



VNIVERSIDAD D SALAMANCA

Facultad de Economía y Empresa

Grado en Economía

Curso 2022/2023

DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO DE UNA CRIPTOMONEDA: EL BITCOIN

Realizado por: Javier Andrade Hurtado

Tutelado por: Rebeca Jiménez Rodríguez

Salamanca, 25 de octubre de 2022



VNIVERSIDAD D SALAMANCA

Facultad de Economía y Empresa

Grado en Economía

Curso 2022/2023

DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO DE UNA CRIPTOMONEDA: EL BITCOIN

Realizado por: Javier Andrade Hurtado

Firma del autor

Tutelado por: Rebeca Jiménez Rodríguez

Salamanca, 25 de octubre de 2022

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fin de grado es analizar los principales determinantes del rendimiento de una criptomoneda como es el Bitcoin. Para ello, se toman las variables que en la literatura se consideran más relevantes en la determinación de las criptomonedas como son el precio del oro a futuros, el tipo de interés de Estados Unidos, el tipo de cambio nominal efectivo para Estados Unidos, el índice S&P 500 y el índice Nikkei 225. Se utiliza un VARX (Vector Autorregresivo con variables exógenas) con datos desde el 20 de julio de 2010 hasta el inicio de la invasión de Ucrania por parte de Rusia (23 de febrero de 2022). Los resultados indican que la única variable entre todas las analizadas que parece tener una influencia significativa sobre el rendimiento de Bitcoin es el rendimiento de S&P 500. Así, parece que el rendimiento de Bitcoin está determinado por factores intrínsecos más que por variables macroeconómicas y financieras.

ABSTRACT

The aim of this final dissertation is to analyze the main determinants of the returns of a cryptocurrency such as Bitcoin. In doing so, we use the variables that are considered the most relevant in the related literature for the determination of cryptocurrencies, which are the price of gold futures, the interest rate of the United States, the effective nominal exchange rate for the United States, the index S&P 500 and the Nikkei 225 index. We use a VARX (Vector Autoregressive model with exogenous variables) with data from July 20, 2010 until the beginning of the invasion of Ukraine by Russia (February 23, 2022). The results indicate that the only variable among all those analyzed that seems to have a significant influence on Bitcoin returns is S&P 500 returns. Therefore, it seems that Bitcoin returns are determined by intrinsic factors rather than macroeconomic and financial variables.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	4
3. DATOS Y METODOLOGÍA	7
4. MODELO ESTIMADO	14
5. CONCLUSIONES.....	16
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contraste de raíz unitaria.....	12
Tabla 2: Estadísticos descriptivos	13
Tabla 3: Descomposicion de la varianza de los rendimientos de Bitcoin	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Bitcoin en dólares estadounidenses	9
Figura 2: Precio del oro (futuros) en dólar estadounidense.....	9
Figura 3: Índice S&P500	10
Figura 4: Índice Nikkei 225.....	10
Figura 5: Tipo de interés.....	11
Figura 6: Tipo de cambio nominal efectivo – Índice nominal amplio del dólar estadounidense.....	11
Figura 7: Respuesta acumulada	15

1. INTRODUCCIÓN

El origen de las criptomonedas tiene su base en la creación de Bitcoin en 2008. En este año, un autor (o autores) bajo el pseudónimo de Satoshi Nakamoto creó (crearon) el protocolo Bitcoin indicado en el artículo “Bitcoin: Un Sistema de Efectivo Electrónico de Igual a Igual”. La idea detrás de ello era mantener la privacidad de los usuarios en internet y eliminar los intermediarios financieros en los diferentes sistemas de pago. Esta propuesta fue, en realidad, una propuesta de cambio al sistema financiero mundial y estaba basada en tres principios: descentralización, seguridad y privacidad (Guaita y Carracedo, 2019).

El Banco Central Europeo en su informe de 2015 (BCE, 2015) define a una criptomoneda como: “una representación digital de valor, no emitida por un banco central, entidad de crédito o una institución de dinero electrónico, que, en algunas circunstancias, puede ser utilizada como una alternativa al dinero”. Otros organismos oficiales como la Comisión Nacional del Mercado de Valores y el Banco de España (CNMV & BdE, 2018) señalan que: “estas criptomonedas no están respaldadas por un banco central u otras autoridades públicas, aunque se presentan en ocasiones como alternativa al dinero de curso legal, si bien tienen características muy diferentes: (i) no es obligatorio aceptarlas como medio de pago de deudas u otras obligaciones; (ii) su circulación es muy limitada; y (iii) su valor oscila fuertemente, por lo que no pueden considerarse un buen depósito de valor ni una unidad de cuenta estable.”

Fuera de los organismos oficiales, la llamada “criptocomunidad” es el referente en criptomonedas. El principal periódico digital de habla hispana es Criptonoticias (<https://www.criptonoticias.com>) y en él podemos encontrar un glosario sobre este tema (<https://www.criptonoticias.com/criptopedia/glosario>), incluyendo una definición de criptomoneda: “moneda basada exclusivamente en la criptografía. A diferencia de las monedas emitidas por gobiernos y bancos centrales, se genera con la resolución de problemas matemáticos basados en criptografía. Su valor, no obstante, está sujeto a variación de precios, dependiendo de la oferta y demanda en los mercados.”

El estudio de los mercados de criptomonedas se ha intensificado desde mitad de segunda década del siglo XXI debido a la consideración de las criptomonedas como una nueva categoría de activos de inversión. Esta nueva categoría tiene características muy

particulares - alta volatilidad (Vandezande, 2017) y propensión a burbujas especulativas (Cheah y Fry, 2015)- que pueden debilitar la estabilidad financiera (Yarovaya *et al.*, 2016). Por ello, parece necesario analizar cuáles son los principales determinantes de los rendimientos de las criptomonedas, siendo nuestro interés estudiarlos para el “criptoactivo” que mayor capitalización de mercado tiene hasta la fecha, el Bitcoin.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fin de grado es analizar los principales determinantes del rendimiento del Bitcoin con datos desde el 20 de julio de 2010 hasta el inicio de la invasión de Ucrania por parte de Rusia (23 de febrero de 2022).

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Una rama de la literatura sobre las criptomonedas ha estudiado si las criptomonedas pueden ser consideradas como “dinero”. Está comúnmente aceptado que el dinero para ser considerado como tal tiene que tener tres propiedades: medio de cambio, unidad de cuenta y depósito de valor. Diversos investigadores han tratado de averiguar si las criptomonedas cumplen con estos criterios para ser consideradas dinero. Así, por una parte, Luther y White (2014) investigan si el Bitcoin se puede convertir en una moneda importante. Estos autores determinan que es poco utilizada para el pago de bienes y servicios y su valor es inestable, por lo que consideran que es principalmente un activo especulativo. Yermack (2015) no está de acuerdo con que el Bitcoin cumpla dos de las propiedades del dinero, ya que la excesiva volatilidad evita que cumpla la propiedad de ser depósito de valor y el hecho de cotizar a precios con bastantes decimales evita que satisfaga la propiedad de ser unidad de cuenta, pero indica que puede cumplir que sea usado como medio de intercambio puesto que puede haber personas dispuestas a aceptarlo. Por tanto, este autor está más en la línea de que es una inversión especulativa más que una moneda. Por otra parte, autores como Bjerg (2016) consideran las criptomonedas como dinero. En particular, para Bjerg (2016) la criptomoneda “es dinero mercancía sin oro, fiat sin dinero estado, y crédito sin deuda.” En la misma línea, Hazlett y Luther (2020) argumentan que el Bitcoin es dinero, aunque solo en un dominio relativamente pequeño en la actualidad.

Otra rama de literatura se preocupa de analizar las burbujas en los mercados de criptomonedas. Cheung *et al.* (2015) aplicaron la técnica de Phillips-Shi-Yu (2013a)

diseñada para detectar comportamiento explosivo estocástico de una serie de tiempo dada, ya que tal característica explosiva es comúnmente compartida por todas las burbujas. Durante el período (2010–2014), detectaron burbujas de corta duración, pero, lo más importante, encontraron tres burbujas enormes en la última parte del período (2011-2013). El estallido de estas burbujas coincidió con ciertos eventos importantes que ocurrieron en el mercado de Bitcoin. De la misma forma, Cheah y Fry (2015) usando la prueba de cointegración de Johansen detectaron que Bitcoin es tendente a las burbujas especulativas, y que un contenido importante de su precio está formado por burbuja. Geuder *et al.* (2019) estudian, a través de la metodología de Phillips *et al.* (2015) (PSY), el precio de Bitcoin centrándose en identificar y analizar cómo se comportan las burbujas. En particular, se basan en una especificación generalizada de la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF) e identifican posibles períodos de múltiples burbujas con sus fechas de origen y finalización. La metodología PSY asume que los precios de los activos durante las burbujas financieras muestran un comportamiento explosivo. Esto implica que el grado de no estacionariedad de los precios de los activos en un modelo de flujo de efectivo descontado no solo está controlado por la serie de dividendos y los fundamentos no observables, sino también por un proceso submartingala adicional que forma el componente de burbuja. Finalmente, Xiong *et al.* (2020) verificaron la burbuja de Bitcoin en función del coste de producción con la aplicación de modelos VAR (Vectores Autorregresivos) y LPPL (Ley de Potencia Periódica Logarítmica).

Una tercera rama de la literatura ha tratado de averiguar cómo responde Bitcoin como herramienta de diversificación, cobertura y refugio seguro. Así, Bouri *et al.* (2017) evaluaron la capacidad de cobertura de Bitcoin frente a la incertidumbre a través de regresiones de cuantil en cuantil basadas en wavelet, los resultados indicaron que Bitcoin podría servir como un diversificador eficaz y como cobertura en solo unos pocos casos, obteniendo que los resultados variaban entre diferentes regiones. Además, Bitcoin solo podría servir como un fuerte refugio seguro contra los movimientos bajistas extremos semanales en las acciones asiáticas. Stensås *et al.* (2019) estudian cómo actúa Bitcoin en diversas situaciones, utilizando países desarrollados y en desarrollo. Para ello, emplearon un modelo de correlación condicional dinámica de GARCH, y encontraron que Bitcoin actúa de cobertura para los inversores en países en desarrollo y como un diversificador para los inversores de los países desarrollados.

Una cuarta rama de la literatura se preocupa por la volatilidad de las criptomonedas. Bouri *et al.* (2017) examinan la rentabilidad de los precios y los cambios de volatilidad en Bitcoin después del desplome sufrido en 2013. Estos autores se dieron cuenta de que se mostraba una relación inversa significativa entre los shocks pasados y la volatilidad, lo que quería decir que los shocks positivos aumentaron la volatilidad más que los shocks negativos. Esto es contrario a lo que pasa en las acciones. Katsiampa (2017) compara varios modelos GARCH para explicar la volatilidad de Bitcoin y concluye que el mejor modelo es AR-CGARCH, en el cual la varianza condicional tiene gran importancia a corto y largo plazo. Conrad *et al.* (2018) utilizan el modelo GARCH-MIDAS, que pretende simular la volatilidad de Bitcoin en función de escenarios diferentes o la actividad económica mundial, para saber que componentes influyen en la volatilidad tanto a corto plazo como a largo plazo. Catania *et al.* (2018) estudian cómo responde la volatilidad de las criptomonedas a las noticias positivas o negativas, utilizan el modelo TGARCH y una medida de respuesta asimétrica de Baur y Dimpfl (2018), y llegan a la misma conclusión que Bouri *et al.* (2017).

Las criptomonedas pueden ser consideradas buenos vehículos de inversión debido a la capacidad de una moneda de convertirse en efectivo, es decir, a su liquidez. Así, una quinta rama de la literatura analiza si las criptomonedas son buenas herramientas de inversión. Corbet *et al.* (2018) analizan si las criptomonedas pueden ofrecer beneficios de diversificación para inversores con horizontes de inversión cortos. Gkillas y Katsiampa (2018) emplean la teoría del valor extremo para investigar el rendimiento de las cinco criptomonedas más grandes, concluyendo que Bitcoin y Litecoin tiene un menor riesgo de inversión que el resto de criptomonedas analizadas. Los hallazgos de este estudio les brinda a los inversores una óptima comprensión de las mejores opciones a la hora de invertir así como cuáles son las criptomonedas más susceptibles de burbuja. Tiwari *et al.* (2018) examinan si Bitcoin es eficiente, obteniendo que salvo en algunos periodos Bitcoin era eficiente.

Finalmente, otra rama de literatura evalúan las variables que determinan el precio de las criptomonedas. Kristoufek (2015) considera que, aunque sea considerado Bitcoin un activo especulativo, tiene propiedades de uso (como el uso en el comercio, el suministro de dinero y el nivel de precios) que determinan su valor a largo plazo. Otro determinante es el interés de los inversores en Bitcoin, que eleva el precio cuando tienen mucho interés y a la inversa cuando tienen poco. El autor concluye que Bitcoin tiene

tanto propiedades de un activo financiero estándar como de un activo especulativo. Ciaian *et al.* (2016) utilizan un modelo VAR para determinar cómo se forma el precio de Bitcoin. Estos autores encuentran que el atractivo para los inversores tiene un impacto significativo en el precio. Vieira (2017) analiza exhaustivamente la formación del precio de Bitcoin, incluyendo la volatilidad y algunos factores clave como S&P500, el precio del oro, el número de búsquedas en Wikipedia del término “Bitcoin”, las tarifas pagadas a los mineros, etc. Utiliza los modelos GARCH-en-media y Vector de Corrección del Error, y concluye que los choques negativos tienen un impacto más fuerte en la volatilidad que los positivos, y que existe una relación negativa entre el precio diario del oro y el precio de Bitcoin.

A pesar de esta extensa literatura, muy pocos estudios se han centrado en el análisis de los determinantes de los rendimientos de las criptomonedas. Janicki (2019) analiza Bitcoin, Ethereum, Litecoin y Ripple en el período 2013-2018, y utiliza variables que afectan a las propias criptomonedas, así como variables relacionadas con el entorno económico y financiero. Mediante el uso de especificaciones de tipo ARCH encuentra que los rendimientos del dólar siempre tienen una relación negativa con los rendimientos de cada criptomoneda y el valor en dólares de las transacciones diarias siempre tiene una relación positiva con los rendimientos de cada criptomoneda.

3. DATOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo es analizar los determinantes de los rendimientos de una de las criptomonedas más relevantes, el Bitcoin, por lo que necesitamos datos diarios de las variables que se consideran en la literatura relacionada más importantes en la determinación de las criptomonedas como son el precio a futuro del oro, el tipo de interés de Estados Unidos, el tipo de cambio nominal efectivo para Estados Unidos, el índice S&P 500 y el índice Nikkei 225.

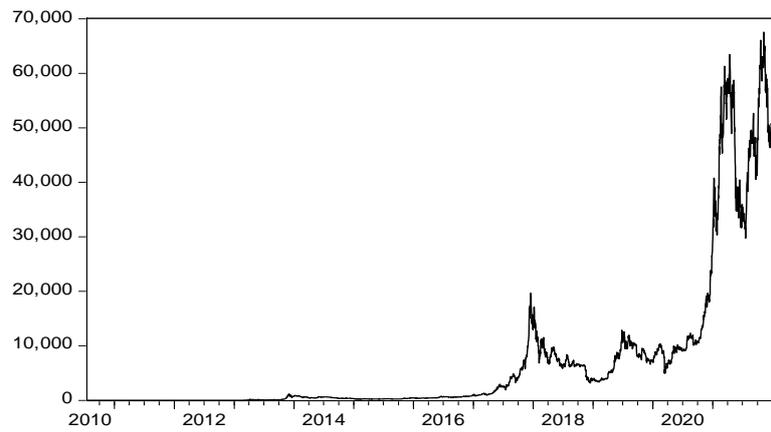
Los datos que se han considerado son diarios y dado que no existe una base de datos única para la obtención de todos los datos necesarios, se ha recurrido a diferentes bases. La muestra común para las diferentes variables va desde el 19 de julio de 2010 hasta el 23 de febrero de 2022 (antes de la invasión rusa en Ucrania). Hay que considerar el

hecho de que el Bitcoin cotiza diariamente las 24 horas del día mientras que el resto de las variables consideradas (menos el tipo de interés) lo hacen regularmente de lunes a viernes no festivos en un horario comprendido entre las 9:30-16:00 (hora local apertura y cierre), menos el Nikkei 225 que lo hace entre las 9:00-15:00 (hora local apertura y cierre). El tipo de interés es diario toda la semana. Por tanto, se ha homogeneizado para la estimación la muestra de tal forma que sólo se consideren los días en que hay datos para todas las variables.

El precio de Bitcoin fue obtenido de Coinmetrics (<https://charts.coinmetrics.io/network-data/>), con datos diarios para el periodo 18.07.2010-23.02.2022. El precio a futuros del oro fue descargado de Investing.com (<https://es.investing.com/commodities/gold>) para el periodo 19.07.2010- 23.02.2022. Tanto el índice S&P 500 como el índice Nikkei 225 fueron obtenidos de Yahoo! Finance (<https://es.finance.yahoo.com/quote/%5EGSPC/> y <https://es.finance.yahoo.com/quote/%5En225/>, respectivamente) para el periodo 19.07.2010- 23.02.2022. Tanto el tipo de interés como el tipo de cambio efectivo nominal son los reportados por la Reserva Federal de Estados Unidos en la base FRED (<https://fred.stlouisfed.org/series/DFE> y <https://fred.stlouisfed.org/series/DTWEXBGS>, respectivamente) para los periodos 18.07.2010- 23.02.2022 y 19.07.2010- 23.02.2022, respectivamente.

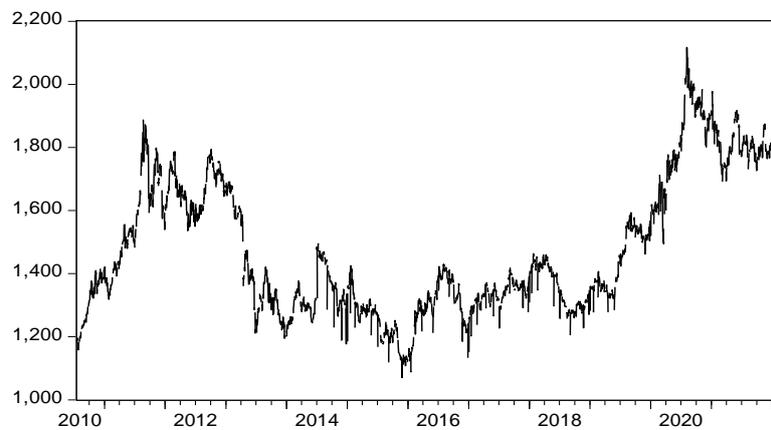
Las Figuras 1-6 muestran la evolución a lo largo del tiempo de los niveles de las seis variables consideradas en este trabajo. En ellas, se observa que el precio de Bitcoin, el índice S&P 500, el índice Nikkei225 y el tipo de cambio efectivo nominal parecen tener una tendencia creciente a lo largo del tiempo. Sin embargo, en el caso del precio de Bitcoin esa tendencia parece ser muy inestable, con grandes movimientos al alza y a la baja. Los índices S&P 500 y Nikkei225 parecen tener un crecimiento sostenido y relativamente estable, mientras que el crecimiento del tipo de cambio efectivo nominal parece ser más lento y menos estable. El precio a futuros de oro y el tipo de interés parecen haberse mantenido bastante estables desde el inicio de los datos. En el precio a futuros del oro, se observa un periodo entre 2012 y 2019 en el que se mantuvo estable con pequeñas bajadas y subidas para luego repuntar en 2020 como consecuencia del Covid-19. El tipo de interés repuntó entre 2016 y 2018 para luego mantenerse desde 2020 en un nivel similar al de la primera mitad de la segunda década del siglo XXI.

Figura 1: Bitcoin en dólares estadounidenses



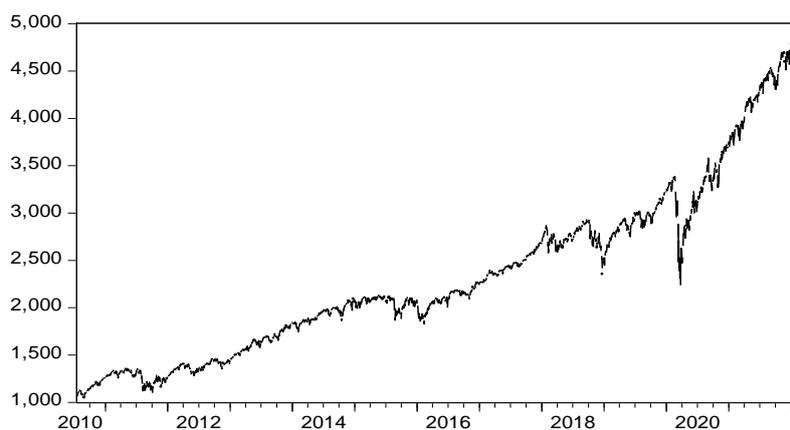
Nota: Precio diario en dólares estadounidenses para Bitcoin descargado de <https://charts.coinmetrics.io/network-data/> (18.07.2010- 23.02.2022).

Figura 2: Precio del oro (futuros) en dólar estadounidense



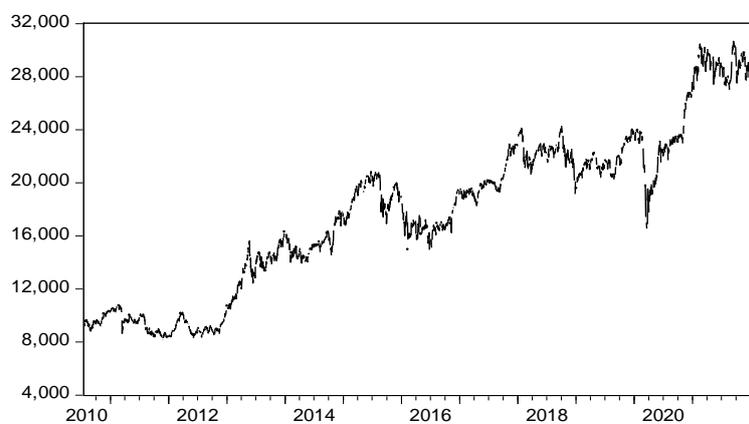
Nota: Precio diario en dólares estadounidenses de los futuros de oro descargado de <https://es.investing.com/commodities/gold> (19.07.2010- 23.02.2022).

Figura 3: Índice S&P500



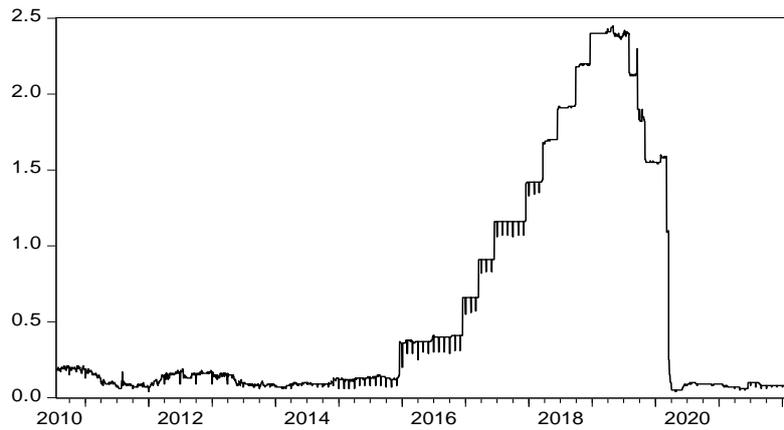
Nota: Índice Standard and Poor's 500 (SNP Precio en tiempo real. Divisa en USD) descargado de <https://es.finance.yahoo.com/quote/%5EGSPC/> (19.07.2010- 23.02.2022)

Figura 4: Índice Nikkei 225



Nota: Índice Nikkei 225 del mercado japonés (Osaka Precio demorado. Divisa en JPY) descargado de <https://es.finance.yahoo.com/quote/%5En225/> (19.07.2010- 23.02.2022).

Figura 5: Tipo de interés



Nota: Tipo de interés diario de la Reserva Federal de los Estados Unidos de América <https://fred.stlouisfed.org/series/DFE> (18.07.2010- 23.02.2022).

Figura 6: Tipo de cambio nominal efectivo – Índice nominal amplio del dólar estadounidense



Nota: Tipo de cambio nominal efectivo, índice nominal amplio diario del dólar estadounidense descargado de <https://fred.stlouisfed.org/series/DTWEXBGS> (19.07.2010- 23.02.2022).

Tabla 1: Contraste de raíz unitaria

	Niveles		Primeras diferencias
	Cte. y Tendencia	Constante	Constante
Bitcoin	-1.947416 (0.6291)	-0.788008 (0.8219)	-6.494533*** (0.0001)
Futuros Oro	-3.996430*** (0.0089)	-3.429743*** (0.0101)	-4.753123*** (0.0001)
S&P500	-1.789654 (0.7097)	0.266249 (0.9765)	-4.505474*** (0.0001)
Nikkei225	-2.399643 (0.3796)	-1.444030 (0.5619)	-4.238259*** (0.0000)
Tipo de interés	-0.631331 (0.9767)	-0.958361 (0.7698)	-6.910696*** (0.0001)
Tipo de cambio	-1.724326 (0.7404)	-0.928498 (0.7796)	-3.704869*** (0.0000)

Notas: La muestra es desde 19.07.2010 hasta 23.02.2022 para las variables en niveles y un periodo más tarde para las variables en primeras diferencias. La selección del retardo óptimo usado para el contraste de raíz unitaria de Perron se realiza automáticamente en EViews considerando un número máximo posible de retardos de 30. Entre paréntesis aparece el p-valor asociado al estadístico de contraste. Uno/dos/tres asteriscos denotan el rechazo de la hipótesis nula al 10%/5%/1% de significatividad. Los valores críticos usados para el contraste de raíz unitaria de Perron son los siguientes: (a) Modelo con constante y tendencia: -3.962139 (10%), -3.411813 (5%) y -3.127796 (1%); y (b) Modelo con constante: -3.433070 (10%), -2.862628 (5%) y -2.567395 (1%).

En la Tabla 1 se observa que todas las variables en niveles menos el precio del oro a futuros son integradas de orden 1, $I(1)$, mientras que en primeras diferencias son integradas de orden 0 (es decir, estacionarias). El precio del oro a futuros en niveles es $I(0)$. Para facilitar la interpretación de resultados, se ha decidido introducir todas las variables menos el tipo de interés en primeras diferencias logarítmicas, que se multiplican por 100 para interpretarlas como cambios porcentuales, mientras que se toma las primeras diferencias del tipo de interés.

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos de los rendimientos de cinco de las variables consideradas y del diferencial de tipos de interés. Se observa que la volatilidad más elevada es la del rendimiento de Bitcoin con un 5.5 %, llegando a ser cinco veces superior a la volatilidad del rendimiento de los índices bursátiles considerados y del rendimiento del oro a futuros. Se encuentra que la asimetría es negativa en todas las variables menos en la referida a los tipos de cambio, que es positiva. Esto nos dice que

cuando hay resultados negativos son muy extremos. Se observa también que la existencia de leptocurtosis, ya que la curtosis encontrada excede el valor de curtosis de la distribución normal. Finalmente, el contraste de Jarque-Bera, cuya hipótesis nula es que se distribuye como una distribución normal, indica que se rechaza la hipótesis nula en todos los casos.

Tabla 2: Estadísticos descriptivos

	MEDIA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO	DESV.EST.	CURTOSIS	JARQUE-BERA	ASIMETRÍA
R.BITCOIN	0.325	0.230	39.587	-66.494	5.581	22.101	31267.9	-0.889
R.DGOLD	0.009	0.023	4.968	-6.597	0.986	7.342	1678.83	-0.474
R.SP500	0.059	0.076	8.968	-9.994	1.054	15.538	13374.3	-0.229
R.NIKKEI225	0.017	0.045	7.731	-10.575	1.296	9.564	3761.00	-0.541
DIF.FFER	-0.000	0.000	0.250	-0.500	0.026	118.428	1134568	-2.765
R.T.CAMBIO	-0.001	-0.010	1.896	-2.088	0.323	7.491	1737.71	0.266

Nota: Esta tabla recoge los estadísticos descriptivos de los rendimientos de cinco de las variables consideradas y del diferencial de tipos de interés.

Para investigar cuáles son los principales determinantes del rendimiento de Bitcoin que se han señalado en la literatura relacionada, se utiliza un modelo VAR (Vector Autorregresivo), el cual incluye el rendimiento de Bitcoin, S&P 500, Nikkei 225, oro a futuros y del tipo de cambio nominal efectivo, así como las primeras diferencias del tipo de interés (es decir, el diferencial de tipos de interés). Además, para evitar una posible distorsión de los resultados por la presencia de algún evento notorio, se introducen tres variables *impulse dummy*¹ como variables exógenas. Específicamente, se introducen las variables *dummy* referidas a las siguientes fechas: 11.06.2011 (una subida notable de tipos de cambio) (denotando esta variable *dummy* como D_{1t}); 11.04.2013 (saturación del Exchange Mt.Gox) (denotando esta variable *dummy* como D_{2t}) y

¹ Una variable *impulse dummy* toma el valor 1 en la fecha que se produzca un determinado evento y 0 para el resto de fechas.

12.03.2020 (confinamiento global por el COVID-19) (denotando esta variable dummy como D_{3t}). La forma reducida del VAR(p) con variables exógenas es la siguiente:

$$Y_t = c + \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-2} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + \theta_1 D_{1t} + \theta_2 D_{2t} + \theta_3 D_{3t} \varepsilon_t,$$

con Y_t siendo el vector columna que contiene la t -ésima observación de las seis variables endógenas, c el vector columna de constantes, Φ_j la matriz de coeficientes autorregresivos y ε_t siendo la generalización de un proceso de ruido blanco. El número de retardos considerados en el VAR es 2.

Se analizará cómo responde el rendimiento de Bitcoin a cambios en el rendimiento de los índices S&P500 y Nikkei225, del oro a futuros y del tipo de cambio nominal efectivo para Estados Unidos, así como a cambios en el diferencial de tipos de interés para Estados Unidos. Para ello, se considerarán las funciones impulso-respuesta, usando la descomposición de Cholesky y considerando el siguiente orden de las variables incluidas en el VARX: R.Bitcoin, R.Gold, R.SP&500, R.Nikkei225, Dif.ffer y R.T.Cambio. Además, se considerará la descomposición de la varianza del error de predicción para determinar qué parte de la volatilidad relativa al rendimiento de Bitcoin es explicada por los *shocks* en las otras variables consideradas.

4. RESULTADOS

La Figura 7 muestra que cuando aumenta el rendimiento del oro a futuros, el rendimiento de Bitcoin es mayor, siendo la respuesta concentrada en los dos primeros días después del aumento. Sin embargo, este efecto no es estadísticamente significativo.

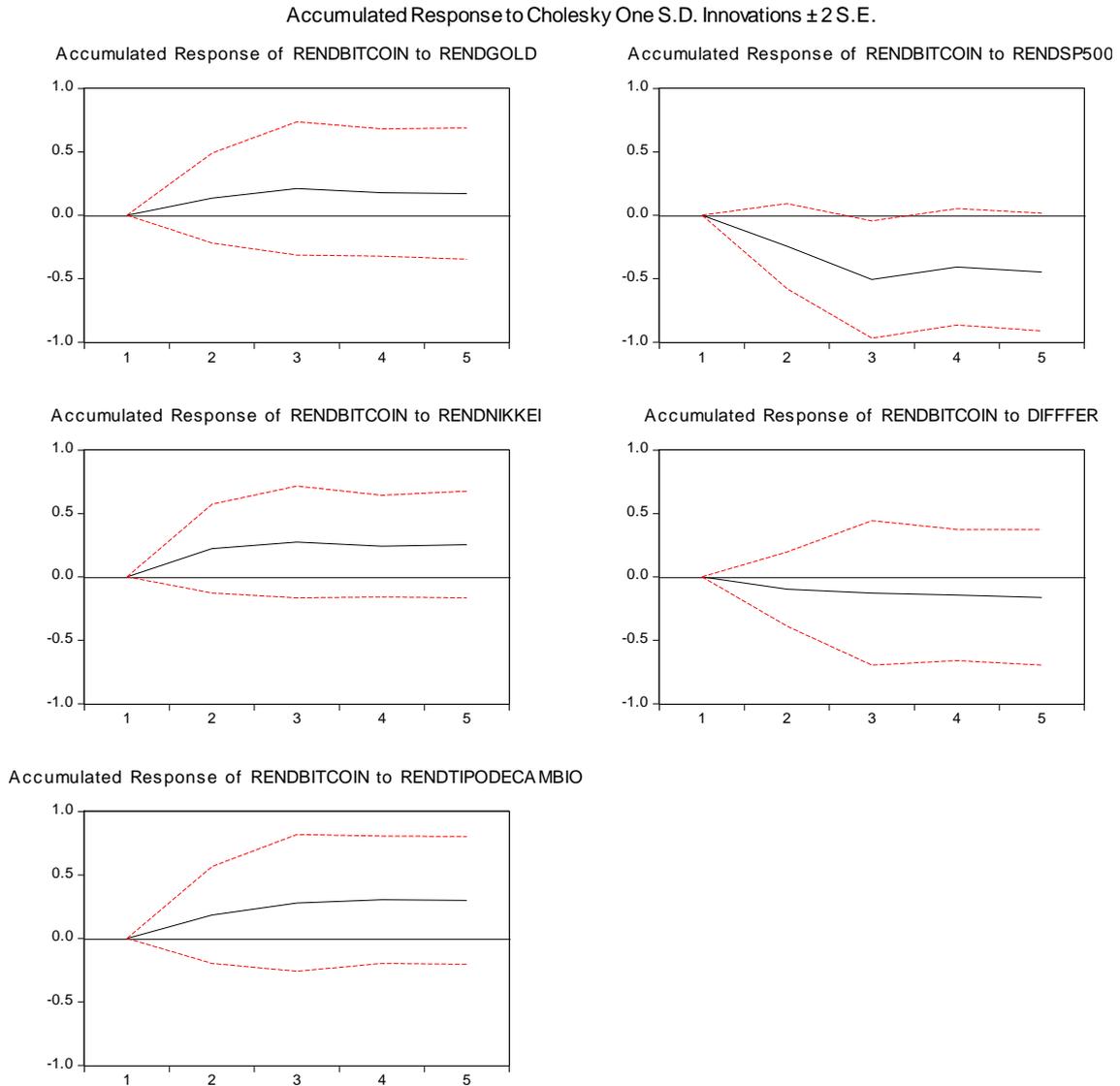
Un mayor rendimiento del S&P 500 merma el rendimiento de Bitcoin, con un impacto negativo estadísticamente significativo dos días después del aumento en el rendimiento del S&P 500.

Un rendimiento del Nikkei 225 más alto tiene un impacto positivo, pero no estadísticamente significativo, sobre el rendimiento de Bitcoin.

Cuando el diferencial de tipos de interés de Estados Unidos se incrementa, el rendimiento de Bitcoin disminuye, pero esta disminución no es estadísticamente

significativa. Finalmente, el rendimiento de Bitcoin aumenta ante una subida en el tipo de cambio nominal efectivo para Estados Unidos, aunque no de forma significativa.

Figura 7: Respuesta acumulada



Nota: Esta Figura recoge la respuesta acumulada de la variable Bitcoin a *shocks* de las diferentes variables. El 1 del eje abscisas se refiere a la respuesta contemporánea, mientras que el 2 se refiere a un periodo después del *shock* y así sucesivamente. El intervalo de confianza se ha obtenido a través de Montecarlo con 10.000 repeticiones.

La Tabla 3 muestra la descomposición de la varianza del error de predicción del rendimiento de Bitcoin. Se aprecia que la volatilidad del rendimiento de Bitcoin es

explicada principalmente por sí mismo en torno a un 98 % aproximadamente a partir del tercer periodo hacia delante. La influencia del resto de variables en la volatilidad del rendimiento de Bitcoin es prácticamente inexistente.

Tabla 3: Descomposición de la varianza del rendimiento de Bitcoin

Horizonte	R.BITCOIN	R.GOLD	R.SP500	R.NIKKEI	DIF.FFER	R.T.CAMBIO
1	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	99.37579	0.066364	0.217466	0.181904	0.034230	0.124251
3	99.05573	0.087406	0.471036	0.191546	0.037528	0.156755
4	99.00841	0.091171	0.507197	0.195651	0.038526	0.159040
5	99.00037	0.091377	0.513158	0.196280	0.039692	0.159119
6	98.99962	0.091456	0.513348	0.196355	0.040105	0.159117
7	98.99954	0.091462	0.513348	0.196357	0.040169	0.159120
8	98.99954	0.091463	0.513353	0.196357	0.040171	0.159121
9	98.99953	0.091463	0.513353	0.196357	0.040171	0.159122
10	98.99953	0.091463	0.513354	0.196357	0.040171	0.159122
11	98.99953	0.091463	0.513354	0.196357	0.040171	0.159122
12	98.99953	0.091463	0.513354	0.196357	0.040171	0.159122
13	98.99953	0.091463	0.513354	0.196357	0.040171	0.159122
14	98.99953	0.091463	0.513354	0.196357	0.040171	0.159122

Nota: Esta Tabla muestra la descomposición de la varianza del error de predicción del rendimiento de Bitcoin considerando el mismo orden de las variables que en las funciones de impulso respuesta.

5. CONCLUSIONES

La literatura acerca de las criptomonedas, se ha centrado en diferentes aspectos (su volatilidad, su consideración como dinero o como vehículo de inversión, las burbujas en sus mercados, la respuesta de estas criptomonedas como herramienta de diversificación, cobertura y refugio seguro, y el análisis de los determinantes de su precio), pero son muy pocos los trabajos que se focalizan en analizar determinantes de los rendimientos de las criptomonedas, siendo Janicki (2019) la principal excepción.

Las variables que en la literatura se consideran más relevantes en la determinación de las criptomonedas son el precio del oro a futuros, el tipo de interés de Estados Unidos, el tipo de cambio nominal efectivo para Estados Unidos, el índice S&P 500 y el índice Nikkei 225. Así, se piensa que una criptomoneda guarda cierta relación con el oro, por

ese carácter que se le otorgó de “oro digital”. También se puede suponer que sigue la tendencia o que está influenciado por otros activos financieros, como los índices más importantes del mundo (S&P500, Nikkei 225), o que puede estar influido por alguna herramienta macroeconómica como es el tipo de interés o el tipo de cambio.

Para analizar cuáles son los principales determinantes del rendimiento de Bitcoin se utiliza un VARX (Vector Autorregresivo con variables exógenas) con datos desde el 20 de julio de 2010 hasta el inicio de la invasión de Ucrania por parte de Rusia (23 de febrero de 2022). Se han analizado las funciones impulso-respuesta y la descomposición de la varianza del error de predicción.

La única variable entre todas las analizadas que parece tener una influencia significativa sobre el rendimiento de Bitcoin es el rendimiento de S&P 500. Esto significa que lo que parece influir en el rendimiento de Bitcoin, son básicamente factores ajenos a las variables que se han analizado aquí y que han sido hasta ahora consideradas como las más relevantes para las criptomonedas. Se podría pensar que los factores más relevantes son aquellos propios de Bitcoin como son su oferta y demanda, sus “mineros”, los halving cada 210.000 bloques que se hayan minado, la escasez de Bitcoin (ya que solo hay una oferta de 21 millones de Bitcoin), y otro factores como la adopción (popularidad) influyen subiendo o bajando el precio que afecta a su rendimiento. Obviamente, estos factores señalados aquí son una serie de factores importantes, pero probablemente haya bastantes más.

Para concluir, indicar que Bitcoin es un activo que ha llegado para quedarse y analizarse con mucha más profundidad, por lo que en el futuro se discutirá y se extenderán los análisis ya que su corta vida (14 años) impide, de alguna manera, ver su comportamiento con eventos pasados o situaciones de los activos financieros en otras épocas. Este trabajo fin de grado pretende ser una buena base para evaluar los determinantes del rendimiento de Bitcoin en el futuro y seguir estando pendiente de su comportamiento, así como de nuevas variables que puedan tener su influencia en el rendimiento de Bitcoin,. Mientras esperamos al futuro, por ahora se puede indicar que el mientras tanto su rendimiento de Bitcoin se explica básicamente por su propia idiosincrasia.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baur, D.G. y T. Dimpfl (2018). “Asymmetric volatility in cryptocurrencies”. *Economics Letters* 173: 148-151. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.10.008>.
- BCE (2015). “Virtual currency schemes – a further analysis” Boletín mensual del BCE, febrero 2015.
- Bjerg, O. (2016). “How is Bitcoin Money?”. *Theory, Culture & Society*, 33(1): 53–72. <https://doi.org/10.1177/0263276415619015>.
- Bouri, E., Gupta, R., Tiwari, A. K., y D. Roubaud (2017). “Does Bitcoin hedge global uncertainty? Evidence from wavelet-based quantile-in-quantile regressions”. *Finance Research Letters* 23: 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.02.009>.
- Catania, L., Grassi, S., y Ravazzolo, F. (2018). “Predicting the Volatility of Cryptocurrency Time-Series”. En: Corazza, M., Durbán, M., Grané, A., Perna, C., Sibillo, M. (eds.) *Mathematical and Statistical Methods for Actuarial Sciences and Finance*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89824-7_37.
- Cheah, E.-T., y J. Fry (2015). “Speculative bubbles in bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin”. *Economics Letters* 130: 32–36. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2015.02.029>.
- Cheung, A., Roca, E. y J.J. Su (2015). “Crypto-currency bubbles: an application of the Phillips-Shi-Yu (2013) methodology on Mt. Gox bitcoin prices”. *Applied Economics* 47(23): 2348-2358. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1005827>
- Ciaian, P., Rajcaniova, M., yK. d’Artis. (2016). “The economics of BitCoin Price formation”. *Applied Economics* 48(19): 1799–1815. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1109038>.
- CNV & Bde (2018) “Comunicado conjunto de la CNMV y del Banco de España sobre “criptomonedas” y “ofertas iniciales de criptomonedas” (ICOs)”.
- Conrad, C, Custovic A, y E. Ghysels (2018). “Long- and Short-Term Cryptocurrency Volatility Components: A GARCH-MIDAS Analysis”. *Journal of Risk and Financial Management* 11(2):23. <https://doi.org/10.3390/jrfm11020023>.

- Corbet, S., Meegan, A., Larkin, C., Lucey, B. y L. Yarovaya (2018) “Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets”. *Economics Letters* 165: 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.01.004>.
- Geuder, J., Kinatader, H. y N. Wagner (2019) “Cryptocurrencies as financial bubbles: the case of Bitcoin”. *Finance Research Letters*, 31: 179-184. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.11.011>.
- Gkillas, K., y P. Katsiampa (2018). “An application of extreme value theory to cryptocurrencies”. *Economics Letters* 164: 109–111. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.01.020>.
- Guaita, J.M., y P. Carracedo (2019). *La digitalización del dinero 2.0*. Aranzandi.
- Hazlett, P., y W. Luther (2020). “Is Bitcoin Money? And What That Means”. *The Quarterly Review of Economics and Finance* 77: 144–9. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2019.10.003>.
- Janicki, J. (2019). “The macroeconomic determinants of cryptocurrencies’ returns” Instituto Universitario de Lisboa.
- Katsiampa, P. (2017). “Volatility Estimation for Bitcoin: A Comparison of Garch Models”. *Economics Letters*, 158, 3-6. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.06.023>
- Kristoufek, L. (2015). “What are the main drivers of the bitcoin price? Evidence from wavelet coherence analysis”. *PLoS ONE* 10(4): 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123923>.
- Luther, W.J., y L. H. White (2014). *Can Bitcoin Become a Major Currency?* (Documento de trabajo de SSRN 2446604), Rochester, NY: Red de investigación de ciencias sociales.
- Phillips, P.C.B., Shi, S. y Yu, J. (2013). “Testing for multiple bubbles: historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500”. Disponible en <http://ssrn.com/abstract=2327609>.
- P.C.B. Phillips, S. Shi y J. Yu (2015). “Testing for multiple bubbles: historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500”. *International Economic Review* 56: 1043-1078. <https://doi.org/10.1111/iere.12132>

- Stensås, A., Nygaard, M.F., Kyaw, K., y S. Treepongkaruna. (2019). “Can Bitcoin be a diversifier, hedge or safe haven tool?”. *Cogent Economics & Finance* 7: 1593072. <https://doi.org/10.1080/23322039.2019.1593072>.
- Tiwari, A.K., Jana, R. K., Das, D., y D. Roubaud (2018). “Informational efficiency of Bitcoin—An extension”. *Economics Letters* 163: 106–109. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2017.12.006>.
- Vandezande, N. (2017). “Virtual currencies under EU anti-money laundering law”. *Computer Law & Security Review* 33: 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.03.011>.
- Vieira, P.J.M. (2017). “Price Analysis of Bitcoin : Volatility, Key Drivers and Evolution”. Master Thesis in Finance, FEP, Universidade do Porto.
- Xiong, J., Liu, Q. y L. Zhao. (2020) “A new method to verify Bitcoin bubbles: based on the production cost”. *The North American Journal of Economics and Finance* 51, 101095. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2019.101095>.
- Yarovaya, L., Brzeszczyński, J., y C.K.M. Lau (2016). “Intra- and inter-regional return and volatility spillovers across emerging and developed markets: Evidence from stock indices and stock index futures”. *International Review of Financial Analysis* 43: 96–114. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2015.09.004>.
- Yermack, D. (2015). “Is Bitcoin a Real Currency? An Economic Appraisal”. In D.K.C. Lee (ed.), in *The Handbook of Digital Currency: Bitcoin, Innovation, Financial Instruments, and Big Data*. Elsevier Inc., pp. 31-44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802117-0.00002-3>.