rogojanu y Badea, 2014; Marchiori, 2018)⁴⁴, lo cual ayudaría a evitar la manipulación en países en los que el gobierno usa la emisión monetaria para financiarse en detrimento del valor de los contratos nominales de la economía; junto con la permanencia de validadores en el sistema, dado que estos tienen costos hundidos suficientemente altos que únicamente pueden recuperar a través de la operación en el mercado (Iwamura *et al.*, 2014).

4.2 Riesgos emergentes de cara al riesgo sistémico

En cualquier caso, al igual que sucede con los medios de pago y activos tradicionales, los riesgos de interés para la estabilidad financiera son todos aquellos que mediante algún canal de transmisión puedan terminar convirtiéndose en fuentes de riesgo sistémico. Es decir, la estabilidad financiera (como se definió anteriormente) puede estar amenazada si la materialización de alguna fuente de riesgo para alguna entidad o activo individual potencial-

mente conlleva la materialización súbita de riesgos para amplias porciones del sistema financiero (FSB, 2017), ya sea por medio de alguna forma de contagio o de comovimientos en variables relevantes.

El riesgo de liquidez de mercado (la eventual incapacidad de liquidar posiciones sin mayor impacto en el precio) es el más relevante. De acuerdo con la evidencia empírica (Scaillet *et al.*, 2017), los criptoactivos están sujetos a cambios abruptos en la liquidez de mercado asociados con fuertes caídas de los precios. La alta volatilidad en su valor implica (al tiempo con servir de base a una mayor diversificación, como se discutió) un alto riesgo de mercado relacionado con potenciales pérdidas en contratos financieros con base en criptoactivos cuyo precio cambia abruptamente. De acuerdo con Hu *et al.* (2018) y Casamatta (2018), la valoración de estos activos mantiene usualmente un alto componente estimado de especulación en las condiciones actuales. Lo anterior implica un alto grado de fragilidad para posiciones en criptoactivos que necesitarían ser liquidadas en condiciones de mercado adversas, y es especialmente relevante teniendo en cuenta la alta concentración de las posiciones en este tipo de activos (Kharif, 2017). Esto último está sujeto a que los participantes del mercado financiero tengan una participación suficientemente grande de criptoactivos en sus portafolios de inversión.

Finalmente, existe el riesgo de que los criptoactivos faciliten la evasión de la regulación y el apalancamiento excesivo de algunos deudores. Comúnmente, el apalancamiento en el uso de estos activos consiste en la adquisición de posiciones en criptoactivos financiada con préstamos en monedas tradicionales, otorgados por plataformas virtuales o *exchanges*. Esta operación expone a los deudores a pérdidas ocasionadas por cambios en el valor del criptoactivo subyacente, usualmente ilíquido y volátil. De acuerdo con Kharif (2018b), el apalancamiento con bitcoins a partir de cuentas de margen en *exchanges* ha adquirido cierta masa crítica, con los consecuentes riesgos asociados: así como es el caso para las plataformas de crédito colaborativo (Manconi *et al.*, 2018), este apalancamiento puede servir para eludir requerimientos macroprudenciales tradicionales. Otras formas en las que puede presentarse apalancamiento con criptoactivos son las *initial public offerings* (IPO), *initial coin offerings* (ICO) y los esquemas de *crowdfunding* (Bashkar *et al.*, 2015; Groshoff, 2014). En estas operaciones los criptoactivos pueden ser usados como herramienta para evadir la regulación y captar recursos del público con destino a financiar proyectos, firmas o emisiones de criptoactivos. De esta forma, se puede incurrir en una transformación implícita de plazos gestionada por un sistema que, al evadir la regulación, carece de los controles necesarios para administrar este tipo de riesgos.

44 En efecto, la oferta limitada de algunos criptoactivos potencialmente mitiga el riesgo de desvalorización relativo al conjunto de bienes y servicios de la economía. Sin embargo, lo anterior riñe con la teoría monetaria contemporánea, que prescribe que la oferta de medios de pago debe responder sistemáticamente ante los choques que sufre la economía (Galí, 2008) o, como se menciona en la tercera sección del presente artículo, debe ser elástica ante cambios de la demanda de dinero.

Otros riesgos para la estabilidad financiera emergen de la forma específica de operación tecnológica de los criptoactivos, brevemente descrita en la primera sección. Dentro de ellos los riesgos más prevalentes se asocian con la posibilidad de pérdidas financieras ocasionadas por problemas operacionales y técnicos (riesgo operativo) o por la acción de criminales cibernéticos (ciberriesgo). La materialización del riesgo operacional tiene potencialmente múltiples dimensiones y características y puede ser imposible de solventar para algunos intermediarios del mercado⁴⁵, lo cual puede llevar a la desvalorización de los criptoactivos vulnerables producto del impacto reputacional del descubrimiento de este tipo de falencias (Lo y Wang, 2014; Sauer, 2016). En relación con ello, la tecnología de registros distribuidos sobre la que funcionan buena parte de los criptoactivos enfrenta un problema de escalabilidad, entre otras razones, por la intensidad computacional que se requiere para la verificación de las transacciones ejecutadas (Blundell-Wignall, 2014). En consecuencia, la tecnología tiende a generar la concentración del riesgo operacional en un número limitado de participantes. La concentración de la actividad de minería en un grupo pequeño de individuos (fondos de minería o *mining pools*) puede incentivar la formación de coaliciones; la ausencia de una entidad que regule este tipo de situaciones podría ocasionar el surgimiento de comportamientos no competitivos (Lo y Wang, 2014; Gandal *et al.*, 2018).

Adicionalmente, en materia de operación de los sistemas transaccionales con criptoactivos, en la actualidad se ha observado que los tiempos de espera en la confirmación de las transacciones han ido en aumento, dado el incremento en el volumen de transacciones con criptoactivos y los incentivos provistos por la operación del sistema (BIS, 2018b). Lo anterior puede exacerbar la exposición a ataques por parte de criminales cibernéticos (Lo y Wang, 2014; Peters *et al.*, 2016).

Finalmente, y a manera de ilustración, en torno al sistema actual de criptoactivos ha surgido una variedad de organizaciones de intermediarios⁴⁶ que enfrentan un alto grado de riesgo operacional, lo que ha llevado a algunos usuarios a incurrir en pérdidas financieras (Lo y Wang, 2014). Por ejemplo, los sistemas usados por algunas plataformas y billeteras digitales para facilitar el intercambio de criptoactivos han sufrido ataques ciber-

néticos que han producido cuantiosas pérdidas para los usuarios de este tipo de servicios (Peters *et al.*, 2016).

4.3 Canales de transmisión

El conjunto de riesgos identificados por la literatura, como se mencionó, tiene el potencial de afectar el grado de estabilidad financiera si se convierte en una fuente de riesgo sistémico. La literatura ha discutido algunos canales mediante los cuales la exposición al riesgo de cada uno de los participantes en los mercados de criptoactivos puede terminar convirtiéndose en una fuente agregada de riesgo para el sistema financiero en su conjunto.

En primer lugar, la materialización de riesgos financieros, operativos o cibernéticos en plataformas o intermediarios de criptoactivos puede mermar la confianza del público, no solamente en aquellos sino en otros componentes del sistema financiero tradicional, especialmente en el caso en el que este último cuente con exposiciones directas a posiciones en criptoactivos (FSB, 2018). La confianza del público es un aspecto esencial en el contexto de criptoactivos, dado que su permanencia como sistema de pagos y su capacidad para cumplir con las funciones de medio de pago dependen crucialmente de que los individuos que participan del sistema confíen en su integridad.

En segundo lugar, el crecimiento del mercado de criptoactivos implica mayores efectos riqueza sobre el portafolio de los participantes en los mercados financieros. Estos efectos no solamente comprenden la respuesta óptima del consumo y la inversión de los agentes económicos ante cambios en el valor presente de sus activos, sino también la respuesta del crédito de deudores apalancados (Bianchi, 2011), especialmente si, como se discutió, este apalancamiento se realiza con base en criptoactivos.

En este sentido, pérdidas de confianza sobre el sistema financiero o respuestas del crédito y de variables agregadas a pérdidas financieras en los mercados de criptoactivos —ocasionadas por cambios abruptos en la liquidez, los precios o por eventos operacionales o cibernéticos— pueden afectar la estabilidad financiera de la economía si el nivel de uso de criptoactivos es suficientemente alto.

4.4 Regulación y supervisión

Los criptoactivos pueden usarse para lavado de activos, financiación del terrorismo y evasión de impuestos, debido a dos características: primero, al residir en ámbitos en línea, no se encuentran estrictamente bajo ninguna jurisdicción (por lo que no pueden ser objetos de tributación en la originación, a diferencia de otros activos) y, segundo, las cuentas que se usan para transar estos activos son

45 Fue el caso de Mt. Gox, un *exchange* dedicado a la intermediación en el mercado de criptoactivos que se vio obligado a declararse en bancarota como consecuencia de su incapacidad para reparar un fallo de seguridad que permitía a atacantes robar los bitcoins de sus clientes.

46 Al respecto, véase la primera sección.

usualmente anónimas (Marian, 2013; Blundell-Wignall, 2014; Peters *et al.*, 2016). Así, las autoridades pueden tener problemas a la hora de estimar los montos que se encuentran invertidos en criptoactivos y, en el mejor de los casos, algunas veces solamente pueden usarse métodos estadísticos para comprobar la dimensión de este mercado (Marian, 2013; Peters *et al.*, 2016).

Por el momento, los esfuerzos regulatorios se han concentrado en la prevención de actividades de lavado (principalmente mediante la identificación de clientes en plataformas de intercambio) o emitiendo advertencias sobre este tipo de riesgos asociados con los criptoactivos (FSB, 2018). La siguiente sección examina, a partir de la literatura y la experiencia internacional, el tema de la regulación de criptoactivos con mayor detalle.

5. Regulación de los criptoactivos

Como se discutió en la introducción, la tecnología subyacente de los criptoactivos tiene algunos atributos, pero también notables insuficiencias e ineficiencias (para mayor detalle, véase Meunier, 2018; así como la sección 5.1, a continuación). En cualquier caso, la tecnología por sí misma no es un sustituto de un sólido marco legal e institucional y no basta para garantizar la viabilidad y aceptación de este tipo de activos. En la historia del dinero y de los medios de pago abundan las innovaciones y esa misma historia demuestra que ninguna tecnología utilizada para el dinero (metal acuñado, papel impreso de alta seguridad, cuentas contables, etc.) es exitosa sin un sólido acuerdo social que le dé respaldo y sostenibilidad a lo largo del tiempo (Milkau y Bott, 2018).

Cada cierto tiempo el avance de innovaciones particularmente disruptivas les ha planteado grandes retos a las autoridades. El gran dilema para estas consiste en identificar los beneficios y costos sociales de las innovaciones, y en lograr el adecuado balance entre preservar los incentivos a la creación y renovación de los sistemas y las ideas, y prevenir los efectos localizados o sistémicos de la excesiva confianza en la novedad (*The Economist*, 2018b).

Al respecto, se debe distinguir claramente entre la tecnología subyacente (de registros distribuidos: TRD, o cadena de bloques) y los aspectos financieros y monetarios del activo transaccional. En relación con la primera, hay relativo acuerdo frente a los beneficios que se esperan de ella (CPMI, 2017; G20 communiqué, 2018; Crosby *et al.*, 2015). En contraste, sobre los criptoactivos, aunque hay una amplia gama de opiniones (como se ha descrito en las anteriores secciones), diversos autores se han manifestado acerca de sus limitaciones y riesgos, y de su idoneidad para reunir las condiciones para ser considerados dinero

(véase, también, G20 communiqué, 2018; Carstens, 2018; BIS, 2018b; Shin, 2018; Mersch, 2018).

Aunque aún no existe consenso sobre la conveniencia de regular los criptoactivos y el debate al respecto sigue abierto, la literatura sobre la materia y la experiencia internacional han señalado las principales preocupaciones de las autoridades en relación con los riesgos asociados con su uso y aceptación, con el fin de dilucidar los fundamentos de un potencial marco regulatorio para los criptoactivos. Esta sección resume algunos de los hallazgos principales de esa literatura.

5.1 Naturaleza de los criptoactivos y sus riesgos

Como se ha explicado en las secciones anteriores, los criptoactivos están expuestos a un gran número de riesgos, entre los cuales conviene distinguir, por una parte, las limitaciones inherentes a la naturaleza misma (económica y tecnológica) de los criptoactivos y, por otra, los riesgos que enfrentan los usuarios por la forma como se ha desarrollado este mercado.

Uno de los diversos obstáculos que enfrentan los criptoactivos, con relación a su propio modelo de construcción de confianza, concierne a la finalidad de los pagos. Esta es probabilística y no se puede asegurar, de forma que puede haber versiones rivales del libro contable, pero solo una de ellas puede ser considerada válida por la comunidad de usuarios y, por tanto, sobrevivir. Por ejemplo, en el caso de bitcoin, si un grupo de mineros alcanza un poder de control superior al 50% de las tenencias del activo, la historia transaccional puede ser manipulada e incluso alterada (CPMI, 2017; Liao, 2017)⁴⁷. En efecto, aunque las tecnologías cripto-

47 De acuerdo con el CPMI (2017), “la finalidad de la liquidación es un momento legalmente definido en el que la transferencia de un activo o instrumento financiero, o el cumplimiento de una obligación, es irrevocable e incondicional y no es susceptible de ser deshecha después de la quiebra o insolvencia de un participante. En los sistemas tradicionales, la finalidad de la liquidación es un momento claro y bien definido, respaldado por una sólida base legal. Para los acuerdos de DLT, la finalidad de la liquidación puede no ser tan clara”. La razón de que esto sea así, en palabras de Liao (2017), es que “los libros de contabilidad distribuidos que se basan en procesos de consenso pueden estar basados en permisos (es decir, el libro de contabilidad restringe el acceso a los participantes aprobados) o sin permisos (es decir, cualquier persona con el poder informático necesario puede unirse al libro mayor; los participantes a menudo operan de forma seudónima). A través del proceso de consenso, los participantes en este último pueden tener la capacidad de revisar las transacciones que se habían agregado previamente al libro mayor. Esta capacidad ha llevado a que la liquidación en esos sistemas se describa como ‘probabilística’, porque puede que nunca haya un punto en el que las transacciones estén completamente a salvo de la revocación [...]. Debido a cómo funciona el proceso minero, los mineros pueden reorganizar la historia (y en efecto así lo han hecho) [...] (de forma que) una cadena de bloques pública por diseño no puede garantizar definitivamente la finalidad de la liquidación” (traducción del autor).

gráficas avanzadas para la emisión, validación y registro de los criptoactivos han mostrado hasta el momento ser bastante robustas, los esquemas basados en *proof of work* son vulnerables a ataques en el evento en el que un minero o grupo de mineros, mediante un acuerdo colusorio, alcance más del 50% de la capacidad computacional de la red de validación. El riesgo se genera porque este minero podría modificar bloques de transacciones a su favor y ser él mismo el validador de dichos bloques (Arango *et al.*, 2018)⁴⁸.

Pero no es solo la confianza en los pagos individuales la que puede ser incierta, sino incluso también la confianza en el activo mismo, debido al riesgo de “bifurcaciones” (*forking*)⁴⁹ en las versiones del historial y del protocolo mismo. Además, pueden dejar de operar en cualquier momento. Esto último es resultado del modelo de funcionamiento de estos sistemas y de la falta de transparencia en las reglas y acuerdos para los procesos de adopción de ajustes y cambios y de otros arreglos institucionales en dichos sistemas. Y todo ello, en últimas, es consecuencia del hecho de que no constituyen una obligación o responsabilidad de ninguna institución o persona jurídica ni están respaldados por ninguna autoridad (Carstens, 2018; BIS, 2018b; CPMI, 2017).

Estas deficiencias de los esquemas de los criptoactivos explican también su poca aceptación y baja liquidez. La forma en que han sido diseñados hasta la fecha no solo carece de transparencia sobre quién los emite, sino también en su uso transaccional, anónimo, que dificulta la trazabilidad y control, y que, por tal razón, se ha prestado para la realización de operaciones ilegales, de lavado de activos y de financiación del terrorismo⁵⁰, así como para esquemas fraudulentos en múltiples ocasiones.

A las anteriores se añaden otras deficiencias en aspectos relativos a la protección al consumidor e inversionista y el impacto sobre la integridad de los mercados. El tratamiento tributario a los ingresos y ganancias ocasionales obtenidas

en esta actividad, e incluso a la transaccionalidad misma con estos activos, también ha sido objeto de discusión en muchos países —Arango *et al.* 2018, sección 4 se refieren expresamente, entre otros, a los casos de Brasil, Canadá, Corea del Sur, España, Japón, Reino Unido y la Unión Europea; para el caso colombiano la DIAN⁵¹ también ha emitido conceptos sobre tratamientos tributarios de las actividades con criptoactivos—.

Otro aspecto que reviste especial preocupación son los riesgos operativo, de seguridad de la información y de la custodia de activos de los clientes. En la corta historia de los criptoactivos se han presentado múltiples casos de pérdidas de este tipo de activos en custodia en las plataformas de intercambio por interrupciones en los servicios de la red, por ataques cibernéticos y fallas operacionales (Arango-Arango *et al.*, 2018, sección 2.4), lo cual indica serias deficiencias en la debida protección a los inversionistas. A esto se adicionan sus limitaciones en cuanto a interoperabilidad con los procesos e infraestructuras del mercado tradicionales en términos de estándares operacionales, regulatorios y financieros.

En síntesis, un buen número de académicos y analistas de diversas instituciones coincide en señalar que, debido a la volatilidad de sus valoraciones, inadecuada protección a consumidores e inversionistas, la falta de un respaldo público en su emisión, deficiencias en sus esquemas de gobierno, evidentes riesgos operativos y de ciberseguridad, significativo uso para operaciones poco transparentes y otros, los criptoactivos son muy inseguros como medio de pago, depósito de valor y unidad de cuenta, de forma que no son susceptibles de ser considerados dinero (ni divisas, según las definiciones del FMI, ya que no son emitidas por un gobierno soberano). Por tal motivo, en un número significativo de jurisdicciones se considera que hay razones para algún tipo de intervención pública en esta actividad y sus participantes (Carstens, 2018), como se describe a continuación.

5.2 Fundamentos de un marco regulatorio de los criptoactivos a partir de la experiencia internacional

Al revisar las experiencias regulatorias en el plano internacional, se encuentra que ellas van desde la prohibición (como China, Bolivia y otros), hasta su reconocimiento como moneda transaccional (caso Japón y Francia, entre otros) y una

48 Véase <http://www.businessinsider.com/bitcoin-miners-approach-dangers-threshold-2014-1> (05/10/2017)

49 Una bifurcación (*fork o side chaine*) en un esquema de criptoactivos consiste en la ruptura del *blockchain* en dos cadenas paralelas debido a la falta de consenso entre los validadores de la red. Las bifurcaciones y posibles alteraciones del registro por acuerdos colusorios entre los agentes validadores pueden, en la práctica, modificar arbitrariamente la oferta del criptoactivo (BIS, 2018). De acuerdo con Carstens (2018), solo en 2017 hubo 19 bifurcaciones de bitcoin, incluyendo bitcoin cash, bitcoin gold y bitcoin diamond. Estas, a su turno, pueden también bifurcarse.

50 De acuerdo con *The Economist* (2018b), el jefe de Europol (la agencia policial de Europa), estima que entre el 3 y el 4% de las ganancias provenientes de la actividad criminal en la región se lavan actualmente en los sistemas de criptoactivos. Algunos estimativos establecen que al menos el 20% del total de las transacciones con bitcoin tienen origen en actividades de dudosa legalidad.

51 Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), Oficio 000314, del 7 de marzo de 2018 (<https://cijuf.org.co/normatividad/oficio/oficio-314.html>, consultado el 31 de mayo de 2018). DIAN, Oficio 20436, del 2 de agosto de 2017 (consultado en https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/tax/DocumentosBoletin/Asesor/impuestoscorporativos/septiembre2017/cuartasemana/Concepto%20DIAN20436_17.pdf, el 31 de mayo de 2018).

gama amplia de matices en el medio. El propósito de esta sección no es el de enumerar tales experiencias sino, más bien, el de reflexionar sobre principios generales comunes en la discusión internacional sobre un marco regulatorio idóneo. Es importante resaltar que tampoco hay consenso acerca de cómo clasificar los criptoactivos, si como una moneda, mercancía, valor o como una clase peculiar de activos digitales inmateriales. Ni siquiera entre diferentes autoridades de un mismo país, en algunos casos, hay consenso. Ello pone de presente la complejidad del reto para su regulación.

El BIS (2018c y 2019), Carstens (2018) y, haciendo eco de ellos, Mersch (2018) y *The Economist* (2018b), han abogado por que las autoridades públicas apliquen el principio de proporcionar un terreno nivelado a todos los participantes en los mercados financieros, al tiempo que se promueva la innovación y la competencia en los mercados. Es decir, que los *nuevos entrantes* que compiten con ellos, como las *fintech* y los criptoactivos, sean regulados sobre la base de los riesgos que ellos plantean bajo el principio general de “mismo riesgo, misma regulación”.

De lo anterior se desprende, según estos autores, que conviene partir de la identificación de los riesgos que un determinado servicio emergente le plantee a los jugadores (regulados) que ya se encuentran prestando servicios comparables, a los usuarios del mismo y a los instrumentos (y activos) existentes, y propender por un terreno nivelado para todos los involucrados, sin excepciones. En consecuencia, consideran que no hay razones para que, por el hecho de basarse en una tecnología novedosa y eventualmente promisoriosa y bajo el argumento de promover la experimentación con nuevas tecnologías, se hagan concesiones regulatorias a los criptoactivos y agentes participantes, y que así se les permita un tratamiento más favorable al de los activos e intermediarios financieros con los que pretende competir.

Acorde con lo sugerido por Mersch (2018), hay al menos tres grandes áreas que requieren particular atención: 1) los criptoactivos mismos; 2) las actividades de sus facilitadores o agentes (los *exchanges* o plataformas de intercambio y los proveedores de billeteras digitales), y 3) el sector financiero tradicional, bancos, comisionistas e infraestructuras del mercado financiero.

Los criptoactivos

Los criptoactivos no pueden ser fácilmente regulados ni vigilados directamente por ninguna autoridad pública nacional debido a la propia naturaleza anónima y distribuida de su emisión, circulación y gobernanza, a su alcance internacional y a la falta de un marco legal aplicable y de un responsable legal del control del esquema. Ello plantea retos para las autoridades nacionales y la imperiosa necesidad de un esfuerzo internacional coordinado (BIS, 2018b). Pero

hay ciertos elementos sobre los cuales hay relativo consenso con respecto a posibles bases para un marco regulatorio.

En primer lugar, existe un amplio acuerdo entre los banqueros centrales en que los criptoactivos no reúnen las condiciones idóneas para ser calificados como dinero, ni ahora ni en un futuro previsible. En consecuencia, debe evitarse que la regulación les conceda un tratamiento de medio de pago o *monedas digitales* (Carstens, 2018; Shin, 2018; BIS, 2018b).

Los criptoactivos tampoco se ajustan a la definición de “activo financiero”, pues no hay reconocimiento de quién es responsable legalmente por su emisión ni una expectativa razonable sobre su flujo de caja futuro (Mersch, 2018). Y en el caso colombiano⁵² no corresponden a la definición legal de *valor*, ya que, de acuerdo con la Ley 964 (artículo 2.^{do}), corresponde a “todo derecho de naturaleza negociable que haga parte de una emisión, cuando tenga por objeto la captación de recursos del público [...]”. Así que los criptoactivos corresponden más bien a un nuevo tipo de activos digitales, virtuales, inmateriales, altamente especulativos, transables y transferibles, incluso entre personas y comercios⁵³.

Dados los enormes (y a la fecha inevitables e insuperables) riesgos, tanto operacionales como financieros, en la transaccionalidad con los criptoactivos, algunos han propuesto su prohibición expresa (Stiglitz, 2018), como ya lo ha hecho parcialmente China, Bolivia, Ecuador y Rusia. Esta alternativa, sin embargo, para las autoridades públicas plantea una carga de responsabilidad que no es fácil de satisfacer pues la anonimidad de las transacciones y su alcance internacional hacen casi imposible velar por su aplicación, lo cual expone a las autoridades a riesgos incluso legales.

En sentido contrario, en algunas otras jurisdicciones (como Japón, Corea del Sur y parcialmente el Reino Unido, Alemania, Suiza, Francia y otros; como se ilustra en Arango *et al.*, 2018), las autoridades han optado por reconocer la existencia legal de los criptoactivos (incluso, a pesar de la dificultad de establecer responsabilidades directas con relación, entre otras, a su emisión y gobierno). De esta forma, han pretendido canalizar su desarrollo en un entorno de regulación pública proporcional a sus riesgos, determinando estrictos principios de seguridad y transparencia para sus participantes e intermediarios, similares a los que la regulación vigente

52 Sin embargo, en los Estados Unidos la US Securities and Exchange Commission (SEC) ha conceptualizado que la regulación de *valores* le es aplicable a los *initial coin offerings* (ICO) y a los *exchanges*; la CFTC los ha calificado como *mercancía*, y la IRS como *propiedad* (véase Arango-Arango *et al.*, 2018, sección 4).

53 Consejo Técnico de la Contaduría Pública (CTCP, 2018), concepto 2018-472 (CTCP-10-00906-2018; consulta 1-2018-009713) del 16 de julio; consultado el 31 de julio de 2018, en: <http://www.ctcp.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=a201b2c9-5807-45b0-aeb6-35cacd43a864>

le exige en especial a los intermediarios y agentes del mercado financiero y de valores (bancos, comisionistas, proveedores de servicios de pago, etc.)⁵⁴.

La actividad de los facilitadores y agentes

Como se ilustró en la sección 1.2, el desarrollo del ecosistema de los criptoactivos, debido a sus exigencias y complejidad tecnológica y a los riesgos para los usuarios e inversionistas menos sofisticados, ha terminado por concentrar los servicios de negociación y custodia en intermediarios especializados (mineros, plataformas de intercambio, billeteras digitales, etc.) (Meunier, 2018).

En consecuencia, de acuerdo con BIS (2018c y 2019), Carsens (2018), Mersch (2018) y otros, el punto de partida de cualquier marco regulatorio en esta materia tiene necesariamente que ser el de asegurar un terreno nivelado entre las actividades de estos intermediarios con las de otros agentes en el sector financiero. De una manera muy especial, los esfuerzos de la regulación deben enfocarse, en primera instancia, en las actividades de aquellos que constituyen el eslabón crítico de la cadena de los criptoactivos, como son las plataformas de intercambio y aquellos otros por medio de los cuales los usuarios finales entregan y reciben el dinero bancario ordinario para ser intercambiado por criptoactivos y recircular desde y hacia la economía real (BIS, 2018b).

En este sentido, los mencionados autores consideran que a este conjunto de agentes, en el desarrollo de su actividad, se les debe exigir requisitos igualmente estrictos a los que se imponen a los intermediarios financieros en materia de identificación y conocimiento del cliente, aplicación de normas de prevención de lavado de activos y financiación del terrorismo, tributación, sólido manejo del riesgo operacional, segregación de activos de los clientes, entre otros.

Referencias internacionales de especial relevancia a este respecto son Corea del Sur y Japón (Masujima, 2018). De ellas, y de otras que se pueden consultar en Arango *et al.* (2018, sección 4), cabe destacar, en particular, los siguientes aspectos de un eventual marco regulatorio aplicable a las platafor-

mas de intercambio (y otros prestadores de servicios) en el ecosistema de criptoactivos:

- a. Reglas de conocimiento del cliente: estrictas obligaciones en aplicar la regulación financiera sobre conocimiento del cliente al momento de apertura de cuentas, prevención del lavado de activos y financiación del terrorismo y reporte a las autoridades competentes sobre su actividad transaccional.
- b. Protección al consumidor: abarca lo relativo a estándares prudenciales (capital mínimo que respalde su negocio adecuadamente, y residualmente sobre sus obligaciones con terceros); estándares organizacionales y operacionales (gestión de seguridad de la información, sistemas de control interno y protección de datos personales); segregación de activos de terceros; registros de contabilidad auditados por terceros (lo cual se extiende también a la aplicación de sus estándares operacionales y segregación de activos), y vigilancia por parte de determinada autoridad.
- c. Sólido gobierno corporativo.
- d. Licenciamiento: la prestación de servicios de compraventa de criptoactivos o intercambio por otros criptoactivos; actividades de intermediación; apalancamiento crediticio; exposición/otorgamiento de coberturas de riesgo; manejo, aprovechamiento y custodia de criptoactivos o dineros de clientes, etc., deben ser debidamente autorizadas, y la correspondiente autoridad debe establecer su alcance en cada caso.
- e. Normas tributarias: aplicación plena de gravámenes a la renta y a las ganancias de capital a los inversionistas y operadores, así como los que sean aplicables a la generación de tarifas y comisiones por parte de aquellos.
- f. Principios de conducta de mercado: incluye sanciones a la posible manipulación del mercado y a operaciones con tráfico de información privilegiada.

Sin embargo, resulta indispensable una aproximación armonizada internacionalmente, dado el alcance global de los criptoactivos, y para prevenir flujos de dinero ilícito hacia criptoparaísos, así como también entre las diferentes autoridades dentro de cada país que tienen jurisdicción sobre diferentes aspectos regulatorios (Arango-Arango *et al.*, 2018; BIS, 2018b; *The Economist*, 2018b).

El sector financiero tradicional

Como ya se mencionó, los usuarios, intermediarios y agentes del ecosistema de criptoactivos necesitan, en última instancia, a los bancos comerciales y otros prestadores de servicios de pago, así como a plataformas de intercambio

54 Un desarrollo detallado de la experiencia regulatoria internacional se encuentra en Arango *et al.* (2018), quienes muestran cómo algunos países ya han adoptado regulación en esta materia: "Hasta el momento, algunas jurisdicciones han considerado a los criptoactivos mercancías, como son los casos de Canadá (para efectos fiscales) y de la Commodities Federal Trade Commission (CFTC) en los Estados Unidos. Otras le han dado la connotación de fondos transferibles, activos financieros o unidades digitales susceptibles de ser usadas como medio de pago (e. g.: Unión Europea, Canadá, los Estados Unidos, Filipinas, Japón y Alemania). El tratamiento de los criptoactivos varía no solo entre países sino también dentro de cada país, según el aspecto que se quiere regular, sea tributario, financiero o cambiario".

e infraestructuras del mercado financiero para entrar, salir, liquidar transacciones, interactuar con sus clientes, materializar utilidades, entre otros, desde y hacia el mundo financiero regulado y la economía real.

Carstens (2018) sugiere que los servicios financieros solo sean ofrecidos a aquellas plataformas y productos debidamente licenciados que cumplan con los más altos estándares (como los esbozados en la sección anterior), dado que las autoridades no pueden permitir que se aprovechen de la misma infraestructura institucional que sirve al sistema financiero general, obteniendo una apariencia de legitimidad a partir de sus vínculos con ella y abusando de la confianza que les podría proporcionar. Adicionalmente, Mersch (2018) propone que les sean aplicados los más estrictos protocolos de prevención de lavado de activos y financiación del terrorismo y efectuar las debidas provisiones de capital por cualquier actividad relacionada con criptoactivos.

6. Conclusiones

Las siguientes son las conclusiones principales a las que hemos llegado:

- a. A pesar de gestarse sobre el concepto tecnológico de *registro distribuido*, la estructura en la que operan los usuarios de los criptoactivos tiene un bajo nivel de distribución, puesto que está concentrada en un número reducido de agentes, entre los que sobresalen las plataformas de intercambio y las billeteras digitales. Así mismo, la interoperabilidad de la que se sirven esas plataformas con el sistema financiero tradicional hace que el sistema de criptoactivos no sea independiente. Estas características no solo contradicen la pretensión inicial de operar en un ambiente distribuido e independiente del sistema de pagos tradicional, sino que trae consigo riesgos para sus usuarios.
- b. La literatura teórica sobre la formación de precios de criptoactivos señala la posibilidad de que se presenten equilibrios o escenarios diversos (e impredecibles) en donde, entre otros, los criptoactivos pueden desaparecer (su precio se reduce a cero) o varios de ellos pueden coexistir junto con la moneda emitida por el banco central. La posibilidad de múltiples escenarios resalta la preponderancia de las expectativas del público en la formación y estabilidad de los precios de los criptoactivos. Por su parte, la literatura empírica es más abundante y diversa, por lo que no existe un claro consenso sobre cuáles serían los principales determinantes de la dinámica de los precios de los criptoactivos. En términos generales, puede concluirse que el valor de un criptoactivo deviene de su demanda, tanto como medio de pago como de activo especulativo, y que esta demanda es altamente fluctuante

e incierta. La evidencia empírica muestra, también, que los mercados de criptoactivos son altamente susceptibles a comportamientos de manada, y a expectativas exuberantes o tendencias sociales momentáneas.

- c. La literatura económica también ha estudiado los efectos que podría tener el uso de criptoactivos sobre la política monetaria de una economía. La principal conclusión es que, en su estado actual, los criptoactivos no cuentan con las características para sustituir las monedas soberanas, porque cumplen deficientemente las funciones de dinero. La volatilidad de su precio representa un serio obstáculo para que sean ampliamente usados como medios de transacción, depósitos de valor o unidades de cuenta. Aun en aquellos casos en los que, debido por ejemplo a los altos niveles de inflación, la moneda soberana de un país pierda credibilidad, no es factible por ahora que los criptoactivos representen una mejor alternativa de sustitución para el público, en comparación con otras monedas soberanas, como el dólar o el euro.
- d. De igual manera, el tamaño actual de la actividad financiera basada en criptoactivos es muy reducido, lo cual implica que, por el momento y en el futuro cercano, estos no representan un riesgo significativo para la estabilidad financiera global. Sin embargo, se debe prestar atención a escenarios potenciales en los que una amplia adopción de los criptoactivos pueda incrementar significativamente la probabilidad de materialización del riesgo de liquidez de mercado o exacerbar los efectos financieros de la materialización de riesgos relacionados con su operación tecnológica.
- e. La literatura y la experiencia internacional señalan al menos tres grandes áreas que requerirían particular atención por parte de las autoridades de aquellos países que consideren conveniente regular los criptoactivos: 1) los criptoactivos mismos: dada la dificultad de su regulación directa, debería intentarse canalizar su desarrollo en un entorno de regulación pública proporcional a sus riesgos, aplicándoles estrictos principios de seguridad y transparencia a sus participantes e intermediarios, mediante un esfuerzo internacional coordinado. 2) La actividad de los facilitadores o agentes (v. g.: plataformas de intercambio, proveedores de billeteras digitales): a los que se les deben exigir requisitos igualmente estrictos que a los intermediarios financieros tradicionales en materia de identificación y conocimiento del cliente, aplicación de normas de prevención de lavado de activos y financiación del terrorismo, tributación, sólido manejo del riesgo operacional, segregación de activos de los clientes y otros. 3) El sector financiero tradicional: su interoperabilidad con el mercado de criptoactivos debe ocurrir solo con las plataformas y productos debidamente licenciados que cumplan con los más altos estándares.

Recuadro 1

Glosario

Activos de cobertura: Se usan con el propósito de mitigar el riesgo conjunto de un portafolio financiero. Las operaciones de cobertura usualmente se asemejan a un seguro que se contrata sobre una inversión financiera, con el fin de reducir las posibles pérdidas relacionadas con dicha inversión.

Activo de diversificación: se le denomina así a un activo que, al ser incluido en un portafolio de inversión, ayuda a disminuir los riesgos gracias a que el comportamiento esperado de sus rendimientos es diferente al de los demás activos en ese portafolio. De esta forma se reduce el riesgo de que todos los activos generen pérdidas al mismo tiempo. Una estrategia óptima de diversificación busca invertir en activos con características diferentes sin causar disminuciones significativas en las potenciales ganancias del portafolio.

Activo de refugio o reserva: son activos que, aún en tiempos de turbulencia en los mercados o crisis, tienen alta probabilidad de mantener su valor y, por tanto, permiten al inversionista cubrirse contra estos riesgos macroeconómicos. Ejemplo conocido de este tipo de activos son los metales preciosos, algunas monedas fuertes (dólar estadounidense) o bonos de países cuya deuda pública cuenta con la máxima calificación.

Billeteras (o monederos) digitales (*digital wallets*): son servicios tecnológicos que permiten a los usuarios de criptoactivos guardar y utilizar sus claves y códigos de autenticación de manera sencilla, así como iniciar una transacción o consultar transacciones pasadas. Dependiendo de cómo se puede acceder a las billeteras, se clasifican como en línea (*hot storage*) o fuera de línea (*cold storage*).

Blockchain: es la tecnología en la que se sustentan los procesos de validación y registro de las transacciones de los criptoactivos. Se trata de una base de datos compartida o un libro de registro de transacciones (agrupadas por bloques que van conformando cadenas con bloques de transacciones anteriores) distribuido entre todos los participantes que conforman la red correspondiente (véase, también, *registro distribuido*).

Caja de convertibilidad: régimen cambiario y monetario en el cual el banco central se compromete a comprar y vender reservas internacionales a una tasa de cambio fija. El banco central permite la libre movilidad internacional del capital y respalda el 100% del dinero local emitido con reservas internacionales (Sturzenegger, 2008).

Derivado financiero: es un instrumento financiero cuyo precio está anclado al de otro activo o conjunto de activos subyacentes; esto significa que los cambios en el valor del primero (el derivado) provienen de cambios en los precios de los segundos (los activos subyacentes).

Esquemas de crowdfunding (microfinanciación): esquemas de financiamiento con los cuales se utilizan pequeñas cantidades de capital de gran número de inversionistas para financiar un emprendimiento (véase, también, ICO e IPO).

Fondos de minería (*mining pools*): son grupos de mineros que se organizan para compartir sus recursos tecnológicos y los ingresos derivados de su labor de verificación y registro de las transacciones con criptoactivos. De este modo, obtienen un ingreso más estable que si realizaran su actividad individualmente.

ICO (*initial coin offerings*): es un esquema de crowdfunding o microfinanciación, que tiene algunas similitudes con las IPO, o la salida a bolsa, pero aplicado al mercado de criptoactivos. Es la primera emisión y colocación de *tokens* en las plataformas de cambio de criptoactivos; la forma de atraer inversiones hacia un producto o proyecto para crear un nuevo activo digital. Después del final del período de inversión, el criptoactivo se distribuye proporcionalmente entre los inversores. Los fondos recibidos durante la ICO pueden ser revendidos a un precio más favorable en otros sitios o bien usarse para recibir dividendos. En contraste con las IPO, el sistema de las ICO carece de derechos de propiedad y otros derechos relacionados con los titulares de acciones en el marco regulatorio habitual.

IPO (*initial public offerings*): se refiere al proceso en el que una compañía privada hace, por primera vez, una oferta pública de acciones (véase, también, ICO).

Mineros: son agentes que usan la capacidad de los computadores (*poder computacional*) para resolver complejos problemas matemáticos con el fin de verificar y registrar las transacciones con criptoactivos. Los mineros reciben a cambio criptoactivos que pueden corresponder a nuevas unidades emitidas como resultado del proceso de verificación y registro, o a unidades que ya estaban en circulación, ofrecidas por los usuarios como una comisión por dicha labor.

Proof of work (PoW): se trata de un protocolo (o conjunto de reglas) mediante el cual se elige un nodo específico de la red de usuarios del criptoactivo para validar y registrar un nuevo bloque de transacciones de tal forma que se minimice la posibilidad de ataques u otros comportamientos no deseados en el sistema. En particular, PoW requiere que los mineros compitan (mediante el uso de su capacidad computacional), resolviendo un problema matemático (cuya solución es difícil de obtener, pero fácil de comprobar), para ganarse el derecho a adicionar ese nuevo bloque y la correspondiente remuneración.

Registro distribuido (*distributed ledger*): es una tecnología en la que existe un gran número de administradores y bodegas que replican, comparten y sincronizan los datos; esto permite llevar un registro redundante (completamente descentralizado) de las transacciones.

Riesgo inflacionario: se refiere a la posibilidad de que un inversionista se enfrente a cambios abruptos en el rendimiento real de una inversión como consecuencia de variaciones inesperadas del nivel de precios.

Riesgo de liquidez: se refiere a la posibilidad de que un inversionista se encuentre en incapacidad de vender/liquidar un activo sin impactar su precio de una manera significativa, con el fin de cumplir con una obligación.

Riesgo de mercado: se refiere a la posibilidad de que un inversionista experimente pérdidas debido a factores que puedan afectar el desempeño de los mercados financieros y el valor de los activos sujetos de inversión.

Riesgo operacional/operativo: comprende todos aquellos riesgos inherentes a la operación de una compañía o un inversionista en una actividad determinada que no estén incluidos como riesgos financieros.

Riesgo sistémico: se refiere a la posibilidad de que un evento en una compañía, institución financiera o un inversionista específico pueda desatar pérdidas para el conjunto de la industria o la economía.

Referencias

- Ali, Robleh; Barrdear, John; Clews, Roger; Southgate, James (2014a). "Innovations in Payment Technologies and the Emergence of Digital Currencies", *Quarterly Bulletin*, Bank of England, tercer trimestre.
- Ali, Robleh; Barrdear, John; Clews, Roger; Southgate, James (2014b). "The Economics of Digital Currencies", *Quarterly Bulletin*, Bank of England, tercer trimestre.
- Armstrong, Brian (2018). "Is Coinbase Creating a Centralized or Decentralized Financial System?", *Traders Magazine*, 25 de julio.
- Arango, Carlos; Barrera, María; Bernal, Joaquín; Boada, Alberto (2018). "Criptoactivos", Documentos Técnicos de Trabajo, Banco de la República.
- Athey, Susan; Parashkevov, Iva; Sarukkai, Vishnu; Xia, Jing (2016). "Bitcoin Pricing, Adoption, and Usage: Theory and Evidence", Working Paper, núm 3469, Graduate School of Business, Stanford University.
- Auer, Raphael; Claessens, Stijn (2018). "Regulating Cryptocurrencies: Assessing Market Reactions", *BIS Quarterly Review*, septiembre, pp. 51-65.
- Banco de la República (2017). *Reporte de Sistemas de Pago*, Banco de la República.
- Banco de la República (2018). *Reporte de Estabilidad Financiera*, segundo semestre, noviembre.
- Barabási, Albert-Laszlo (2003). *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life*, Plume: New York.
- Baran, Paul (1964). On Distributed Communications: Introduction to Distributed Communications Networks, Memorandum RM-3420-PR, prepared for United States Air Force Project Rand, by The Rand Corporation.
- Bartos, Jakub (2015). "Does Bitcoin Follow the Hypothesis of Efficient Market?", *International Journal of Economic Sciences*, vol. 4, núm. 2, pp. 10-23.
- Bashkar, Nirupama; Nian, Lam; Chuen, David (2015). "Bitcoin IPO, ETF, and Crowdfunding", en *Handbook of Digital Currency*, pp. 529-557.
- Baur, Dirk G; Hong, KiHoon; Lee, Adrian D. (2017). "Bitcoin: Medium of Exchange or Speculative Assets?", *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 54, pp. 177-189.
- Biais, Bruno; Bisière, Christophe; Bouvard, Matthieu; Casamatta, Catherine; Menkveld, Albert J. (2018). "Equilibrium Bitcoin Pricing", TSE Working Papers, núm. 18-973, Toulouse School of Economics (TSE).
- Bianchi, Javier (2011). "Overborrowing and Systemic Externalities in the Business Cycle", *American Economic Review*, vol. 101, núm. 7, pp. 3400-3426.
- Banco Central Europeo (BCE: 2012). "Virtual Currency Schemes", Banco Central Europeo.
- Banco Central Europeo (BCE: 2015). "Virtual Currency Schemes: A Further Analysis", Banco Central Europeo.
- Bech, Morten Linnemann; Garratt, Rodney (2017). "Central Bank Cryptocurrencies", *BIS Quarterly Review*, Bank for International Settlements, septiembre.
- BIS (2018a). "Cryptocurrencies: Looking beyond the Hype", *Annual Economic Report*, junio, pp. 91-114.
- BIS (2018b). *Annual Economic Report*, junio, Bank for International Settlements, disponible en: <https://www.bis.org/publ/arpdf/ar2018e.pdf>
- BIS (2018c). "Fintech in EMEs: Developments and Policy Challenges", a note for the meeting of Governors EMEs, BIS, mayo, Bank for International Settlements.
- BIS (2019). "Bigtech in Finance", en *Annual Economic Report*, junio, Bank for International Settlements, disponible en: <https://www.bis.org/publ/arpdf/ar2019e.pdf>
- Blundell-Wignall, Adrian (2014). "The Bitcoin Question", OECD Working Papers on Finance, núm 37, OECD Publishing.

- Böhme, Rainer; Christin, Nicolas; Edelman, Benjamin; Moore, Tyler (2015). "Bitcoin: Economics, Technology and Governance", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, núm. 2, pp. 213-238.
- Bolt, Wilko; Van Oordt, Maarten (2019). "On the Value of Virtual Currencies", *Journal of Money, Credit and Banking* [en edición], presentado en abril.
- Bordo, Michael; Levin, Andrew (2017). "Central Bank Digital Currency and the Future of Monetary Policy", Working Paper, núm. 23711, National Bureau of Economic Research.
- Bouoiyour, Jamal; Selmi, Refk; Kumar Tiwari, Aviral; Olayeni, Olaolu Richard (2016). "What Drives Bitcoin Price?", *Economics Bulletin*, vol. 36, núm. 2, pp. 843-850.
- Bouoiyour, Jamal; Selmi, Refk (2017). "The Bitcoin Price Formation: Beyond the Fundamental Sources", Centre d'Analyse Théorique Et De Traitement Des Données Économiques (CATT).
- Bouri, Elie; Gupta, Rangan; Lahiani, Amine; Shahbaz, Muhammad (2018). "Testing for Asymmetric Nonlinear Short- and Long-Run Relationships between Bitcoin, Aggregate Commodity and Gold Prices", *Resources Policy*, vol. 57, pp. 224-235.
- Bouri, Elie; Gupta, Rangan; Tiwari, Aviral Kumar; Roubaud, David (2017a). "Does Bitcoin Hedge Global Uncertainty? Evidence from Wavelet-based Quantile-in-quantile Regressions", *Finance Research Letters*, núm. 23, pp. 87-95.
- Bouri, Elie; Jalkh, Naji; Molnár, Peter; Roubaud, David (2017b). "Bitcoin for Energy Commodities before and after the December 2013 Crash: Diversifier, Hedge or Safe Haven?", *Applied Economics*, vol. 49, núm. 50, pp. 5063-5073.
- Bouri, Elie; Molnár, Peter; Azzi, Georges; Roubaud, David; Hagfors, Lars Ivar (2017c). "On the Hedge and Safe Haven Properties of Bitcoin: Is It Really More than a Diversifier?", *Finance Research Letters*, vol. 20, pp. 192-198.
- Brandvold, Morten; Molnár, Peter; Vagstad, Kristian; Valstad, Ole Christian Andreas (2015). "Price Discovery on Bitcoin Exchanges", *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 36, pp. 18-35.
- Brière, Marie; Oosterlinck, Kim; Szafarz, Ariane (2015). "Virtual Currency, Tangible Return: Portfolio Diversification with Bitcoin", *Journal of Asset Management*, vol. 16, núm. 6, pp. 365-373.
- BTC Makers (2018). "Cryptocurrency Exchanges: the Best and Most User Friendly Exchanges", *Altcoin Magazine*, 17 de septiembre.
- Carstens, Agustin (2018). "Money in the Digital Age: What Role for Central Banks?" [en línea], Bank of International Settlements, disponible en: <https://www.bis.org/speeches/sp180206.pdf>.
- Carter, Nic (2018). "The Dark Underbelly of Cryptocurrency Markets", *Medium*, 3 de septiembre.
- Cassamatta, Catherine (2018). "Equilibrium Bitcoin Pricing", Working Paper, Toulouse School of Economics.
- Chanjaroen, Chanyaporn (2017). "Singapore Cryptocurrency Firms Facing Bank Account Closures", *Bloomberg*, 25 de septiembre.
- Cheung, Adrian; Roca, Eduardo; Su, Jen-je (2015). "Crypto-Currency Bubbles: an Application of the Phillips-Shi-Yu (2013) Methodology on Mt. Gox Bitcoin Prices", *Applied Economics*, vol. 47, núm. 23, pp. 2348-2358.
- Choi, Michael; Rocheteau, Guillaume, (2019). "Money Mining and Price Dynamics", Meeting Papers, núm. 74, Society for Economic Dynamics.
- Claeys, Grégory, Demertzis, María; Konstantinos, Efstathiou (2018). "Cryptocurrencies and Monetary Policy", *Policy Contribution*, núm. 10, European Parliament.
- Ciaian, Pavel; Miroslava, Rajcaniova; D'Artis, Kancs (2016). "The Economics of Bitcoin Price Formation", *Applied Economics*, vol. 48, núm. 19, pp. 1799-1815.

- Corbet, Shaen; Meegan, Andrew; Larkin, Charles; Lucey, Brian; Yarovaya, Larisa (2018). "Exploring the Dynamic Relationships between Cryptocurrencies and Other Financial Assets", *Economics Letters*, vol. 165, pp. 28-34.
- CPMI (2017a). "Distributed Ledger Technology in Payment, Clearing and Settlement: An Analytical Framework" [en línea], Bank of International Settlements, disponible en: <https://www.bis.org/cpmi/publ/d157.pdf>
- Crosby, Michael; Nachiappan; Pattanayak, Pradhan; Verma, Sanjeev; Kalyanaraman, Vignesh (2015). "Blockchain Technology-beyond Bitcoin", mimeo, University of California at Berkeley.
- Cross, Tim (2018). "What to Make of Cryptocurrencies and Blockchains", *The Economist*, 1 de septiembre.
- Consejo Técnico de la Contaduría Pública (2018). Concepto 2018-472 del 16 de julio, disponible en: <http://www.ctcp.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=a201b2c9-5807-45b0-aeb6-35cacd43a864>
- Culpan, Tim (2018). "Bitmain's Prospectus Reveals a Lot about Bitcoin's Wild Ride", Bloomberg, 27 de septiembre.
- Nederlandsche Bank (2018). "Roundtable Cryptocurrencies", position paper by the Nederlandsche Bank.
- Dyhrberg, Anne Haubo (2016a). "Bitcoin, Gold and the Dollar-A Garch Volatility Analysis", *Finance Research Letters*, vol. 16, pp. 85-92.
- Dyhrberg, Anne Haubo (2016b). "Hedging Capabilities of Bitcoin. Is It the Virtual Gold?", *Finance Research Letters*, vol. 16, pp. 139-144.
- Eichengreen, Barry (2018). "The Stable Coin Myth", Project Syndicate.
- Eisl, Alexander; Gasser, Stephan; Weinmayer, Karl (2015). "Caveat Emptor: Does Bitcoin Improve Portfolio Diversification?", WU Vienna University of Economics and Business, Vienna.
- Fama, Eugene (1970). "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", *The Journal of Finance*, vol. 25, núm. 2, pp. 383-417.
- Feder, Amir; Gandal, Neil; Hamrick, Jt; Moore, Tyler; Mukherjee, Arghya; Rouhi, Farhang; Vasek, Marie, (2018), "The Economics of Cryptocurrency Pump and Dump Schemes", CEPR Discussion Papers, núm. 13404.
- Felices, Guillermo; Tuesta, Vicente (2010). "Monetary Policy in a Dual Currency Environment", documento de trabajo, núm. 2007-006, Banco Central de Reserva del Perú.
- Fernández-Villaverde, Jesús; Sanches, Daniel (2018). "On the Economics of Digital Currencies", Working Paper, núm. 18-07, Federal Reserve Bank of Philadelphia.
- Fernández-Villaverde, Jesús; Sanches, Daniel (2019). "Can Currency Competition Work?", *Journal of Monetary Economics*, vol. 106, pp. 1-15.
- Fisher, Irving (1911). *The Purchasing Power of Money: Its Determination and Relation to Credit, Interest and Crises*, New York: Macmillan.
- Floyd, David (2018). "10 Years after Lehman: Bitcoin and Wall Street Are Closer than Ever", *Coindesk*, 3 de septiembre.
- Financial Stability Board (2017). "Financial Stability Implications from Fintech, Supervisory and Regulatory Issues that Merit Authorities' Attention" [en línea], junio, disponible en: <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/R270617.pdf>
- Financial Stability Board (2018). "Financial Stability Implications of Cryptoassets", Notes for Plenary and G20, Standing Committee on Assessment of Vulnerabilities, junio.
- G20 (2018). "Communiqué" [en línea], Finance Ministers & Central Bank Governors, Buenos Aires, Argentina, 19 y 20 de marzo, disponible en: https://back-g20.argentina.gob.ar/sites/default/files/media/communique_g20.pdf
- Galí, Jordi (2008). *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*, Princeton: Princeton University Press.

- Gandal, Neil; Hamrick, J. T; Moore, Tyler; Oberman, Tali (2018). “Price Manipulation in the Bitcoin Ecosystem”, *Journal of Monetary Economics*, vol. 95, pp. 86-96.
- Garcia, David; Tessone, Claudio; Mavrodiev Pavlin; Perony, Nicolas (2014). “The Digital Traces of Bubbles: Feedback Cycles between Socio-Economic Signals in the Bitcoin Economy”, *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 11, núm. 99.
- Garratt, Rodney; Wallace, Neil (2018). “Bitcoin 1, Bitcoin 2. An Experiment in Privately Issued Outside Monies”, *Economic Inquiry*, vol. 56, núm. 3, pp. 1887-1897.
- Groshoff, David (2014). “Kickstarter My Heart: Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowdfunding Constraints and Bitcoin Bubbles”, *William & Mary Business Law Review*, vol. 5, núm.2, pp. 489-557.
- Grossman, Nick (2019). “From Agile to Immutable: Balancing Innovation and Trust in Decentralized Systems”, presentación realizada en Decentralizing the World, Hong Kong, 10 de enero.
- Guegan, Dominique; Frunza, Marius (2018). “Is the Bitcoin Rush Over?”, en *Handbook: Cryptofinance and Mechanism of Exchange*, Venecia: University Ca' Foscari of Venice, Dept. of Economics.
- Guzmán, Daniela (2018). “Colombian crypto-exchange to confront banks for closed accounts”, Bloomberg, junio 12.
- Halaburda, Hanna; Sarvary, Miklos (2016). *Beyond Bitcoin: The Economics of Digital Currencies*, Palgrave: MacMillan.
- Hale, Galina; Krishnamurthy, Arvind; Kudlyak, Marianna; Shultz, Patrick (2018). “How Futures Trading Changed bitcoin Prices”, *Economic Letter*, Research from Federal Reserve Bank of San Francisco.
- He, Dong; Habermeier, Karl; Leckow, Ross; Haksar, Vikram; Almeida, Yasmin; Kashima, Mikari; Kyriakos-Saad, Nadim; Oura, Hiroko; Sedik, Saadi Tahsin; Stetsenko, Natalia; Verdugo-Yepes, Concepción (2016). “Virtual Currencies and Beyond: Initial Considerations”, IMF Staff Discussion Note.
- Heller, Daniel (2017). “Do Digital Currencies Pose a Threat to Sovereign Currencies and Central Banks?”, *Policy Brief*, Peterson Institute for International Economics.
- Homakov, Egor (2017). “Stop. Calling. Bitcoin. Decentralized”, *Medium*, diciembre 3.
- Hu, Albert; Parlour, Christine; Rajan, Uday (2018). “Cryptocurrencies: Stylized Facts on a New Investible Instrument” [en línea], disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/dc61/0d69a9dfb70344a232807292abe8430dbcf1.pdf?_ga=2.142107514.954855702.1573052233-1785006010.1567524221
- Iwamura, Mitsuru; Kitamura, Yukinobu; Matsumoto, Tsutomu; Saito, Kenji (2014). “Can we Stabilize the Price of a Cryptocurrency?: Understanding the Design of Bitcoin and its Potential to Compete with Central Bank Money”, Discussion Paper Series, núm. 617, Institute of Economic Research, Hitotsubashi University.
- JP Morgan (2018). “Decrypting Cryptocurrencies: Technology, Applications and Challenges”, *JP Morgan Perspectives*, 9 de febrero.
- Kaminska, Isabella (2017). “Cypto Tethers as the new Eurodollars”, *Financial Times*, 15 de septiembre.
- Kareken, John; Wallace, Neil, (1981). “On the Indeterminacy of Equilibrium Exchange Rates”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 96, issue 2, pp. 207-222.
- Kasper, Jochen (2017). “Evolution of Bitcoin: Volatility Comparisons with Least Developed Countries’ Currencies”, *Journal of Internet Banking and Commerce*, vol. 22, núm. 3, diciembre.
- Kelly, Jemima (2018). “People are Freaking about Tether”, *Financial Times*, 15 de octubre.

- Kharif, Olga (2017). "The Bitcoin Whales: 1.000 People Who Own 40 Percent of the Market", *Bloomberg Businessweek*, diciembre.
- Kharif, Olga (2018a). "Bitcoin's Use in Commerce Keeps Falling Even as Volatility Eases" [en línea], Bloomberg, 1 de agosto, disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-08-01/bitcoin-s-use-in-commerce-keeps-falling-even-as-volatility-eases>
- Kharif, Olga (2018b). "Bitcoin on Credit? For 20 Percent of Owners, That's a Yes" [en línea], Bloomberg, 7 de febrero, disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-02-07/bitcoin-on-credit-for-20-percent-of-owners-that-s-a-yes>
- Kim, A. (2018). "Bitcoin Basics", *Medium*, 12 de junio.
- Kjærland, Frode; Meland, Maria; Oust, Are; Øyen, Vilde (2018). "How can Bitcoin Price Fluctuations be Explained?", *International Journal of Economics and Financial Issues*, vol. 8, núm. 3, pp. 323-332.
- Kristoufek, Ladislav (2013). "Bitcoin Meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the Relationship between Phenomena of the Internet Era", *Scientific Reports*, vol. 3, núm. 1.
- Kristoufek, Ladislav (2015). "What Are the Main Drivers of the bitcoin Price? Evidence from Wavelet Coherence Analysis", *PLoS ONE*, vol. 10, núm. 4.
- Lewis, L.; Harding, R. (2018). "Crypto Crazy' Japanese Mystified by Virtual Heist", *The Financial Times*, 2 de febrero.
- Liao, N. (2017). "On Settlement Finality and Distributed Ledger Technology" [en línea], Notice y Comment-A Blog from the *Yale Journal on Regulation*, junio, disponible en: <http://yalejreg.com/nc/on-settlement-finality-and-distributed-ledger-technology-by-nancy-liao/>
- Liu, Yukun; Tsyvinski, Aleh (2018). "Risks and Returns of Cryptocurrency", Working Papers, núm. 24877, National Bureau of Economic Research.
- Lo, Stephanie; Wang, Christina (2014). "Bitcoin as money?", *Current Policy Perspectives*, núm. 2014-4, Federal Reserve Bank of Boston.
- Manconi, Alberto; Braggion, Fabio; Zhu, Haikun (2018). "Can Technology Undermine Macroprudential Regulation? Evidence from Peer-to-Peer Credit in China", Working Paper, Università Bocconi.
- Marchiori, Luca (2018). "Monetary Theory Reversed: Virtual Currency Issuance and Miners' Remuneration", Working Papers, núm. 115, Central Bank of Luxembourg.
- Marian, Omri (2013). "Are Cryptocurrencies 'Super' Tax Havens?", *Michigan Law Review First Impressions*, vol. 112, pp. 38-48.
- Masujima, M. (2018). "Japan's Virtual Currency Regulation and its Recent Developments", presentation, Mori Hamada & Matsumoto, abril.
- Meiklejohn, Sarah; Pomarole, Marjori; Jordan, Grant; Levchenko, Kirill; McCoy, Damon; Voelker, Geoffrey; Savage, Stefan (2013). "A Fistful of Bitcoins: Characterizing Payments among Men with No Names", *Communications of the ACM*, vol. 59, núm. 4, pp. 86-93.
- Mersch, Yves (2018). "Virtual or Virtueless? The Evolution of Money in the Digital Age" [en línea], lectura preparada para el Official Monetary and Financial Institutions Forum, Londres, 8 de febrero, BCE, disponible en: <https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2018/html/ecb.sp180208.en.html>
- Meunier, Sebastien (2018). "Decoding Blockchain: The Trust Engine and Disintermediation Fallacies" [en línea], 6 de octubre, disponible en: <https://medium.com/@sbmeunier/decoding-blockchain-3-3-when-a-blockchain-is-desirable-3c889ce3aa15>
- Milkau, Udo; Bott, Jürgen (2018). "Digital Currencies and the Concept of Money as a Social Agreement", *Journal of Payments Strategy & Systems*, vol. 12, núm. 3.
- Miller, John; Page, Scott (2007). *Complex Adaptive Systems*, Princeton University Press: Princeton.

- Moore, Tyler; Christin, Nicolás (2013). "Beware the Middleman: Empirical Analysis of Bitcoin-Exchange Risk", en Ahmad-Reza Sadeghi (ed.) *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 25-33, Berlín (Heidelberg): Springer-Verlag.
- Nakamoto, Satoshi (2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" [en línea], bitcoin.org, disponible en: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, consultado el 13 de septiembre de 2018.
- Nakamoto, Satoshi (2009). Bitcoin open source implementation of P2P currency. P2P Foundation. Febrero 11. [<http://p2pfoundation.ning.com/forum/topics/bitcoin-open-source>, consultado el 13 de septiembre de 2018]
- Newman, Mark (2010). *Networks: An Introduction*, New York Oxford: University Press.
- Orcutt, Mike (2017). "Cryptocurrency Exchanges Can Be Pretty Sketchy Places. The Solution? A Blockchain, of Course", *MIT Technology Review*, 7 de diciembre.
- Panagiotidis, Theodore; Stengos, Thanasis; Vravosinos, Orestis (2018). "On the Determinants of Bitcoin Returns: a Lasso Approach", *Research in International Business and Finance*, vol. 41, pp. 493-499.
- Peters, Gareth; Chapelle, Ariane; Panayi, Efstathios (2016). "Opening Discussion on Banking Sector Risk Exposures and Vulnerabilities from Virtual Currencies: An Operational Risk Perspective", *Journal of Banking Regulation*, vol. 17, núm. 4, pp. 239-272.
- Polasik, Michal, Piotrowska, Anna, Wisniewski, Tomasz Piotr; Kotkowski, Radosław; Lightfoot, Geoff (2015). "Price Fluctuations and the Use of bitcoin: An Empirical Inquiry", *International Journal of Electronic Commerce*, vol. 20, núm 1, pp. 9-49.
- Rogojanu, Ángela; Badea, Liana (2014). "The Issue of Competing Currencies. Case Study-Bitcoin", *Theoretical y Applied Economics*, vol. 21, núm. 1, pp. 103-114.
- Roubini, Nouriel (2018). "Exploring the Cryptocurrency and Blockchain Ecosystem", audiencia ante the US Senate Committee on Banking, Housing and Community Affairs, octubre.
- Russo, Camila; Thomson, Eduardo (2018). "Cryptocurrency Trading Upended in Chile as Banks Close Accounts", Bloomberg, 13 de abril.
- Sauer, Beate (2016), "Virtual Currencies, the Money Market, and Monetary Policy", *International Advances in Economic Research*, vol. 22, núm. 2, pp. 117-130.
- Savastano, Miguel, (1996) "Dollarization in Latin America: Recent Evidence and Some Policy Issues", Working Paper, núm. 96/4, International Monetary Fund.
- Senado de los Estados Unidos (2013). "Beyond Silk Road: Potential Risks, Threats and Promises of Virtual Currencies", charla ante the Committee on Homeland Security and Governmental Affairs, Senado de los Estados Unidos, *Testimonios Escritos*, 18 de noviembre.
- Scaillet, Olivier; Treccani, Adrien; Trevisan, Christopher (2017). "High-Frequency Jump Analysis of the Bitcoin Market", *Journal of Financial Econometrics*.
- Schilling, Linda; Uhlig, Harald (2019). "Some Simple Bitcoin Economics", *Journal of Monetary Economics*, vol. 106, octubre, pp. 16-26.
- Shin, Hyun (2018), "Cryptocurrencies and the Economics of Money" [en línea, Bank of International Settlements, disponible en: <https://www.bis.org/speeches/sp180624b.htm>
- Skudnov, Rostislav (2012). "Bitcoin Clients", Bachelor's Thesis, Turku University of Applied Sciences.
- Smith, Reginald (2017). "Bitcoin Average Dormancy: A Measure of Turnover and Trading Activity", *Ledger Journal*, vol. 3, pp. 91-99.
- Sovbetov, Yhlas (2018). "Factors Influencing Cryptocurrency Prices: Evidence from bitcoin, Ethereum, Dash, Litecoin, and Monero", *Journal of Economics and Financial Analysis*, vol. 2, núm. 2.
- Spencer, M. K. (2018). "Coinbase is Making \$2.7 Million a Day", Cointelegraph, enero 24.

- Srinivasan, Balaji; Lee, Leland (2017). “Quantifying Decentralization” [en línea], *Earn*, disponible en: <https://news.earn.com/quantifying-decentralization-e39db233c28e>, consultado el 2 de febrero de 2019.
- Stiglitz, Joseph (2018). “[Bitcoin] ‘Ought to Be Outlawed’ ” [en línea], entrevista emitida por Bloomberg Television, disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-11-29/bitcoin-ought-to-be-outlawed-nobel-prize-winner-stiglitz-says-jal10hxd>, 4 de junio.
- Sturzenegger, F. (2008). “Currency Boards”, en: Palgrave Macmillan (eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, London: Palgrave Macmillan.
- Surowiecki, James (2018). “Bitcoin Would Be a Calamity, Not an Economy”, *MIT Technology Review*, 10 de abril.
- The Economist* (2017). “Bitcoin Is a Speculative Asset but Not yet a Systemic Risk”, *The Economist*, 16 de noviembre.
- The Economist* (2018a). “Riding the Rollercoaster: How to Put Bitcoin into Perspective”, *The Economist*, 1 de septiembre.
- The Economist* (2018b). “Taming Crypto: How to Regulate Crypto”, *The Economist*, 26 de abril.
- Tiessalo, Raine (2018). “Bitcoin Dealer Plays Cat and Mouse with Banks Closing Accounts”, Bloomberg, 9 de marzo.
- Underwood (2018). *Virtual Markets Integrity Initiative Report*, Office of the New York State Attorney General.
- Walch, Angela (2019). “Deconstructing ‘Decentralization’: Exploring the Core Claim of Crypto Systems”, en Chris Brummer (ed.), *Cryptoassets: Legal, Regulatory, and Monetary Perspectives*, Oxford: Oxford University Press.
- Williamson, Stephen (2018), “Is Bitcoin a Waste of Resources?”, *Review*, vol. 100, núm. 2, Federal Reserve Bank of Saint Louis.
- Wood, Jon (2018). “Thoughts on Decentralized Exchanges and Real World Usage of Their Own Tokens”, *Medium*, 18 de septiembre.
- Wu, Chen; Pandey, Vivek (2014). “The Value of bitcoin in Enhancing the Efficiency of an Investor’s Portfolio”, *Journal of Financial Planning*, pp. 44-52.
- Yermack, D. (2015). “Is bitcoin a Real Currency?”, en: David, K.C. Lee (Ed.), *The Handbook of Digital Currency*, pp. 31-44.
- Zhu, Yechen; Dickinson, David; Li, Jianjun (2017). “Analysis on the Influence Factors of Bitcoin’s Price Based on VEC Model”, *Financial Innovation*, vol. 3, núm. 3.