

ANÁLISIS DE FUENTES DE DATOS PARA
SEGUIR LA EVOLUCIÓN DE *BITCOIN*

2024

BANCO DE **ESPAÑA**
Eurosistema

Documentos Ocasionales
N.º 2411

José Manuel Carbó, Hossein Jahanshahloo
y José Carlos Piqueras

ANÁLISIS DE FUENTES DE DATOS PARA SEGUIR LA EVOLUCIÓN DE *BITCOIN*

ANÁLISIS DE FUENTES DE DATOS PARA SEGUIR LA EVOLUCIÓN DE *BITCOIN* (*)

José Manuel Carbó

BANCO DE ESPAÑA

Hossein Jahanshahloo

CARDIFF UNIVERSITY BUSINESS SCHOOL AND DIGITAL TRANSFORMATION INSTITUTE
(CARDIFF UNIVERSITY)

José Carlos Piqueras

BANCO DE ESPAÑA

(*) Los autores agradecen los comentarios de José Manuel Marqués, Ana Fernández y Sergio Gorjón. Las opiniones y los análisis expresados en este artículo son responsabilidad exclusiva de los autores, y no necesariamente coinciden con aquellas del Banco de España o el Eurosistema.

Documentos Ocasionales. N.º 2411

Abril 2024

<https://doi.org/10.53479/36475>

La serie de Documentos Ocasionales tiene como objetivo la difusión de trabajos realizados en el Banco de España, en el ámbito de sus competencias, que se consideran de interés general.

Las opiniones y análisis que aparecen en la serie de Documentos Ocasionales son responsabilidad de los autores y, por tanto, no necesariamente coinciden con los del Banco de España o los del Eurosistema.

El Banco de España difunde sus informes más importantes y la mayoría de sus publicaciones a través de la red Internet en la dirección <http://www.bde.es>.

Se permite la reproducción para fines docentes o sin ánimo de lucro, siempre que se cite la fuente.

© BANCO DE ESPAÑA, Madrid, 2024

ISSN: 1696-2230 (edición electrónica)

Resumen

El mercado de criptoactivos ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años, acompañado de grandes fluctuaciones en su valor. Esta expansión, junto con su creciente integración en los sistemas financiero y monetario, ha incrementado los potenciales riesgos para la economía en su conjunto. Sin embargo, el seguimiento de esta actividad no resulta sencillo dada la naturaleza descentralizada de sus operativas y la ausencia de requerimientos de reporte sobre las operaciones. Para comprender mejor los datos disponibles sobre criptoactivos, en este trabajo analizamos las diferentes fuentes de información centradas en *Bitcoin*, el criptoactivo más conocido. Analizamos dos tipos de datos. Por un lado, los datos directos, es decir, los procedentes de la cadena de bloques *Bitcoin*, y por otro, los datos de terceros, obtenidos de plataformas de intercambio, agregadores de información y empresas de servicios especializados. Exponemos las ventajas y las limitaciones de ambos tipos de datos en lo que respecta a temas de interés para las autoridades financieras. Si bien el análisis de la cadena de bloques tiene la ventaja de ser público y fiable, para abordar temas como el lavado de dinero o la estabilidad financiera es necesario emplear datos adicionales de terceros, con los riesgos asociados que ello implica.

Palabras clave: *Bitcoin*, blockchain, criptomonedas, riesgos financieros.

Códigos JEL: G15, G2, E42, L86.

Abstract

The crypto asset market has seen notable growth in recent years, along with changes in its value. This expansion, along with its increasingly high integration into traditional monetary and financial systems, has raised the potential risks for the economy. However, monitoring this activity is not easy due to the decentralized nature of how it works and the lack of reporting requirements for operations. In order to better understand the available data on crypto assets, this paper looks at different information sources, focusing on Bitcoin, the most well-known crypto asset. We look at two types of data: direct data from the Bitcoin blockchain, and third-party data from exchange platforms, information aggregators and specialized service companies. We discuss the strengths and weaknesses of both types of data when it comes to issues important to financial authorities. While blockchain analysis has the advantage of being public and reliable, addressing issues such as money laundering or financial stability requires additional third-party data, with the associated risks this entails.

Keywords: Bitcoin, blockchain, cryptocurrencies, financial risks.

JEL classification: G15, G2, E42, L86.

Índice

Resumen 5

Abstract 6

Índice 7

1 Introducción 8

2 La cadena de bloques *Bitcoin* 10

2.1 Modelo de transacciones y anonimato 10

2.2 Literatura 11

2.3 Obtención de datos. Base de datos CUBiD 12

3 Casos de uso de la cadena de bloques 13

3.1 Análisis de actividad a través del volumen negociado 13

3.2 Análisis de los mineros 16

3.3 Análisis de direcciones, de monederos y de concentración de saldos 18

4 Limitaciones de los datos de la cadena de bloques 20

5 Otras fuentes de datos 22

5.1 Qué es necesario 22

5.2 Plataformas de intercambio 23

5.3 Agregadores de información 24

5.4 Informes realizados por servicios profesionales 25

6 Conclusiones 27

Bibliografía 28

Anejo 29

1 Introducción

El mercado de criptoactivos ha experimentado un notable crecimiento y significativas fluctuaciones en términos de capitalización en los últimos años. De 15.000 millones de dólares a principios de 2017, al record histórico de 3 billones de dólares en noviembre de 2021, para descender alrededor de 1.48 billón de dólares en el momento de la escritura de este trabajo (noviembre de 2023). En paralelo, ha aumentado la implicación de diferentes tipos de instituciones y de agentes minoristas. Como resultado, los criptoactivos están cada vez más entrelazados con el sistema financiero y monetario, ampliando así potenciales riesgos para la economía en su conjunto.

Ante estas circunstancias, la inquietud de las autoridades financieras sobre los efectos del mercado de criptoactivos en la estabilidad y la integridad del sistema financiero ha ido en aumento. En concreto, para realizar un buen análisis de estas implicaciones sería recomendable obtener información sobre aspectos como el volumen y la localización geográfica de la actividad, las interrelaciones o concentraciones de operaciones en determinados actores, o la exposición concreta de determinadas instituciones, como las entidades financieras o las personas físicas. Sin embargo, actualmente no existe un recurso único que ofrezca a los bancos centrales información integral y estandarizada sobre las operaciones con criptoactivos. Aunque los datos de las transacciones de criptoactivos puede ser extraída de cadenas de bloques públicas, la recopilación y el análisis de estos datos son costosos. Además, existen numerosas fuentes de información adicional, las cuales varían en calidad y en disponibilidad. Esta diversidad y fragmentación de las fuentes de datos, junto con la ausencia de un marco regulatorio que provea a las autoridades financieras de información adecuada, dificulta la evaluación de los riesgos, el seguimiento de las transacciones y la identificación de los participantes en el mercado. Este vacío regulatorio es notable en iniciativas como Markets in Crypto Assets (MiCa, por sus siglas en inglés), que aún no han establecido requisitos detallados para la presentación de información sobre la actividad de estos instrumentos, si bien es cierto que sí exige documentación sobre el lanzamiento de las criptomonedas.

Por lo tanto, este documento pretende ofrecer una guía sobre las diferentes fuentes de información disponibles para *Bitcoin*, el criptoactivo más conocido. Analizamos dos tipos de datos, tanto los directos —es decir, procedentes de la cadena recuperada de la red *Bitcoin*— como los derivados de la información primaria anterior y complementados con bases de datos externas. Exponemos las ventajas y las limitaciones de estos datos que pueden ser temas de interés para las autoridades financieras, como la identificación de riesgos para la estabilidad financiera, o detectar la existencia de comportamientos fraudulentos, asociados al blanqueo de capitales o a cualquier otra actividad ilícita.

En nuestro análisis mostramos que analizar los datos directos (los procedentes de la cadena de bloques) ofrece la ventaja de que son públicos y confiables, y permiten separar en tiempo real la actividad real de la redundante, identificar las direcciones que podrían pertenecer a un mismo monedero (clúster), así como la identificación de los mineros y el

análisis de la concentración de saldos. Sin embargo, el análisis basado exclusivamente en la cadena de bloques tiene limitaciones para examinar con precisión el lavado de dinero, la estabilidad financiera, o los mercados extrabursátiles (*over-the-counter*). Para realizar estos análisis, sería necesario emplear datos adicionales obtenidos de plataformas de intercambio, agregadores de información y de empresas de servicios especializados. No obstante, estos datos no son públicos y dependen de la colaboración de terceros.

El trabajo está organizado de la siguiente forma. En el epígrafe 2 mostramos brevemente cómo funciona la cadena de datos de *Bitcoin* y revisamos la literatura de distintos análisis basados en ella. En el epígrafe 3, utilizando la cadena de datos, se plantea un caso de uso en el que determinamos las transacciones redundantes, la identificación de mineros y la concentración de saldos. El epígrafe 4 muestra las limitaciones de la cadena de *Bitcoin*. En el epígrafe 5 se ofrecen fuentes alternativas de datos a la cadena de datos de *Bitcoin*, y finalmente, en el epígrafe 6 se exponen las conclusiones.

2 La cadena de bloques *Bitcoin*

2.1 Modelo de transacciones y anonimato

La red *Bitcoin* ofrece servicios de pago entre particulares o P2P¹, que permite intercambiar su criptoactivo nativo (*bitcoin*) entre dos usuarios de la red sin la intervención de un intermediario tradicional. Desde el punto de vista de su arquitectura, *Bitcoin* se apoya en una red de cadena de bloques o blockchain que, por sus propiedades inherentes, actúa como un repositorio transparente e inmutable de todas las transacciones realizadas desde sus orígenes hasta el momento presente (Nakamoto, 2008; Conesa, 2019).

La arquitectura blockchain de operaciones de *Bitcoin* es pública y, por tanto, está disponible a cualquiera que tenga acceso a un nodo. En consecuencia, un tercero ajeno a las transacciones puede conocer desde qué direcciones se están realizando y qué otras direcciones son las receptoras, sus importes y el momento exacto en el que las mismas han finalizado.

Aparte de las características generales de un blockchain público, *Bitcoin* tiene varias particularidades relevantes para el objetivo de nuestro análisis. En concreto, el modelo de transacciones, esencial para entender que transacciones pueden ser redundantes, y la forma en la que podemos asociar direcciones a un monedero (*clustering*).

- **Modelo de transacciones:** El modelo contable de *Bitcoin* se basa en transacciones no gastadas (Unspent Transaction Output, UTXO, por sus siglas en inglés), que tanto la red como el usuario almacenan. Una salida de transacción no gastada (UTXO) es el término técnico para la cantidad de activo digital que queda después de haber completado una transacción con el criptoactivo. Las UTXO se crean, bien porque el usuario recibe un importe de otro usuario, bien porque la red devuelve al nodo originario de la operación el importe sobrante de un pago a otro usuario. Dado que en la red solo se mantiene información de las operaciones entre diferentes usuarios y no sobre cuentas de estos, la base de datos no mantiene una posición consolidada de cada usuario, por lo que hay que entender cómo llegar a ese dato, necesario para el análisis desarrollado en este trabajo.

- **Anonimato. Identificación de mineros y monederos:** Al no existir la necesidad de un proceso de Know Your Customer² para operar en la red, los usuarios son anónimos; por tanto, no es posible conocer *a priori* quién es el sujeto que hay detrás de una transacción, ni saber si el mismo usuario es propietario de dos cuentas diferentes. Pese al anonimato, es posible realizar la identificación de los mineros que validan las transacciones y las direcciones a las que pertenecen.

¹ Los servicios financieros P2P —peer to peer— se basan en sistemas y en plataformas que permiten el intercambio de activos directamente entre individuos, sin que intervengan intermediarios financieros tradicionales.

² Proceso de identificación del usuario que tendrá acceso al servicio de pago. Se asocia la cuenta a un ciudadano que debe demostrar que es quien dice ser.

- La cadena se estructura en bloques encadenados. Dentro de cada bloque encontramos las transacciones, que a su vez se componen de entradas y salidas —descritas por el par dirección-saldo—. La suma de los saldos de las entradas y de salidas en una transacción debe ser igual, excepto por el importe de las comisiones que paga cada usuario para conseguir que su transacción sea incentivada para que sea validada lo antes posible en un bloque. Existe un caso particular en el que esto no se cumple: cuando se valida una transacción, las direcciones que realizan la operación obtienen *bitcoins* nuevos del sistema como retribución por haber resuelto la prueba de trabajo, dado que esta retribución no proviene de la propia cadena, este hecho nos sirve para identificar a los mineros.
- En cuanto a qué direcciones pertenecen a qué monedero, podemos usar el algoritmo Union-Find (Foley, Karlsen y Putniņš, 2019). El razonamiento básico es que, si dos direcciones diferentes aparecen como entradas en la misma transacción, pertenecen al mismo monedero. Al aplicar el algoritmo Union-Find, es posible unir estas direcciones en un mismo grupo, representando a una sola entidad o monedero. Puede consultarse más detalle sobre el funcionamiento de este algoritmo en el anejo.

2.2 Literatura

Existe una literatura creciente sobre el uso de los datos granulares de los blockchain para estudiar diferentes aspectos de las criptoactivos, como la privacidad, el fraude y la eficiencia. En el análisis de Guizhou Wang *et al.* (2021) se describe de manera exhaustiva el estado del arte del análisis de blockchain. El estudio analiza diferentes aspectos de la investigación relacionada con blockchain, como la distribución de autores, las tendencias de citas, los temas populares de investigación, la colaboración entre países e instituciones, las principales revistas publicadas, las agencias de financiamiento de apoyo y las tendencias de investigación emergentes.

Sin ánimo de ser exhaustivos, en primer lugar, Foley, Karlsen y Putniņš (2019) realizan un análisis de clúster sobre el historial de transacciones de *bitcoin* para detectar transacciones ilegales, encontrando que los usuarios ilegales tienden a disponer de menor saldo, a realizar más transacciones y de menor tamaño, a menudo efectuando transacciones repetidamente con una contraparte determinada. Uno de los aspectos más importantes es que usan el algoritmo Union Find (véase anejo) para identificar qué direcciones pertenecen a qué monederos. Otro ejemplo sería el análisis de Fleder, Kester y Pillai (2015), en el que se explora la anonimidad y la posibilidad de asociar usuarios a personas.

Otro ejemplo reciente sobre el uso de datos de la cadena de blockchain de *Bitcoin* está en Griffin y Shams (2020), y sus resultados sugieren que existe manipulación de precios entre los principales criptoactivos, lo que podría generar, eventualmente, burbujas en los

precios de estos. En otra línea, Makarov y Schoar (2021) usan el historial de transacciones de *bitcoin* para identificar la concentración y la composición regional de los mineros, y para detectar transacciones redundantes. Jahanshahloo, Irresberger y Urquart (2023), realizan asimismo un análisis de los datos de la cadena para, mediante algoritmos de *clustering*, identificar monederos de diferentes tipos (mineros, *exchanges*, monederos minoristas y direcciones solo de recepción) y mostrar sus diferentes patrones de comportamiento. Por último, Momtaz, Nam y Fisch (2022) también realizan un análisis al nivel de monederos, pero, en este caso, aplicado a Ethereum.

2.3 Obtención de datos. Base de datos CUBiD

En este apartado explicamos de modo más concreto la forma en la que se ha procedido a acceder a la información usada en este trabajo. Para acceder a toda la red de blockchain de *Bitcoin* es necesario instalar un nodo y recoger la cadena desde este o a través de terceros que realizan esta función y ofrecen un acceso a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés). Un nodo en el contexto de blockchain es un ordenador que participa en la red y valida y/o mantiene copias de la cadena. Cuando se instala un nodo completo, se descarga un registro de todas las transacciones de *Bitcoin* desde sus comienzos (enero de 2009). Sin embargo, recopilar los datos supone un trabajo importante, incluyendo la limpieza, la verificación, la validación y la organización de estos, así como su transformación desde un formato no estructurado a otro estructurado.

En este trabajo hemos accedido a los datos de la cadena a través de la *Cardiff University Bitcoin Database* (CUBiD), desarrollada por el Dr. Hossein Jahanshahloo, de la Cardiff Business School. Esta base de datos contiene toda la información que cualquier copia del libro de registros de *Bitcoin* almacenaría, como el encabezado del bloque y los detalles sobre cada transacción individual. Para la base de datos CUBiD se realiza el proceso de extracción y de transformación de los datos a formato SQL. CUBiD consta de dos capas de datos: la primera capa (capa 1) ofrece los datos originales de la red de *Bitcoin* y la segunda (capa 2), datos procesados basados en los primarios. Los datos de la capa 1 están desglosados en tres tablas: encabezado de bloque, transacciones y detalles de las transacciones. Para poder realizar análisis más complejos es necesario acceder a la capa 2, donde encontraremos información sobre la actividad de bloques y sus direcciones.

3 Casos de uso de la cadena de bloques

Tomando como referencia los datos de la cadena de blockchain registrados entre la creación el primer bloque (enero de 2009) y el bloque 734.314 (mayo de 2022), hemos realizado una serie de ejercicios analíticos para demostrar el potencial de estos datos. En concreto, usamos la red para separar la actividad real de la redundante³, identificar las direcciones que podrían pertenecer a un mismo monedero (clúster), reduciendo un grado el anonimato, así como la identificación de los mineros y el análisis de la concentración de saldos. El formato para agrupar las direcciones entre monederos es el mismo que el usado en Jahanshahloo, Irresberger y Urquart (2023).

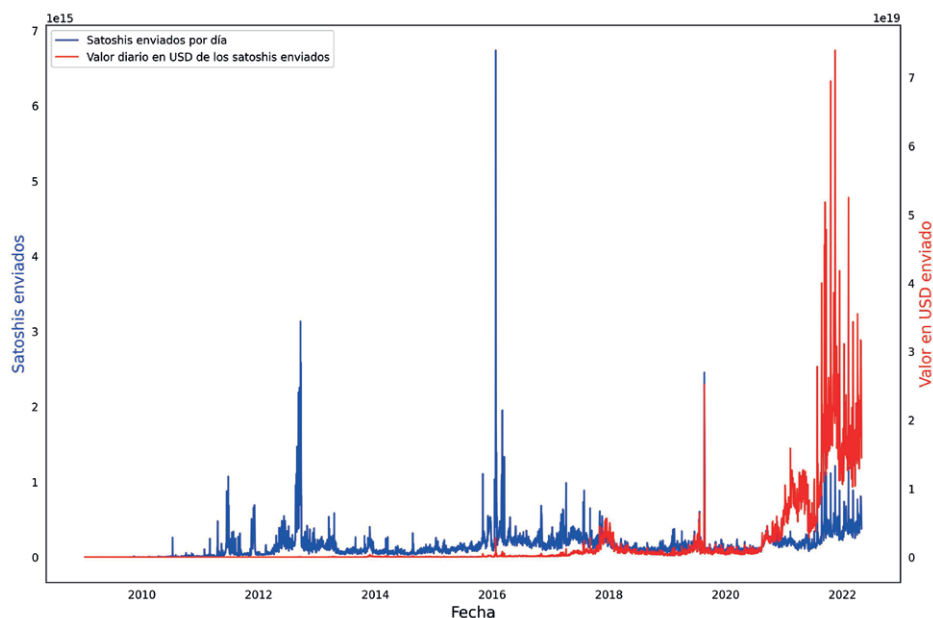
3.1 Análisis de actividad a través del volumen negociado

Medir la actividad es esencial para entender la liquidez y la participación de un sistema financiero. En la cadena de bloques de *Bitcoin* se observan todas las transacciones. Al disponer de los datos de las transacciones, podemos analizar la actividad de *Bitcoin* bloque a bloque, o agrupar por bloques y analizarla día y a día.

El gráfico 1 muestra la suma de *bitcoins* enviados por día (medido en satoshis⁴, en azul) y el valor en dólares de las transacciones enviadas (en rojo). Para realizarla, hemos sumado los satoshis (en azul) enviados por bloque cada día, y hemos utilizado el precio

Gráfico 1

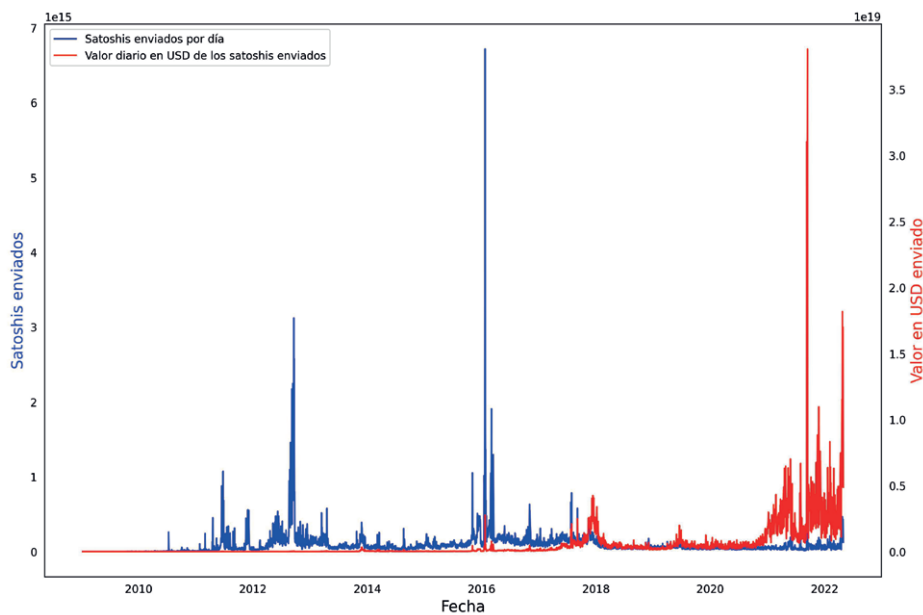
Bitcoins enviados por día, en satoshis y en dólares



FUENTE: Elaboración propia (2022).

3 Consideramos como redundantes las operaciones entre direcciones del mismo usuario y aquellas que son consecuencia del funcionamiento del modelo de UTXO, como explicamos en el epígrafe 2.

4 Es una cien millonésima parte de un solo *bitcoin* (0.00000001 BTC).

Bitcoins enviados por día, en satoshis y en dólares, entre diferentes monederos

FUENTE: Elaboración propia (2022).

correspondiente en cada bloque para calcular el valor en dólares⁵. A través de los satoshis se aprecian dos picos de actividad, en 2013 y en 2016. Sin embargo, si nos fijamos en el valor de los dólares transferidos, se puede apreciar que la mayor parte del valor transferido es en 2018, a finales de 2019 hay un pico de actividad, y desde finales de 2021 en adelante se llega a nuevos máximos.

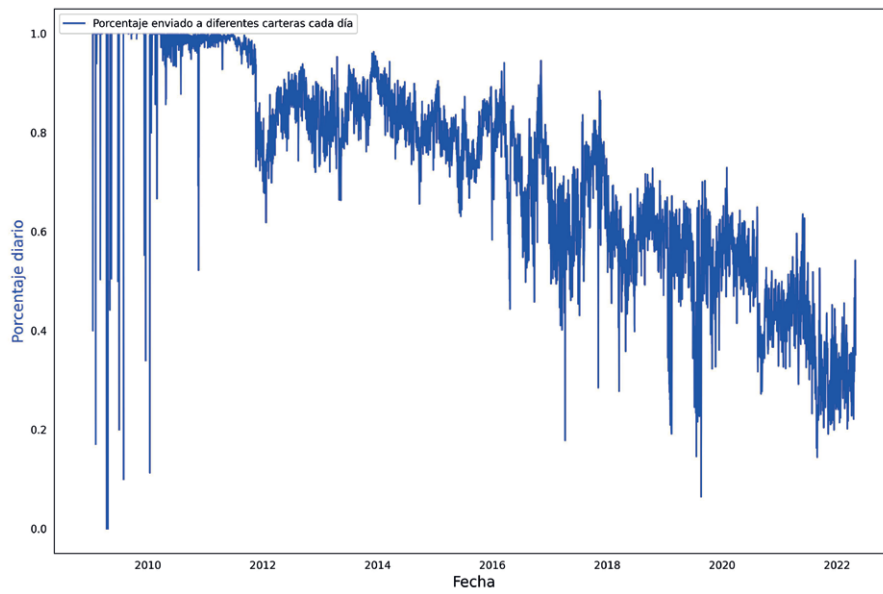
No obstante, como se indicaba antes, una parte de las transferencias registradas no tienen significado económico porque son debidas al funcionamiento del protocolo de *Bitcoin*, como explicamos en el epígrafe 2. Además, hay que tener en cuenta que existen estrategias diseñadas para evitar el rastreo de flujos, como, por ejemplo, mover fondos a través de múltiples direcciones y dividir los pagos, por lo que podría haber otras transacciones sin significado económico difíciles de detectar, según Makarov y Schoar (2021). Por ello, para obtener una visión más precisa de la actividad real, hemos optado por observar solo las transacciones entre monederos distintos. Para identificar estos monederos, hemos empleado el algoritmo Unión-Find. El gráfico 2 muestra lo mismo que el gráfico 1, pero solo referido a envíos entre monederos diferentes. Aunque la tendencia es similar a la del gráfico 1, encontramos que el pico de 2019 ha desaparecido por completo, y el pico posterior a 2021 no es tan pronunciado.

En el gráfico 3 presentamos el porcentaje diario de cantidad enviada entre diferentes monederos por su valor en dólares. Agregando los datos de manera mensual nos permite

⁵ Para obtener el precio de cada bloque, se realiza el siguiente proceso. En primer lugar, se descarga el historial de transacciones de los 60 *exchanges* con mayor volumen. A continuación, se calcula el precio medio de cada minuto como la media ponderada de los precios en función del volumen de las transacciones que se realizan en ese minuto. Por último, a cada bloque se le asigna el precio del último minuto que corresponde al bloque.

Gráfico 3

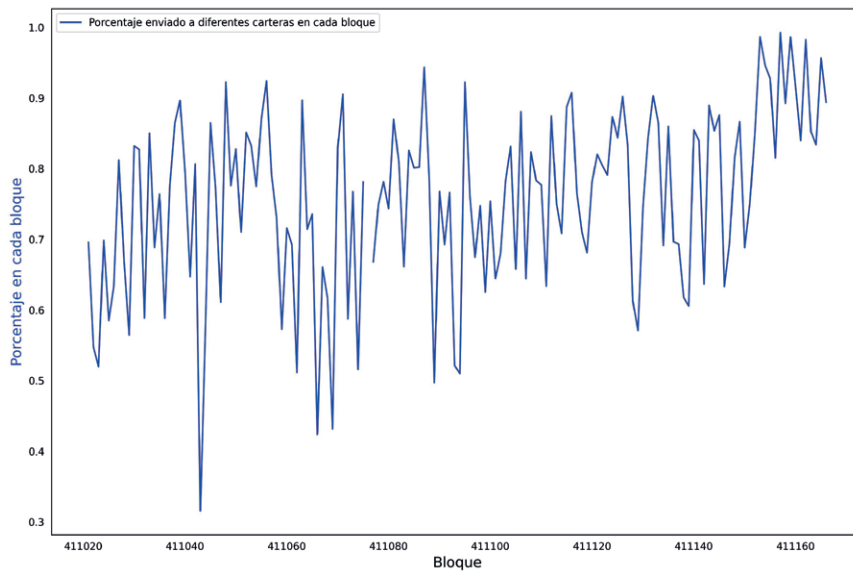
Porcentaje enviado a diferentes monederos sobre el total, por día



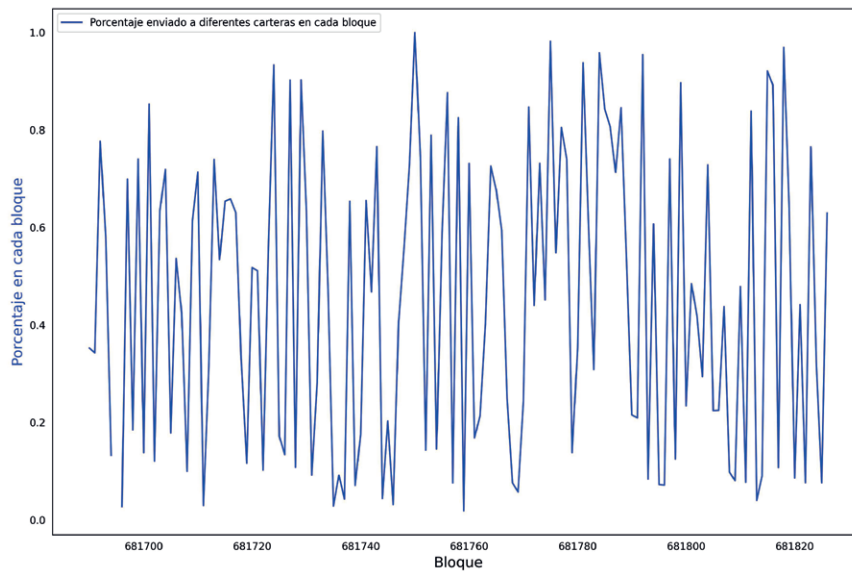
FUENTE: Elaboración propia (2022).

Gráfico 4

Porcentaje enviado a diferentes monederos sobre el total (1.12.2016)



FUENTE: Elaboración propia (2022).



FUENTE: Elaboración propia (2022).

una visualización mejor de las fluctuaciones y de las tendencias. Es evidente que este porcentaje ha disminuido con el tiempo. Hasta 2012 la gran mayoría de las transacciones se realizaban entre monederos diferentes. Sin embargo, ese porcentaje ha experimentado una disminución de aproximadamente el 10 % anual, llegando a un 30 % en 2022. Este fenómeno puede atribuirse a la consolidación de *bitcoins* en monederos más grandes y al uso de *Exchanges* centralizados donde los usuarios mantienen sus criptoactivos en monederos compartidos, lo que reduce la necesidad de transacciones entre monederos individuales.

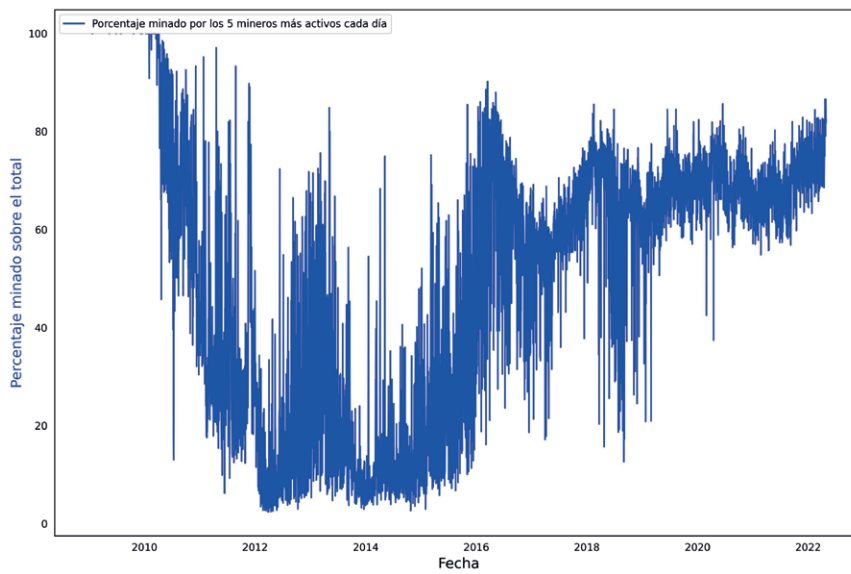
Esta visión mes a mes (incluso día a día) oculta una gran granularidad y heterogeneidad en el porcentaje de *bitcoins* enviados entre diferentes monederos por bloque. En el gráfico 4 mostramos el porcentaje de *bitcoins* enviados entre diferentes monederos el día 1 de diciembre de 2016 y, en el gráfico 5, lo mismo para el día 1 de diciembre de 2021 (en cada día hay 144 bloques, aproximadamente). Puede apreciarse la diferencia, en 2016 el porcentaje oscilaba entre 50 % y 90 %, mientras que, en 2021, dicho porcentaje varía entre, prácticamente, 0 y 100 %.

3.2 Análisis de los mineros

Para distinguir los mineros en el bloque de cadenas se examinaron transacciones que carecieran de una dirección de envío (es decir, de origen) y donde solo hubiera una única dirección receptora. De esta forma, y tras aplicar el algoritmo Union-Find que adjudica direcciones a monederos, se identifican un total 115.857 monederos potencialmente considerados como mineros. No obstante, a pesar de esta cifra, la actividad de minería de *bitcoins* está altamente concentrada. El gráfico 6 refleja el porcentaje diario de *bitcoins*

Gráfico 6

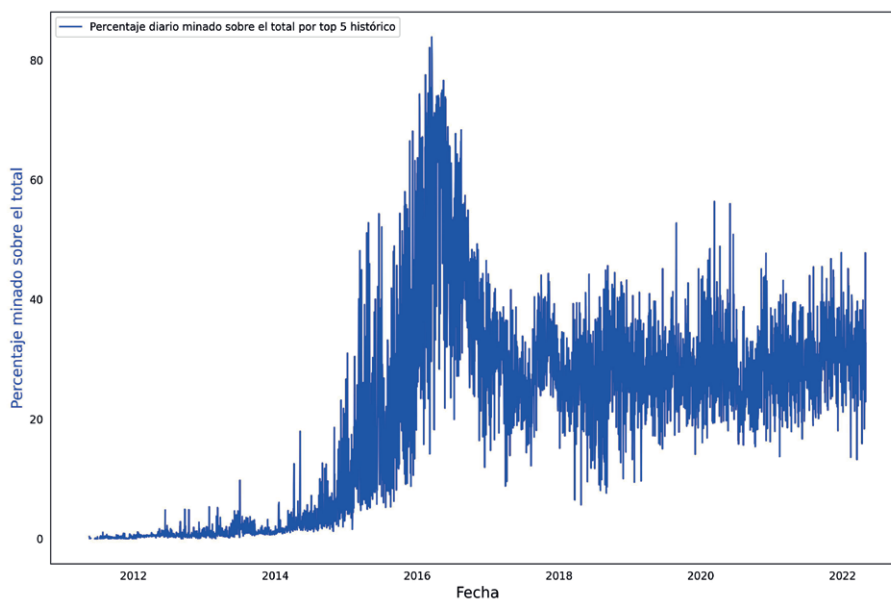
Porcentaje minado por los cinco mineros más activos cada día



FUENTE: Elaboración propia (2022).

Gráfico 7

Porcentaje de los cinco mineros históricamente más relevantes



FUENTE: Elaboración propia (2022).

minado por los cinco mineros más activos cada día. Hasta 2016, el porcentaje minado por el top cinco cada día podía ser menor del 30 %, lo que sugiere un mayor equilibrio en la actividad minera. A partir de 2016, la tendencia cambió, y la concentración aumentó significativamente. En dicho año, el top cinco minó frecuentemente más del 60 % del total diario, y para 2022, este porcentaje alcanzó picos de hasta el 80 %.

El gráfico 7 presenta la evolución diaria del porcentaje minado por los cinco mineros más relevantes en toda la historia de la cadena⁶. Estos cinco mineros dominaron claramente el mercado durante 2015 y 2016, llegando a minar el 90 % de los *bitcoins* diarios. Después de 2016, la participación diaria de estos cinco mineros bajó a un 40 %, lo que implica que entraron nuevos jugadores, y demuestra que la dominancia en la minería no ha sido constante.

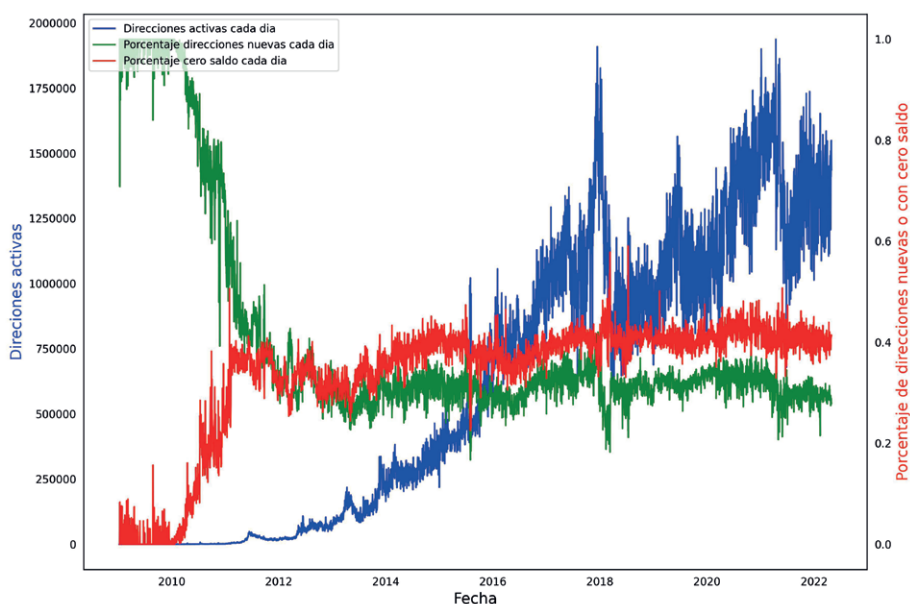
3.3 Análisis de direcciones, de monederos y de concentración de saldos

Con los datos de blockchain es posible contabilizar cuántas direcciones y cuántos monederos han participado alguna vez en la cadena. En total, han sido 970.921.030, las direcciones, y 405.402.935, los monederos, los que alguna vez han participado en la cadena de bloques hasta mayo de 2022. En el gráfico 8 mostramos, en azul, el número de direcciones que realizan algún movimiento cada día (sumando las direcciones activas de cada bloque). Vemos que el número de direcciones activas ascendió de forma constante hasta 2 millones por día en 2018. Hubo una caída de hasta 1 millón posteriormente, y volvió a ascender hasta llegar a nuevos máximos en 2021, coincidiendo con el alza en el precio de *bitcoin*. En el eje secundario, mostramos en rojo, el porcentaje de direcciones que se quedan a cero al final del día, y en verde, el porcentaje de direcciones activas que son nuevas. Ambas están entre el 40 % y el 30 %, respectivamente, y no se aprecian tendencias claras desde 2012.

Otra característica de los datos analizados es la gran concentración de saldos en unas pocas cuentas. El gráfico 9 muestra, a la derecha, el porcentaje de saldos acumulados

Gráfico 8

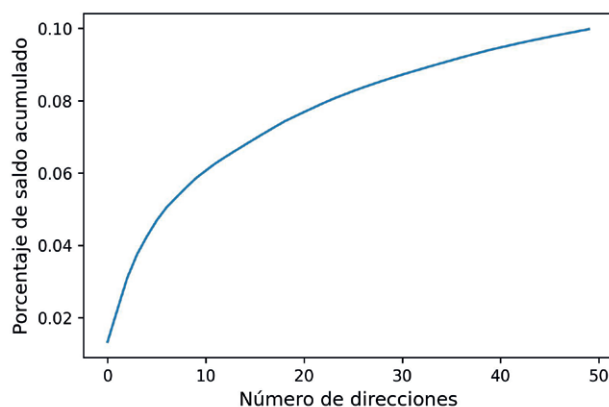
Evolución de las direcciones



FUENTE: Elaboración propia (2022).

6 Estos son los mineros que más han minado históricamente hasta marzo de 2022.

Gráfico 9

Porcentaje acumulado del total de saldos por los 50 primeros monederos

FUENTE: Elaboración propia (2022).

Cuadro 1

Direcciones por monedero

Número de direcciones por monedero	1-2	3-5	5-10	10-50	100 +
Porcentaje de monederos	90,0	7,0	2,5	0,5	0,01

FUENTE: Elaboración propia (2022).

por los 50 monederos con más saldo (entre las direcciones y los monederos con actividad durante estos dos meses). Se puede apreciar que el nivel de concentración de saldos es muy alto, en particular si consideramos monederos en lugar de cuentas. Los 50 monederos con más saldo acumulan más del 10 %. En cuanto al número de direcciones por monederos, la distribución está muy descompensada. La inmensa mayoría de monederos tiene entre 1 y 2 direcciones (90 %), y de 3 a 5 (7 %). Por otro lado, existen monederos con decenas de miles de direcciones, al menos 600 carteras tienen más de 50.000 direcciones (véase cuadro 1).

4 Limitaciones de los datos de la cadena de bloques

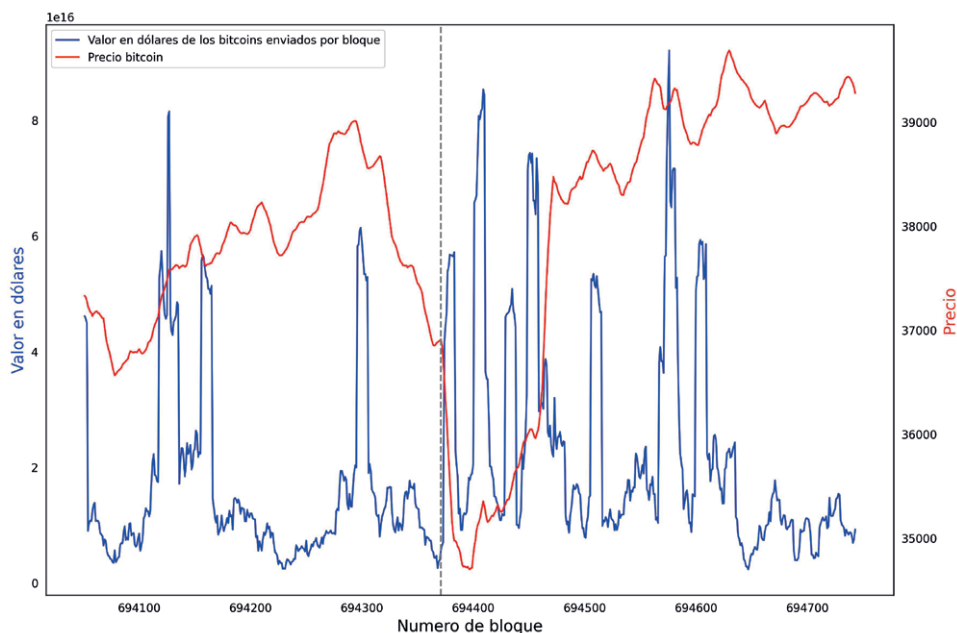
En el anterior epígrafe comprobamos que un análisis de la cadena de bloques nos permite descubrir hechos estilizados sobre la actividad real, la concentración de saldos y de actividad minera en *bitcoin*. Sin embargo, aquí vamos a ilustrar las limitaciones de este tipo de datos para estudiar aspectos más complejos. En concreto, vamos a centrarnos en la invasión de Rusia a Ucrania sucedida el 22 de febrero de 2022. Este momento nos brinda un buen escenario para analizar el uso de criptoactivos como herramienta potencial para la fuga de capitales. Analizamos el nivel de actividad de la red durante los momentos previos y los posteriores a la invasión de Ucrania (03:00 hora de España, 24 de febrero de 2022).

El gráfico 10 muestra la suma del valor en dólares de los *bitcoins* enviados por bloque (en azul, eje izquierdo), y el gráfico 11 el número de monederos activos. En ambas figuras se identifica con una línea vertical el momento de inicio del conflicto, y en rojo, el precio de *bitcoin* (eje derecho). No parece que haya ningún comportamiento anómalo durante las horas posteriores a la invasión. Quizá un aumento a raíz de la invasión del envío de *bitcoins*, pero es complicado asegurar que hay un efecto claro.

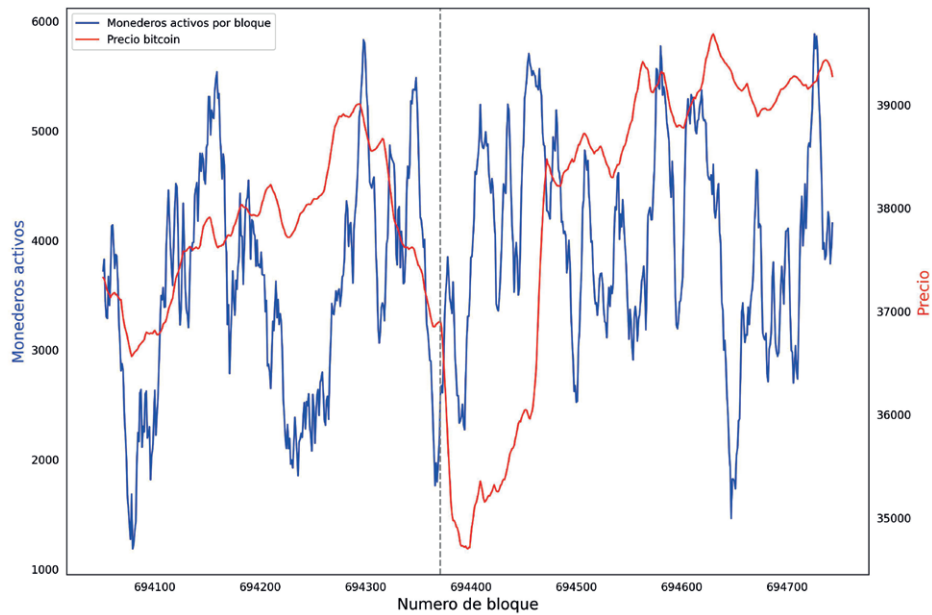
Observando solo estos datos es complejo identificar la actividad específica de un grupo o nación en una red descentralizada como la de *Bitcoin*. La adición de fuentes de información externas que identifiquen monederos predominantes en Rusia y en Ucrania podría ser muy útil para realizar este análisis. Por ejemplo, disponer de información KYC (Conoce a tu Cliente, por sus siglas en inglés) haría mucho más fácil monitorear el origen de las transacciones. Muchos

Gráfico 10

Suma de envíos por bloque. Fecha de invasión de Ucrania



FUENTE: Elaboración propia (2022).



FUENTE: Elaboración propia (2022).

exchanges implementan medidas de KYC, y aunque esta información no está públicamente disponible por razones de privacidad, las autoridades podrían acceder a ella en circunstancias especiales y utilizarla para correlacionarla con los datos del blockchain. Por otra parte, también sería útil saber quién está operando con rublos para comprar o vender criptoactivos, y seguir así el flujo de fondos. Por último, sería ideal disponer de herramientas analíticas avanzadas que puedan rastrear y etiquetar ciertos monederos con base en su actividad histórica y sus asociaciones, para tener en mente un perfil de comportamiento o un lugar geográfico de operaciones. En el siguiente epígrafe se discuten distintas alternativas para aproximarse a ese tipo de información.

5 Otras fuentes de datos

5.1 Qué es necesario

Utilizando únicamente los datos de la cadena de *Bitcoin* no es posible obtener conclusiones firmes sobre los potenciales riesgos de la operativa con *bitcoin* para la estabilidad financiera o realizar un análisis sobre la incidencia del fraude o del blanqueo de capitales. Para poder profundizar en estas cuestiones con cierta solvencia sería necesaria información adicional sobre las direcciones y los monederos en los siguientes aspectos:

- **Monitorización de transacciones:** Aunque el análisis presentado hasta ahora permite separar la actividad real de *bitcoin* de la actividad redundante resultante del modelo de UTXO, o de la actividad entre direcciones de un mismo monedero, los datos son crudos y carecen de contexto. Las plataformas de intercambio y otros servicios especializados podrían enriquecer el análisis, ya que incorporan información sobre la naturaleza de sus clientes recogida en el momento del alta del usuario. Estos datos son necesarios para poder cumplir con los requisitos regulatorios de fraude y de blanqueo de capitales.
- **Identificación de direcciones sospechosas:** Acceso a perfiles de direcciones de criptoactivos asociadas con actividades ilícitas. Esto implica rastrear las transacciones que involucran estas direcciones para identificar conexiones con actividades delictivas pasadas o presentes.
- **Análisis de flujo de fondos:** Es imprescindible poder seguir el flujo de criptoactivos a lo largo de múltiples transacciones para entender cómo los fondos se mueven a través de la cadena de bloques. Esto puede ayudar a identificar patrones característicos del blanqueo de capitales, como transacciones fragmentadas en partes más pequeñas para dificultar su seguimiento, algo difícil de captar solo con datos de la cadena de bloques.
- **Perfiles de comportamiento:** Los servicios especializados pueden crear perfiles de comportamiento de usuarios y de entidades en función de sus transacciones. Esto ayuda a detectar discrepancias entre el comportamiento real de un usuario y lo que podría esperarse de un comportamiento legítimo.

Lógicamente, este tipo de información es compleja de localizar y de analizar y en muchos casos requiere de un alto nivel de cooperación entre autoridades y a nivel internacional, dada la naturaleza transfronteriza de las transacciones. En esta línea, comienzan a surgir iniciativas de colaboración en organismos internacionales, como el proyecto Atlas del BIS (Bank of International Settlements), que comenzó en 2023 y cuya intención es combinar información dentro y fuera de la cadena de bloques, creando un enfoque en capas para la verificación de datos y de estadísticas personalizadas para los bancos centrales⁷.

⁷ https://www.bis.org/about/bisih/topics/suptech_regtech/atlas.htm

A continuación, resumimos algunas de estas otras fuentes de donde puede extraerse este tipo de información.

5.2 Plataformas de intercambio

Qué son

Las arquitecturas blockchain de criptoactivos (p. ej., la red *Bitcoin*) permiten mandar y recibir los activos digitales que estas soportan, pero no así intercambiarlos por otras divisas o por criptoactivos diferentes. Para ello es necesaria la participación de un segundo actor, que son las plataformas de intercambio (*exchanges*). Estos *exchanges* actúan como intermediarios, recibiendo, ordenando y ejecutando las órdenes de compra y venta de criptoactivos. Los usuarios pueden realizar transacciones intercambiando un criptoactivo por otro o por moneda fiduciaria. Algunas de las más populares son Coinbase, Binance y Karen.

Cómo acceder a los datos

En sus bases de datos se almacena la información relativa a la transacción: precios —máximos, mínimos, de apertura y cierre— y cantidades —capitalización de un activo digital, valor del volumen total de todas las transacciones realizadas con él en las últimas veinticuatro horas o la oferta en circulación—. Estas estadísticas suelen estar a disposición del público de manera gratuita a través de interfaces o APIS⁸. La mayoría de las plataformas son centralizadas y, por tanto, la información está únicamente en manos del proveedor del servicio que, por otro lado, no se encuentra condicionado por ninguna norma o recomendación acerca de cómo debe elaborar y reportar las estadísticas.

Ventajas

Las plataformas de intercambio pueden ser de una gran ayuda en comparación a los datos en la cadena (*on-chain*), ya que cuentan con información del KYC y tienen registros de operaciones fuera de cadena (*off-chain*). Estas transacciones no están visibles en la cadena de bloques, pero están registradas en los libros contables del *exchange*. Esta información sería de utilidad en un caso como el de Rusia anteriormente mencionado, por identificar a los individuos y el cambio de moneda fiduciaria.

Inconvenientes

Los procesos de KYC pueden variar mucho entre *exchanges*. Además, sus políticas de privacidad pueden complicar la utilización de los datos, y no hay garantía de cómo están recopilándolos. Los *exchanges* descentralizados presentan retos adicionales, ya que pueden ser más difíciles de controlar. Por último, hay *exchanges* que no operan en ciertas jurisdicciones.

Volviendo al ejemplo de la posible utilización de criptoactivos para evadir las sanciones contra Rusia, recurrir a Coinbase carecería de sentido, ya que, al igual que otras muchas

⁸ Application Programming Interface, en inglés.

plataformas, ha bloqueado las operaciones en las que se pueda identificar que el usuario es una persona sancionada. Otras, como Binance, no han impuesto hasta el momento esta restricción.

Un aspecto adicional que se debe considerar es que la información proveniente de las plataformas no refleja el volumen de transacciones entre particulares. En este sentido, el Fondo Monetario Internacional, a través de su Global Financial Stability Report de 2021, mostraba que los proveedores especializados estimaban de un modo muy dispar la importancia que pueden tener estas transacciones (con rangos que oscilan entre el 5 % y el 80 % de las operaciones).

5.3 Agregadores de información

Qué son

Los agregadores de información son servicios que recopilan, consolidan y presentan datos de varias plataformas de intercambio (*exchanges*). Al agregar información de diversas plataformas, los usuarios pueden buscar las mejores tarifas de intercambio, encontrando una perspectiva amplia sobre precios y volúmenes.

Por ejemplo, *CoinGecko* monitorea una extensa cantidad de criptoactivos en numerosas plataformas, en concreto 6.000 criptoactivos en unas 400 plataformas de intercambio. Ofrece información en tiempo real sobre volumen de negociación, precios y capitalización de mercado. Para cada plataforma de intercambio calcula un *trust score* basado en los valores de intercambio, de volumen y de frecuencia de los intercambios o de las transacciones fuera de rango, a fin de garantizar la calidad de los datos que reutiliza.

En un enfoque similar, pero con características y metodologías diferentes, *CryptoCompare* también ofrece datos sobre numerosas plataformas, con mayor énfasis en la calidad de los datos y en las herramientas adicionales.

Cómo acceder a los datos

Ambas plataformas suelen ofrecer interfaces programables sencillas (API) que facilitan el acceso a sus bases de datos. Estas interfaces permiten a usuarios y a desarrolladores recopilar información de forma sistemática, con una serie de datos disponibles de forma gratuita, aunque, sin embargo, otros datos son de pago y con restricciones para consultas masivas.

Ventajas

La agregación ofrece una visión más completa del mercado. Facilita notablemente el análisis al ofrecer un único punto de consulta en lugar de tener que usar cada plataforma por separado.

Inconvenientes

Al ser un producto derivado de información que ofrecen terceros y que no se puede auditar directamente conviene tomar la información con cierta cautela. A pesar de que los

agregadores puedan tener documentos de transparencia sobre cómo agregan los datos, en última instancia la calidad de sus datos depende de la fuente de estos en las plataformas de intercambio.

5.4 Informes realizados por servicios profesionales

Qué son

A partir de las fuentes de información anteriormente descritas, no es posible conocer quién está detrás de las transacciones que no se realizan en los *exchanges*, porque existe la posibilidad de que los usuarios accedan al servicio sin pasar un por un servicio KYC. En los últimos años han aparecido un conjunto de empresas que ofrecen servicios profesionales que intentan cubrir esta carencia. Recopilan información sobre los criptoactivos y los activos digitales de diferentes blockchain y ofrecen herramientas que permite realizar el seguimiento y la trazabilidad de las transacciones.

Sus servicios se basan en el etiquetado de las cuentas que realiza un departamento de investigadores que rastrean los blockchain y otras fuentes —p. ej., redes sociales— intentando encontrar la información. El etiquetado incluye qué ciudadanos y qué empresas están detrás de cada cuenta y cuál es su actividad. Esta información puede ser de especial interés para las autoridades financieras.

Ventajas

Permite llevar a cabo análisis mucho más sofisticados. Pongamos como ejemplo la investigación que la empresa Coinmetrics realizó sobre la caída de FTX⁹.

Los hechos: El 2 de noviembre de 2022, Coindesk informó que la empresa Alameda Research tenía miles de millones de dólares en tokens FTT de FTX¹⁰. Esto generó dudas en el mercado sobre la independencia de Alameda y FTX a pesar de ser fundadas por Sam Bankman-Fried. El 6 de noviembre, Binance¹¹ anunció que procederían a liquidar todos sus tokens FTT debido a estas noticias. El 8 de noviembre, FTX dejó de admitir retiros y al día siguiente, FTX y Alameda presentaron solicitud de quiebra¹². Utilizando la información que mantiene en sus bases de datos Coinmetrics con su herramienta Atlas afirma que se había realizado una transacción de cuatro mil millones de dólares en FTT el 28 de septiembre¹³, perteneciente a Alameda, que podría ser el reembolso de un préstamo concedido anteriormente. Existe la sospecha de que Alameda pudo haber colapsado en 2022¹⁴ y FTX proporcionado este préstamo para cubrir pérdidas, sin haber

9 FTX es un exchange de criptoactivos y una plataforma de *trading* que fue fundada en 2017 por Sam Bankman-Fried y por Gary Wang.

10 <https://www.coindesk.com/business/2022/11/02/divisions-in-sam-bankman-frieds-crypto-empire-blur-on-his-trading-titan-alamedas-balance-sheet/>

11 https://twitter.com/cz_binance/status/1589283421704290306

12 <https://es.beincrypto.com/aprende/quiebra-ftx-sam-bankman-fried/#:~:text=Se%20cree%20que%20Alameda%20usaba,una%20situaci%C3%B3n%20de%20insolvencia%20total>

13 <https://coinmetrics.substack.com/p/state-of-the-network-issue-181>

14 <https://www.investopedia.com/what-went-wrong-with-ftx-6828447>

dejado rastro en la cadena. La investigación incluye cierta especulación, aunque también datos relevantes.

Inconvenientes

Sin embargo, aunque estas empresas suelen dar cierta información sobre la metodología empleada, las explicaciones son limitadas, y resulta complicado valorar la precisión y fiabilidad de la información publicada. Por otro lado, etiquetar una cuenta no es sencillo, se trata de un proceso costoso, manual y complejo en el que podrían cometerse errores.

6 Conclusiones

El seguimiento de los criptoactivos como *Bitcoin* se ha convertido en una prioridad para las autoridades. Esto es el resultado directo del alto volumen de capitalización de estos mercados, sus volátiles fluctuaciones y la creciente interconexión con la economía tradicional. En este trabajo resumimos las principales fuentes de información sobre este tema.

La primera fuente a la que se puede recurrir es la información proporcionada directamente por la red blockchain. Estos datos, si bien públicos, requieren un nivel técnico avanzado para su adecuado tratamiento. Lo más destacado de estos datos es su transparencia y su inmutabilidad, aunque es esencial reconocer que estamos ante una base de datos no auditada, y por lo tanto, los datos deben manejarse con precaución. Mediante estos datos podemos profundizar en aspectos como la concentración de saldos, el perfil de los mineros, e incluso agrupar direcciones en diferentes monederos y esbozar sus patrones de comportamiento.

Para un análisis exhaustivo de la actividad en *Bitcoin*, que pueda ser de utilidad por autoridades financieras, es imperativo identificar a los principales tenedores, monitorizar posibles movimientos de capitales sospechosos y evaluar si representan un potencial riesgo para la estabilidad financiera o muestran indicios de fraude. Con la información que proviene del blockchain, tanto la original como la derivada, no se puede realizar un análisis de fraude y de blanqueo de capital. Aquí es donde entran en juego las fuentes de datos alternativas: *exchanges*, agregadores de información y empresas especializadas. Sin embargo, aunque estos servicios ofrecen información sobre la metodología empleada, las explicaciones son limitadas y resulta complicado valorar la precisión y la fiabilidad de sus etiquetados.

Bibliografía

- Conesa Lareo, Carlos. (2019). "Bitcoin: ¿una solución para los sistemas de pago o una solución en busca de problema?". Documentos Ocasionales, 1901, Banco de España. <https://repositorio.bde.es/handle/123456789/8803>
- Fleder, Michael, Michael Kester y Sudeep Pillai. (2015). "Bitcoin transaction graph analysis". <https://doi.org/10.48550/arXiv.1502.01657>
- Foley, Sean, Jonathan R. Karlsen y Tālis J. Putniņš. (2019). "Sex, drugs, and bitcoin: How much illegal activity is financed through cryptocurrencies?". *The Review of Financial Studies*, 32(5), pp. 1798-1853. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz015>
- Griffin, Jonh M., y Amin Shams. (2020). "Is Bitcoin really untethered?". *The Journal of Finance*, 75(4), pp. 1913-1964. <https://doi.org/10.1111/jofi.12903>
- Jahanshahloo, Hossein, Felix Irresberger y Andrew Urquhart. (2023). "Bitcoin Under the Microscope". *The British Accounting Review*. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2023.101237>
- Makarov, Igor, y Antoinette Schoar. (2021). "Blockchain analysis of the bitcoin market". NBER Working Papers, 29396, National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w29396>
- Momtaz, Paul P., Rachel J. Nam y Christian Fisch. (2022). "Blockchain investors". <https://doi.org/10.2139/ssrn.4163004>
- Nakamoto, Satoshi. (2008). "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system". <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Wang, Gizhou, Si Zhang, Tao Yu y Yu Ning. (2021). "A systematic overview of blockchain research". *Journal of Systems Science and Information*, 9(3), pp. 205-238. <https://doi.org/10.21078/JSSI-2021-205-34>

Anejo

Union-Find algorithm

Como se señalaba antes, la capa 2 de CUBiD ofrece información consolidada de las direcciones que están asociadas a una misma billetera, es decir, al mismo usuario. Para asociar una dirección a una billetera se utiliza el algoritmo Union-Find, donde las direcciones de entrada de dos (o más) transacciones se recopilan y se clasifican en la misma billetera si comparten al menos una de las direcciones de entrada en ambas transacciones. A continuación, se explica este proceso de manera simplificada.

Generalmente, cada transacción que se inicia suele involucrar varias direcciones de un mismo usuario. Debido a que el usuario controla la clave privada de cada dirección desde la que envía *bitcoin*, en el primer paso, el algoritmo asocia a un mismo remitente todas las direcciones desde las que partan los fondos para poder completar una operación. A partir de aquí se usa la transitividad para vincular a ese mismo usuario otras direcciones que haya ido utilizando en distintas transacciones. Por ejemplo, tomemos el caso de dos transacciones separadas: en una de ellas se envía una cierta cantidad de *bitcoins* desde las direcciones A y B; en otra, el envío tiene lugar a través de las direcciones B y C. Para la primera transacción, el algoritmo identifica que las direcciones A y B pertenecen a un usuario mientras que, para la segunda, identifica que B y C pertenecen a otro usuario. Por transitividad, se concluye que las tres direcciones (A, B y C) pertenecen a un único usuario.

PUBLICACIONES DEL BANCO DE ESPAÑA

DOCUMENTOS OCASIONALES

- 2210 PABLO BURRIEL, IVÁN KATARYNIUK y JAVIER J. PÉREZ: Computing the EU's SURE interest savings using an extended debt sustainability assessment tool.
- 2211 LAURA ÁLVAREZ, ALBERTO FUERTES, LUIS MOLINA y EMILIO MUÑOZ DE LA PEÑA: La captación de fondos en los mercados internacionales de capitales en 2021. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2212 CARLOS SANZ: El peso del sector público en la economía: resumen de la literatura y aplicación al caso español.
- 2213 LEONOR DORMIDO, ISABEL GARRIDO, PILAR L'HOTELLERIE-FALLOIS y JAVIER SANTILLÁN: El cambio climático y la sostenibilidad del crecimiento: iniciativas internacionales y políticas europeas. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2214 CARMEN SÁNCHEZ y JARA QUINTANERO: Las empresas *finotech*: panorama, retos e iniciativas.
- 2215 MARÍA ALONSO, EDUARDO GUTIÉRREZ, ENRIQUE MORAL-BENITO, DIANA POSADA, PATROCINIO TELLO-CASAS y CARLOS TRUCHARTE: La accesibilidad presencial a los servicios bancarios en España: comparación internacional y entre servicios. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2216 BEATRIZ GONZÁLEZ, ENRIQUE MORAL-BENITO e ISABEL SOLER: Schumpeter Meets Goldilocks: the Scarring Effects of Firm Destruction.
- 2217 MARIO ALLOZA, JÚLIA BRUNET, VÍCTOR FORTE-CAMPOS, ENRIQUE MORAL-BENITO y JAVIER J. PÉREZ: El gasto público en España desde una perspectiva europea. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2218 PABLO AGUILAR, BEATRIZ GONZÁLEZ y SAMUEL HURTADO: Carbon tax sectoral (CATS) model: a sectoral model for energy transition stress test scenarios.
- 2219 ALEJANDRO MUÑOZ-JULVE y ROBERTO RAMOS: Estimación del impacto de variaciones en el período de cálculo de la base reguladora sobre la cuantía de las nuevas pensiones de jubilación. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2220 LUIS ÁNGEL MAZA: Una estimación de la huella de carbono en la cartera de préstamos a empresas de las entidades de crédito en España. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2221 SUSANA MORENO SÁNCHEZ: The EU-UK relationship: regulatory divergence and the level playing field.
- 2222 ANDRÉS ALONSO-ROBISCO y JOSÉ MANUEL CARBÓ: Inteligencia artificial y finanzas: una alianza estratégica.
- 2223 LUIS FERNÁNDEZ LAFUERZA, MATÍAS LAMAS, JAVIER MENCÍA, IRENE PABLOS y RAQUEL VEGAS: Análisis de la capacidad de uso de los colchones de capital durante la crisis generada por el COVID-19. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2224 SONSOLES GALLEGOS, ISABEL GARRIDO e IGNACIO HERNANDO: Las líneas del FMI para aseguramiento y prevención de crisis y su uso en Latinoamérica (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2301 LAURA HOSPIDO, CARLOS SANZ y ERNESTO VILLANUEVA: Air pollution: a review of its economic effects and policies to mitigate them.
- 2302 IRENE MONASTEROLO, MARÍA J. NIETO y EDO SCHETS: The good, the bad and the hot house world: conceptual underpinnings of the NGFS scenarios and suggestions for improvement.
- 2303 IADRIÁN LÓPEZ GONZÁLEZ: Inteligencia artificial aplicada al control de calidad en la producción de billetes.
- 2304 BELÉN AROCA MOYA: Conceptos, fundamentos y herramientas de neurociencia, y su aplicación al billete.
- 2305 MARÍA ALONSO, EDUARDO GUTIÉRREZ, ENRIQUE MORAL-BENITO, DIANA POSADA y PATROCINIO TELLO-CASAS: Un repaso de las diversas iniciativas desplegadas a nivel nacional e internacional para hacer frente a los riesgos de exclusión financiera.
- 2306 JOSÉ LUIS ROMERO UGARTE, ABEL SÁNCHEZ MARTÍN y CARLOS MARTÍN RODRÍGUEZ: Alternativas a la evolución de la operativa bancaria mayorista en el Eurosistema. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2307 HENRIQUE S. BASSO, OURANIA DIMAKOU and MYROSLAV PIDKUYKO: How inflation varies across Spanish households.
- 2308 LAURA CRESPO, NAJIBA EL AMRANI, CARLOS GENTO y ERNESTO VILLANUEVA: Heterogeneidad en el uso de los medios de pago y la banca *online*: un análisis a partir de la Encuesta Financiera de las Familias (2002-2020).
- 2309 HENRIQUE S. BASSO, OURANIA DIMAKOU y MYROSLAV PIDKUYKO: How consumption carbon emission intensity varies across Spanish households.
- 2310 IVÁN AUCIELLO-ESTÉVEZ, JOSEP PIJOAN-MAS, PAU ROLDAN-BLANCO y FEDERICO TAGLIATI: Dual labor markets in Spain: a firm-side perspective.
- 2311 CARLOS PÉREZ MONTES, JORGE E. GALÁN, MARÍA BRU, JULIO GÁLVEZ, ALBERTO GARCÍA, CARLOS GONZÁLEZ, SAMUEL HURTADO, NADIA LAVÍN, EDUARDO PÉREZ ASENJO e IRENE ROIBÁS: Marco de análisis sistémico del impacto de los riesgos económicos y financieros. (Existe una versión en inglés con el mismo número).

- 2312 SERGIO MAYORDOMO e IRENE ROIBÁS: La traslación de los tipos de interés de mercado a los tipos de interés bancarios. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2313 CARLOS PÉREZ MONTES, ALEJANDRO FERRER, LAURA ÁLVAREZ ROMÁN, HENRIQUE BASSO, BEATRIZ GONZÁLEZ LÓPEZ, GABRIEL JIMÉNEZ, PEDRO JAVIER MARTÍNEZ-VALERO, SERGIO MAYORDOMO, ÁLVARO MENÉNDEZ PUJADAS, LOLA MORALES, MYROSLAV PIDKUYKO y ÁNGEL VALENTÍN: Marco de análisis individual y sectorial del impacto de los riesgos económicos y financieros. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2314 PANA ALVES, CARMEN BROTO, MARÍA GIL y MATÍAS LAMAS: Indicadores de riesgos y vulnerabilidades en el mercado de la vivienda en España.
- 2215 ANDRÉS AZQUETA-GAVALDÓN, MARINA DIAKONOVA, CORINNA GHIRELLI y JAVIER J. PÉREZ: Sources of economic policy uncertainty in the euro area: a ready-to-use database.
- 2316 FERNANDO GARCÍA MARTÍNEZ y MATÍAS PACCE: El sector eléctrico español ante el alza del precio del gas y las medidas públicas en respuesta a dicha alza. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2317 ROBERTO BLANCO y SERGIO MAYORDOMO: Evidencia sobre el alcance de los programas de garantías públicas y de ayudas directas a las empresas españolas implementados durante la crisis del COVID-19. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2318 ISABEL GARRIDO y IRUNE SOLERA: Has the 2021 general SDR allocation been useful? For what and for whom?
- 2319 ROBERTO BLANCO, ELENA FERNÁNDEZ, MIGUEL GARCÍA-POSADA y SERGIO MAYORDOMO: An estimation of the default probabilities of Spanish non-financial corporations and their application to evaluate public policies.
- 2320 BANCO DE ESPAÑA: La accesibilidad presencial a los servicios bancarios en España: Informe de seguimiento 2023. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2321 EDUARDO AGUILAR GARCÍA, MARIO ALLOZA FRUTOS, TAMARA DE LA MATA, ENRIQUE MORAL-BENITO, IÑIGO PORTILLO PAMPIN y DAVID SARASA FLORES: Una primera caracterización de las empresas receptoras de fondos NGEU en España.
- 2401 ALEJANDRO MORALES, MANUEL ORTEGA, JOAQUÍN RIVERO y SUSANA SALA: ¿Cómo identificar a todas las sociedades del mundo? La experiencia del código LEI (Legal Entity Identifier).
- 2402 XAVIER SERRA y SONSOLES GALLEGO: Un primer balance del *Resilience and Sustainability Trust* del FMI como canal de utilización de los derechos especiales de giro. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2403 PABLO HERNÁNDEZ DE COS: El papel de la política macroprudencial en la estabilización de las fluctuaciones macrofinancieras. Conferencia de Estabilidad Financiera/Banco de Portugal, Lisboa (Portugal), 2 de octubre de 2023.
- 2404 MORTEZA GHOMI, SAMUEL HURTADO y JOSÉ MANUEL MONTERO: Análisis de la dinámica reciente de la inflación en España. Un enfoque basado en el modelo de Blanchard y Bernanke (2023).
- 2405 PILUCA ALVARGONZÁLEZ, MARINA ASENSIO, CRISTINA BARCELÓ, OLYMPIA BOVER, LUCÍA COBREROS, LAURA CRESPO, NAJIBA EL AMRANI, SANDRA GARCÍA-URIBE, CARLOS GENTO, MARINA GÓMEZ, PALOMA URCELAY, ERNESTO VILLANUEVA and ELENA VOZMEDIANO: The Spanish Survey of Household Finances (EFF): description and methods of the 2020 wave.
- 2406 ANA GÓMEZ LOSCOS, MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ SIMÓN y MATÍAS JOSÉ PACCE: Modelo para la previsión del PIB de la economía española a corto plazo en tiempo real (Spain-STING): nueva especificación y reevaluación de su capacidad predictiva. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2407 OLYMPIA BOVER, LAURA CRESPO, SANDRA GARCÍA-URIBE, MARINA GÓMEZ-GARCÍA, PALOMA URCELAY y PILAR VELILLA: Micro and macro data on household wealth, income and expenditure: comparing the Spanish Survey of Household Finances (EFF) to other statistical sources.
- 2408 ÁNGEL ESTRADA y CARLOS PÉREZ MONTES: Un análisis de la evolución de la actividad bancaria en España tras el establecimiento del gravamen temporal de la ley 38/2022.
- 2409 PABLO A. AGUILAR, MARIO ALLOZA, JAMES COSTAIN, SAMUEL HURTADO y JAIME MARTÍNEZ-MARTÍN: El efecto de los programas de compras de activos del Banco Central Europeo en las cuentas públicas de España. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 2410 RICARDO BARAHONA y MARÍA RODRÍGUEZ-MORENO: Estimating the OIS term premium with analyst expectation surveys.
- 2411 JOSÉ MANUEL CARBÓ, HOSSEIN JAHANSHAHLOO y JOSÉ CARLOS PIQUERAS: Análisis de fuentes de datos para seguir la evolución de *Bitcoin*.