

CRIPTOMONEDAS DE BANCOS CENTRALES

Morten Bech
Rodney Garratt

Casi cada día surgen criptomonedas nuevas, y son muchos los que se preguntan si los bancos centrales deberían emitir sus propias monedas digitales. Pero, ¿qué forma adoptarían esas criptomonedas de bancos centrales y cuál sería su utilidad? El presente artículo monográfico ofrece una taxonomía del dinero que identifica dos tipos de criptomonedas que podrían emitir los bancos centrales –minoristas y mayoristas– y señala sus diferencias con otras formas de dinero de bancos centrales, como el efectivo y las reservas. Asimismo, analiza las distintas características de esas posibles criptomonedas de bancos centrales y las compara con las opciones de pago actualmente disponibles.

En menos de 10 años, el bitc on ha pasado de ser conocido sólo por un puñado de iniciados a estar en boca de todos. Su valor ha aumentado –con altibajos– desde unos centavos hasta más de 4,000 dólares. En este tiempo han surgido cientos de criptomonedas más, cuyo valor de mercado es comparable al del bitc on (gráfica 1, panel izquierdo). Aunque parece improbable que el bitc on o cualquiera de sus alternativas desplace a las monedas soberanas, ha demostrado la viabilidad de la cadena de bloques subyacente (una variante de la tecnología de registros distribuidos, DLT). Los especialistas en capital de riesgo y las instituciones financieras est n acometiendo cuantiosas inversiones en proyectos DLT que les permitan prestar servicios financieros novedosos y al mismo tiempo mejorar la eficiencia de los que ya prestan. Tanto en los

Publica el CEMLA con la debida autorización del BPI. Este artículo fue previamente publicado como parte del *Informe Trimestral de BPI*, septiembre de 2017. M. Bech <morten.bech@bis.org>, Banco de Pagos Internacionales, y R. Garratt <garratt@ucsb.edu>, Departamento de Economía, Universidad de California-Santa Bárbara. Los autores agradecen a Claudio Borio, Stijn Claessens, Benjamin Cohen, Dietrich Domanski, Hana Halaburda, Krista Hughes, Jochen Schanz y Hyun Song Shin por sus comentarios, así como a Aleksander Berentsen, James Chapman y Paul Wong por el inspirador debate. También agradecen la extraordinaria labor de investigación llevada a cabo por Codruta Boar. Las opiniones expresadas en este artículo son las de sus autores y no reflejan necesariamente las del BPI.

blogs económicos como en los bancos centrales y en los círculos académicos se vaticina que esta tecnología traerá consigo consecuencias disruptivas o transformadoras para los pagos, los bancos y el sistema financiero en su conjunto.¹

Los últimos en entrar en escena han sido los bancos centrales, varios de los cuales han anunciado estudios o experimentos con DLT. La posibilidad de que estas entidades creen criptomonedas –o monedas digitales– suscita una considerable atención. Sin embargo, resulta difícil extraer conclusiones de estos movimientos. Existe cierta confusión sobre cómo serían estas nuevas monedas y a menudo se debate sin que se sepa muy bien cuáles son en realidad las propuestas. El objetivo de este artículo monográfico es aportar un poco de claridad respondiendo una pregunta en apariencia sencilla: ¿qué son las criptomonedas de bancos centrales (CBCC)?

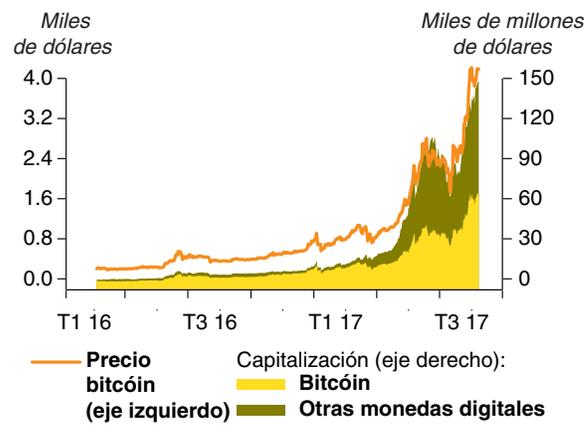
A tal fin presentamos una taxonomía del dinero que se basa en cuatro propiedades principales: *emisor* (un banco central u otro tipo de emisor); *forma* (electrónica o física); *accesibilidad* (universal o restringida); y *mecanismo de transferencia* (centralizado o descentralizado). Esta taxonomía define las criptomonedas de bancos centrales como una forma electrónica de dinero de bancos centrales que puede intercambiarse por medio de un método descentralizado entre pares (*peer-to-peer*), lo que significa que las transacciones se producen directamente entre el pagador y el beneficiario sin necesidad de un intermediario central.² Se distingue así las criptomonedas de bancos centrales de otros tipos de dinero electrónico de bancos centrales ya disponibles, como las reservas, que se intercambian de forma centralizada entre cuentas en el banco central. Además, la taxonomía diferencia entre dos posibles formas de CBCC: un instrumento de

¹ Véanse Andolfatto (2015, 2016), Broadbent (2016), Raskin y Yermack (2016) y Skingsley (2016).

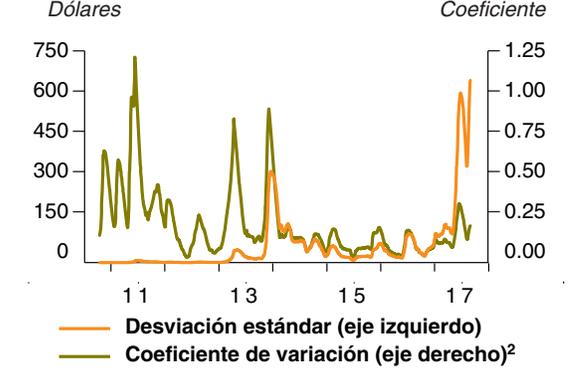
² Los intercambios en efectivo son la transacción entre pares por excelencia. En una red informática, el concepto *entre pares* significa que las transacciones pueden procesarse sin que se necesite un servidor central.

Gráfica 1

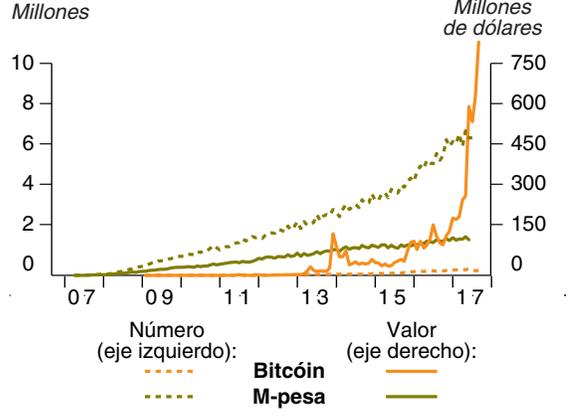
BITCOÍN
PRECIO DE CIERRE Y CAPITALIZACIÓN BURSÁTIL



VOLATILIDAD DEL PRECIO DEL BITCOÍN¹



VOLUMEN DIARIO MEDIO DE TRANSACCIONES



¹ Medias móviles de 90 días. ² Coeficiente de desviación estándar sobre la media. ³ Medias mensuales. Para el bitcoin, valor estimado de transacciones en dólares estadounidenses; para M-pesa™, valor de transacciones en chelines kenianos, convertido a dólares estadounidenses.

Fuentes: Banco Central de Kenia; CoinDance; CoinDesk; www.blockchain.info; cálculos de los autores.

pago orientado al consumidor y disponible de forma general, que se utilizaría en transacciones minoristas, y un *token* de liquidación digital de acceso restringido para aplicaciones de pago mayorista.³

Entonces, ¿qué podrían ofrecer los dos tipos de CBCC que no puedan proporcionar ya otras formas de dinero de bancos centrales? En el caso de la criptomoneda para uso de los consumidores, sostenemos que el elemento entre pares de la nueva tecnología ofrece características de anonimato parecidas a las del efectivo, pero en este caso en formato digital. Si el anonimato no se considera importante, la mayor parte de las supuestas ventajas de las CBCC minoristas podrían alcanzarse también permitiendo el acceso del público a cuentas en el banco central, algo que es técnicamente factible desde hace mucho tiempo, pero que los bancos centrales en general han evitado hacer.

En el ámbito mayorista, la evaluación de las CBCC es bastante diferente. Actualmente los pagos mayoristas no pueden efectuarse con el anonimato que permite el efectivo. En particular, las transacciones que se producen en sistemas mayoristas son visibles para el operador central. Por lo tanto, la existencia de CBCC mayoristas sólo está justificada si son capaces de mejorar la eficiencia y reducir los costes de liquidación. A su vez, esa capacidad depende de varias cuestiones técnicas que todavía no se han resuelto. Algunos bancos centrales han emprendido experimentos con CBCC mayoristas, pero ninguno ha anunciado todavía que esté preparado para adoptar esta tecnología.

La primera sección del presente artículo monográfico presenta la taxonomía que subyace en la

definición propuesta. Las siguientes dos secciones analizan las características de los dos tipos principales de criptomonedas de bancos centrales –minorista y mayorista–, a partir de ejemplos históricos y de los proyectos actualmente en marcha. En la última sección se reflexiona sobre algunas cuestiones que los bancos centrales tendrán que tener en cuenta en este ámbito en el futuro.

Las criptomonedas de bancos centrales se definen como una forma electrónica de dinero de bancos centrales que puede intercambiarse por medio de un método descentralizado entre pares

³ Los pagos suelen clasificarse en dos segmentos: minorista y mayorista. Los pagos minoristas son transacciones de cuantía relativamente reducida que adoptan distintas formas, como cheques, transferencias de crédito, domiciliaciones bancarias y operaciones con tarjetas de crédito. En cambio, los pagos mayoristas son transacciones de elevado valor y alta prioridad, como las transferencias interbancarias. Esta distinción podría perder relevancia en un mundo con CBCC. En ese caso, nuestra utilización del término reflejaría los tipos de pagos en los que se concentran fundamentalmente esas criptomonedas.

Nuestro punto de partida para definir las criptomonedas de bancos centrales es un informe sobre criptomonedas publicado en 2015 por el Comité de Pagos e Infraestructuras del Mercado (CPMI, 2015).⁴ Este informe trató de definir la nueva clase de moneda que representan el bitcoin y las otras monedas digitales (altcoins) que utilizan la misma tecnología. En dicho informe se identificaban tres características de las criptomonedas: son *electrónicas*; *no constituyen un pasivo de nadie*; y permiten el intercambio *entre pares*.⁵

Las criptomonedas utilizan la tecnología DLT o de registros distribuidos (recuadro A) para permitir la transferencia remota entre pares de un valor electrónico en ausencia de una relación de confianza entre las partes contratantes. Por lo general, las representaciones electrónicas del dinero, como los depósitos bancarios, se intercambian a través de infraestructuras centralizadas, en las que un intermediario de confianza compensa y liquida las operaciones. Antes, el intercambio entre pares quedaba restringido a las formas físicas de dinero.

Otras formas de dinero comparten algunos de estos rasgos, pero no todos ellos (gráfica 2, panel superior). El efectivo se intercambia entre pares, pero no es electrónico y constituye un pasivo de un banco central. Los depósitos en bancos comerciales representan un pasivo del banco que los emite. En la actualidad su formato es electrónico y se intercambian de manera centralizada, ya sea en las cuentas de un banco determinado o entre distintos bancos a través del banco central. La mayoría de los tipos de dinero mercancía, como las monedas de oro, también pueden transferirse entre pares, pero ni constituyen un pasivo ni son electrónicas.⁶

Puede parecer lógico adaptar la definición del CPMI para describir las CBCC como pasivos de bancos centrales en formato electrónico que pueden utilizarse en intercambios entre pares. Sin embargo, esta definición no tiene en consideración una importante característica de otros tipos de dinero de bancos centrales: la *accesibilidad*. En la actualidad, una forma de dinero de bancos centrales –el efectivo– está a disposición de todo el mundo, mientras que a las cuentas de liquidación de bancos centrales sólo pueden tener acceso algunas entidades, fundamentalmente bancos (CPSS, 2003, p. 3). Por todo ello, Bjerg (2017) suma la característica *de acceso universal* (es decir, fácil de obtener y utilizar) a las de *electrónica*

⁴ El título del informe es *Digital Currencies*, pero en él se destaca que este tipo de monedas también se denominan a menudo *cryptocurrencies* (criptomonedas), debido al uso de la criptografía en su emisión y en la validación de transacciones.

⁵ Las criptomonedas carecen de valor intrínseco y la única razón para poseerlas es el convencimiento de que en algún momento se podrán intercambiar por bienes o servicios.

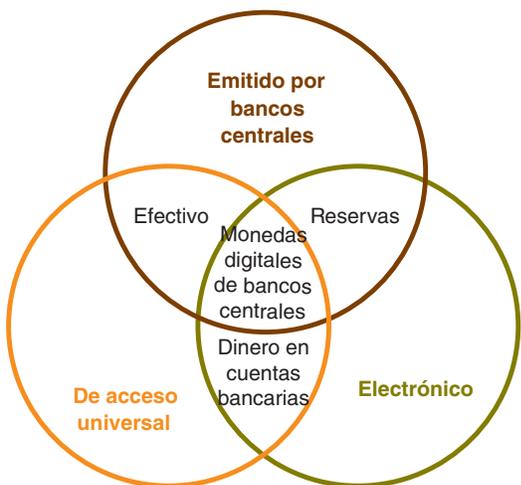
⁶ En la Edad Media, en ocasiones los pagos requerían los servicios de un cambista para tasar y valorar las monedas que se utilizaban.

Gráfica 2

DOS TAXONOMÍAS DE NUEVOS TIPOS DE DINERO



MONEDAS DIGITALES DE BANCOS CENTRALES, BJERG (2017)



y emitida por bancos centrales en su definición del nuevo concepto de moneda digital de un banco central (gráfica 2, panel inferior).

Combinamos las cualidades enumeradas en CPMI (2015) y Bjerg (2017) para establecer una nueva taxonomía del dinero. Las propiedades utilizadas en dicha taxonomía son: *emisor* (banco central u otro tipo); *formato* (electrónico o físico); *accesibilidad* (universal o restringida); y *mecanismo de transferencia* (centralizado o descentralizado, es decir, entre pares). Esta taxonomía refleja la nueva realidad que parece estar emergiendo y establece una distinción entre dos posibles clases de CBCC, en ambos casos electrónicas, emitidas por bancos centrales y entre pares. Una de estas clases es accesible para el público en general (CBCC minoristas), mientras que la otra está disponible exclusivamente para instituciones financieras (CBCC mayoristas). Con fines ilustrativos resulta útil dibujar un diagrama de Venn.⁷ La versión de cuatro elipses de la gráfica 3, que hemos denominado la *flor del dinero*, muestra cómo encajan en el panorama monetario general los dos tipos de criptomonedas que podrían emitir los bancos centrales.

En principio, hay cuatro clases distintas de dinero electrónico de bancos centrales: dos tipos de CBCC (zona sombreada) y dos clases de depósitos en bancos centrales. Los depósitos en bancos centrales más habituales son los que mantienen los bancos comerciales –con frecuencia denominados cuentas de liquidación o reservas–. La otra forma de depósito corresponde, al menos en teoría, a aquellos que posee el público general. Tobin (1987) alude a este tipo de depósito como *cuentas de moneda depositada* (DCA).⁸ Hasta la fecha, los bancos han optado en general por no ofrecer DCA.

⁷ Un diagrama de Venn de cuatro círculos abarca sólo 14 de las 24 = 16 combinaciones posibles. Por lo tanto, para cuatro conjuntos, Venn (1881) propuso usar elipses a fin de reflejar todos los casos.

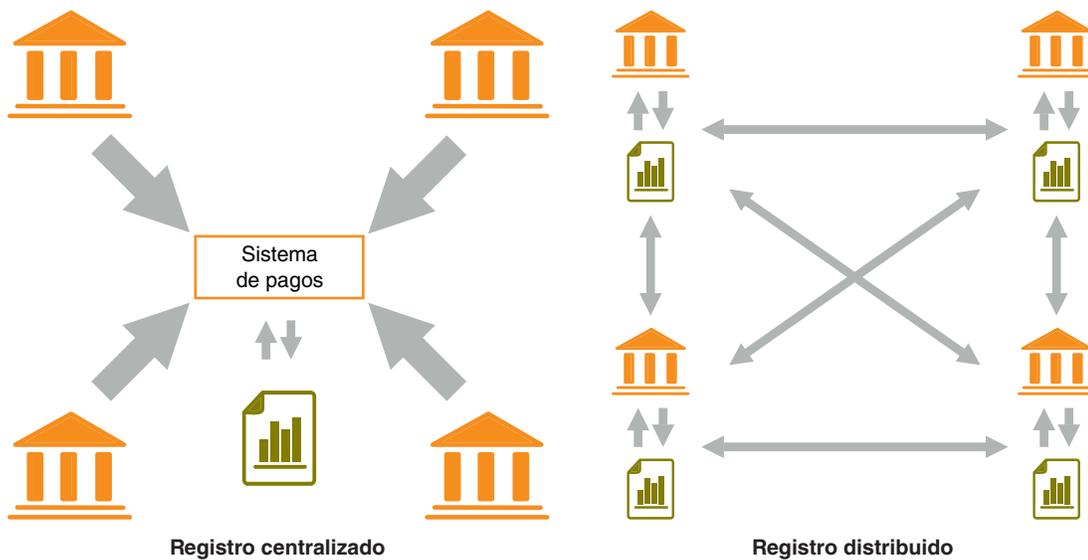
⁸ En un discurso en 1987, el premio Nobel James Tobin sostuvo que para evitar depender en exceso de los seguros de depósitos en la protección del sistema de pagos, los bancos centrales deberían “poner a disposición del público un medio tan práctico como los depósitos y tan seguro como

RECUADRO A

¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA DE REGISTROS DISTRIBUIDOS?¹

Gráfica A

SISTEMA DE REGISTRO DISTRIBUIDO



Fuente: Santander InnoVentures (2015).

El término *tecnología de registros distribuidos* (DLT) alude a los protocolos y la infraestructura de apoyo que permiten a ordenadores en distintas ubicaciones proponer y validar transacciones y actualizar registros de forma sincronizada a través de una red. La idea de un registro o libro de contabilidad distribuido –un registro común de operaciones que comparten varios ordenadores en distintas ubicaciones– no es nueva; ya los utilizan organizaciones que tienen sucursales u oficinas

en varias ubicaciones de un mismo país o en varios países (como las cadenas de supermercados). Sin embargo, en una base de datos distribuida tradicional, un administrador del sistema suele desempeñar las funciones básicas necesarias para mantener la coherencia de las múltiples copias del registro. La forma más sencilla de hacerlo es que el administrador del sistema mantenga una copia maestra del registro, que periódicamente se actualice y se comparta con todos los participantes en la red.

¹ Véanse también Chapman *et al.* (2017), CPMI (2015) y Benos *et al.* (2017).

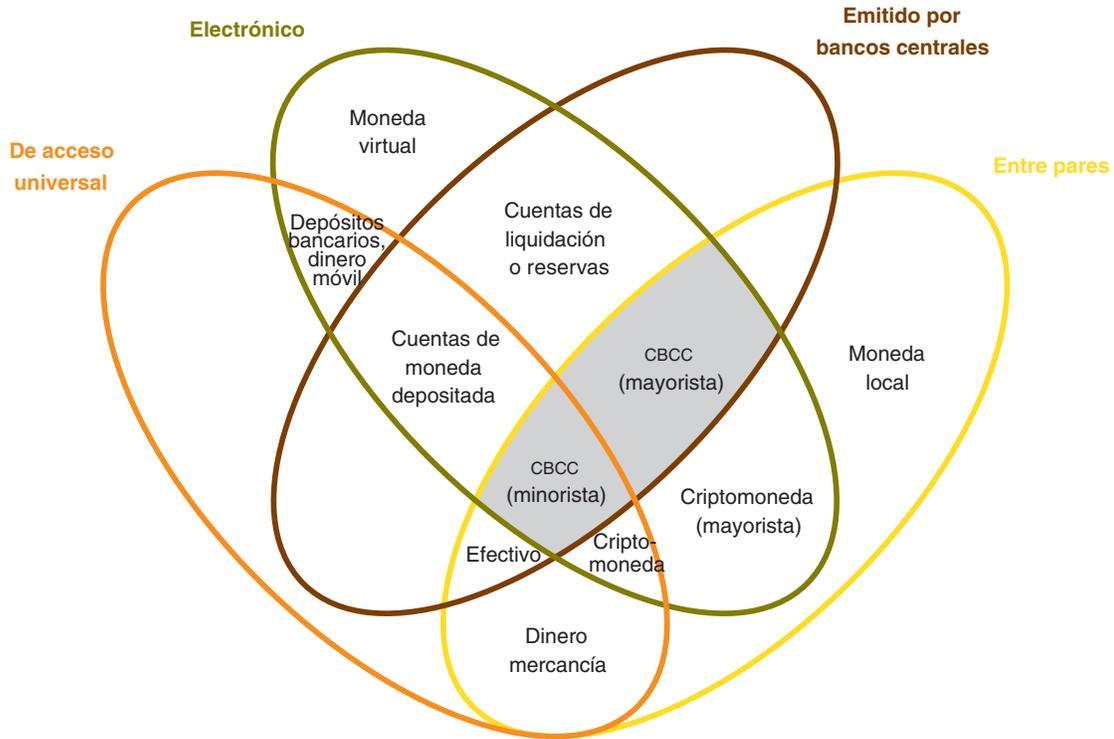
Sin embargo, los nuevos sistemas basados en DLT, entre los que destacan bitcoin y ethereum, se han elaborado para funcionar sin una autoridad de confianza. Bitcoin mantiene una base de datos distribuida de forma descentralizada utilizando un procedimiento de validación basado en el consenso y en firmas criptográficas. En este tipo de sistema, las transacciones se llevan a cabo entre pares y se comunican al conjunto de participantes, que trabajan para validarlas en lotes conocidos como *bloques*. Dado que el registro de operaciones se organiza en bloques individuales pero conectados, este tipo de DLT se denomina a menudo “tecnología de cadena de bloques”.

Esta versión de la DLT, la cadena de bloques ha funcionado perfectamente como base del protocolo bitcoin durante varios años. Sin embargo, el sistema no está exento de inconvenientes: resulta caro de operar (evitar el problema del doble gasto sin recurrir a una autoridad de confianza obliga a que

los validadores de transacciones (mineros) utilicen grandes cantidades de potencia informática para completar los cálculos de *prueba de trabajo*²; el carácter definitivo de la liquidación es meramente probabilístico; y todas las transacciones son públicas. Estas características no son adecuadas para muchas de las aplicaciones del mercado financiero, por lo que las actuales aplicaciones de pagos mayoristas basadas en DLT han abandonado la tecnología de cadenas de bloques estándar en favor de protocolos que modifican el proceso de consenso para permitir una mayor confidencialidad y escalabilidad. Entre los protocolos que distintos bancos centrales están probando actualmente cabe citar Corda y Hyperledger Fabric. Corda sustituye la cadena de bloques con una arquitectura de *notarios*. Este sistema utiliza una autoridad de confianza y permite que el consenso se alcance sobre cada transacción individual, en lugar de por bloques, revelando una cantidad limitada de información.

² El consumo de electricidad de los mineros del bitcoin equivale al consumo de Líbano y Cuba (véase <<http://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>>). Véase una descripción detallada de la prueba de trabajo en <https://en.bitcoin.it/wiki/Proof_of_work>.

LA FLOR DEL DINERO: UNA TAXONOMÍA DEL DINERO



Los tipos de dinero de acceso universal no emitidos por bancos centrales incluyen criptomonedas (creadas en el ámbito privado), dinero mercancía, depósitos en bancos comerciales y dinero móvil.⁹ Las criptomonedas ocupan un espacio contiguo al

la moneda, en esencia moneda en depósito, transferible en cualquier importe por cheque u otra orden” (Tobin, 1987, p. 6; véase también Tobin, 1985). En otras palabras, el público debería poder acumular valor sin estar sometido al riesgo de quiebra bancaria.

⁹ El dinero móvil es un servicio de monedero electrónico que permite a los usuarios almacenar, enviar y recibir dinero por medio de sus teléfonos móviles. El valor almacenado en los monederos puede constituir un pasivo del proveedor del servicio o un activo sobre el dinero mantenido en fideicomiso en un banco comercial.

de las CBCC puesto que comparten todas sus características excepto la de ser emitidas por bancos centrales. Los otros tres tipos de moneda están más alejados porque, además, o son físicos o no se pueden utilizar entre pares. Hay varias formas de dinero más que no son de acceso universal. Las monedas locales (físicas), es decir, las que pueden gastarse en una zona geográfica específica en las organizaciones participantes, se sitúan en el pétalo de la derecha de la flor. El pétalo superior izquierdo contiene monedas virtuales, que son “monedas electrónicas emitidas y normalmente controladas por sus desarrolladores, y utilizadas y aceptadas por los miembros de una comunidad

virtual concreta” (BCE, 2012). También podría haber una versión mayorista de criptomoneda del sector privado, que se transferiría entre pares por medio de un registro distribuido, pero solo entre determinadas instituciones financieras.

El recuadro B utiliza esta taxonomía para clasificar distintos ejemplos de dinero del pasado, el presente y el futuro con arreglo al lugar que podrían

ocupar en la flor del dinero. El resto del presente artículo monográfico analiza de manera más exhaustiva los dos tipos de CBCC y pone sobre la mesa algunas de las muchas cuestiones que los bancos centrales tendrán que tener en consideración si finalmente optan por adoptar estas monedas. En primer lugar se analiza la variante minorista, para pasar luego a examinar la mayorista.

2. CRIPTOMONEDAS MINORISTAS DE BANCOS CENTRALES

Las CBCC minoristas no existen en ningún lugar del mundo. Sin embargo, el concepto de criptomonedas minoristas de bancos centrales ha protagonizado numerosos debates en los que han participado blogueros, miembros de bancos centrales y académicos. Probablemente la propuesta más ampliamente debatida ha sido la del Fedcoin (Koning, 2014, 2016; Motamedi, 2014¹⁰). Como se explica en el recuadro B, la idea es que la Reserva Federal cree una criptomoneda similar al bitc oin. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con este, sólo la Reserva Federal podría generar Fedcoins, cuya convertibilidad con el efectivo y las reservas ser a de uno a uno. Sólo se crear an (o destruir an) Fedcoins si al mismo tiempo se destruyera (o creara) una cantidad equivalente de efectivo o reservas. Como en el caso del efectivo, las transacciones con Fedcoins estar an descentralizadas, pero su oferta será centralizada. El Sveriges Riksbank, con su proyecto eKrona, parece ser el banco central que más lejos ha llegado en su reflexión sobre la posible emisión de una CBCC minorista (recuadro C).

Una CBCC minorista del estilo del Fedcoin acabar a con la elevada volatilidad de los precios que caracteriza a las criptomonedas (gráfica 1, panel central).¹¹ Además, como observa Koning (2014), el Fedcoin podría aliviar las restricciones que el límite inferior cero para las tasas de interés impone a la política monetaria. Como ocurre con otros tipos electrónicos de dinero de bancos centrales, técnicamente es posible pagar intereses por una CBCC basada en tecnología DLT. Si una CBCC reemplazara integralmente al efectivo, los depositantes ya no podr an evitar las tasas de

¹⁰ La Reserva Federal no ha apoyado la propuesta ni ha realizado ningún comentario oficial sobre ella.

¹¹ Véanse varios análisis sobre las monedas digitales y la volatilidad de precios en Yermack (2015), Bolt y van Oordt (2016) y Garratt y Wallace (2016).

interés negativas salvo que renunciaran a tener dinero del banco central.

Toda decisión de adoptar una CBCC minorista tendría que encontrar el equilibrio adecuado entre las posibles ventajas y los riesgos potenciales. Si el público pudiera convertir fácilmente el dinero que tiene depositado en bancos comerciales en pasivos de bancos centrales libres de riesgo se podrían producir más rápidamente episodios de retirada masiva de fondos bancarios (Tolle, 2016). También los modelos de negocio de los bancos comerciales podrían estar en peligro. Si los consumidores decidieran abandonar los depósitos en bancos comerciales en favor de las CBCC minoristas, se podría producir una desintermediación bancaria que reduciría la capacidad de los bancos para desempeñar funciones económicas esenciales, como el seguimiento de los prestatarios. Sin embargo, estas ventajas y estos costos no son exclusivos de las CBCC minoristas; las cuentas DCA presentan beneficios y riesgos idénticos. Por lo tanto, ¿cuál es la diferencia fundamental entre las CBCC y las DCA? La respuesta reside en la posibilidad de operar entre pares que ofrecen las CBCC y, más concretamente, en el anonimato.

2.3 ANONIMATO

El bitc in se diseñó para ser una “versión para operaciones entre pares del dinero electrónico” (Nakamoto, 2009, p.1), lo que permite que las transacciones sean anónimas. Todas las operaciones con bitcoins se registran públicamente utilizando las *direcciones públicas* del pagador y del beneficiario.¹² Sin embargo, como en el caso de las direcciones de correo electrónico, las direcciones públicas del bitc in no revelan necesariamente la

¹² Luther y Olson (2015) afirman que el bitc in es una aplicación práctica de lo que en la literatura de economía monetaria se conoce como *memoria*. Kocherlakota (1998) muestra que tanto el dinero como la memoria son mecanismos capaces de facilitar el intercambio. Sin embargo, la memoria permite un número mayor de asignaciones que el dinero, por lo que el dinero puede considerarse una forma de memoria, pero no al contrario.

identidad real de los usuarios.¹³ Esto significa que una persona que envíe bitcoins a una dirección pública no est  obligada a dar a conocer su identidad real al beneficiario (*anonimato de las contrapartes*) ni al resto de los miembros de la comunidad de bitc in (una suerte de *anonimato ante terceros*).¹⁴

Kahn et al. (2005) y McAndrews (2017) hacen hincapié en las razones legítimas para desear el anonimato de las contrapartes de las operaciones. Los beneficiarios y los pagadores pueden querer reducir el riesgo de robo de identidad, la posibilidad de que la contraparte los siga y los atraque o molestias más inocuas como la publicidad y las solicitudes comerciales no deseadas (*spamming*). De forma similar, el anonimato ante terceros puede ser deseable para evitar la revelación de una cantidad excesiva de información sobre las actividades privadas de una persona. En su propuesta de *Digicash*, David Chaum (1983) utiliza este argumento al señalar que “el conocimiento por parte de un tercero del nombre del beneficiario, el importe y la fecha de pago de cada transacción realizada por una persona puede revelar gran cantidad de información sobre el paradero, las relaciones y el estilo de vida de esta”.¹⁵

El anonimato de las contrapartes parece menos controvertido que el anonimato ante terceros. Un buen número de observadores ha afirmado que el anonimato ante terceros en los pagos no debe permitirse puesto que facilita las actividades delictivas,

¹³ Véase Nakamoto (2009, sección 10).

¹⁴ El anonimato ante terceros significa que la identidad real de una persona no se revela a nadie que no participe directamente en una transacción. En aplicaciones más generales, esto incluir a al operador del sistema.

¹⁵ Digicash se introdujo en el decenio de los noventa como un método para transferir depósitos bancarios de un cliente a otro sin revelar la identidad del pagador a su banco (es decir, permitía el anonimato ante terceros). Para ello recurría a técnicas criptográficas con el fin de crear un fondo de Digicash ilocalizable a partir de depósitos de clientes. El Digicash es un ejemplo interesante porque permitía el anonimato ante terceros sin necesitar autonomía con respecto a los bancos comerciales, que seguían siendo los encargados de mantener y transferir los depósitos de los clientes que utilizaban este sistema.

como la evasión fiscal, el financiamiento del terrorismo y el blanqueo de capitales. Rogoff (2016) esgrime esas mismas razones para afirmar que se deberían retirar de la circulación los billetes de 100 dólares estadounidenses.

No está claro hasta qué punto los clientes valoran realmente cualquiera de estas dos clases de anonimato para proteger su privacidad. Athey *et al.* (2017) estudian cuánto esfuerzo dedican las personas a proteger su privacidad en relación con las monedas digitales. En un marco experimental, detectan que, en general, los sujetos no dedican a leer la descripción de los monederos electrónicos el escaso tiempo que es necesario para satisfacer las preferencias en materia de privacidad que ellos mismos declaran. Estos resultados son muy similares a los obtenidos en una encuesta realizada en la Universidad de California en Santa Barbara entre estudiantes de economía, a los que se preguntaba sobre su utilización de Venmo (un monedero electrónico con características de red social). De los 669 estudiantes encuestados, el 80% utilizaba la aplicación. Entre ellos, el 44% permitía que sus transacciones en Venmo fueran públicas (visibles para cualquier usuario de Internet) y otro 21% autorizaba que las vieran todos sus amigos de Facebook. Por último, aunque Digicash se considera un precursor del bitcóin, es posible que no hubiera suficiente demanda para el anonimato ante terceros que ofrecía, ya que su adopción no llegó a generalizarse. En 1998 se declaró en quiebra.¹⁶

La tecnología en la que se basarían las CBCC podría permitir que los bancos centrales ofrecieran una alternativa de dinero digital con características de anonimato similares a las del efectivo. En su papel de emisor, el banco central tendría que decidir si exige o no la información del consumidor (la

identidad real de quien utiliza una dirección pública). Esto determinaría el grado de anonimato ante terceros que proporcionarían las CBCC minoristas.

Aunque puede parecer extraño que un banco central emita una criptomoneda que permite transacciones anónimas, eso es exactamente lo que hace con el dinero físico, es decir, el efectivo. Es posible que la diferencia fundamental sea que con la CBCC minorista esa oferta de anonimato pasa a ser una decisión consciente. Conviene recordar que es muy probable que el hecho de que el dinero físico permita transacciones anónimas se deba a razones prácticas o casualidades históricas y que no fuera intencionado.

Aunque puede parecer extraño que un banco central emita una criptomoneda que permite transacciones anónimas, eso es exactamente lo que hace con el dinero físico, es decir, el efectivo

¹⁶ Una posible causa de este escaso éxito es que no ofrecía autonomía respecto de una autoridad central. La propuesta de *bit gold* de Nick Szabo ofrece una versión autónoma del dinero digital que utiliza “cadenas de prueba de trabajo”. El *bit gold* representó un paso de gigante en la evolución del dinero digital hacia el bitcóin (<https://unenumerated.blogspot.ch/2005/12/bit-gold.html>).

Mientras que las criptomonedas de bancos centrales para pagos minoristas se encuentran todavía en una fase de concepción, algunos bancos centrales ya han llevado a cabo pruebas de concepto para aplicaciones de pagos mayoristas basadas en DLT.¹⁷ Uno de los motivos del interés que despierta la DLT es que muchos sistemas de pagos mayoristas se encuentran en la parte final de su ciclo de vida tecnológico: están programados en lenguajes obsoletos o utilizan diseños de bases de datos que ya no son adecuados para sus objetivos y que resulta muy caro mantener.

3.1 PROYECTOS JASPER Y UBIN

El proyecto Jasper del Banco de Canadá (Chapman *et al.*, 2017) y el proyecto Ubin de la Autoridad Monetaria de Singapur (MAS, 2017) simulan sistemas de liquidación bruta en tiempo real (LBTR) en una plataforma DLT. En un sistema LBTR, los pagos se procesan de manera individual, inmediata y definitiva a lo largo de todo el día (CPSS, 1997).

En contraste con las aplicaciones de pago minorista analizadas anteriormente, los sistemas mayoristas son de acceso restringido: para acceder hace falta una autorización. Por lo general, sólo las instituciones financieras pueden operar en estos sistemas. Además, la costosa validación de prueba de trabajo (recuadro A) necesaria para evitar el problema del doble gasto en sistemas minoristas se reemplaza con alternativas menos exigentes, como un notario de confianza (por ejemplo, el banco central).

Uno de los principales retos de cualquier aplicación de CBCC es cómo transferir el dinero del banco central al registro distribuido.¹⁸ Tanto el proyecto Jasper como el proyecto Ubin optaron por un enfoque basado en un certificado de depósito digital (DDR). Un DDR es un activo frente a las reservas del banco central, que se mantiene en una cuenta segregada con cargo a la cual el banco central emite *tokens* digitales inscritos en el registro distribuido. En el caso del proyecto Jasper, los *tokens* digitales –conocidos inicialmente como *CADcoins*¹⁹– se crean al principio del día y

¹⁷ Los bancos centrales no han limitado su exploración a las aplicaciones de DLT para pagos mayoristas. La Autoridad Monetaria de Hong Kong (HKMA) ha diseñado pruebas de concepto para aplicaciones de financiamiento comercial y préstamos hipotecarios en colaboración con participantes en la industria (HKMA (2016). El Banco de Francia ha desarrollado una versión DLT de su base de datos del Identificador del Acreedor de la Zona Única de Pagos en Euros (SEPA) (Banco de Francia, 2016).

¹⁸ Los Principles for Financial Markets Infrastructures del CPMI y la OICV/IOSCO estipulan que la liquidación debe producirse en dinero de bancos centrales siempre que esa posibilidad esté disponible y sea práctica.

¹⁹ Véase Garratt (2016).

se reembolsan al final. En el del proyecto Ubin, los bancos adquieren o reembolsan *tokens* digitales en cualquier momento del día y pueden mantenerlos en el registro distribuido hasta el día siguiente. Por lo tanto, las transferencias que tienen lugar en la plataforma DLT de la prueba de concepto en Singapur no están restringidas al horario de apertura de la MAS.

El proyecto Jasper también establece un mecanismo de ahorro de liquidez (LSM) en la plataforma DLT. Aunque los sistemas LBTR minimizan el riesgo de liquidación, pueden resultar muy exigentes en términos de liquidez. Por eso, muchos sistemas LBTR en todo el mundo se refuerzan con mecanismos que cada cierto tiempo intentan compensar los pagos en cola y liquidar sólo los importes netos (Bech y Soramäki, 2001). Los registros distribuidos están descentralizados, por lo que la aplicación de una cola centralizada exige una solución imaginativa (Proyecto Jasper, 2017).

Los dos proyectos demuestran que el dinero de bancos centrales puede transferirse en un registro distribuido en tiempo real, en volúmenes realistas y con un LSM. No obstante, ninguna de las iniciativas en curso para actualizar o sustituir los sistemas de pagos mayoristas actuales está sopeando la posibilidad de adoptar la tecnología DLT. Tanto el Banco de Inglaterra (2017) como el Banco de Canadá (Ho, 2017) concluyen que la tecnología DLT todavía no ha alcanzado un grado de madurez suficiente para adoptarla. Sin embargo, la mayoría de los bancos centrales que se plantean la modernización de sus infraestructuras básicas de pago recalcan la necesidad de que los nuevos sistemas sean interoperables con las futuras plataformas DLT.

3.2 LIQUIDACIÓN DE VALORES

Más allá del horizonte inmediato, muchos participantes de la industria consideran que la tecnología DLT tiene un potencial considerable para incrementar la eficiencia y reducir los costes de conciliación

en la compensación y liquidación de valores.²⁰ Una de las posibles ventajas de las estructuras basadas en DLT es la compensación y liquidación inmediata de los valores, que contrasta con los retrasos de varios días que se producen actualmente cuando se intercambia dinero en efectivo por valores (y viceversa).²¹ Una empresa conjunta (*joint venture*) constituida por el Deutsche Bundesbank y Deutsche Börse ha avanzado recientemente en esa dirección al desarrollar un prototipo funcional de una plataforma de liquidación de valores basada en DLT que es capaz de llevar a cabo la liquidación de monedas digitales y valores con entrega contra pago (Deutsche Bundesbank, 2016).

²⁰ Mainelle y Milne (2016) estiman que las bases de datos sincronizadas de acciones pueden reducir los costos de procesamiento hasta en un 50%. Un estudio promovido por Santander InnoVentures (2015) estima que en la industria bancaria en general se podrían ahorrar entre 15,000 millones y 20,000 millones de dólares cada año.

²¹ Mediante el uso de contratos inteligentes, la tecnología permite también que las partes pertinentes especifiquen la hora/fecha de liquidación de una transacción.

4. CONCLUSIÓN

Ahora mismo, el efectivo es el único medio que permite al público tener en su poder dinero de un banco central. Si alguien desea digitalizar su posición, debe convertir el pasivo del banco central en un pasivo de un banco comercial por medio de un depósito. Una CBCC permitiría a los consumidores poseer pasivos de bancos centrales en formato digital.²² No obstante, esto también sería posible si se permitiera al público tener cuentas en bancos centrales, idea que no es en absoluto nueva.²³

Sostenemos que la principal ventaja que una posible CBCC minorista dirigida a los consumidores tendría con respecto al acceso público a cuentas (centralizadas) en bancos centrales es que la primera podría ofrecer también el anonimato propio del efectivo. En particular, las transferencias entre pares permitirían el anonimato ante terceros. Si el público no concede suficiente importancia al anonimato ante terceros, los muchos beneficios que se cree que aportarían las CBCC minoristas pueden lograrse permitiendo al público acceder de forma generalizada a cuentas en el banco central.

La decisión sobre la conveniencia de que un banco central proporcione una alternativa digital al efectivo es más apremiante en países como Suecia, en los que la utilización del dinero físico está decayendo rápidamente. Pero a largo plazo todos los bancos centrales tendrán que decidir, en función de las circunstancias de cada uno de ellos, si emitir sus propias criptomonedas minoristas o mayoristas tiene sentido. A la hora de tomar esa decisión, los bancos centrales tendrán que tener en cuenta no sólo las preferencias de los consumidores en cuanto a la privacidad y las posibles ganancias de eficiencia –en los pagos, la compensación y la liquidación–, sino también los riesgos que puede acarrear para el sistema financiero y para la economía en su conjunto, así como cualquier consecuencia para la política monetaria (Bordo y Levin, 2017). Algunos de esos riesgos resultan difíciles de valorar en estos momentos. Por ejemplo, ahora mismo poco se puede decir sobre la ciberresiliencia de las CBCC, un aspecto que no se ha abordado en este breve artículo monográfico.

²² Los consumidores podrían querer hacer esto por la sencilla razón de que así evitarían el riesgo de crédito asociado con los pasivos de bancos comerciales.

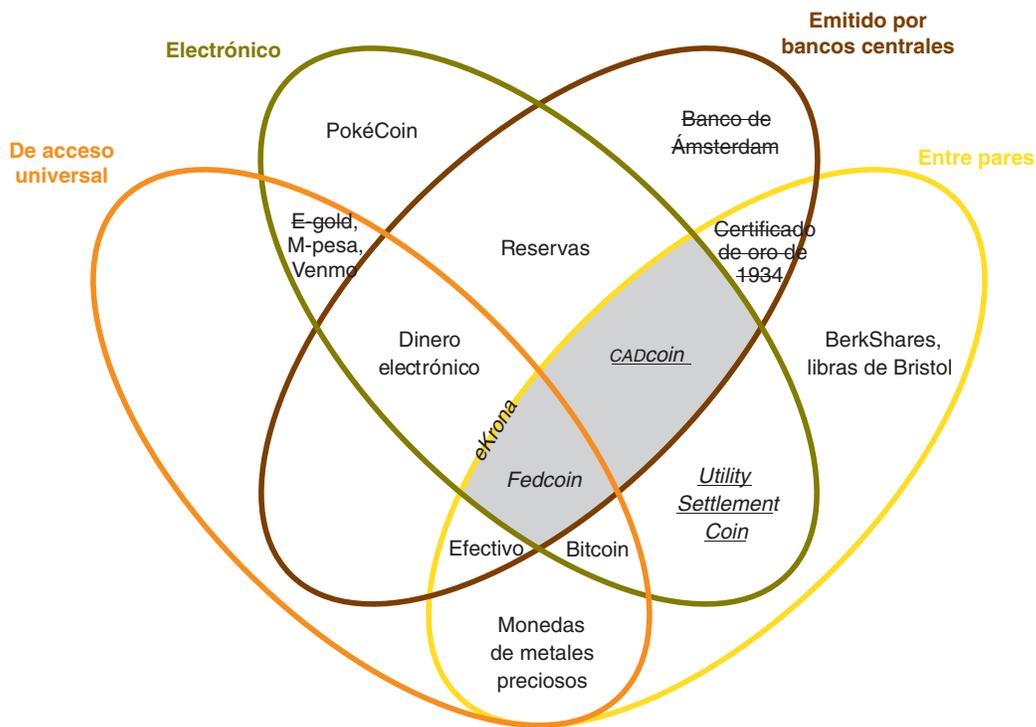
²³ Quién debería tener acceso al dinero de los bancos centrales y quién no debería tenerlo es un tema recurrente en el ámbito de la política económica. Véase un análisis más exhaustivo en CPSS (2003), CGFS (2015) y Banco de Inglaterra (2017).

RECUADRO B

LA FLOR DEL DINERO CON EJEMPLOS CONCRETOS

Gráfica B

LA FLOR DEL DINERO CON EJEMPLOS CONCRETOS



Nota: el uso de una fuente estándar indica que un sistema está operativo; las palabras en cursiva denotan una propuesta; las palabras en cursiva y subrayadas indican experimentación; las palabras tachadas se utilizan para señalar una empresa desaparecida o un proyecto abandonado.

En el gráfica B, la flor del dinero se rellena con ejemplos de distintos tipos de dinero del pasado, el presente y posiblemente el futuro. En el centro tenemos el fedcón, que sería un ejemplo de criptomoneda minorista de un banco central. El concepto, que fue propuesto por

Koning (2014) y que no ha sido avalado por la Reserva Federal, prevé la creación de una criptomoneda propia por el banco central estadounidense. La moneda podría convertirse en ambas direcciones a un valor nominal frente al dólar estadounidense y la conversión estaría

gestionada por los bancos de la Reserva Federal.¹ En lugar de regirse por una norma predeterminada en materia de oferta, como ocurre con el bitc oin, la oferta del Fedc oin se asemejar a a la del efectivo, en el sentido de que aumentar a o disminuir a dependiendo del deseo de los consumidores de tenerlo. El Fedc oin se convertir a en el tercer componente de la base monetaria, junto con el efectivo y las reservas. A diferencia del bitc oin, el Fedc oin no ser a una especie de *dinero externo* privado en competencia con la moneda de curso legal, sino más bien una forma alternativa de moneda soberana (Garratt y Wallace, 2016).

El CADc oin es un ejemplo de criptomoneda mayorista de un banco central. Es la denominación inicial de los activos digitales que representan dinero del banco central utilizada en la prueba de concepto del Banco de Canadá para un sistema de pagos mayoristas basado en DLT. El CADc oin se ha usado en simulaciones llevadas a cabo por el Banco de Canadá en colaboración con Payments Canada, R3 (una empresa de tecnofinanciera) y varios bancos canadienses, pero no se ha puesto en práctica.

En Suecia, la demanda de efectivo ha caído considerablemente a lo largo de los últimos 10 años (Skingsley, 2016). Ya hay muchos comercios que no aceptan efectivo y algunas sucursales bancarias que no entregan ni reciben dinero físico. En respuesta a esta tendencia, el Riksbank se ha embarcado en un proyecto para determinar la viabilidad de una eKrona para pagos minoristas. Todavía no se ha tomado ninguna decisión

con respecto a la tecnología (Sveriges Riksbank, 2017). Por eso la eKrona ocupa una posición fronteriza entre las cuentas de moneda depositada y las criptomonedas minoristas de bancos centrales.

Dinero electrónico es un servicio de pagos móviles ecuatoriano, en el que el banco central proporciona al público las cuentas subyacentes. Para abrir una cuenta, los ciudadanos tienen que descargar una aplicación, indicar su número nacional de identidad y responder unas preguntas de seguridad. Las personas ingresan o retiran dinero acudiendo a los centros de transacción designados. Por lo tanto, se trata de un ejemplo (poco frecuente) de un sistema de cuentas de moneda depositada. Puesto que Ecuador utiliza el dólar estadounidense como moneda oficial, las cuentas est n denominadas en dólares.

El bitc oin es un ejemplo de moneda digital no creada por un banco central. Fue inventado por un programador desconocido que utilizaba el seudónimo de Satoshi Nakamoto y se lanzó como software de código abierto en 2009 conjuntamente con documentación que describía los aspectos técnicos de su diseño (más detalles en el recuadro A).

El pok ecoin es una moneda utilizada en el juego Pokémon Go para compras dentro de la aplicación y constituye un ejemplo de moneda virtual.

El Utility Settlement Coin (USC) representa un intento del sector privado de ofrecer una criptomoneda mayorista. Un grupo integrado por grandes bancos privados y una empresa tecnofinanciera propuso este concepto: una serie de tokens digitales que representan

¹ Argumentos sencillos derivados de Friedman (1959) y Klein (1974) sugieren que si la Reserva Federal mantuviera la convertibilidad uno a uno con el Fedcoin, también tendr a que controlar la oferta de Fedcoins.

dinero de varios países y pueden intercambiarse en una plataforma de registro distribuido (UBS, 2016). El valor del USC de cada país en el registro distribuido estaría respaldado por un valor equivalente de moneda nacional mantenido en una cuenta (de reserva) segregada en el banco central.

El Banco de Ámsterdam (Amsterdamse Wisselbank) fue creado en 1609 por la ciudad de Ámsterdam para facilitar el comercio. Con frecuencia se considera un precursor de los bancos centrales. En la época de su constitución se presentaba el problema del deterioro del dinero, es decir, de las monedas, que se desgastaban, se rompían o se degradaban por otras causas. El banco aceptaba depósitos de monedas tanto extranjeras como locales a su valor intrínseco real tras cobrar una pequeña comisión de acuñación y gestión. Estos depósitos se conocían como dinero bancario. El Wisselbank introdujo un sistema de anotación en cuenta que permitía a los clientes liquidar pagos con otros titulares de cuentas. Tras la constitución en 1814 del banco central de los Países Bajos, en 1820 se cerró el Banco de Ámsterdam (Smith, 1776; Quinn y Roberds, 2014).

El certificado de oro de 1934 era un billete de 100,000 dólares emitido por el Tesoro estadounidense y utilizado exclusivamente para transacciones oficiales entre bancos de la Reserva Federal. Es el billete en dólares estadounidenses de mayor denominación que se ha emitido y no circulaba entre el público general. Constituye un ejemplo de

dinero para operaciones entre pares, con respaldo del gobierno, de uso restringido y no electrónico.

Entre los ejemplos de moneda local emitida de forma privada se encuentran la libra de Bristol y las BerkShares, ubicadas en el pétalo derecho de la flor. Las tiendas de la localidad británica de Bristol ofrecen un descuento a las personas que utilizan libras de Bristol, mientras que las BerkShares se compran a 95 centavos por dólar y pueden utilizarse en comercios minoristas de la región de Berkshires, en Massachusetts (EUA), a su valor nominal.

Las monedas de metales preciosos son ejemplos de moneda mercancía. Pueden emplearse como insumo en la producción o para el consumo, pero también como instrumento de cambio. Esta es su principal diferencia con el dinero fiduciario, que carece de valor intrínseco. Aunque las monedas mercancía son cosa del pasado, fueron el principal instrumento de cambio durante más de dos milenios.

Los titulares de cuentas de E-gold utilizaban dinero de bancos comerciales para comprar una parte de la reserva de oro de la sociedad de cartera y transferían oro a otros clientes mediante mensajes de texto de telefonía móvil. Los pagos entre clientes de E-gold eran transacciones *on-us* (transacciones en las que el emisor y el adquirente son el mismo o pertenecen al mismo grupo) que sólo requerían una actualización de las cuentas de clientes. El E-gold acabó fracasando, pero hasta su cierre en 2009 había acumulado más de cinco millones de titulares de cuentas.²

² La empresa tuvo problemas con las autoridades por infracciones de la normativa contra el blanqueo de capitales y por operar un negocio de transmisión de dinero sin la necesaria licencia estatal; ver <<http://legalupdate.e-gold.com/2008/07/plea-agreement-as-to-douglas-l-jackson-20080721.html>>. Las estadísticas sobre cuentas de E-gold pueden consultarse en <<http://scbbs.net/craigs/stats.html>>.

Muchas de las plataformas privadas de pago por móvil actuales, como Venmo (un monedero electrónico con características de red social que es muy popular entre los estudiantes universitarios estadounidenses) y M-pesa™ (una plataforma de dinero móvil con gran acogida en Kenia y otros países de África Oriental), utilizan un modelo *on-us* similar. Los usuarios transfieren depósitos bancarios o efectivo al operador, que les da créditos móviles. Estos créditos pueden

transferirse entre participantes en la plataforma utilizando sus dispositivos móviles o pueden ser reembolsados por el operador a cambio de efectivo o depósitos. El número diario de operaciones en M-pesa es muy superior al de transacciones realizadas con bitcoins. Sin embargo, en términos de valor, las transferencias de bitcoins en escala mundial han superado recientemente a las realizadas en la plataforma de M-pesa (gráfica 1, panel derecho).

RECUADRO C

EL CASO DE SUECIA

Suecia presenta una de las tasas más altas del mundo de adopción de las tecnologías modernas de la información y la comunicación. También cuenta con un sistema de pagos minoristas muy eficiente. A finales de 2016, más de cinco millones de suecos (más del 50% de la población) tenía instalada la aplicación móvil Swish, que permite a los particulares transferir dinero depositado en bancos comerciales con efecto inmediato (de día o de noche) utilizando un dispositivo portátil (gráfica C, panel izquierdo; véase también Bech *et al.*, 2017).

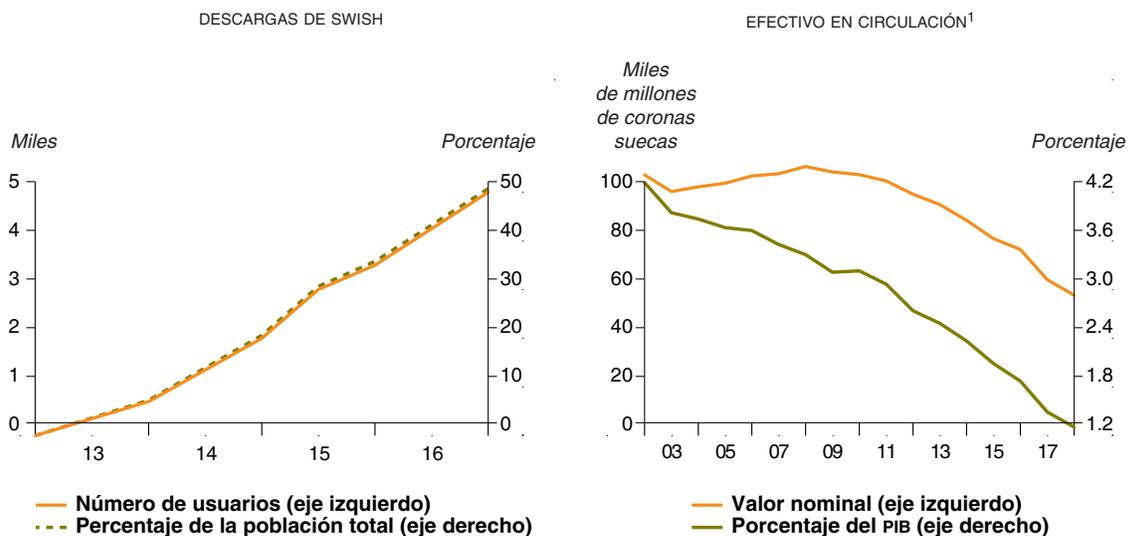
La demanda de efectivo cae a gran velocidad en Suecia (gráfica C, panel derecho). Ya hay muchos comercios que no aceptan efectivo y algunas sucursales bancarias que no entregan ni reciben dinero físico. Esta evolución es motivo de preocupación para el Riksbank

(Skingsley, 2016). ¿El sistema de pagos seguirá siendo seguro y eficiente sin dinero en metálico? Aun cuando el efectivo no se utilice todos los días, no deja de ser una opción de contingencia en situaciones de crisis. ¿Seguirán pudiendo gestionar sus pagos las personas que no tienen acceso a servicios bancarios?

Actualmente, el Riksbank tiene en marcha un proyecto denominado eKrona destinado a determinar si debería suministrar dinero digital del banco central al público general. El proyecto está sopesando distintas soluciones técnicas, pero todavía no se ha optado de forma definitiva entre una estructura de DCA y una estructura de CBCC minorista. Se espera que el proyecto concluya a finales de 2019 (Sveriges Riksbank, 2017).

Gráfica C

SUECIA



¹ Promedio anual.

Fuentes: FMI, *International Financial Statistics*; Naciones Unidas, *World Population Prospects*; <www.getswish.se>; datos nacionales; cálculos de los autores.

BIBLIOGRAFÍA

- Andolfatto, D. (2015), "Fedcoin: On the Desirability of a Government Cryptocurrency", *MacroMania*, artículo en el blog, 3 de febrero.
- Andolfatto, D. (2016), "Is Bitcoin a Safe Asset?", *MacroMania*, artículo en el blog, 27 de marzo.
- Athey, S., C. Catalini, y C. Tucker (2017), *The Digital Privacy Paradox: Small Money, Small Costs, Small Talk*, Stanford University Graduate School of Business, Research Papers, núm. 17-24.
- Autoridad Monetaria de Hong Kong (HKMA) (2016), *Whitepaper on Distributed Ledger Technology*, 11 de noviembre.
- Autoridad Monetaria de Singapur (MAS) (2017), *The Future Is Here –Project Ubin: SGD on Distributed Ledger*.
- Banco Central Europeo (BCE) (2012), *Virtual Currency Schemes*, octubre.
- Banco de Canadá (próxima publicación), *White Paper on Project Jasper*.

- Banco de Francia (2016), “La Banque de France mène une expérimentation de ‘blockchain’ interbancaire”, comunicado de prensa, 15 de diciembre.
- Banco de Inglaterra (2017), *Bank of England Extends Direct Access to RTGS Accounts to Non-bank Payment Service Providers*, comunicado de prensa, 19 de julio.
- Bech, M., y K. Soramäki (2001), “Gridlock Resolution in Payment Systems”, *Monetary Review*, Danmarks Nationalbank, diciembre.
- Bech, M., Y. Shimizu, y P. Wong (2017), “La búsqueda de velocidad en los pagos”, *Informe Trimestral del BPI*, marzo.
- Benos, E., R. Garratt, y P. Gurrola-Pérez (2017), *The Economics of Distributed Ledger Technology for Securities Settlement*, Staff Working Papers, Banco de Inglaterra, núm. 670, agosto.
- Bjerg, O. (2017), *Designing New Money –The Policy Trilemma of Central Bank Digital Currency*, Copenhagen Business School (CBS) Working Paper, junio.
- Bolt, W., y M. van Oordt (2016), *On the Value of Virtual Currencies*, Staff Working Papers, Banco de Canadá, núm. 42, agosto.
- Bordo, M., y A. Levin (2017), *Central Bank Digital Currency and the Future of Monetary Policy*, NBER Working Papers, núm. 23711, agosto.
- Broadbent, B. (2016), “Central Banks and Digital Currencies”, discurso en la London School of Economics, 2 de marzo.
- Chapman, J., R. Garratt, S. Hendry, A. McCormack, y W. McMahon (2017), “Project Jasper: are Distributed Wholesale Payment Systems Feasible Yet?”, *Financial System Review*, Banco de Canadá, junio, pp. 1-11.
- Chaum, D. (1983), “Blind Signatures for Untraceable Payments”, *Advances in Cryptology*, memorias del simposio Crypto ‘82, pp. 199-203.
- Comité de Pagos e Infraestructuras del Mercado (CPMI) (2015), *Digital Currencies*, noviembre.
- Comité de Sistemas de Pago y Liquidación (CPSS) (1997), *Real-time Gross Settlement Systems*, marzo.
- Comité sobre el Sistema Financiero Global (CGFS) (2015), *Central Bank Operating Frameworks and Collateral Markets*, CGFS Papers, núm. 53, marzo.
- CPSS (2003), *The Role of Central Bank Money In Payment Systems*, agosto.
- Deutsche Bundesbank (2016), “Joint Deutsche Bundesbank and Deutsche Börse Blockchain Prototype”, comunicado de prensa, 28 de noviembre.
- Friedman, M. (1959), “The Demand for Money: Some Theoretical and Empirical Results”, *The Journal of Political Economy*, vol. 67, núm. 4, pp. 327-351.
- Garratt, R. (2016), “CAD-coin versus Fedcoin”, *R3 Report*, 15 de noviembre.
- Garratt, R., y N. Wallace (2016), *Bitcoin 1, Bitcoin 2, ...: An Experiment in Privately Issued Outside Monies*, Departmental Working Paper, University of California, Santa Barbara, Department of Economics, octubre.
- Ho, S. (2017), “Canadian Trial Finds Blockchain not Ready for Bank Settlements”, *Reuters Business News*, 25 de mayo.
- Kahn, C., J. McAndrews, y W. Roberds (2005), “Money is Privacy”, *International Economic Review*, vol. 46, núm. 2, pp. 377-399.
- Klein, B. (1974), “The Competitive Supply of Money”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 6, núm. 4, pp. 423-453.
- Kocherlakota, N. (1998), “Money is Memory”, *Journal of Economic Theory*, vol. 81, núm. 2, pp. 232-251.
- Koning, J. (2014), “Fedcoin”, *Moneyness*, artículo en el blog, 19 de octubre.
- Koning, J. (2016), “Fedcoin: A Central Bank Issued Cryptocurrency”, *R3 Report*, 15 de noviembre.
- Luther, W., y J. Olson (2015), “Bitcoin is Memory”, *The Journal of Prices & Markets*, vol. 3, núm. 3, pp. 22-33.
- Mainelle, M., y A. Milne (2016), *The Impact and Potential of Blockchain on the Securities Transaction Lifecycle*, SWIFT Institute Working Papers, núm. 7.

- McAndrews, J. (2017), *The Case for Cash*, Asian Development Bank Institute Working Paper Series, núm. 679.
- Motamedi, S. (2014), "Will Bitcoins ever Become Money? A Path to Decentralised Central Banking", *Tannu Tuva Initiative*, artículo en el blog.
- Nakamoto, S. (2009), "Bitcoin: A Peer-to-peer Electronic Cash System".
- Project Jasper (2017), *A Canadian Experiment with Distributed Ledger Technology for Domestic Interbank Payments Settlement*, libro blanco de Payments Canada, R3 y el Banco de Canadá.
- Quinn, S., y W. Roberds (2014), "How Amsterdam Got Fiat Money", *Journal of Monetary Economics*, vol. 66, septiembre, pp. 1-12.
- Raskin, M., y D. Yermack (2016), *Digital Currencies, Decentralized Ledgers and the Future of Central Banking*, NBER Working Papers, núm. 22238, mayo.
- Rogoff, K. (2016), *The Curse of Cash*, Princeton University Press.
- Santander InnoVentures (2015), *The Fintech 2.0 Paper: Rebooting Financial Services*.
- Skingsley, C. (2016), "Should the Riksbank Issue e-krona?", intervención en el FinTech Stockholm 2016, 16 de noviembre.
- Smith, A. (1776), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, W. Strahan y T. Cadell, Londres.
- Sveriges Riksbank (2017), *Project Plan for the eKrona*, 14 de marzo.
- Tobin, J. (1985), "Financial Innovation and Deregulation In Perspective", *Bank of Japan Monetary and Economic Studies*, vol. 3, núm. 2, pp. 19-29.
- Tobin, J. (1987), "The Case for Preserving Regulatory Distinctions", en *Proceedings of the Economic Policy Symposium*, Jackson Hole, Federal Reserve Bank of Kansas City, pp. 167-183.
- Tolle, M. (2016), "Central Bank Digital Currency: The End of Monetary Policy as We Know It?", *Bank Underground*, artículo en el blog, 25 de julio.
- UBS (2016), "Utility Settlement Coin Concept on Blockchain Gathers Pace", comunicado de prensa, 24 de agosto.
- Venn, J. (1881), *Symbolic Logic*, MacMillan and Co., Londres.
- Yermack, D. (2015), "Is Bitcoin a Real Currency?", en D. Lee (ed.), *The Handbook of Digital Currency*, Elsevier, pp. 31-44.