

Resumen

La evolución de los criptomercados ha revelado la existencia de interconexiones entre criptoactivos, mercados financieros y el ciclo económico. En un contexto de cambio en la inflación y de elevación de tipos de interés, el presente artículo examina la relación existente entre esos tipos de interés, el precio de los criptoactivos y su adopción. Se evidencia una correlación negativa. Tipos elevados se corresponden con menores valoraciones de los criptoactivos y con una menor adopción. Asimismo, el artículo evidencia empíricamente que las características socioeconómicas de los individuos son las que contribuyen en mayor medida a predecir la adopción de los criptoactivos.

Palabras clave: criptoactivos, tipos de interés, inflación, adopción, activos digitales.

Abstract

The evolution of cryptomarkets has revealed the existence of interconnections between cryptoassets, financial markets and the economic cycle. In the context of an increase in the inflationary and interest rate normalization, this article examines the relationship between interest rates, the price of cryptoassets and their adoption. A negative correlation is shown. High rates correspond to lower valuations of cryptoassets and a lower adoption. Furthermore, the article empirically demonstrates that the socioeconomic characteristics of individuals contribute the most to predicting the adoption of cryptoassets.

Keywords: cryptoassets, interest rates, inflation, adoption, digital assets.

JEL classification: G21, O30.

CRIPTOACTIVOS EN EL NUEVO CONTEXTO FINANCIERO: TIPOS DE INTERÉS, PRECIO Y ADOPCIÓN

Santiago CARBÓ VALVERDE

Universidad de Valencia y Funcas

Pedro J. CUADROS-SOLAS

CUNEF Universidad y Funcas

Francisco RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ

Universidad de Granada y Funcas

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años, las criptomonedas, y de una forma más amplia los activos digitales, han irrumpido con fuerza en el mundo financiero. Lo que comenzó como una innovación tecnológica con el bitc in, la primera criptomoneda, ha evolucionado en un complejo e interconectado ecosistema de activos digitales, tokenización de activos tradicionales y soluciones financieras descentralizadas (DeFi). Los criptoactivos han alcanzado una penetración de mercado importante, considerándose ya una realidad innegable tanto para empresas de servicios de inversión como por bancos centrales.

Estos activos digitales, basados en el uso de nuevas tecnologías como la cadena de bloques (*blockchain*), se han configurado como instrumentos capaces de captar los recursos económicos de los inversores institucionales y también de los particulares. En cierta medida, y sabiendo del riesgo que se asume y de la volatilidad que muestran, los criptoactivos se han convertido en una alternativa más de inversión para los ahorradores. El hecho es que a partir de ellos se están creando nuevos activos financieros y nuevas maneras de intermediación. Además, las

criptomonedas, *tokens* y otros activos digitales han generado un ferviente debate en la industria financiera y a nivel académico, acerca de la viabilidad, seguridad, regulación y su potencial impacto en el sistema financiero tradicional.

En la última década, se ha revelado la existencia de interconexiones entre los criptoactivos, los mercados financieros tradicionales y las condiciones macroeconómicas. En particular, comienza a evidenciarse cómo el ciclo económico empieza a estar conectado con el comportamiento de los criptoactivos. La evolución de la inflación y, en particular, de los tipos de interés, como respuesta a los incrementos generalizados de precios, parece tener un impacto relevante. Ante un cambio de contexto económico y financiero, protagonizado por unos tipos de interés más elevados que los registrados en décadas anteriores, cobra aún mayor relevancia examinar el comportamiento de los criptomercados.

El presente artículo pretende contribuir al análisis sobre la relación entre la evolución de los tipos de interés, el precio de los criptoactivos y su adopción. En particular, en el artículo se analiza cómo la evolución de los tipos de interés durante las últi-

mas décadas, y en particular durante el contexto pospandémico, ha podido explicar la evolución en el precio de los criptoactivos y del volumen de criptousuarios. Además, el artículo también pretende examinar empíricamente los determinantes de la adopción de estos activos digitales por parte de los consumidores (inversores particulares). En este sentido, se pretende ahondar en el conocimiento de los factores que estarían detrás de la adopción de esta nueva tipología de activos.

Los resultados muestran una correlación negativa entre la evolución de los tipos de interés y el precio de los criptoactivos. Además, también se observa cómo el volumen de criptousuarios mantiene una correlación negativa con los tipos de interés oficiales. A medida que se incrementan los tipos de interés oficiales se reduce el precio de los criptoactivos, así como su adopción. Por otra parte, se documenta que el perfil típico de un inversor en estas monedas digitales en España se corresponde con un individuo joven, generalmente hombre, que está estudiando o trabajando, disfruta de un ingreso mensual elevado y que reside en áreas urbanas de gran tamaño. Por último, el análisis realizado mediante aprendizaje automático (*machine learning*) revela que los factores más relevantes para predecir la tenencia de criptoactivos son los relativos a las características socioeconómicas de los individuos –edad, el género, el nivel de ingresos y el nivel de educación financiera–. Estos factores están por delante de otros como los conductuales, perceptuales, relacionales o aptitudinales.

El artículo se estructura en cinco secciones que siguen a

esta introducción. En la segunda sección se hace un repaso por la literatura que analiza cómo se produce la adopción de los criptoactivos. En la sección tercera se analizan las interconexiones entre la evolución de los criptoactivos –capitalización de mercado y adopción– y la evolución de los tipos de interés. Empleando una encuesta sobre adopción de criptoactivos realizada en España, la sección cuarta examina el perfil de aquellos que han adquirido criptoactivos. La relevancia de los determinantes de la adopción de los criptoactivos se analiza en la quinta sección mediante el uso de una técnica de aprendizaje automático (*machine learning*). Finalmente, la última sección presenta las conclusiones.

II. MARCO TEÓRICO: LA ADOPCIÓN DE LOS CRIPTOACTIVOS

Desde su irrupción, la literatura académica ha analizado los factores que determinan la adopción de los criptoactivos. Los resultados de los distintos estudios sugieren que es multifactorial. En decir, parece estar explicada por variables socioeconómicas, creencias individuales, la influencia social, la cobertura mediática o su valoración, entre otros.

Una primera rama de la literatura se ha centrado en examinar hasta qué punto las características socioeconómicas de los individuos –género, edad, hábitat, nivel de estudios, nivel de renta, etc.– parecen estar detrás del uso de estos activos digitales (Balutel *et al.*, 2022b; Fujiki, 2020; Hasso, Pelster y Breitmayer, 2019; Panos, Karkkainen y Atkinson, 2020). Los diversos estudios coinciden en señalar la relevancia de la edad y el género en la adopción de los criptoac-

tivos. Con independencia de la muestra utilizada, los hombres y las personas jóvenes tienen una mayor probabilidad de adoptar los criptoactivos (Auer *et al.*, 2022; Fujiki, 2020; Stix, 2021). También se observa que a medida que crece la renta de los individuos también lo hace la probabilidad de que sean criptousuarios (Balutel *et al.*, 2022b; Henry *et al.*, 2019).

Otro factor que se ha revelado como muy relevante es el nivel de educación, en general, y el de educación financiera, en particular (Balutel *et al.*, 2022a; Bhimani, Hausken y Arif, 2022; Carbó-Valverde, Cuadros-Solas y Rodríguez-Fernández, 2023; Fujiki, 2020; Zhao y Zhang, 2021). No obstante, la mayoría de los análisis empíricos previos han arrojado resultados contradictorios a la hora de estudiar la relación entre la adopción de criptomonedas y la educación financiera. Algunos estudios han revelado que los criptousuarios tienen un nivel más alto de educación financiera respecto a aquellos que no han adoptado estos activos (Balutel *et al.*, 2022b; Fujiki, 2021; Stix, 2021; Zhao y Zhang, 2021). Sin embargo, otros estudios han encontrado una relación negativa entre el nivel de educación financiera y la adopción de los criptoactivos (Glaser *et al.*, 2014; Henry *et al.*, 2019; Panos, Karkkainen y Atkinson, 2020). Estos resultados contradictorios podrían explicarse por una posible discrepancia entre la percepción subjetiva de los consumidores, es decir, sus creencias personales y su percepción sobre su conocimiento financiero real, es decir, su alfabetización financiera objetiva. Cuando el nivel de educación subjetiva excede ampliamente el nivel de educación objetiva

del sujeto podemos hablar de un sesgo cognitivo. Lo que suele ocurrir es que existe un exceso de confianza acerca del nivel de cultura y de educación financiera. En este sentido, Carbó-Valverde, Cuadros-Solas y Rodríguez-Fernández (2023) encuentran que la existencia de sesgos respecto al nivel de educación financiera, medido como la diferencia entre el nivel de educación financiera observado y el percibido, es un importante determinante de la adopción de los criptoactivos.

Pero además de los factores socioeconómicos, los factores conductuales también parecen jugar un papel relevante. Los usuarios de criptomonedas tienden a tener una mayor tolerancia al riesgo en comparación con aquellos que no han comprado criptomonedas (Fujiki, 2020; Hackethal *et al.*, 2022; Stix, 2021). Los criptousuarios son más impacientes, tienen menores niveles de autocontrol y son más amantes del riesgo (Fujiki, 2020), además están más dispuestos a aceptar pérdidas en una inversión si se pueden esperar ganancias por encima de las normales del mercado (Stix, 2021).

Además, la adopción de criptoactivos también está relacionada con los efectos de red, las creencias individuales y los efectos de aprendizaje social. Gupta *et al.* (2020) muestra que la influencia social es uno de los factores más influyentes que afectan a la adopción de criptoactivos, mientras que el sentimiento de los medios de comunicación también es probable que afecte a la adopción (Hackethal *et al.*, 2022). Los usuarios de criptomonedas tienen sesgos hacia las noticias positivas (Glaser *et al.*, 2014), lo que aumenta su propensión a

invertir en momentos favorables para las criptomonedas.

Por otra parte, la adopción de los criptoactivos también depende de cómo evolucione el precio de estos. En general, un aumento en el precio de las principales criptomonedas suele atraer a nuevos usuarios. Usando una muestra internacional, Auer *et al.* (2022) demuestran que los cambios de precios tienen un efecto causal en la adopción de criptoactivos. Este estudio documenta que un aumento de un punto porcentual en el precio del bitc in se relaciona con un aumento del 0,9 por 100 de nuevos usuarios a los dos meses. Estos resultados est an en l inea con los trabajos que subrayan que la mayoría de los usuarios de criptomonedas est an interesados en comprar criptoactivos como forma de inversión (Balutel *et al.*, 2022a; B y kaslan y Ecer, 2021).

III. LOS CRIPTOACTIVOS EN UN CONTEXTO DE ALTOS TIPOS DE INTERÉS E INFLACIÓN

1. Evolución de los criptomercados en un contexto pospandémico

La evolución de los criptomercados desde la irrupción de la pandemia ha pasado por diferentes etapas. Hasta el verano de 2020, el comportamiento de los criptoactivos fue relativamente estable. El valor total de estos activos digitales se sitúo cerca de los 0,3 billones de dólares. Aunque inicialmente existían determinados factores que podían augurar un auge de estos activos, la incertidumbre inicial acerca de la evolución de la economía y la rápida propagación del virus motivaron que los criptomercados no experimentasen gran-

des oscilaciones en los primeros meses de la pandemia. A partir de finales de 2020 comenzó a producirse un rápido crecimiento aunque no exento de una cierta volatilidad. La capitalización total de los criptomercados pasó de los 0,8 billones de dólares a finales de 2020 a 2 billones a finales de 2021. El mercado creció más del doble en un solo año, alcanzando una capitalización máxima de 2,7 billones de dólares en noviembre de 2021. Parte de este crecimiento se explica por la creciente adopción institucional del bitc in como reserva de valor. Las políticas monetarias y fiscales puestas en marcha para reactivar la economía tras la pandemia empezaron a generar preocupaciones sobre la inflación, lo que llevó a algunos inversores, especialmente los más amantes del riesgo, a buscar refugio en activos digitales.

En 2022, una vez superada la etapa más dura de la pandemia y ante un incipiente repunte de la inflación, se produjo una importante corrección en el valor de los criptoactivos de más de un billón de dólares, lo que se tradujo en una ca da del 64 por 100 en el valor agregado de los criptomercados. La adopción de políticas monetarias restrictivas por parte de los principales bancos centrales, materializadas a través de continuas subidas de tipos de interés, provocaron que muchos inversores reajustaran sus carteras de activos en favor de activos financieros más seguros. A ello debe unirse un mayor escrutinio de los criptomercados y de las grandes criptoplataformas por parte de los reguladores. Varios países tomaron medidas para regular o supervisar más de cerca este mercado. Mientras que algunos países han adoptado una actitud más tolerante, otros han

GRÁFICO 1
CAPITALIZACIÓN (EN BILLONES DE DÓLARES) DE LOS CRIPTOACTIVOS
(ENERO 2017-AGOSTO 2023)



Fuente: CoinMetrics y elaboración propia.

impuesto restricciones más estrictas.

La caída en la valoración de las criptomonedas también se explicó por el miedo que provocó la quiebra de algunas de las principales criptoplataformas a finales de 2022. En especial, la quiebra de la plataforma de compraventa de criptoactivos FTX (1) provocó el temor de que más plataformas pudieran tener problemas de liquidez. Algunas como BlockFi, que gestionaba cerca de 15.000 millones de dólares en criptoactivos, o Genesis, que llegó a estar valorada en 10.000 millones de dólares, también quebraron. De enero a julio de 2022, hasta 25 plataformas tuvieron que cerrar alegando problemas de liquidez. El temor a un contagio global en los criptomercados lastró el precio de los criptoactivos. Tan solo en noviembre de 2022, los inversores retiraron 91.363 bitcoins, por un valor de cerca de 1.500 millones de dólares. El volumen de salida de fondos alcanzó cifras récord en este período.

La recuperación que algunos analistas vaticinaban para 2023 no se produjo. Más bien lo contrario. Durante el verano de 2023, los criptomercados cayeron cerca de un 12 por 100. En la medida en la que los bancos centrales han continuado con las alzas de tipos en 2023, lo que favorece las inversiones en renta fija, los criptoactivos se han mantenido en una cierta situación de letargo.

2. Los tipos de interés, el precio de los criptoactivos y su adopción

En los últimos años, el comportamiento de los criptomercados y la evolución de las condiciones macroeconómicas ponen de manifiesto las interconexiones existentes entre el comportamiento de los criptoactivos, los mercados financieros y el ciclo económico. Cuando los criptoactivos irrumpieron en el ecosistema financiero se argumentaba que estos no estaban correlacionados con los mercados financieros tradicionales, lo que llevó

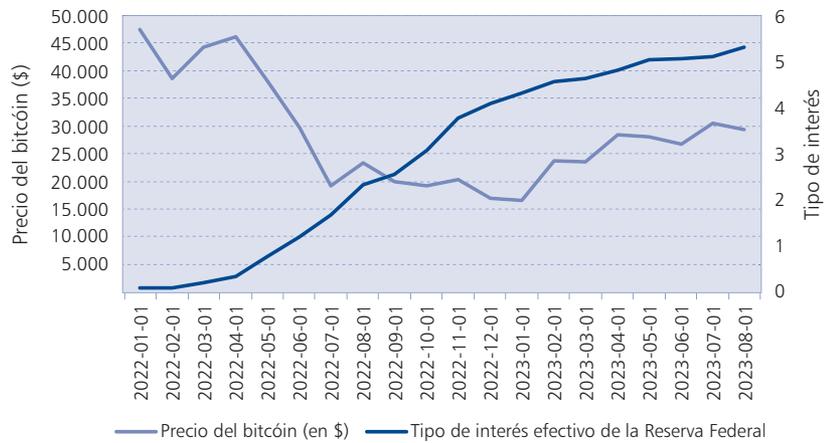
a ciertos inversores a comprarlos para diversificar sus carteras. Sin embargo, la correlación entre los criptoactivos y los mercados financieros ha aumentado significativamente (ECB, 2022). Además, la evolución de la inflación y, en particular, de los tipos de interés, como respuesta a los incrementos generalizados de precios, se ha visto que afecta considerablemente al precio de los criptoactivos. En general, se identifican dos canales:

- *Variaciones en la rentabilidad de los activos financieros tradicionales.* En primer lugar, los tipos de interés tienen un impacto sobre los criptomercados al afectar al precio del resto de activos financieros tradicionales. Las subidas de tipos de interés incrementan la rentabilidad de los activos financieros, principalmente los de renta fija. En un entorno de tipos de interés bajos en los mercados financieros, los inversores pueden buscar alternativas de inversión con rendimientos más altos. Entre este tipo de alternativas se encuentran los criptoactivos, que ofrecieron rentabilidades más elevadas que las normales del mercado, aunque asumiendo mayores riesgos. La mayor demanda de criptoactivos en etapas de tipos de interés reducidos es lo que explicaría el incremento en el valor de estos activos digitales. Por el contrario, un entorno de tipos de interés altos hace que los criptoactivos sean, en general, menos atractivos para los inversores, ya que pueden obtener rendimientos más altos en inversiones más tradicionales. A medida que aumentan los tipos de interés, las inversiones en otros productos finan-

cieros –por ejemplo, deuda pública, bonos corporativos o depósitos bancarios– se convierten en más atractivas para los inversores. Otros factores pueden atenuar esta relación. Por ejemplo, si los inversores creen que los criptoactivos tienen el potencial de ofrecer rendimientos superiores a largo plazo, pueden estar dispuestos a asumir un riesgo mayor incluso si los tipos de interés son altos. Además, en la medida en la que los inversores creen que los tipos de interés altos son temporales, pueden estar dispuestos a invertir en criptoactivos a corto plazo, esperando que los precios se recuperen cuando los tipos de interés vuelvan a bajar.

Mayor coste de financiación de las cryptoempresas. Además, las variaciones en los tipos de interés afectan directamente a los costes de financiación de los proyectos criptográficos, los cuáles en muchos casos dependen de la materialización de elevadas inversiones. El coste de financiación influye directamente en las decisiones de inversión de las empresas de capital riesgo. Estas compañías se han convertido en los últimos años en los principales inversores de compañías ligadas a los criptoactivos, criptoplataformas, compañías que construyen aplicaciones en *blockchain* o proveedores de servicios criptográficos, entre otras. Su papel es clave para los criptomercados, ya que permiten a los usuarios comprar y vender criptoactivos e impulsan la adopción de *blockchain*. En este sentido, un entorno de tipos de interés bajos, como los vividos

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL BITCÓIN Y DEL TIPO DE INTERÉS EFECTIVO DE LA RESERVA FEDERAL (ENERO 2022-AGOSTO 2023)



Fuentes: CoinMetrics, fred.stlouisfed.org y elaboración propia.

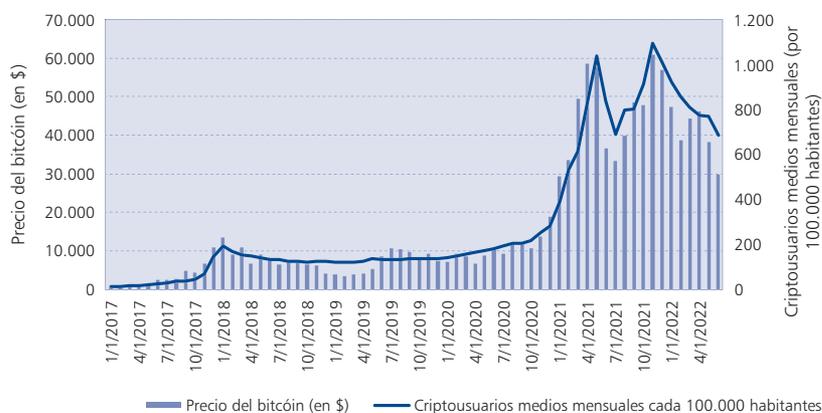
desde 2014 hasta 2021, facilita el acceso a financiación relativamente barata por parte de este tipo de compañías, lo cual terminará favoreciendo el desarrollo de proyectos criptográficos. En la medida en la que el desarrollo de los criptomercados depende de la labor desarrollada por estas compañías, un entorno de tipos bajos suele alentar al alza a los criptomercados. Por el contrario, subidas de tipos de interés por parte de los bancos centrales para hacer frente a la inflación encarecen y dificultan el acceso a la financiación de estas compañías. Todo ello terminará lastrando a los criptomercados hacia la baja.

Para reflejar la relación entre los tipos de interés y el precio de los criptoactivos, el gráfico 2 recoge la evolución en el precio del bitcoin y del tipo de interés efectivo de la Reserva Federal desde enero de 2022 –momento en el que se iniciaron las subidas de tipos de interés a ambos lados del Atlántico (2)– hasta agosto de

2023. Se observa una correlación negativa entre ambas magnitudes, que ha sido especialmente intensa cuando se produjeron las primeras subidas de tipos de interés. A medida que los tipos de interés iban aumentando, el precio del bitcoin ha ido a la baja. De hecho, el coeficiente de correlación entre ambas magnitudes es significativo estadísticamente e igual a -0,64.

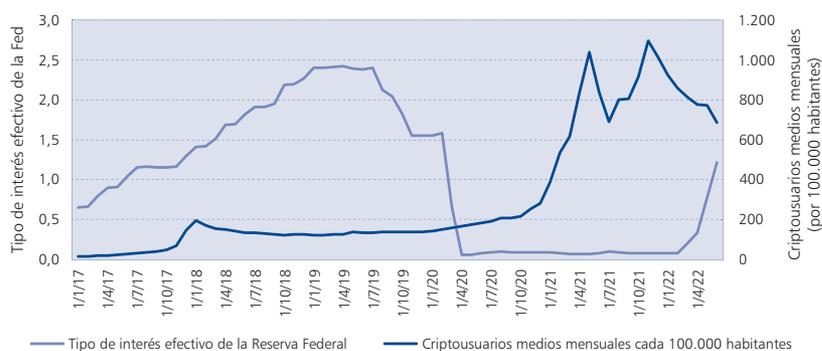
La adopción de los criptoactivos depende, entre otros factores, de su valoración. En aquellos momentos de bonanza, en los que el precio de los criptoactivos ha ido al alza, se han apreciado incrementos en la adopción de estas monedas digitales. El gráfico 3 recoge la evolución de los criptoactivos y su grado de adopción desde 2017 hasta julio de 2022. Como puede observarse, el volumen medio de usuarios –por cada 100.000 habitantes– que disponen de billeteras digitales con criptoactivos ha ido evolucionando al unísono en relación con el precio del bitcoin. Los incrementos de valoraciones

GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL BITCOÍN Y DEL VOLUMEN MEDIO DE CRIPTOUSUARIOS (ENERO 2017-JULIO 2022)



Fuentes: CoinMetrics, BIS y elaboración propia.

GRÁFICO 4
EVOLUCIÓN DEL TIPO DE INTERÉS EFECTIVO DE LA RESERVA FEDERAL Y DEL VOLUMEN MEDIO DE CRIPTOUSUARIOS (ENERO 2017-JULIO 2022)



Fuentes: BIS, fred.stlouisfed.org y elaboración propia.

de la principal criptomoneda se han correspondido con aumentos en el volumen de usuarios de estos activos digitales. De hecho, el coeficiente de correlación entre ambas magnitudes es de 0,97. Esto podría sugerir que los usuarios compran criptomonedas atraídos por los altos precios y con la expectativa de que continúen subiendo. En general, estos resultados vienen a confirmar el uso altamente especulativo que se hace de estos activos digitales.

Por su parte, el gráfico 4 relaciona la adopción de los criptoactivos con la evolución del tipo de interés efectivo de la Reserva Federal de EE. UU. Dicho gráfico evidencia cómo el volumen de criptousuarios mantiene una correlación negativa con los tipos de interés oficiales. En períodos de tipos de interés muy reducidos, el volumen de criptousuarios ha crecido de forma considerable. En su conjunto, estos dos gráficos eviden-

cian como tanto el precio de los criptoactivos como su grado de adopción están relacionados con la evolución de los tipos de interés.

IV. LA ADOPCIÓN DE LOS CRIPTOACTIVOS EN ESPAÑA

1. Encuesta sobre adopción de criptoactivos en España

El análisis de la adopción de los criptoactivos en España se ha fundamentado en el desarrollo de una encuesta realizada por la empresa IMOP para Funcas sobre el uso de los servicios bancarios digitales, los medios de pago digitales y la adopción de los criptoactivos (3). La metodología de esta encuesta se basó en la *Survey of Consumer Payment Choice (SCPC)*, desarrollada por el Banco de la Reserva Federal de Boston, que ha sido utilizada ampliamente en la literatura académica para explorar cuestiones relacionadas con el uso de métodos de pago. La encuesta se llevó a cabo en línea a 2.121 residentes del territorio nacional, incluyendo tanto la península como las islas, con edades comprendidas entre los 18 y 70 años. Es importante destacar que, dado que la encuesta se realizó en línea, se asume que los encuestados ya contaban con un cierto nivel de habilidades digitales. Para asegurar la representatividad de la muestra, se aplicaron criterios de selección muestral que consideraron factores como la edad, el género, la comunidad de residencia y el tamaño de la población. En términos agregados, el error muestral se estima en un $\pm 2,2$ por 100 para un nivel de confianza del 95,5 por 100.

La encuesta incluye un conjunto de preguntas que hacen referencia al ámbito socioeconómico y demográfico del individuo (sexo, población, nivel de ingresos, etc.). Este tipo de preguntas permiten establecer el perfil de los criptousuarios en España. Además de cuestiones relativas a la tenencia de criptomonedas, también se incluyen algunas sobre el tipo de moneda virtual que han adquirido y las motivaciones que le han llevado a ello. La encuesta se completa con otras preguntas relativas a la percepción que tienen los usuarios acerca del canal digital para llevar a cabo determinadas actividades (facilidad de uso, coste, comodidad, entre otras), otras sobre las conductas de los usuarios (frecuencia con la que pagan en efectivo, frecuencia con la que acuden a una sucursal bancaria, entre otras), otras relativas a las habilidades de los encuestados para llevar a cabo determinadas actividades (habilidad para descargar una app en su móvil sin ayuda de familiares o amigos, entre otras) y algunas sobre el grado de relación que mantienen con su entidad bancaria (número de cuentas bancarias, satisfacción general con su entidad bancaria, entre otras).

2. Criptousuarios en España: perfil socioeconómico y motivaciones

Alrededor del 5 por 100 de las personas encuestadas afirmó poseer criptomonedas en sus carteras digitales. Esta cifra es similar a la reportada por la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV, 2022), el 6,8 por 100. Además, la encuesta sugiere que factores como la edad, la ocupación y los ingresos personales juegan un papel determinante en la adopción

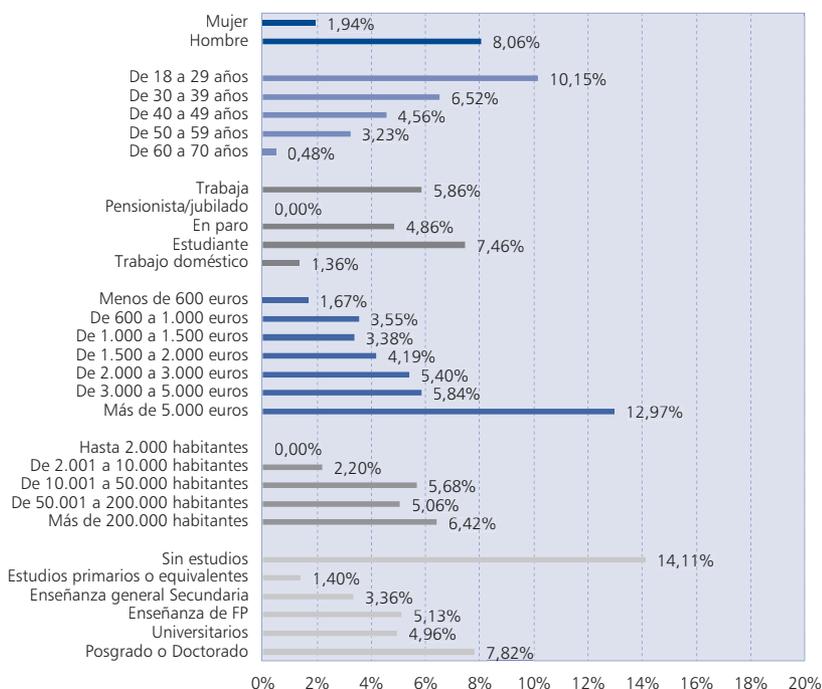
de criptoactivos. Según los resultados, el perfil típico de un inversor en estas monedas digitales correspondería con un individuo joven, generalmente hombre, que está estudiando o trabajando, que tiene un ingreso mensual elevado y que reside en áreas urbanas de gran tamaño. El gráfico 5 recoge el perfil socioeconómico del criptousuario en España.

Además, la encuesta pone manifiesto el predominio del bitc oin como principal moneda digital. El 40 por 100 de los criptousuarios tiene bitcoins en sus billeteras digitales. Se trata de la principal moneda adquirida en todos los segmentos de edad. Despu es del bitc oin, aparecen otras como ethereum (24 por 100) o cardano (25 por 100).

Otras monedas como solana, polkadot o dogecoin mantienen porcentajes por debajo del 10 por 100 de los criptousuarios encuestados. Respecto a los motivos argumentados para haber adquirido criptomonedas, destaca su uso como inversión. El 79,5 por 100 de los criptousuarios han comprado monedas digitales como una forma de inversión (79,5 por 100). La posibilidad de obtener ganancias potenciales, a pesar de enfrentar un riesgo significativo, podría haber motivado a numerosos consumidores a invertir una parte de sus ahorros en estos activos, especialmente en un contexto de tipos de interés bajos o incluso negativos. Lo que resulta evidente en la actualidad es que su uso como método de pago es limitado. Apenas un 0,6 por 100 de las personas

GRÁFICO 5
PERFIL SOCIOECONÓMICO DEL CRIPTOUSUARIO EN ESPAÑA

% Usuarios de encuestados que son poseedores de una criptomoneda



Fuentes: Encuesta ODF-Funcas y elaboración propia.

encuestadas habría adquirido criptomonedas con el propósito de utilizarlas en transacciones de comercio electrónico.

V. DETERMINANTES DE LA ADOPCIÓN DE LOS CRIPTOACTIVOS: EVIDENCIA EMPÍRICA

Como sugiere la literatura académica, la adopción de los criptoactivos está motivada por diversos factores. Aunque todos parecen ser importantes para predecir la adopción de los criptoactivos, resulta relevante conocer cuáles de estos determinantes tienen un mayor peso para convertirse en un criptousuario. El objetivo de esta sección reside en jerarquizar la importancia de las diversas categorías de factores que explican la adopción de los criptoactivos. Para ello, se emplean técnicas de *machine learning* ya que, como ha demostrado la literatura académica, tienen una mejor capacidad predictiva que las técnicas econométricas tradicionales. Además, permiten ordenar la importancia relativa de los distintos determinantes que contribuyen a predecir un resultado.

1. Un enfoque basado en *machine learning*

Con el objetivo de identificar los factores que mejor pronostican la adopción de los criptoactivos, se emplea una técnica de aprendizaje automático (*machine learning*). En concreto, el potencial de los algoritmos para revelar patrones en un amplio conjunto de datos hace que el aprendizaje automático comience a ser utilizado en las investigaciones económicas (Alonso-Robisco y Carbó, 2022; Barboza, Kimura y Altman, 2017; Carbo-

Valverde, Cuadros-Solas y Rodríguez-Fernández, 2020; Carmona, Climent y Momparler, 2019; Chen, Wu y Yang, 2019; Tanaka, Kinkyo y Hamori, 2016; Tiffin, 2019, entre otros). La implementación de estas metodologías puede complementar a los modelos econométricos en la identificación de patrones de comportamiento que podrían estar menos evidentes. De hecho, existe evidencia de que las técnicas de aprendizaje automático son apropiadas y eficaces en investigaciones sobre el comportamiento de los consumidores, dado que son capaces de descubrir patrones de cierta complejidad (Bajari *et al.*, 2015).

De entre estas técnicas, destaca la utilización del *random forest*, ya que, en comparación con otros algoritmos de *machine learning* supervisados, presenta un conjunto de ventajas metodológicas. Se trata de una técnica que se caracteriza por ser sencilla de comprender, confiable y que generalmente arroja resultados consistentes en comparación con los obtenidos mediante otras metodologías de aprendizaje automático. Puede gestionar una gran cantidad de factores predictores sin eliminar ninguno de ellos. Además, tiene la capacidad de identificar cuáles de ellos son los más significativos, lo que la hace útil para reducir la cantidad de variables utilizadas en una investigación, lo que se conoce como reducción de la dimensionalidad. Y por último, en muy diferentes contextos ha revelado ser la técnica con un mayor grado de fiabilidad (mayor porcentaje de predicciones correctas) (Bajari *et al.*, 2015; Carbó-Valverde, Cuadros-Solas, Rodríguez-Fernández, 2020; Fernández-Delgado, Cernadas y Barro, 2014).

Metodológicamente, se trata de un algoritmo de *machine learning* supervisado basado en la combinación de varios (muchos) árboles de decisión. Dicho algoritmo genera un bosque de muchos árboles. Teniendo un conjunto N observaciones diferentes, el algoritmo elige una muestra N aleatoria con reemplazamiento. En la formación de los árboles de decisión, para cada nodo del árbol, se seleccionan m variables al azar de forma independiente entre todas las M variables posibles. Luego, en las m variables seleccionadas, encuentra la mejor división. El algoritmo hace crecer cada árbol en la mayor medida posible. Este proceso se repite en todos los árboles del conjunto siendo la predicción resultante la clase (o categoría) más votada entre todos los árboles del bosque.

2. ¿Qué tipo de factores predicen mejor la adopción de los criptoactivos?

En total, la encuesta sobre adopción de criptoactivos recoge información sobre un total de 72 características sobre los encuestados. De acuerdo con la literatura, estas características pueden ser agrupadas en cinco tipología de factores:

- *Socioeconómicas*: hacen referencia a aspectos socioeconómico y demográficos (por ejemplo, sexo, población, nivel de ingresos, nivel de estudios).
- *Perceptuales*: recogen un conjunto de factores sobre la percepción que el individuo acerca del canal digital (ejemplo: percepción acerca de la dificultad para realizar determinadas actividades con el móvil u ordenador). De una

manera específica se refieren a la percepción del individuo sobre el canal digital, puesto que la tenencia de los criptoactivos se realiza a través del mismo, principalmente con una billetera digital o *wallet*.

- **Conductuales:** incluyen toda aquella información relativa a la realización de determinadas conductas o actividades por parte de los encuestados (por ejemplo, frecuencia con la que acude a su entidad bancaria, porcentaje de pagos que realiza en medios distintos al efectivo o la diligencia para protegerse frente a amenazas cibernéticas).
- **Aptitudinales:** hacen referencia a la capacidad/habilidad que tiene cierta persona para poder desempeñarse competentemente en una actividad (por ejemplo, habilidad para descargar una aplicación en su móvil sin ayuda de familiares o amigos).
- **Relacionales (banco):** factores referidos a la relación/afección que el individuo tiene con el sector bancario, en particular, con su entidad financiera de referencia (por ejemplo, porcentaje de operaciones que realiza con su entidad financiera principal). En particular, se examina la relación con el sector bancario, ya que las criptomonedas, como activos descentralizados, se han percibido por muchos usuarios como la contraposición a los sistemas centralizados que suponen los intermediarios financieros.

Para tratar de discriminar cuáles son aquellos factores que predicen mejor si un encuestado es criptousuario, utilizando un modelo de *random forest* (con

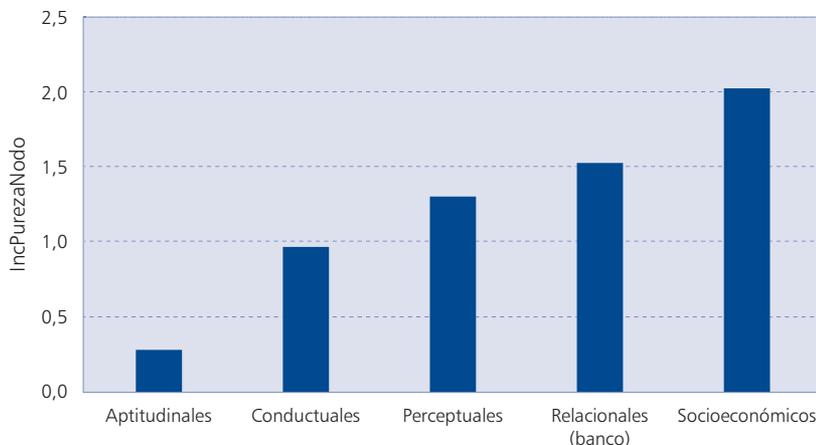
5.000 árboles), se utilizan dos métricas capaces de indicar la importancia relativa de cada factor para predecir si un individuo es un criptousuario:

- **Incremento en la pureza del nodo (*IncPurezaNodo*).** La pureza del nodo, en el contexto de los árboles de decisión, se refiere al nivel de homogeneidad de los datos en un nodo del árbol. Ya que el objetivo principal de un algoritmo de árbol de decisión es encontrar divisiones que hagan que los datos sean más homogéneos en los nodos resultantes (aumentar la pureza de los nodos), cuanto mayor es el incremento en la pureza, mayor es su relevancia para conseguir un nodo homogéneo.
- **Porcentaje de incremento del error cuadrático medio (por 100 *IncMSE*).** El error cuadrático medio mide el promedio de los cuadrados de las diferencias entre las predicciones del modelo y los valores reales. Un valor bajo indica un

mejor ajuste del modelo a los datos. El porcentaje de incremento del error cuadrático refleja la diferencia entre el error cuadrático del modelo y el error cuadrático cuando para cada variable individual se permutan aleatoriamente los valores de esa variable en el conjunto de datos. El valor se calcula como la diferencia entre el error cuadrático medio antes y después de la permutación, dividido por el error cuadrático medio antes de la permutación, y se expresa como un porcentaje. Un valor alto para una variable indica que esa variable tiene una influencia importante en la capacidad del modelo para hacer predicciones precisas.

Para cada una de las cinco categorías –socioeconómicas, perceptuales, conductuales, relacionales y aptitudinales– calculamos la media de cada una de las dos métricas. El objetivo es conocer qué tipo de factores son los más relevantes para cada una de las tipología de factores.

GRÁFICO 6
INCREMENTO EN LA PUREZA DEL NODO DE LOS TIPOS DE FACTORES QUE PREDICEN SER UN CRIPTOUSUARIO



Fuentes: Encuesta ODF-Funcas y elaboración propia.

Los gráficos 6 y 7 recogen los resultados del análisis. Como puede observarse, los factores más relevantes para predecir la tenencia de criptoactivos son los relativos a las características socioeconómicas de los individuos. Así se evidencia para ambas métricas. Atendiendo a las dos métricas empleadas, dichos factores son entre un 30 por 100 y un 50 por 100 más relevantes que los que ocupan la segunda posición en importancia. En concreto, un análisis individualizado de los determinantes refleja que cuestiones como la edad, el género, el nivel de ingresos y el nivel de educación financiera son los que tienen la mayor capacidad predictiva. Estos resultados estarían en línea con todos aquellos estudios que resaltan el papel de los factores socioeconómicos en la adopción de los criptoactivos (Balutel *et al.*, 2022b; Fujiki, 2020; Hasso, Pelster y Breitmayer, 2019; Panos, Karkkainen y Atkinson, 2020).

A tenor del análisis, los factores perceptuales y relacionales

ocupan un papel similar, pero secundario, en la adopción de los criptoactivos. El grado de afección de los individuos con el sector bancario, aunque es relevante, parece no ser lo más importante para explicar la tenencia de activos digitales. Este resultado parece sugerir que no solo aquellos usuarios que pueden estar desencantados con el sistema financiero tradicional, y que por tanto son más reticentes a adoptar activos descentralizados, serían los que adoptarían los criptoactivos. En un tercer escalón se sitúan los factores conductuales, aunque dichos factores en su conjunto tendrían casi la mitad de poder predictivo que los determinantes socioeconómicos. Por su parte, en ambos gráficos se aprecia como los factores aptitudinales tienen un peso muy reducido a la hora de predecir si un individuo adquiere criptomonedas.

En resumen, estos resultados sugieren la mayor relevancia de los elementos socioeconómicos para predecir en qué grado un individuo puede convertirse en

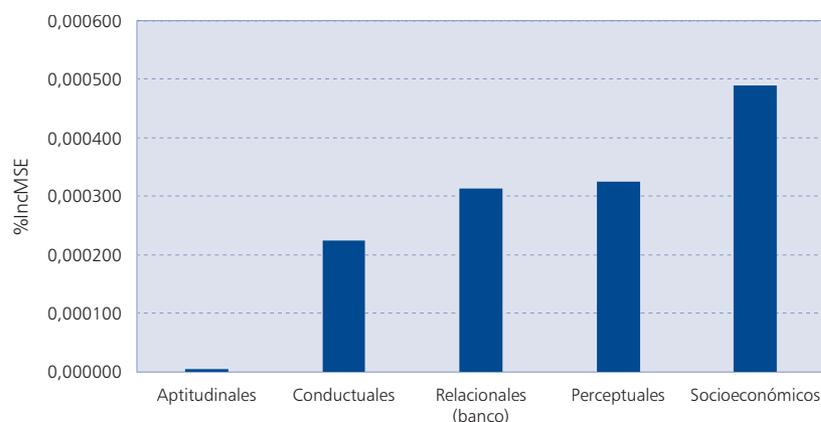
un criptousuario. El resto de los factores perceptuales, relacionales y conductuales, aunque también son relevantes, tienen una menor capacidad predictiva.

VI. CONCLUSIONES

A medida que los criptoactivos se consolidan como una nueva tipología de activos capaces de atraer los recursos de los ahorradores, se viene observando la existencia de interconexiones entre los criptomercados, los mercados financieros tradicionales y el ciclo económico. De hecho, el cambio en la inflación y la normalización de tipos que se ha producido en un contexto pospandémico han puesto de manifiesto la interrelación que existe entre la política monetaria y la evolución de los criptomercados, tanto en lo relativo al precio de las principales criptomonedas como a su adopción por parte de los inversores institucionales e individuales.

El presente artículo examina la evolución reciente de los criptoactivos y su grado de adopción prestando un particular interés en analizar la relación existente entre tipos de interés (política monetaria), el precio de los criptoactivos y su adopción. En particular, en el artículo se profundiza en cómo la evolución de los tipos de interés durante las últimas décadas, y en particular a raíz de entrar en un contexto pospandémico, puede explicar la evolución en el precio de los criptoactivos y del volumen de criptousuarios. A su vez, en el artículo también se propone un estudio empírico para analizar qué tipología de factores son los más relevantes para explicar la adopción de los activos digitales.

GRÁFICO 7
INCREMENTO EN EL ERROR CUADRÁTICO MEDIO DE LOS TIPOS DE FACTORES QUE PREDICEN SER UN CRIPTOUSUARIO



Fuentes: Encuesta ODF-Funcas y elaboración propia.

Como resultado de esta investigación se evidencia una correlación negativa entre la evolución de los tipos de interés y el precio de los criptoactivos. A su vez, también se evidencia una correlación negativa entre los tipos de interés y la adopción de los criptoactivos. Las subidas de tipos de interés oficiales van acompañadas de caídas en las valoraciones de los criptoactivos, así como de una reducción en el volumen de criptousuarios. Además, usando una reciente encuesta sobre adopción de criptoactivos en España, el artículo también contribuye a documentar el perfil típico de un inversor en estas monedas digitales y los factores más relevantes para predecir su tenencia. Se encuentra que el criptousuario se corresponde mayoritariamente con un individuo joven, generalmente hombre, que está estudiando o trabajando, disfruta de un ingreso mensual elevado y reside en áreas urbanas de gran tamaño. Por otra parte, se encuentra que frente a otro tipo de factores (perceptuales, conductuales, actitudinales o relacionales) son las características socioeconómicas de los individuos –edad, el género, el nivel de ingresos y el nivel de educación financiera– los que contribuyen en mayor medida a predecir la adopción de los criptoactivos.

NOTAS

(1) En noviembre de 2022, la plataforma de compraventa de criptoactivos FTX anunciaba su quiebra al no poder superar sus problemas de liquidez. Las sucesivas investigaciones que se han ido realizando revelan la existencia de una mala gestión por parte de su fundador.

(2) La primera subida de tipos de interés tuvo lugar en marzo de 2022 por parte de la Reserva Federal. Por su parte, el Banco Central Europeo acometió la primera subida de tipos en julio de 2022.

(3) La encuesta fue realizada entre el 30 de noviembre y el 23 de diciembre de 2021.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO-ROBISCO, A. y CARBÓ, J. M. (2022). Can machine learning models save capital for banks? Evidence from a Spanish credit portfolio. *International Review of Financial Analysis*, 84(July). <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102372>

AUER, R., CORNELLI, G., DOERR, S., FROST, J. y GAMBACORTA, L. (2022). Crypto trading and bitcoin price: evidence from a new database of retail adoption. *BIS Working Papers*, n.º 1049. Bank for International Settlements.

BAJARI, P., NEKIPELOV, D., RYAN, S. P. y YANG, M. (2015). Machine Learning Methods for Demand Estimation. *American Economic Review*, 105(5), pp. 481-485.

BALUTEL, D., FELT, M., NICHOLLS, G. y VOIA, M. (2022a). Bitcoin Awareness, Ownership and Use: 2016 – 20. *Bank of Canada Staff Discussion Paper*, n.º 2022-10.

BALUTEL, D., HENRY, C., VÁSQUEZ, J. y VOIA, M. (2022b). Bitcoin adoption and beliefs in Canada. *Canadian Journal of Economics*, 55 (November 2022), pp. 1729-1761. <https://doi.org/10.1111/caje.12620>

BARBOZA, F., KIMURA, H. y ALTMAN, E. (2017). Machine learning models and bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, 83, pp. 405-417. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.04.006>

BHIMANI, A., HAUSKEN, K. y ARIF, S. (2022). Do national development factors affect cryptocurrency adoption? *Technological Forecasting & Social Change*, 181 (August 2021), 121739. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121739>

BÖYÜKASLAN, A. y ECER, F. (2021). Determination of drivers for investing in cryptocurrencies through a fuzzy full consistency method-Bonferroni (FUCOM-F'B) framework. *Technology in Society*, 67 (September). <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101745>

CARBÓ-VALVERDE, S., CUADROS-SOLAS, P. y RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, F. (2020). A machine learning approach to the digitalization of bank customers: Evidence from random and causal

forests. In *PLoS ONE* (Vol. 15, Issue 10 October). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240362>

CARBÓ-VALVERDE, S., CUADROS-SOLAS, P. J. y RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, F. (2023). Cryptocurrency ownership and biases in perceived financial literacy (July 14, 2023). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4509931> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4509931>

CARMONA, P., CLIMENT, F. y MOMPALER, A. (2019). Predicting failure in the U.S. banking sector: An extreme gradient boosting approach. *International Review of Economics and Finance*, 61 (September 2017), pp. 304-323. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2018.03.008>

CHEN, M. A., WU, Q. y YANG, B. (2019). How Valuable Is FinTech Innovation? *Review of Financial Studies*, 32(5), pp. 2062-2106. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhy130>

CNMV (2022). *Estudio sobre las criptomonedas y la efectividad de las medidas impulsadas por la CNMV*.

ECB (2022). *Financial Stability Review*. May 2022, pp. 1-125.

FERNÁNDEZ-DELGADO, M., CERNADAS, E. y BARRO, S. (2014). Do we Need Hundreds of Classifiers to Solve Real World Classification Problems? *Journal of Machine Learning Research*, 15, pp. 3133-3181. <https://doi.org/10.1080/13216597.1999.9751892>

FUJIKI, H. (2020). Who adopts crypto assets in Japan? Evidence from the 2019 financial literacy survey. *Journal of The Japanese and International Economies*, 58 (July), 101107. <https://doi.org/10.1016/j.jjie.2020.101107>

FUJIKI, H. (2021). Crypto asset ownership, financial literacy, and investment experience. *Applied Economics*, 53(39), pp. 4560-4581. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1904125>

GLASER, F., ZIMMERMANN, K., HAFERKORN, M., WEBER, M. C. y SIERING, M. (2014). Bitcoin – Asset or Currency? Revealing Users' Hidden Intentions (April 15, 2014). *ECIS 2014* (Tel Aviv), Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2425247>

<p>HACKETHAL, A., HANSPAL, T., LAMMER, D. M. y RINK, K. (2022). The Characteristics and Portfolio Behavior of bitcoin Investors: Evidence from Indirect Cryptocurrency Investments. <i>Review of Finance</i>, December 2021, pp. 855-898.</p> <p>HASSO, T., PELSTER, M. y BREITMAYER, B. (2019). Who trades cryptocurrencies, how do they trade it, and how do they perform? Evidence from brokerage accounts. <i>Journal of Behavioral and Experimental Finance</i>, 23, pp. 64-74. https://doi.org/10.1016/j.jbef.2019.04.009</p> <p>HENRY, C. S., HUYNH, K. P., NICHOLLS, G. y NICHOLSON, M. W. (2019). 2018</p>	<p>bitcoin Omnibus Survey: Awareness and Usage. <i>Bank of Canada Staff Discussion Paper</i>, n.º 2019-10.</p> <p>PANOS, G. A., KARKKAINEN, T. y ATKINSON, A. (2020). Financial Literacy and Attitudes to Cryptocurrencies. <i>Working Papers in Responsible Banking & Finance WP</i>, n.º 20-002.</p> <p>STIX, H. (2021). Ownership and purchase intention of crypto – assets: survey results. In <i>Empirica</i> (Vol. 48, Issue 1). Springer US. https://doi.org/10.1007/s10663-020-09499-x</p> <p>TANAKA, K., KINKYO, T. y HAMORI, S. (2016). Random forests-based early</p>	<p>warning system for bank failures. <i>Economics Letters</i>, 148, pp. 118-121. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.09.024</p> <p>TIFFIN, A. (2019). Machine Learning and Causality: The Impact of Financial Crises on Growth. <i>IMF Working Paper</i>, 19(228).</p> <p>ZHAO, H. y ZHANG, L. (2021). Financial literacy or investment experience: which is more influential in cryptocurrency investment? <i>International Journal of Bank Marketing</i>, 39(7), pp. 1208-1226. https://doi.org/10.1108/IJBM-11-2020-0552</p>
--	---	--