



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES

Efectos *Spillover* en los mercados financieros mundiales:

Análisis de las criptomonedas y su interacción con los
activos tradicionales

Autor: Germán Pascual Martín

Clave: 201901323

5º E-3 Analytics

Tutor: Peter Guenther Antoon Claeys

Madrid | 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	8
1.1. Propósito General y Justificación.....	8
1.2. Objetivos.....	8
1.3. Hipótesis	9
2. Marco Teórico.....	9
2.1 Efectos Spillover	9
2.2 Criptomonedas	10
3. Metodología de Investigación	13
3.1 General.....	13
3.2 Recopilación de datos	13
4. Interpretación de Resultados	14
4.1 Gráficos de correlación.....	14
4.2 Regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios	21
4.3 Matriz de correlación	26
4.4 Matriz Factor	29
4.5 Análisis de Impulso.....	33
5. Comparación con otros análisis.....	37
6. Conclusiones y Aplicación Financiera.....	41
Bibliografía.....	44

TABLA DE FIGURAS E ILUSTRACIONES

FIGURA 1 CADENA DE BLOQUES	12
FIGURA 2 PRECIOS HISTÓRICOS DE LAS CRIPTOMONEDAS.....	14
FIGURA 3 VARIACIÓN PORCENTUAL HISTÓRICA DE LAS CRIPTOMONEDAS	15
FIGURA 4 VARIACIÓN PORCENTUAL PROMEDIO HISTÓRICA.....	15
FIGURA 5 VARIACIÓN HISTÓRICA DE ÍNDICES BURSÁTILES	16
FIGURA 6 VARIACIÓN PORCENTUAL HISTÓRICA DE ÍNDICES BURSÁTILES	17
FIGURA 7 EFECTOS SPILLOVER DE CRIPTOMONEDAS SOBRE ÍNDICES BURSÁTILES	17
FIGURA 8 EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL ORO Y DEL COBRE	18
FIGURA 9 EFECTOS SPILLOVER DE CRIPTOMONEDAS SOBRE ORO Y COBRE	19
FIGURA 10 EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS BONOS	20
FIGURA 11 EFECTOS SPILLOVER CRIPTOMONEDAS SOBRE BONOS.....	21
FIGURA 12 REGRESIÓN OLS SP500.....	23
FIGURA 13 REGRESIÓN OLS IBEX 35.....	25
FIGURA 14 MATRIZ DE CORRELACIÓN: ÍNDICES BURSÁTILES Y CRIPTOMONEDAS.....	27
FIGURA 15 MATRIZ DE CORRELACIÓN: MATERIAS PRIMAS Y CRIPTOMONEDAS	28
FIGURA 16 MATRIZ DE CORRELACIÓN: BONOS DEL ESTADO Y CRIPTOMONEDAS	29
FIGURA 17 FACTOR MATRIX CRIPTOMONEDAS E ÍNDICES BURSÁTILES.....	30
FIGURA 18 FACTOR MATRIX CRIPTOMONEDAS Y MATERIAS PRIMAS	32
FIGURA 19 FACTOR MATRIX CRIPTOMONEDAS Y BONOS	33

ABREVIATURAS

TFG	Trabajo de Fin de Grado
DLT	Distributed Ledger Technology
SP500	Índice Standard & Poor's 500
Ibex 35	Índice Bursátil Ibex 34
BTC	Criptomoneda Bitcoin
BNB	Binance Coin

RESUMEN

En las últimas décadas, los mercados financieros mundiales han experimentado una rápida evolución, marcando un hito en la convergencia entre la economía tradicional y la era digital. Esta transformación se ha visto impulsada en gran medida por la aparición de las criptomonedas, impulsadas por la tecnología blockchain, un fenómeno financiero que ha desafiado a los activos y mercados convencionales.

En este contexto, los "efectos spillover" se han convertido en un tema de creciente relevancia. Estos efectos reflejan la interconexión cada vez más estrecha de los mercados financieros, dada la imparable globalización, donde los movimientos económicos en un rincón del mundo pueden afectar a los mercados internacionales en su conjunto. Este fenómeno no sólo ha aumentado la complejidad de los mercados, sino que también ha creado oportunidades y retos únicos para inversores, analistas y reguladores.

El objetivo de esta tesis es explorar en profundidad estos efectos *spillover*, centrándose en las criptomonedas como actor disruptivo en los mercados financieros mundiales y su relación con los activos tradicionales. A medida que las criptodivisas se han ido consolidando como una clase de activos legítima, su interacción con los mercados tradicionales se ha hecho cada vez más significativa, con una capitalización de mercado total de más de mil millones de dólares.

Este estudio pretende arrojar luz sobre cómo los movimientos de las criptodivisas pueden influir y ser influidos por otros activos financieros y cómo esto afecta a los inversores y al sistema financiero en su conjunto.

PALABRAS CLAVE

Criptomonedas, Sistema financiero, Efectos Spillover, Globalización

ABSTRACT

Over the past decades, global financial markets have undergone a rapid evolution, marking a milestone in the convergence between the traditional economy and the digital age. This transformation has been largely driven by the emergence of cryptocurrencies, driven by blockchain technology, a financial phenomenon that has challenged conventional assets and markets.

In this context, "spillover effects" have become an increasingly relevant issue. These effects reflect the ever-closer interconnectedness of financial markets, given unstoppable globalisation, where economic movements in one corner of the world can affect international markets. This phenomenon has, not only increased the complexity of markets, but has also created unique opportunities and challenges for investors, analysts, and regulators.

The aim of this thesis is to explore these spillover effects in depth, focusing on cryptocurrencies as a disruptive player in global financial markets and their relationship with traditional assets. As cryptocurrencies have established themselves as a legitimate asset class, their interaction with traditional markets has become increasingly significant, with a total market capitalisation of over \$1 trillion.

This study aims to shed light on how the movements of cryptocurrencies can influence and be influenced by other financial assets and how this affects investors and the financial system.

KEY WORDS

Cryptocurrencies, Financial Markets, Spillover Effects, Globalization

1. Introducción

1.1. Propósito General y Justificación

En las últimas décadas, los mercados financieros globales han evolucionado de manera vertiginosa, marcando un hito en la convergencia entre la economía tradicional y la era digital. Este proceso de transformación ha sido impulsado en gran parte por la aparición de las criptomonedas, gracias a la tecnología blockchain, un fenómeno financiero que ha desafiado los activos y mercados convencionales.

En este contexto, los "*spillover effects*" (efectos de derrame) se han convertido en un tema de creciente relevancia. Estos efectos reflejan la interconexión cada vez más estrecha de los mercados financieros, dada la imparable globalización, donde los movimientos económicos en un rincón del mundo pueden afectar a la totalidad de mercados internacionales. Este fenómeno no solo ha aumentado la complejidad de los mercados, sino que también ha creado oportunidades y desafíos únicos para inversores, analistas y reguladores.

El objetivo de este trabajo de fin de grado es explorar en profundidad estos efectos, centrándonos en las criptomonedas como un actor disruptivo en los mercados financieros globales y su relación con los activos tradicionales. A medida que las criptomonedas se han establecido como una clase de activos legítima, su interacción con los mercados tradicionales se ha vuelto cada vez más significativa, generando una capitalización total de más de un trillón de dólares.

Este estudio busca arrojar luz sobre cómo los movimientos de las criptomonedas pueden influir y ser influenciados por otros activos financieros y como esto afecta a los inversores y al sistema financiero en su conjunto.

1.2. Objetivos

Objetivo General: analizar los efectos de contagio en los mercados financieros mundiales y entender cómo las criptomonedas interactúan con los activos tradicionales, lo cual implica una exploración profunda de cómo los eventos en los mercados de criptomonedas pueden influir en los mercados tradicionales y viceversa.

Objetivos Específicos: evaluar la naturaleza y alcance del contagio en los mercados financieros, identificar y analizar los factores que desencadenan o amplifican los efectos de contagio en los mercados, examinar cómo las criptomonedas se comportan en situaciones de contagio y si tienen un papel significativo en la transmisión de riesgos a los activos tradicionales, comparar y contrastar la dinámica de contagio entre las criptomonedas y activos tradicionales específicos, como acciones, bonos y materias primas.

1.3. Hipótesis

Hipótesis General: Existe una relación, y por ende efecto de derrame y efecto de contagio significativo entre las fluctuaciones en los mercados de criptomonedas y los mercados financieros tradicionales a nivel mundial. Además, los factores macroeconómicos, políticos y tecnológicos influyen en la propagación de contagio en los mercados financieros y las correlaciones entre criptomonedas y activos tradicionales varían en función del tipo de activo y las condiciones del mercado. Por otro lado, la adopción de estrategias de gestión de riesgos adaptadas a la interacción entre criptomonedas y activos tradicionales puede mitigar los efectos de contagio.

2. Marco Teórico

2.1 Efectos Spillover

Los efectos de contagio financiero general pueden manifestarse y producirse de diversas formas y tener implicaciones significativas para la estabilidad financiera mundial.

Con respecto a los canales de transmisión, pueden producirse por medio de vínculos comerciales, instituciones financieras, el comportamiento de los inversores o los flujos de información. Por ejemplo, una perturbación en un mercado puede afectar al sentimiento de los inversores, provocando movimientos correlacionados en otros mercados completamente distintos.

Como consecuencia, los efectos de contagio, sin perjuicio de sus implicaciones políticas, regulatorias y de coordinación internacional, pueden aumentar la volatilidad de los

precios de los activos en distintos mercados. Esta volatilidad puede transmitirse a través de instrumentos financieros interconectados, como acciones, bonos, divisas y materias primas; y pueden contribuir al riesgo sistémico, cuando las perturbaciones en una parte del sistema financiero se propagan por todo el sistema, pudiendo provocar alteraciones o crisis generalizadas y encadenadas. Las perturbaciones en un mercado desencadenan un efecto dominó, propagando el pánico o la inestabilidad a otros mercados, incluso a los que no están relacionados entre sí. El contagio provocado puede así amplificar las caídas del mercado y exacerbar las crisis financieras.

2.2 Criptomonedas

El marco de las criptomonedas comenzó en 2008, cuando un anónimo, o grupo de anónimos, bajo el pseudónimo de Satoshi Nakamoto, publicó "*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*" (Millán, 2023), como precedente a la publicación del software de código abierto que sería publicado al año siguiente. Dicha tecnología disruptiva transformaría de manera integral el panorama tecnológico y redefiniría sustancialmente los mercados financieros. Presentaría al mundo la tecnología Blockchain, un sistema tecnológico distribuido y con una incorruptible seguridad criptográfica, ofreciendo un registro de datos de manera inmutable y con total transparencia. Omite, por ende, la intermediación de terceros y nos permite llevar a cabo transacciones digitales de forma segura, rápida y descentralizada.

2.2.1 Principales Criptomonedas

En la actualidad, existen innumerables, e incluso demasiadas, criptomonedas y plataformas de inversión, generándose nuevas diariamente, y existiendo incluso servicios que te permiten crear criptomonedas de manera personalizada (Prasad, 2022). No obstante, son pocas las que han logrado quebrantar la economía en su totalidad, logrando incluso los efectos *spillover* sobre activos tradicionales estudiados en el presente TFG.

Entre ellas, debemos distinguir entre las llamadas "*stablecoins*" (Lorentz, 2021) y las criptomonedas de bajo valor, denominadas "*shitcoins*" o "*memecoins*" peyorativamente (Cid, 2022). Las primeras están diseñadas para estabilizar su valor, en relación con algún activo externo y real, como una moneda fiduciaria, minimizando así su volatilidad y

habilitando así su uso como almacenamiento de valor y medio de cambio. Por otro lado, los tokens de baja calidad suelen contar con poca credibilidad, sin ninguna utilidad específica, baja capitalización de mercado y carecen de fundamentos sólidos. Pueden ser objeto de fraude o de sistemas de bombeo y descarga, con meros efectos especulativos al muy corto plazo.

En orden de capitalización bursátil, encontramos: Bitcoin (Cheah & Fry, 2015 y Gandal, Hamrick, Moore, & Oberman, 2018), con una capitalización de mercado de más de \$ 840.000.000.000 superando el PIB de la mayoría de los países y duplicando al PIB de España, seguido por Ethereum, BNB, Solana, XRP, USDC, Cardano, Avalanche y Dogecoin, según los más recientes datos de Coinmarketcap.

En último lugar, entre las plataformas de inversión más comúnmente utilizadas por los usuarios, por su fiabilidad, accesibilidad y simplicidad, se encuentran Binance, Coinbase y eToro. No obstante, no es necesario acceder la tecnología blockchain por vía de dichas plataformas, existiendo *wallets* privadas e individuales.

2.2.2 Tecnología Blockchain

En línea de lo ya mencionado, el Blockchain es un sistema tecnológico descentralizado, un tipo específico de *Distributed Ledger Technology (DLT)*. Generalmente se encuentra abierto al público, transparente en el rastreo de transacciones y accesible para cualquier usuario, salvo las redes privadas que requieren validación personal especial, y cuyo acceso depende de una unidad central, ya sea una empresa, organización o individuo. La diferencia sustancial con los sistemas centralizados es la ejecución de la red por una multitud indefinida de ordenadores o nodos a nivel mundial, y un proceso de verificación por consenso colectivo, mediante los mineros, ordenadores que se encargan de verificar transacciones a cambio de recompensas (para los mineros de Bitcoin, en forma de Bitcoins).

Esto proporciona numerosas ventajas (Mondragón Tenorio, 2021) como una reforzada privacidad y seguridad, al no depender de un único ejecutor o motor central, como los Bancos, y una gran independencia de intermediarios, con sus respectivos beneficios económicos y burocráticos. Esta tecnología presenta, además, numerosas aplicaciones que trascienden el ámbito de las criptomonedas.

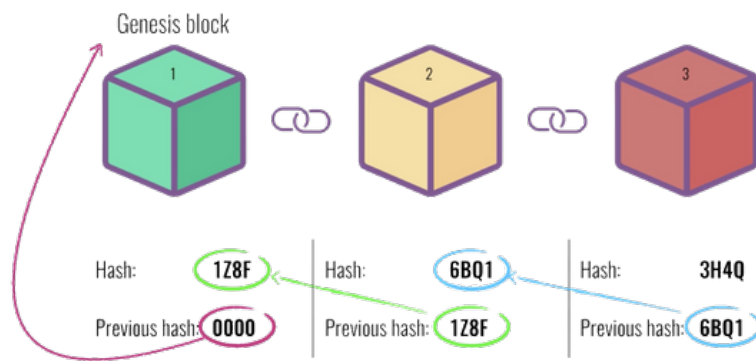


Figura 1 Cadena de Bloques, extraído de <https://gastcoin.com/es/que-son-los-hash-en-la-blockchain/>

Esta tecnología está basada en una cadena inmutable de bloques de datos, almacenándose cada transacción en un bloque, que se acopla a la preexistente y extensísima (en el caso de Bitcoin) cadena de bloques del Blockchain, como se puede apreciar en la *Figura 1*. El bloque inicial se denomina el *Genesis Block*, y cada bloque cuenta con su propio *Hash* y *Previous Hash*, un código alfanumérico que enlaza cada bloque con el anterior y lo enlazará con el siguiente bloque. Dicha cadena resulta en un conjunto inamovible de datos, con información distribuida y copiada, no falsificable, creando así un almacenamiento histórico de transacciones.

Las redes de Blockchain pueden ser públicas, privadas o semiprivadas. Mientras que las blockchains públicas, como Bitcoin o Ethereum, son plataformas accesibles abiertamente, aceptando a cualquier ordenador convertirse en un nodo, validar y minar; las blockchains privadas, como Ripple, cuentan con un control centralizado en los procesos de validación, minería y acceso al *ledger*. Pese a que esto suponga la necesaria ruptura con la naturaleza descentralizada de esta tecnología, son necesarias para ciertos desarrolladores, como proveedores de servicios de pago.

En tercer lugar, las blockchains semiprivadas, también denominadas *public permissioned*, imponen requisitos más flexibles que las privadas. Funcionan como ‘clubes’ con requisitos de acceso específicos e incluso pueden permitir a los usuarios ver transacciones sin participar en la validación y generación de bloques (Mougayar, 2016).

3. Metodología de la Investigación

3.1 General

La metodología comienza con la recopilación de datos históricos, desde 2015, de los valores de cierre de activos tradicionales y de las criptomonedas, utilizando las más importantes y significativas: Bitcoin, Ethereum, BNB y la volátil y controversial Dogecoin, que pese habiendo nacido como una “*memecoin*” con intenciones meramente especulativas, la capitalización de mercado ha superado los 11 mil millones de dólares . Para analizar el efecto spillover sobre los activos financieros tradicionales recopilaré datos del índice SP500, IBEX 35 (creando así una muestra de más de 500 empresas de gran relevancia), del precio del Oro y Cobre, como análisis de materias primas, y del mercado de bonos de EEUU y España.

Una vez obtenidos los datos, realizaré un análisis de series temporales para comparar la evolución de dichos valores, lo cual implica calcular medidas estadísticas como la correlación entre los rendimientos de las criptomonedas y los activos tradicionales, así como las volatilidades y rendimientos promedio durante cada período. Para ello, utilizaré el lenguaje de programación Python: en primer lugar, la función *'pyplot'*, de la librería *'matplotlib.pyplot'* servirá para la obtención de visualizaciones gráficas que permitan divisar visualmente las diferentes correlaciones, por otro lado, realizaré un análisis de regresión lineal utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS), una matriz de correlación entre las criptomonedas y los diferentes activos financieros, y, por último, realizaré una matriz factorial, o *factor matrix*, para relacionar las variables y así poder analizar, por tanto, el impacto de las criptomonedas sobre los activos financieros.

Este enfoque permitirá una evaluación precisa de cómo los movimientos en el mercado de criptomonedas pueden afectar a los activos tradicionales y, en última instancia, ayudará a comprender mejor los efectos de contagio en los mercados financieros globales.

3.2 Recopilación de datos

Para la obtención de datos ha sido necesario recurrir a diversas fuentes. En primer lugar, las bases de datos para estudiar la fluctuación de precio de los índices de mercado IBEX 35 y SP500, el Oro y Cobre, y el mercado de bonos de Estados Unidos las he obtenido de

Yahoo Finance, descargándolo directamente vía la librería *yfinance*, para el periodo de 2015 a 2023, de la siguiente manera:

```
ibex_data = yf.download('^IBEX', start='2015-01-01', end='2023-12-31')
sp500_data = yf.download('^GSPC', start='2015-01-01', end='2023-12-31')
gold_data = yf.download('GC=F', start='2015-01-01', end='2023-12-31')
copper_data = yf.download('HG=F', start='2015-01-01', end='2023-12-31')
us_bonds_data = yf.download('TLT', start="2015-01-01", end="2023-12-31")
spain_bonds_data = yf.download('SGBS.L', start="2015-01-01", end="2023-12-31")
```

En segundo lugar, he obtenido las bases de datos de la fluctuación del valor de las criptomonedas Bitcoin, Ethereum, BNB y Dogecoin vía *coinmarketcap*, en el mismo periodo temporal, descargándolos en Python, leyéndolo y limpiando la base de datos para su utilización e interpretación vía la librería *pandas*.

4. Interpretación de Resultados

4.1 Gráficos de correlación

Según lo expuesto en el apartado de *Metodología* del presente TFG, comienzo el análisis de los efectos *spillover* vía visualizaciones gráficas con el lenguaje de programación Python, con las librerías *matplotlib.pyplot*, *numpy*, *pandas* y *seaborn*, para una interpretación inicial más sencilla y accesible.

4.1.1 Criptomonedas

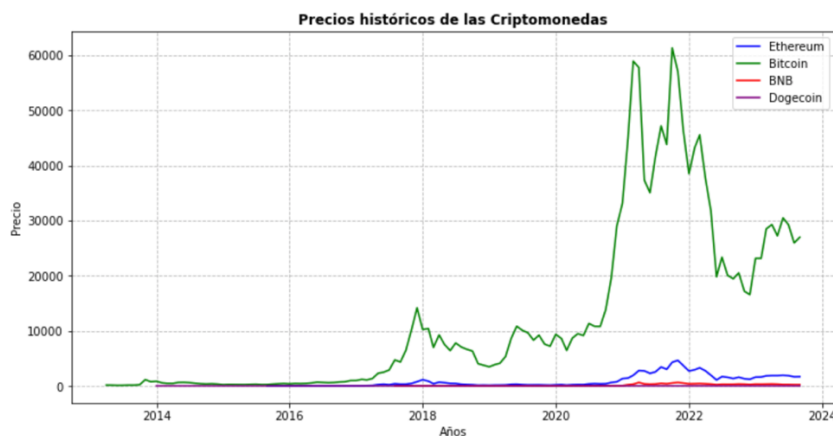


Figura 2 Precios Históricos de las Criptomonedas, cálculos del autor en Python

La *figura 2* muestra los precios históricos de criptomonedas, desde su aparición, pudiendo observar la gran volatilidad que han sufrido estas, y su colosal crecimiento desde su aparición. No obstante, dado que la capitalización de mercado de Bitcoin, actualmente de más de 800.000.000.000 de dólares, es notablemente superior a la capitalización de mercado del resto de criptomonedas, contando Dogecoin con un *market capitalisation* de 11.510.000.000 de dólares, es prácticamente imposible apreciar la volatilidad de Ethereum, BNB y Dogecoin.

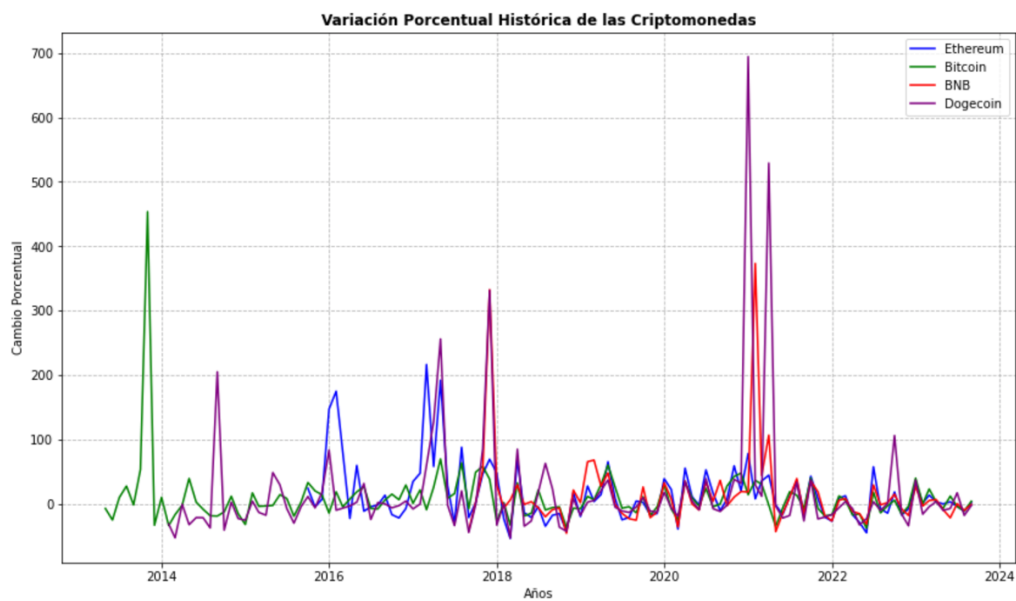


Figura 3 Variación Porcentual Histórica de las Criptomonedas, cálculos del autor en Python

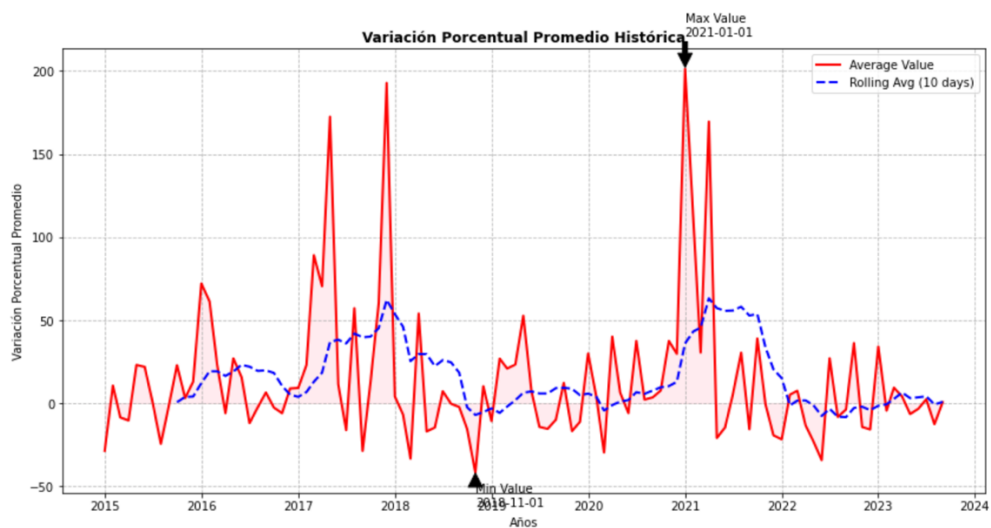


Figura 4 Variación Porcentual Promedio Histórica, cálculos del autor en Python

La *Figura 3* exhibe la variación porcentual de cada una de las 4 criptomonedas, desde su intromisión en el mercado, visualizando así su volatilidad individual, corrigiendo el matiz del volumen en la figura 1. Los mayores picos de crecimiento y derrumbe se muestran en Dogecoin, la “memecoin” sin valor o utilidad, y los menores en Bitcoin, la criptomoneda más estable y fiable, sustentando así la diferencia entre ambas categorías.

Finalmente, la *Figura 4* concatena la variación porcentual de cada criptomoneda, exhibiendo así la variación porcentual promedio del mercado de las criptomonedas, utilizando las 4 analizadas como muestra fiable. Expone el pico máximo promedio, a inicios de 2021, así como la media móvil del mercado, utilizada para suavizar las fluctuaciones en series temporales de datos.

Ambos gráficos corroboran notables picos de auge y desplome a principios y a finales de 2017, y al inicio de 2021, información que servirá para realizar el análisis de los efectos *spillover* sobre los mercados financieros tradicionales. Además, la media móvil sustenta mayor estabilidad desde 2022.

4.1.2 Mercado de valores



Figura 5 Variación Histórica de Índices Bursátiles, cálculos del autor en Python

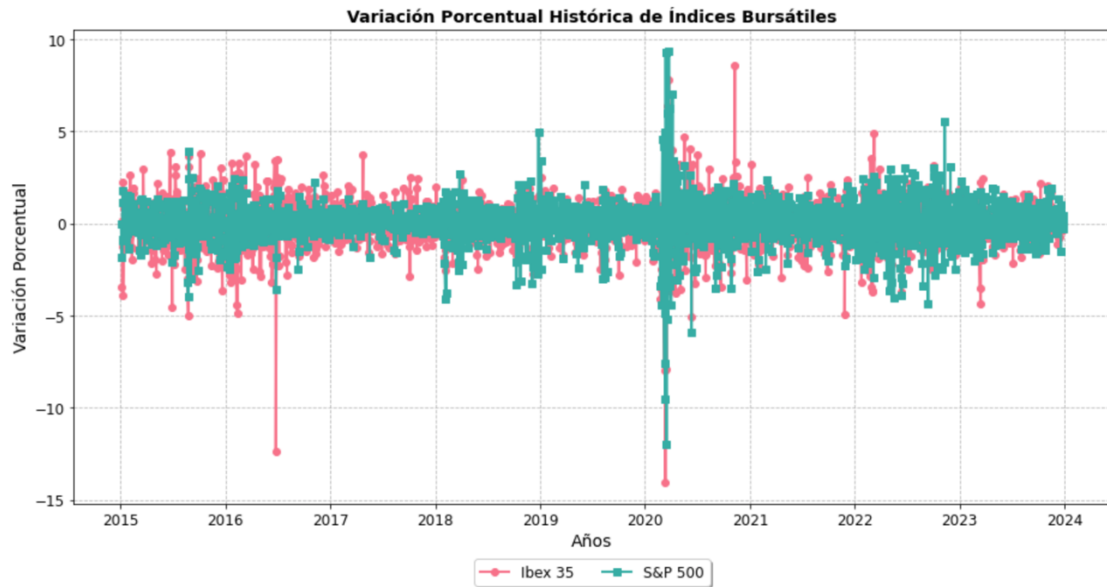


Figura 6 Variación Porcentual Histórica de Índices Bursátiles, cálculos del autor en Python

La figura 5 expone la evolución de los índices bursátiles SP500 e IBEX 35, pudiendo divisar una fuerte correlación entre ambos, especialmente a partir del año 2018, dónde comienza una tendencia prácticamente equivalente. Dicho espejismo se corrobora en la figura 6, en la que la variación porcentual es muy semejante entre ambos índices, con picos análogos, salvo dos notorias divergencias a mediados de 2016 y a finales de 2020. Se ha de enfatizar la crisis económica, para ambos índices, sufrida a principios de 2020, probablemente debido a la destructiva crisis del COVID-19.

4.1.2.1 Efectos spillover

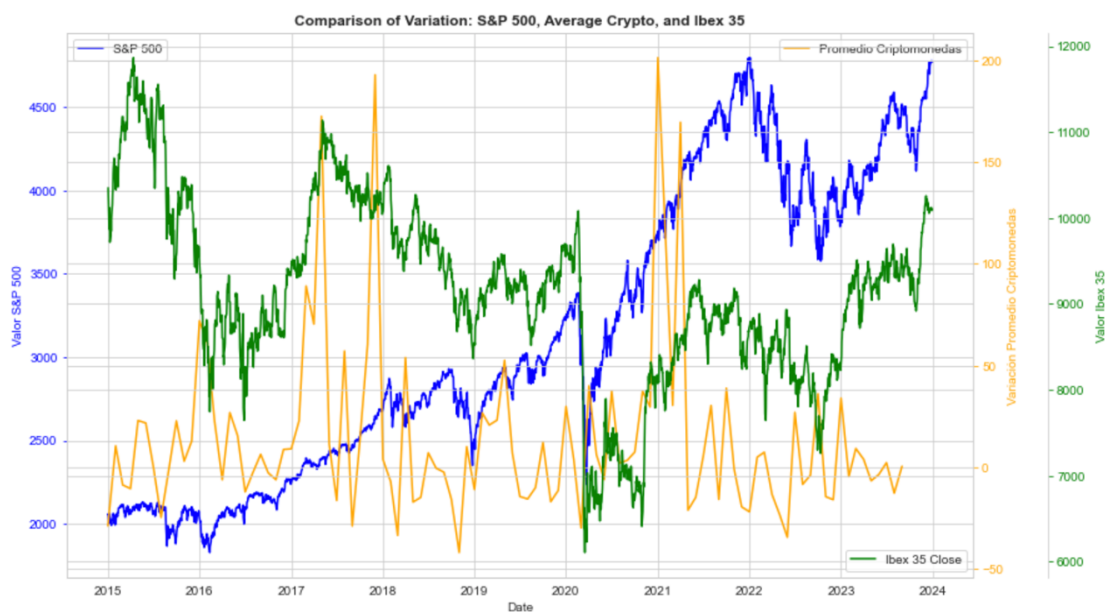


Figura 7 Efectos Spillover de Criptomonedas sobre Índices Bursátiles, cálculos del autor en Python

La figura 7 permite una clara visualización de los efectos *spillover* de las criptomonedas sobre los índices bursátiles, y por tanto sobre los mercados de valores. En consonancia con el análisis previo del Fondo Monetario Internacional, los efectos de derrame han ido incrementando a lo largo de la evolución histórica del mercado de criptomonedas, ya que no han podido perturbar los mercados financieros internacionales hasta que dicho mercado lograra una capitalización de mercado suficientemente notoria.

El presente gráfico corrobora, no sólo una clara y fuerte relación positiva entre el mercado de las criptomonedas y el mercado de valores, si no un muy probable efecto derrame o contagio entre ambos mercados. Analizando las fluctuaciones más sobresalientes desde 2018, marco temporal en el que el mercado de las criptomonedas ya es suficientemente significativo, existe un efecto retardado en el caso de los índices bursátiles, por ejemplo los picos sucedidos a principios de 2018, 2021 y 2023 y los declives a mediados de 2019 y 2022.

Pese a no ser evidencia suficiente para concluir el llamado efecto *spillover*, sí establece una base indicativa sobre la que continuar con el análisis de la hipótesis inicial del presente TFG.

4.1.3 Materias Primas

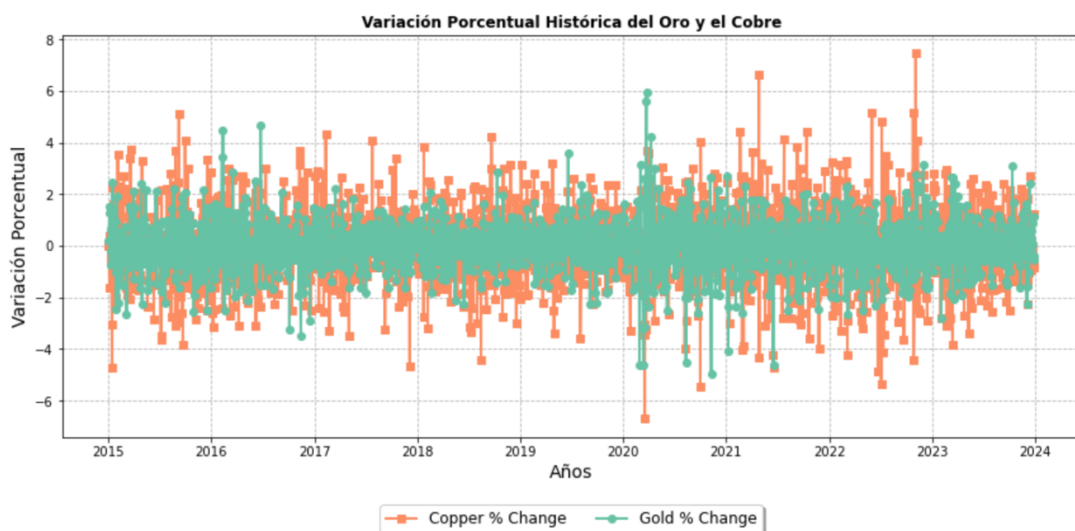


Figura 8 Evolución del precio del Oro y del Cobre, cálculos del autor en Python

La *figura 7* ilustra la variación porcentual del valor del oro y del cobre, desde 2015, revelando una clara correlación entre ambas materias primas, y una volatilidad superior en el precio del Cobre, de manera general. En la línea del análisis de los índices bursátiles, los picos más notables surgen a raíz de la crisis del COVID-19, con alzas y desplomes repentinos a lo largo de 2022 en el mercado del cobre, y una mayor estabilidad a lo largo de 2023.

4.1.3.1 Efectos spillover

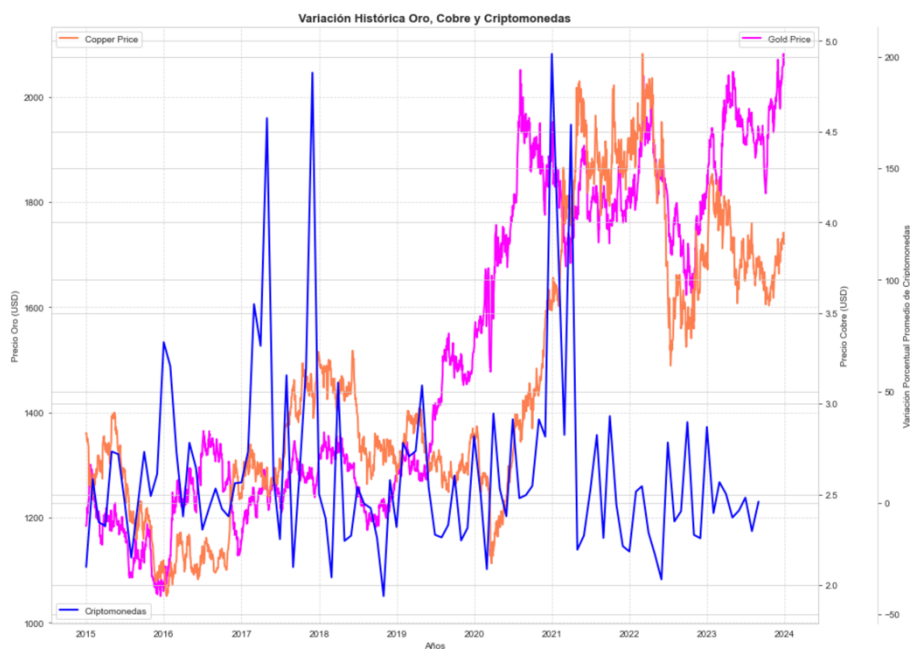


Figura 9 Efectos Spillover de Criptomonedas sobre Oro y Cobre, cálculos del autor en Python

En el caso del mercado de materias primas, la *Figura 9* no es primeramente tan fácilmente interpretable como la *figura 7*, con un efecto menos directo entre ambos mercados. Esto se debe a la influencia de numerosos factores geopolíticos y macroeconómicos que irradian sobre el mercado de las criptomonedas como, por ejemplo, la demanda general de la industria joyera, innovación tecnológica (influyendo a la demanda de cobre) y el tipo de cambio.

No obstante, sí se puede analizar un espejismo entre ambos mercados, surgiendo auges y declives en el mercado de las materias primas inmediatamente después de etapas de especial volatilidad en el mercado de las criptomonedas. Ejemplos son las fluctuaciones durante el marco temporal de 2021 - 2023, o las de a finales de 2019. Por ende, dicho

gráfico argumenta, también, los posibles efectos *spillover* que surgen en el mercado de las materias primas debido al mercado de las criptomonedas.

4.1.4 Bonos E.E.U.U y España

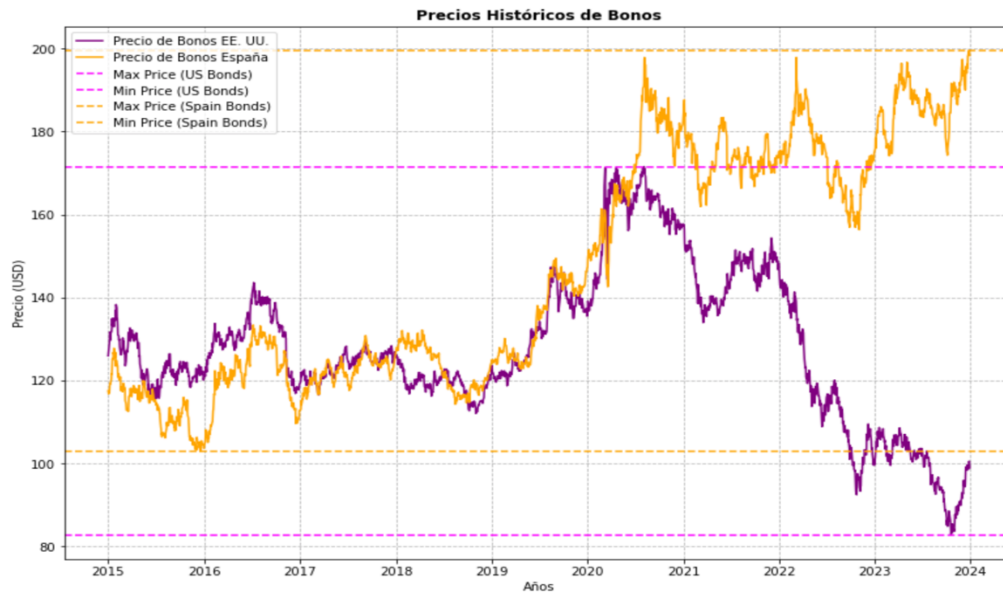


Figura 10 Evolución de los Precios de los Bonos, cálculos del autor en Python

En el caso de los Bonos, existe una notoria divergencia entre el valor de los Bonos de Estado de E.E.U.U y España desde la crisis del COVID-19, existiendo una tendencia decreciente en el precio de bonos de E.E.U.U, según corrobora la *figura 8*, logrando el máximo valor de los Bonos del Estado Español 2 meses después de alcanzar el valor más bajo para los Bonos de Estados Unidos.

Sin embargo, sí existe una marcada correlación entre ambos, con alzas y declives coincidentes, y dicha divergencia en la tendencia depende significativamente de factores políticos, macroeconómicos y monetarios. Por lo que las fluctuaciones repentinas sí pueden depender de otros factores, como los efectos *spillover* de otros mercados.

4.1.4.1 Efectos spillover

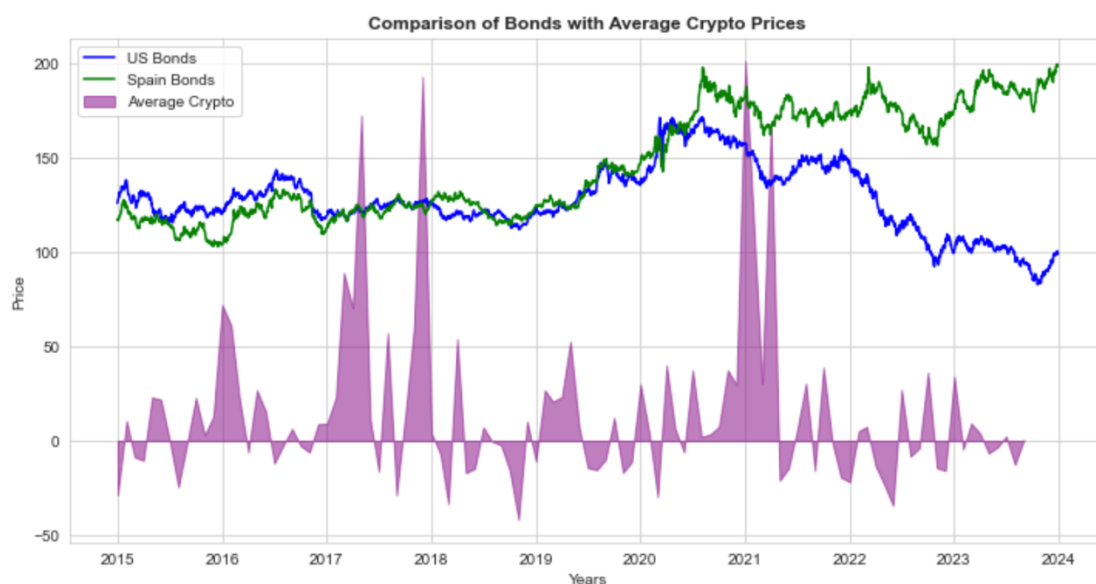


Figura 11 Efectos Spillover Criptomonedas sobre Bonos, cálculos del autor en Python

Los efectos *spillover* o de contagio son también apreciables en la *figura 11*, pudiendo examinar una correlación entre ambos mercados, observando aumentos y descensos en el mercado de los Bonos de Estado tras períodos de alta volatilidad en el mercado de criptomonedas.

4.2 Regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios

4.2.1 Marco Teórico

La regresión por mínimos cuadrados ordinarios, comúnmente denominado OLS, o *Minimum Ordinary Squares*, analiza estadísticamente, de manera lineal, cómo están relacionadas una variable dependiente y una o varias variables independientes¹. Se realiza por vía de un modelo matemático lineal, estimando sus coeficientes para minimizar la suma resultante de los cuadrados de la diferencia entre los valores observados y predichos.

¹ Sahu, P., "A Comprehensive Guide to OLS Regression", Analytics Vidhya, 2023. (<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/01/a-comprehensive-guide-to-ols-regression-part-1/>)

De esta forma, el vector β de los coeficientes puede estimarse mediante la siguiente fórmula:

$$\beta = (X'DX)^{-1} X' Dy$$

siendo X la matriz de las variables independientes precedida de un vector de 1s, D es una matriz con los pesos w_i en su diagonal, e y el vector de los n valores observados de la variable dependiente.

El vector de los valores predichos puede escribirse con la siguiente formula:

$$y^* = X\beta = X (X' DX)^{-1} X' Dy$$

Podemos igualar la varianza σ^2 del error aleatorio ε mediante la siguiente fórmula :

$$\sigma^2 = 1/(W - p^*) \sum_{i=1..n} w_i (y_i - y^*_i)$$

donde p^* es el número de variables explicativas a las que añadimos 1 si el intercepto no es fijo; w_i es el peso de la i -ésima observación; W es la suma de los pesos w_i , y el $*$ vector de los valores observados; e y^* el vector de los valores predichos.

4.2.2 Análisis en Python

Para el análisis de los Mínimos Cuadrados Ordinarios he empleado la librería *pandas*, realizándola de la siguiente manera, utilizando SP500 como primer ejemplo:

```
factor_matrix_crypto = pd.DataFrame({
    'SP500': sp500,
    'Ethereum': ethc,
    'Dogecoin': dogec,
    'BNB': bnbc,
    'Bitcoin': btc })

factor_matrix_crypto = factor_matrix_crypto.dropna()
```

```

X_crypto = sm.add_constant(factor_matrix_crypto [['Ethereum', 'Dogecoin', 'BNB',
'Bitcoin']])
y_crypto = factor_matrix_crypto ['SP500']
model_crypto = sm.OLS (y_crypto, X_crypto).fit()

```

Por cuestiones de redundancia y extensión, realizaré el análisis de regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios únicamente entre los índices bursátiles, como variables dependientes, y las criptomonedas, como variables independientes.

4.2.3 Regresión OLS entre SP500 y criptomonedas

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	SP500		R-squared:	0.835		
Model:	OLS		Adj. R-squared:	0.834		
Method:	Least Squares		F-statistic:	1720.		
Date:	Thu, 18 Jan 2024		Prob (F-statistic):	0.00		
Time:	10:43:13		Log-Likelihood:	-9622.2		
No. Observations:	1365		AIC:	1.925e+04		
Df Residuals:	1360		BIC:	1.928e+04		
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	2779.0391	12.771	217.599	0.000	2753.985	2804.093
Ethereum	0.0124	0.024	0.507	0.612	-0.035	0.060
Dogecoin	-846.8210	198.521	-4.266	0.000	-1236.261	-457.381
BNB	2.5113	0.149	16.888	0.000	2.220	2.803
Bitcoin	0.0145	0.001	11.914	0.000	0.012	0.017
Omnibus:	15.786		Durbin-Watson:	0.051		
Prob(Omnibus):	0.000		Jarque-Bera (JB):	12.936		
Skew:	-0.162		Prob(JB):	0.00155		
Kurtosis:	2.650		Cond. No.	6.71e+05		

Figura 12 Regresión OLS SP500, cálculos del autor en Python

El primer análisis de Mínimos Cuadrados Ordinarios, según lo expuesto en la *figura 12*, utiliza SP500 como variable dependiente, para poder así analizar hasta qué punto el resto de las variables independientes (Ethereum, Dogecoin, BNB y Bitcoin) afectan a su fluctuación.

En primer lugar, el R-cuadrado y R-cuadrado ajustado, llamados *R-squared* y *Ad. R-squared*, analizan el ajuste general del modelo. Un R-cuadrado de 0,835 es un número

elevado, y exhibe que el 83,5% de la varianza con la que cuenta la variable dependiente, *SP500*, es explicado por el modelo. A su vez, el valor del R-cuadrado ajustado, teniendo en cuenta el número de predictores, también es muy alto. Por tanto, dichos valores sugieren un buen ajuste general y una gran solidez en el modelo.

En cuanto al estudio independiente de cada variable:

- Ethereum: pese a mostrar un coeficiente positivo, el elevado valor p sugiere que Ethereum no es significativo, desde el punto de vista estadístico, para afectar al comportamiento de SP500, o que no hay pruebas suficientes para llegar a dicha conclusión.
- Dogecoin: El elevadísimo coeficiente de Dogecoin, -846,8210, con signo negativo, argumenta una fuerte relación inversa con el SP500. Un valor p muy bajo ($< 0,05$) indica suficiente significación estadística y por ende una prueba válida y sólida.
- Tanto BNB como Bitcoin cuentan con coeficientes positivos y estadísticamente significativos (valores $p < 0,05$), lo que sugiere que son predictores importantes del SP500. La diferencia entre las escalas de cada coeficiente se debe a la diferencia sustancial de capitalización bursátil entre ambas criptomonedas.

Los diagnósticos de Omnibus, Durbin-Watson y Jarque-Bera proporcionan información útil sobre la normalidad de los residuos y su autocorrelación. Los valores p bajos de Omnibus y Jarque-Bera sugieren que los residuos podrían llegar a no estar distribuidos normalmente, y el estadístico Durbin-Watson al estar cerca de 0, sugiere una posible autocorrelación positiva entre los residuos. Por tanto, se concluye que, pese a no ser perfecto, el modelo presenta una alta fiabilidad.

4.2.4 Regresión OLS entre IBEX 35 y criptomonedas

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	Ibex 35	R-squared:	0.374			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.373			
Method:	Least Squares	F-statistic:	294.4			
Date:	Thu, 18 Jan 2024	Prob (F-statistic):	1.13e-198			
Time:	17:20:52	Log-Likelihood:	-15922.			
No. Observations:	1977	AIC:	3.185e+04			
Df Residuals:	1972	BIC:	3.188e+04			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	1.296e+04	407.597	31.785	0.000	1.22e+04	1.38e+04
Ethereum_log	776.2258	40.827	19.013	0.000	696.158	856.294
Dogecoin_log	5004.3547	403.745	12.395	0.000	4212.543	5796.166
BNB_log	-513.8003	25.203	-20.387	0.000	-563.227	-464.373
Bitcoin_log	-781.3292	62.196	-12.562	0.000	-903.307	-659.352
Omnibus:	215.052	Durbin-Watson:	0.017			
Prob(Omnibus):	0.000	Jarque-Bera (JB):	287.558			
Skew:	-0.894	Prob(JB):	3.61e-63			
Kurtosis:	3.544	Cond. No.	320.			

Figura 13 Regresión OLS Ibex 35, cálculos del autor en Python

El valor de R-cuadrado es 0,374, lo que significa que el modelo explica aproximadamente el 37,4% de la varianza del índice IBEX 35, siendo moderado debido al parecido R-cuadrado ajustado, y por tanto siendo un modelo sólido.

Para el análisis del IBEX 35, el R-cuadrado era prácticamente 4 veces superior empleando una relación logarítmica entre los modelos, alejándose de una posible relación lineal entre ambas variables. Por ello, resulta más adecuado emplear un cálculo logarítmico sobre las variables independientes.

Tanto Ethereum_log, Dogecoin_log, BNB_log como Bitcoin_log tienen coeficientes estadísticamente significativos (valores $p < 0,05$), indicando que son relevantes para explicar la variación del índice IBEX 35. Mientras que Ethereum y Dogecoin muestran una relación positiva y fuerte con la variable dependiente, BNB y Bitcoin muestran una correlación negativa y fuerte. Consecuentemente, la fluctuación del IBEX 35 se ve efectivamente afectada por las 4 criptomonedas: una correlación positiva con Ethereum y Dogecoin, y una relación inversa con Dogecoin y Ethereum.

Sin embargo, los bajos valores p de Ómnibus y Jarque-Bera sugieren posibles problemas con la normalidad de los residuos y el estadístico Durbin-Watson se aproxima a 0, lo que indica una posible autocorrelación positiva en los residuos.

4.2.5 Crítica al método

No obstante, pese a que el presente método puede ser útil para detectar claras señales de correlación, el estudio de los OLS (Mínimos Cuadrados Ordinarios) no es suficiente y puede ser erróneo para estudiar los efectos de derrame de las criptomonedas en los mercados financieros tradicionales debido a varias razones que producen contradicciones en los supuestos propuestos por dicho modelo.

En primer lugar, los mercados de criptomonedas suelen mostrar relaciones no lineales con los mercados financieros tradicionales, lo que no se ajusta al supuesto de linealidad de MCO. Además, puede haber causalidad bidireccional entre las criptomonedas y los mercados financieros tradicionales, lo que crea endogeneidad y viola de nuevo los supuestos de MCO. Asimismo, la alta volatilidad en los mercados de criptomonedas conduce a la heteroscedasticidad, lo que provoca que no se ajuste al principio de homocedasticidad que supone el MCO. Por último, los mercados de criptomonedas están en constante evolución y tienen una dinámica temporal rápida, que OLS no puede captar adecuadamente.

4.3 Matriz de correlación

Para continuar con el análisis de los efectos *Spillover*, utilizo la librería *pandas* para la ejecución de las matrices de correlación, una herramienta estadística empleada para la cuantificación y visualización la correlación lineal entre variables en un conjunto de datos. Exhibe la potencia y dirección de la relación entre un par de variables mediante el cálculo de un coeficiente de correlación, variando entre -1 a 1, si es una relación negativa o positiva. Es una herramienta de gran utilidad para analizar el efecto que tienen las diferentes variables sobre las otras.

El uso de la matriz de correlación para calcular los efectos indirectos viene inspirado del trabajo del Banco de España, en colaboración con el banco BBVA y el Banco Central Europeo, titulado *“Spillover Effects in International Business Cycles*.

Para ello, he empleado el siguiente código en Python, utilizando la matriz de correlación entre SP500, IBEX 35, Ethereum, Dogecoin, BNB y Bitcoin:

```
factor_matrix_crypto = pd.DataFrame({
    'Ethereum': ethc,
    'Dogecoin': dogec,
    'BNB': bnb,
    'Bitcoin': btc,
    'Gold': goldc,
    'Copper': copperc,})

factor_matrix_crypto = factor_matrix_crypto.dropna()
correlation_matrix_crypto = factor_matrix_crypto.corr()
```

4.3.1 Matriz de correlación 1: Criptomonedas e índices bursátiles

	Ethereum	Dogecoin	BNB	Bitcoin	SP500	IBEX
Ethereum	1.000000	0.885811	0.949620	0.924858	0.877313	-0.096839
Dogecoin	0.885811	1.000000	0.900594	0.831569	0.796162	-0.085083
BNB	0.949620	0.900594	1.000000	0.900186	0.898878	-0.192423
Bitcoin	0.924858	0.831569	0.900186	1.000000	0.876932	-0.197498
SP500	0.877313	0.796162	0.898878	0.876932	1.000000	-0.333747
IBEX	-0.096839	-0.085083	-0.192423	-0.197498	-0.333747	1.000000

Figura 14 Matriz de correlación: índices bursátiles y criptomonedas, cálculos del autor en Python

Ethereum, Dogecoin, BNB y Bitcoin muestran una fuerte correlación positiva entre sí. Esto sugiere que estas criptomonedas tienden a moverse en tándem entre sí. Cuando una de estas criptomonedas experimenta un movimiento de precios, es probable que las demás sigan su ejemplo en una dirección similar.

Ethereum, Dogecoin, BNB y Bitcoin muestran correlaciones positivas altas con el SP500. Esto implica que hay una tendencia a que estas criptomonedas se muevan alineadas con los movimientos del índice SP500. Cuando estas criptomonedas experimentan

ganancias o pérdidas, el mercado de valores representado por el índice SP500 tiende a experimentar movimientos similares. Esto sugiere que los factores que influyen en los mercados financieros tradicionales también podrían afectar a estas criptomonedas en gran medida y que los movimientos de los precios de las criptomonedas influyan en el índice SP500, demostrando tales efectos Spillover.

Sin embargo, cabe destacar que la correlación entre estas criptomonedas y el IBEX 35 es relativamente débil, incluso negativa en algunos casos. Esto sugiere que la dinámica que impulsa estas criptomonedas podría no alinearse estrechamente con los factores específicos que influyen en el mercado de valores español.

4.3.2 Matriz de correlación 2: Criptomonedas y materias primas

	Ethereum	Dogecoin	BNB	Bitcoin	Gold	Copper
Ethereum	1.000000	0.879095	0.946409	0.926340	0.605381	0.901907
Dogecoin	0.879095	1.000000	0.885548	0.827592	0.508379	0.809812
BNB	0.946409	0.885548	1.000000	0.894485	0.644399	0.885512
Bitcoin	0.926340	0.827592	0.894485	1.000000	0.659847	0.870149
Gold	0.605381	0.508379	0.644399	0.659847	1.000000	0.657738
Copper	0.901907	0.809812	0.885512	0.870149	0.657738	1.000000

Figura 15 Matriz de correlación: materias primas y criptomonedas, cálculos del autor en Python

Tras realizar el análisis, podemos observar como las criptomonedas muestran fuertes correlaciones tanto con el oro como con el cobre. Las correlaciones con el oro son de moderadas, lo que sugiere posibles efectos de contagio de las criptomonedas al oro, aunque estos efectos son más débiles en comparación con las correlaciones dentro del grupo de las criptomonedas o con los activos financieros tradicionales.

Del mismo modo, las criptomonedas muestran correlaciones positivas con el cobre, que son relativamente más fuertes que las del oro, lo que implica una asociación ligeramente mayor entre los movimientos de los precios de las criptomonedas y los precios del cobre, lo que indica posibles efectos *spillover*.

4.3.3 Matriz de correlación 3: Criptomonedas y Bonos del Estado

	Ethereum	Dogecoin	BNB	Bitcoin	US Bds	SpainBd
Ethereum	1.000000	0.879095	0.946409	0.926340	-0.019178	0.603341
Dogecoin	0.879095	1.000000	0.885548	0.827592	0.036198	0.506337
BNB	0.946409	0.885548	1.000000	0.894485	-0.127588	0.640858
Bitcoin	0.926340	0.827592	0.894485	1.000000	0.118394	0.658978
US Bds	-0.019178	0.036198	-0.127588	0.118394	1.000000	0.187485
SpainBd	0.603341	0.506337	0.640858	0.658978	0.187485	1.000000

Figura 16 Matriz de correlación: Bonos del Estado y criptomonedas, cálculos del autor en Python

La matriz de correlaciones revela efectos indirectos mínimos de las criptomonedas en el mercado de bonos. Esto sugiere que los movimientos en los precios de las criptomonedas tienen un impacto limitado en los mercados de bonos, lo que indica un grado de independencia entre las dos clases de activos.

4.4 Matriz Factor

En la línea de los estudios realizados por el Fondo Monetario Internacional sobre los efectos spillover financieros en su artículo llamado “Global Macro-Financial Cycles and Spillovers”, el análisis factorial es un método estadístico utilizado para descubrir patrones y relaciones subyacentes en un conjunto de datos mediante la identificación de factores latentes que explican las correlaciones observadas entre variables.

En el contexto de la determinación de los efectos indirectos de las criptomonedas sobre los activos financieros, el análisis factorial ayuda a extraer factores que representan tendencias o influencias comunes en el mercado. La descomposición del valor propio ayuda a evaluar la importancia de estos factores, mientras que las cargas factoriales indican la fuerza de la asociación entre las variables y los factores. La interpretación de las cargas factoriales permite comprender en qué medida las criptomonedas influyen en los precios de otros activos financieros, como el oro y el cobre. En general, el análisis factorial proporciona valiosos datos sobre las complejas interacciones entre las criptomonedas y los mercados financieros tradicionales.

Utilizando librería *factor_analyzer*, utilizamos el siguiente Código:

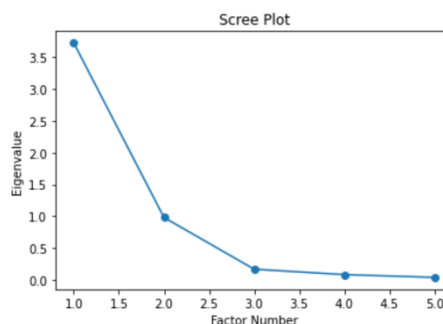
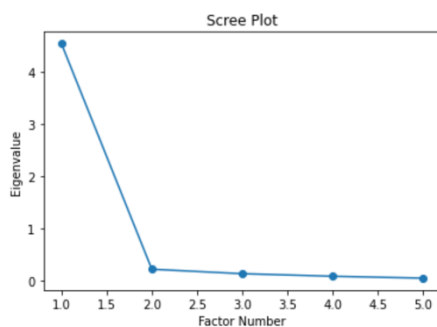
```
crypto_df = pd.DataFrame({
    'ETHEREUM': ethc,
    'BITCOIN': bitc,
    'BNB': bnbc,
    'DOGECOIN': dogec,
    'SP500': sp500c
})
crypto_df = crypto_df.dropna()

n_factors = 2
factor = FactorAnalyzer(n_factors)
factor.fit(crypto_df)
loadings = factor.loadings_
```

4.4.1 Matriz Factor 1: Criptomonedas e Índices Bursátiles

Factor Loadings:
[[0.60903412 0.39933702]
[0.79850942 0.16986189]
[0.54883167 0.46598283]
[0.12397483 0.83845719]
[0.83919871 0.10006124]]

Factor Loadings:
[[0.98998954 0.05061227]
[0.91915929 -0.05906881]
[0.96931242 -0.04623787]
[0.91578236 0.05159503]
[0.00226032 0.99793149]]



Efectos spillover de criptomonedas sobre S&P 500: [0.83919871]

Efectos spillover de criptomonedas sobre IBEX 35: [0.00226032]

Figura 17 Factor Matrix Criptomonedas e Índices Bursátiles, cálculos del autor en Python

- SP500

Los *factor loadings* obtenidos sirven como indicadores de las relaciones entre las criptomonedas y el SP500 dentro de los factores latentes identificados. Ethereum,

Bitcoin y BNB muestran cargas notablemente más altas en el Factor 1, lo que apunta a una sólida asociación con este factor subyacente y que las criptomonedas tienden a moverse juntas en respuesta a una tendencia común. Dogecoin, por el contrario, muestra una mayor carga en el Factor 2, lo que indica una relación distinta en comparación con las otras criptomonedas.

Al examinar el gráfico de dispersión, o *Scree Plot*, el *Eigenvalue* del Factor 1 es significativamente mayor que el del Factor 2, lo que supone que el Factor 1 explica la mayor parte de la relación entre las dos criptomonedas y de la varianza de los datos. Pese a que la contribución del Factor 2 a la variabilidad global es limitada, la carga relativamente alta de Dogecoin en este factor sugiere una relación única entre Dogecoin y ciertas dinámicas dentro del mercado de valores, probablemente debido a su prominente volatilidad, .

Estos resultados indican que las principales criptomonedas pueden influir en el comportamiento del SP500, lo que da a entender la presencia de efectos de derrame entre las criptomonedas y el mercado de valores SP500, especialmente con BNB, Dogecoin y Bitcoin, las *stablecoins*.

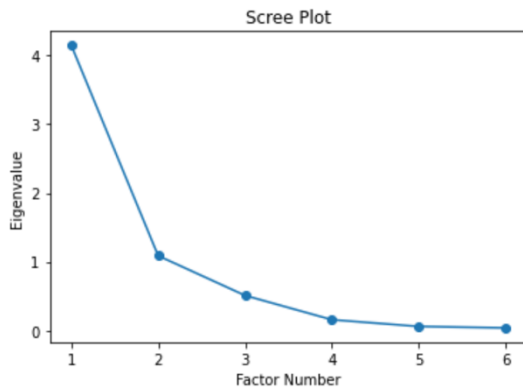
- IBEX 35

El mayor *factor loading* del Factor 1 en comparación con los demás factores denota que el Factor 1 explica la mayor parte de la varianza de los datos, lo que indica su mayor importancia para captar la relación entre las criptomonedas y el índice IBEX 35. Dado que el Factor 1 muestra fuertes asociaciones tanto con las criptomonedas como con el índice IBEX 35, es altamente probable que represente una dinámica compartida y una correlación.

Las fluctuaciones de las criptomonedas, reflejadas en el Factor 1, influyen sustancialmente en los movimientos del índice IBEX 35, por lo que las criptomonedas tienen efectos indirectos pronunciados en el índice IBEX 35, poniendo en relieve los

efectos *spillover* y el impacto potencial del mercado de criptomonedas en el mercado de valores representado por el índice IBEX 35.

4.4.2 Matriz Factor 2: Criptomonedas y Materias Primas



```
Updated Factor Loadings:  
[[ 0.92664712  0.07059828  0.12087651]  
 [ 0.71955234 -0.03880479  0.4186197 ]  
 [ 1.00331305 -0.10227271 -0.0689915 ]  
 [ 0.92742625  0.05431556 -0.0088232 ]  
 [ 0.00751556  0.68761771 -0.01175876]]  
Efectos spillover de criptomonedas sobre oro y cobre:  
[[0.92742625]  
 [0.00751556]]
```

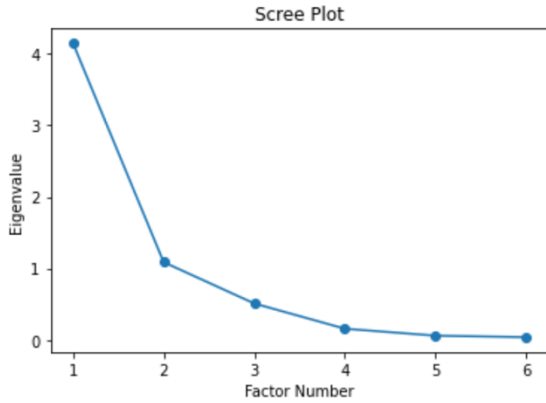
Figura 18 Factor Matrix Criptomonedas y Materias Primas, cálculos del autor en Python

Los resultados del análisis factorial sugieren importantes efectos indirectos de las criptomonedas sobre los precios del oro, lo que indica una notable correlación entre estos activos. La elevada carga factorial (0,927) para el oro implica que las fluctuaciones de los precios de las criptomonedas tienen un impacto sustancial de esta materia prima, subrayando la interconexión entre ambos mercados, y de nuevo los efectos *spillover*. Por otra parte, la carga factorial insignificante (0,0075) para el cobre sugiere, por el contrario, un efecto indirecto mínimo de las criptomonedas sobre los precios del cobre.

4.4.3 Matriz Factor 3: Criptomonedas y Bonos

Factor Loadings:

```
[[ 0.97732111 -0.07510976]
 [ 0.94560192  0.07472395]
 [ 0.99242644 -0.18298728]
 [ 0.88071768 -0.02947498]
 [-0.01516273  0.98279797]
 [ 0.63607841  0.1527835 ]]
```



Efectos spillover de criptomonedas sobre bonos:

```
[[ -0.01516273  0.98279797]
 [ 0.63607841  0.1527835 ]]
```

Figura 19 Factor Matrix Criptomonedas y Bonos, cálculos del autor en Python

Para los bonos estadounidenses, el *factor loading* de 0,636 sugiere una relación discernible, lo que indica que las fluctuaciones en los precios de las criptomonedas pueden afectar a los precios de los bonos estadounidenses. Del mismo modo, la carga sustancialmente mayor para los bonos españoles, de 0,983, implica una asociación aún mayor, y mayores efectos spillover, entre las criptomonedas y los precios de los bonos españoles. Estos resultados sugieren, por ende, que los cambios en el valor de las criptomonedas podrían influir significativamente en los precios de los bonos tanto en EE.UU. como en España.

4.5 Análisis de Impulso

El análisis de impulso consiste en examinar cómo las perturbaciones o los cambios en los precios de las criptomonedas afectan a otros activos financieros, como las acciones, los bonos o las materias primas. Mediante el análisis de impulsos, podemos cuantificar y comprender la magnitud y duración de estos efectos, proporcionando información

sobre la interconexión entre los mercados de criptomonedas y los mercados financieros tradicionales.

Dicho análisis estadístico fue utilizado en el trabajo *“Spillover de volatilidad entre el mercado de las criptomonedas, los mercados financieros y commodities”* de la Universidad Católica del Maule, Chile, para el mismo cálculo de los efectos *spillover* ocasionados por las criptomonedas con resultados muy parejos.

Utilizando la librería VAR de statsmodels.tsa.api, utilizamos el siguiente código para la correspondiente representación gráfica:

```
model = VAR(data)
lag_order = model.select_order(maxlags=10)
results = model.fit(lag_order.aic)
irf = results.irf(periods=10)
```

Añadimos también dos líneas ralladas, que muestran un intervalo de confianza del 95%, mediante al método *bootstrap*, en el que se generan numerosas muestras de los residuos del modelo a partir de la distribución de los residuos estimados Si la línea de respuesta de impulso está dentro del intervalo de confianza, significa que la respuesta es estadísticamente significativa y se puede tener un cierto grado de confianza en su validez. Por otro lado, si la línea de respuesta se encuentra fuera del intervalo de confianza, indica que la respuesta no es estadísticamente significativa y no se puede afirmar con confianza que exista un efecto de derrame.

4.5.1 Respuesta de Impulso del IBEX35 ante un Impacto de Bitcoin o Ethereum

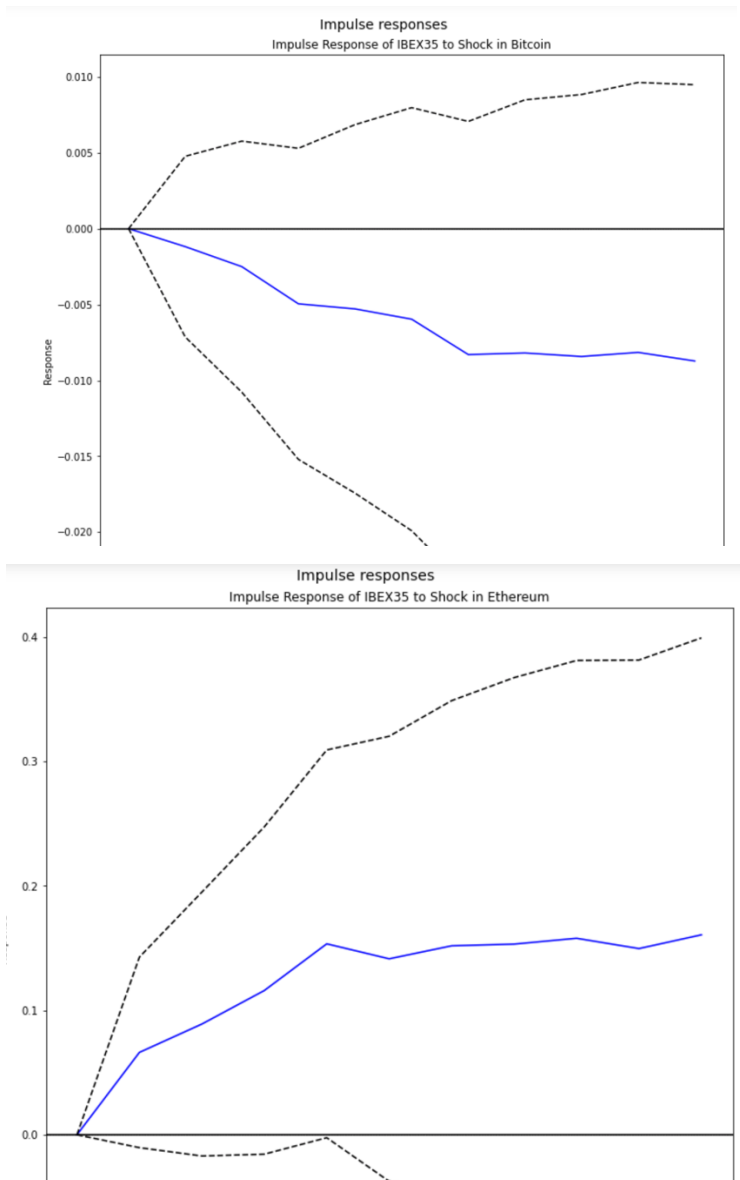


Ilustración 1 *Ánàlisis de impulso, cálculos del autor en Python*

En el primer gráfico, que representa la relación entre Ethereum y el IBEX 35, la línea azul (respuesta del IBEX 35 al *shock* de Ethereum) se sitúa por encima de cero, estabilizándose gradualmente con un aumento incremental más lento. Esto sugiere que un movimiento al alza en los precios de Ethereum tiende a impactar positivamente en el IBEX 35 a corto plazo, con este efecto disminuyendo gradualmente con el tiempo.

Por el contrario, en el segundo gráfico que ilustra la relación entre Bitcoin y el IBEX 35, la línea azul se sitúa por debajo de cero, mostrando una disminución gradual antes de

estabilizarse en valores negativos más bajos. Esto indica que una subida de los precios del Bitcoin tiende a influir negativamente en el IBEX 35 a corto plazo, y que este efecto negativo también disminuye gradualmente con el tiempo. Estos resultados subrayan la dinámica matizada de cómo Ethereum y Bitcoin ejercen efectos *spillover* sobre el IBEX 35.

Su situación dentro de los intervalos de confianza supone que las relaciones observadas entre las alteraciones de los precios de las criptomonedas y la respuesta del índice IBEX 35 son estadísticamente significativas y sólidas, lo que refuerza la credibilidad de los resultados.

4.5.2 Respuesta de Impulso del SP500 ante un Impacto de Bitcoin o Ethereum

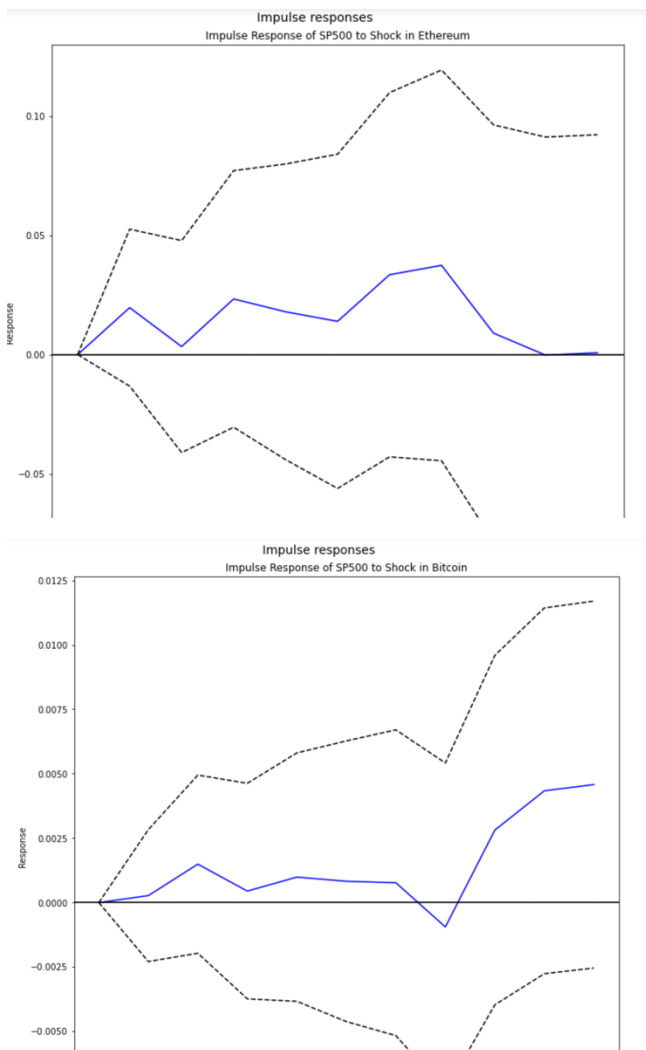


Ilustración 2 Análisis de impulso, cálculos del autor en Python

Ambos gráficos demuestran una respuesta positiva, significativa y persistente en el SP500 a una perturbación tanto de Ethereum como de Bitcoin. Asimismo, al situarse por encima de cero, lo que sugiere que los cambios en el SP500 tienen un impacto positivo y duradero en los precios de Ethereum y Bitcoin, lo que indica que los efectos indirectos no son efímeros ni temporales. El hecho de que las líneas de respuesta estén fuera de los intervalos de confianza también refuerza la importancia estadística de los efectos indirectos.

Dicho análisis de impulso demuestra efectos similares a los del estudio del citado artículo "*Spillover de la volatilidad entre el mercado de las criptomonedas, los mercados financieros y commodities*", mostrando un incremento inicial más agresivo, y una paulatina estabilización de los efectos a la larga. Su situación dentro de los intervalos de confianza (también 95%) argumenta también que las relaciones observadas son estadísticamente significativas y sólidas, lo que refuerza la credibilidad de los resultados.

5. Comparación con otros análisis

5.1 Fondo Monetario Europeo

El Fondo Monetario Europeo, en su artículo de investigación titulado "New Evidence on Spillovers Between Crypto Assets and Financial Markets", ofrece una investigación exhaustiva de la relación entre los criptoactivos y los mercados financieros tradicionales. El estudio amplía los esfuerzos de investigación anteriores al considerar una gama más amplia de activos y abarcar acontecimientos significativos del mercado. Utiliza modelos VAR para descomponer la varianza del error de previsión y cuantificar el impacto de cada variable sobre las demás. Este enfoque resume las contribuciones mediante tablas de conectividad, y el índice de conectividad total refleja los efectos indirectos medios del sistema.

A través de un análisis estadístico, el estudio revela un alto nivel de integración dentro de los mercados de criptoactivos, con notables efectos indirectos observados tanto en los rendimientos como en las volatilidades. Si bien el Bitcoin ha sido históricamente

dominante, el auge del Ethereum como actor importante en los últimos años pone de relieve la dinámica cambiante del panorama de las criptomonedas. Además, la investigación demuestra la especial e intensa interconexión entre los mercados de criptomonedas y los mercados financieros durante los períodos de tensión del mercado, haciendo hincapié en la necesidad de estrategias eficaces de gestión de riesgos y un seguimiento atento de las interacciones del mercado.

Del mismo modo, el presente TFG profundiza en la dinámica de los efectos indirectos entre las criptomonedas y determinados índices financieros, como el SP500 y el IBEX 35, difiriendo en las metodologías. Los resultados de mi TFG revelan efectos inmediatos y graduales de las perturbaciones de las criptodivisas en los índices SP500 e IBEX 35, lo que pone de relieve la naturaleza transitoria de estos efectos indirectos. Por otra parte, el estudio del FMI ofrece una perspectiva más amplia de la integración e interconexión general de los mercados de cryptoactivos.

5.2 Journal of Economics, Finance and Administrative Science

El artículo del *Journal of Economics*, “*Spillovers between cryptocurrencies, gold and stock markets: Implication for hedging strategies and portfolio diversification under the COVID-19 pandemic*” emplea el enfoque del spillover de Diebold y Yilmaz para investigar los vínculos dinámicos entre los índices bursátiles estadounidense y chino, el oro, las criptomonedas y las Stablecoins. Utilizan la autoregresión vectorial (VAR) de N variables y el enfoque de descomposición generalizada de la varianza del error de previsión (GFEVD).

Los resultados empíricos revelan *spillovers* estadísticamente significativos entre los mercados financieros, particularmente intensificados durante la reciente crisis COVID-19. Bitcoin, Ethereum y el oro se identifican como receptores netos de las perturbaciones de rentabilidad y volatilidad. El estudio sugiere que una cartera diversificada compuesta por criptomonedas, oro y acciones podría ofrecer oportunidades de gestión del riesgo a los inversores estadounidenses y chinos durante la crisis pandémica. Además, se constata que los inversores recurren a los mercados de

Bitcoin, Ethereum y oro durante periodos turbulentos para minimizar el impacto de la crisis en sus carteras y su riqueza.

El presente TFG, en cambio, se centra en la correlación entre las criptodivisas y el oro y el cobre. Identifica correlaciones entre estos activos y efectos de contagio de las criptodivisas a los metales preciosos. Además, observa una asociación ligeramente mayor entre las criptodivisas y el cobre en comparación con el oro.

5.3 University of Warwick

El estudio realizado por la Universidad de Warwick, en su artículo "*Liquidity spillover in cryptocurrency markets*" examina los spillovers de liquidez en los principales mercados de criptodivisas de 2017 a 2022, utilizando las pruebas de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y Phillips-Perron (PP), así como el índice de spillover de Diebold-Yilmaz (DY) y el Índice de Incertidumbre de Criptodivisas (UCRY). Se centra en cinco monedas digitales: Bitcoin, Ethereum, BNB, Tether y Ripple.

Utiliza el coeficiente de iliquidez de Amihud para cuantificar la liquidez, revelando que Tether es el activo menos líquido y Bitcoin uno de los más líquidos. Los resultados indican efectos indirectos variables en el tiempo y direccionales, con Bitcoin y Ethereum actuando como transmisores netos de perturbaciones. El estudio también introduce el Índice de Incertidumbre de la Criptomoneda (UCRY) para predecir la incertidumbre del mercado, sugiriendo implicaciones prácticas y políticas para la medición del riesgo. Por tanto, argumenta los efectos spillover defendido en este TFG, utilizando medidas de riesgo y otras dos criptomonedas.

5.4 *Volatility spillovers among leading cryptocurrencies and US energy and technology companies*

El artículo "*Volatility spillovers among leading cryptocurrencies and US energy and technology companies*" de la Eastern Mediterranean University utiliza el enfoque de Diebold y Yilmaz, con el modelo de aproximación VAR para obtener la descomposición

de la varianza sin teoría de redes ni gráficos, y el enfoque de Baruník y Křehlík descomposición de la varianza en función de la frecuencia de las respuestas a los shocks así como el test de robustez y redes de conectividad. Analiza los efectos spillover entre las principales criptomonedas (analizando también BNB, Ethereum y Bitcoin) y las principales empresas tecnológicas (Apple, Microsoft, Chevron y Amazon entre otras).

Analizando los precios diarios desde 2017, los resultados indican que aproximadamente el 54% de la varianza en los errores de previsión de volatilidad en todos los activos se debe a los efectos de contagio. Chevron y Microsoft muestran una fuerza de spillover bidireccional, con Microsoft como el mayor emisor neto y Tether como el mayor receptor neto. Bitcoin, Ethereum, Chevron, ConocoPhillips, Apple y Microsoft son transmisores netos de volatilidad, mientras que otros son receptores netos. Los efectos spillover oscilan a lo largo del tiempo, con picos significativos durante la pandemia COVID-19 y la crisis ruso-ucraniana de 2022. Predomina la volatilidad a corto plazo, que se intensifica durante acontecimientos extremos.

Dicho estudio refuerza los efectos *spillover* analizados en mi TFG, específicamente sobre las empresas tecnológicas, un sector de vital relevancia a nivel internacional. Al ser Bitcoin y Ethereum transmisores netos de volatilidad, demuestra mis resultados del análisis de impulso.

5.5 Spillover de la volatilidad entre el mercado de las criptomonedas, los mercados financieros y commodities

El artículo “Spillover de la volatilidad entre el mercado de las criptomonedas, los mercados financieros y commodities”, de la Revista de Contaduría y Administración, Chile, analiza los efectos indirectos entre las criptomonedas, los mercados financieros y las materias primas utilizando índices de volatilidad realizada y volatilidad implícita. Utiliza estadísticas descriptivas, un índice de propagación vectorial autorregresivo (VAR), matrices de correlación y análisis de impulsos para analizar los efectos de derrame de las diez mayores criptomonedas sobre el oro, el petróleo y los mercados financieros norteamericano y europeo. Los resultados revelan que Ethereum es el

mayor transmisor de volatilidad, seguido de Cardano, mientras que ChainLink y BNB son los principales receptores de volatilidad.

Bitcoin, a pesar de su dominio, no es el principal impulsor de la volatilidad; Ethereum, Cardano, Litecoin y Stellar desempeñan papeles significativos durante los períodos turbulentos. Los índices relacionados con las materias primas tienen un impacto limitado. El análisis de impulso-respuesta confirma la influencia de los mercados financieros y de las materias primas en la volatilidad de las criptomonedas: el Dogecoin tiene un mayor impacto que el Bitcoin, y sobre el petróleo ejerce un mayor y más persistente efecto que sobre el oro.

6. Conclusiones y Aplicación Financiera

En conclusión, el presente TFG demuestra imponentes efectos *spillover* financieros de las principales criptodivisas a los mercados financieros principales: materias primas, índices bursátiles y bonos del estado. Lo demuestra mediante: una demostración gráfica del desarrollo de su valor a lo largo de los últimos 10 años, matrices de correlación, regresión por mínimos cuadrados ordinarios, análisis factorial y análisis de impulso. Mis resultados respaldan los numerosos estudios en este ámbito, de entidades como el Fondo Monetario Europeo o el Banco de España.

Estos efectos se refieren a la transmisión de perturbaciones o choques de un mercado o activo financiero a otros y se pueden dar lugar a diversos resultados, como cambios en los precios de los activos, aumento o disminución de la volatilidad, correlaciones entre distintas clases de activos y alteraciones en los tipos de rendimiento.

Los efectos *spillover* demostrados, subrayan la importancia de la diversificación en las carteras de inversión, dado que las criptomonedas introducen una nueva fuente de volatilidad e incertidumbre, esencial para mitigar el riesgo. Al identificar el alcance de los efectos indirectos de las criptomonedas sobre los activos financieros tradicionales, los inversores pueden aplicar técnicas de cobertura para proteger sus carteras frente a movimientos adversos del mercado.

Dichos efectos de derrame pueden ser eficaces pronosticadores de las fluctuaciones futuras en los activos financieros tradicionales. Si un aumento significativo en el precio de una criptomoneda se correlaciona con una subida en los precios de las acciones, los inversores pueden anticipar posibles ganancias futuras en las acciones. Del mismo modo, los patrones coherentes de los efectos indirectos de las criptomonedas sobre los precios del oro pueden informar las decisiones relativas a las inversiones en materias primas.

Además, puede facilitar el desarrollo de nuevos productos de inversión e instrumentos financieros derivados y vehículos de inversión vinculados a las criptomonedas. Los participantes en el mercado pueden diseñar y ofrecer instrumentos financieros innovadores que respondan a las necesidades cambiantes de los inversores. Esto puede conducir a una mayor eficiencia del mercado, liquidez y accesibilidad.

Las criptomonedas operan en un panorama normativo único, y sus interacciones con los activos financieros tradicionales suponen retos para las autoridades. Analizando los efectos indirectos, los reguladores pueden comprender mejor los riesgos potenciales y las implicaciones sistémicas asociadas a las criptomonedas. Este conocimiento puede informar el desarrollo de regulaciones y directrices apropiadas que promuevan la estabilidad del mercado, la protección de los inversores y las prácticas comerciales justas.

Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Germán Pascual Martín, estudiante de Derecho y Business Analytics de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Efectos Spillover en los mercados financieros mundiales: Análisis de las criptomonedas y su interacción con los activos tradicionales" declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
2. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
3. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
4. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
5. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha:15/04/2024

Firma: _____


Bibliografía

Informes, artículos y ensayos

Alamaren, A.S., Gokmenoglu, K.K. & Taspinar, N. (2024). Volatility spillovers among leading cryptocurrencies and US energy and technology companies. *Financial Innovation*, 10 (81).

Camacho, M., Páez, M., & Pérez-Quiros, G. (2020). Spillover Effects in International Business Cycles. *European Central Bank*. 6-17.

Cheah, E. T., & Fry, J. (2015). Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin. *Economics Letters*, 130, 32-36.

Gandal, N., Hamrick, J. T., Moore, T., & Oberman, T. (2018). Price manipulation in the Bitcoin ecosystem. *Journal of Monetary Economics*, 95, 86-96.

Ha, J., Kose, M. A., Otrok, C., & Prasad, E. S. (2017). Global Macro-Financial Cycles and Spillovers. *International Monetary Fund*.

Iyer, R., & Popescu, A. (2023). New Evidence on Spillovers Between Crypto Assets and Financial Markets. *International Monetary Fund. Working Paper, Strategy, Policy, and Review Department*.

Iyer, T. (2022). Cryptic Connections: Spillovers between Crypto and Equity Markets. *International Monetary Fund, Global Financial Stability Notes*, No.2022/01, 2022.

Lamine, A., Jeribi, A., & Fakhfakh, T. (2024). Spillovers between cryptocurrencies, gold and stock markets: Implication for hedging strategies and portfolio diversification under the COVID-19 pandemic. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 29(57), 21-41.

Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Wiley.

Muñoz Henríquez, E. & Gálvez Gamboa, F. (2022). Spillover de la volatilidad entre el mercado de las criptomonedas, los mercados financieros y commodities. *Revista de Contaduría y Administración*, 68(1), Universidad Católica del Maule, pp. 2-3,21

Ren, Z. (2023). Liquidity spillover in cryptocurrency markets. *University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, United Kingdom*. ISSN 2523-2576, Vol. 6(7).

Recursos de Internet

Cid, G. (2021, April 27). La fiebre del dogecoin no tiene fin: ¿qué pasa con esta “cripto” y hasta dónde puede llegar? El Confidencial. (https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-04-27/dogecoin-locura-criptomonedas-mercado-tecnologia_3047656/)

CoinMarketCap. (2023). Bitcoin historical data. (<https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/historical-data/>)

CoinMarketCap. (2023). Ethereum historical data. (<https://coinmarketcap.com/currencies/ethereum/historical-data/>)

Investing.com. (2023). Dogecoin Historical Data. (<https://www.investing.com/crypto/dogecoin/historical-data>)

Lorentz, J.. (2021, Septiembre 29). Stablecoins - preguntas frecuentes sobre estos activos digitales. Mastercard. (<https://www.mastercard.com/news/latin-america/es/perspectivas/blog-posts/blog-es/2021/agosto/stablecoins-preguntas-frecuentes-sobre-estos-activos-digitales/>)

Millán, V. (2023, Abril 20). ¿Quién fue realmente Satoshi Nakamoto? Vuelven las teorías sobre el creador de bitcoin. El Economista. (<https://www.eleconomista.es/tecnologia/noticias/12236985/04/23/quien-fue-realmente-satoshi-nakamoto-vuelven-las-teorias-sobre-el-creador-de-bitcoin.html>)

Mondragón Tenorio, E. (2021). “Ventajas y Desventajas del Blockchain”. BBVA. (<https://www.bbva.ch/noticia/ventajas-y-desventajas-del-blockchain/>)

Prasad, E. (2022). “Una Nueva Era Para el Dinero”. Fondo Monetario Internacional. (<https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/09/A-new-era-for-money-Prasad>)

Yahoo Finance. (2023). Ibox 35 historical data. (<https://es.finance.yahoo.com/quote/%5EIBEX/history?p=%5EIBEX>)

Yahoo Finance. (2023). S&P Dow Jones Indices LLC. (<https://es.finance.yahoo.com/>)