

## ANÁLISIS DE VOLATILIDAD Y CORRELACIÓN DEL BITCOIN FRENTE A ACTIVOS FINANCIEROS CONSOLIDADOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN PORTAFOLIOS INTERNACIONALES

### Volatility and correlation analysis of Bitcoin versus consolidated financial assets for risk management in international portfolios

Lic. Kalin Osman Calvo Rizo

Centro de Investigaciones de Economía Internacional, UH.  
kall.osman2211@gmail.com

.....  
Recibido: Septiembre 2025

Aceptado: Septiembre 2025  
.....

#### Resumen

El surgimiento de las criptomonedas ha acaparado la atención en el sistema financiero actual, distorsionando la concepción de dinero y los sistemas de pagos tradicionales; realizándose como activos sumamente volátiles, lo que ha conllevado numerosos debates y controversias sobre su uso. En este estudio se realizó un análisis comparativo de la volatilidad y correlación del Bitcoin frente a los activos financieros internacionales consolidados más relevantes, demostrando que esta particular característica puede resultar útil para inversores, gestores de riesgo y reguladores, destacando la importancia de monitorear la evolución dinámica de estas medidas. Para ello, se empleó el método de máxima verosimilitud en el modelo econométrico GARCH (1,1) con ARMA (1,1) para la estimación de la volatilidad, el modelo DCC-GARCH para la estimación de la correlación dinámica y la Matriz de Correlación de Pearson para el análisis de la correlación estática lineal.

**Palabras clave:** Bitcoin, activos financieros, volatilidad, correlación, modelos econométricos.

#### Abstract

The emergence of cryptocurrencies has captured significant attention in today's financial system, disrupting traditional concepts of money and payment systems.

These assets have proven to be highly volatile, sparking numerous debates and controversies regarding their use. This study presents a comparative analysis of the volatility and correlation of Bitcoin relative to the most prominent consolidated international financial assets, demonstrating that this particular characteristic can be useful for investors, risk managers, and regulators. The findings highlight the importance of monitoring the dynamic evolution of volatility and correlations. To achieve this, the maximum likelihood method was employed within the GARCH (1,1) econometric model with ARMA (1,1) for volatility estimation, the DCC-GARCH model for dynamic correlation estimation, and the Pearson Correlation Matrix for linear static correlation analysis.

**Keywords:** Bitcoin, financial assets, volatility, correlation, econometric models.

**Clasificación JEL:** C22, C32, F37, G11

## Introducción

En la última década, el surgimiento de las criptomonedas ha transformado profundamente la concepción del dinero y los sistemas de pago. Desde la publicación del libro blanco de Bitcoin \*("Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" por Satoshi Nakamoto) y su posterior implementación, las criptomonedas han evolucionado de ser un concepto marginal hasta convertirse en un fenómeno global que atrae la atención de inversores institucionales, gobiernos, académicos y un amplio espectro de actores económicos y sociales. Este nuevo paradigma financiero promueve la descentralización de las transacciones y promete mayor transparencia y seguridad en la gestión de activos digitales.

La aparición del Bitcoin ha generado cambios significativos en diversas esferas de la economía, emergiendo como un fenómeno disruptivo, especialmente en los mercados financieros internacionales. Su alta volatilidad desafía los paradigmas tradicionales de estabilidad y gestión de riesgos, planteando tanto desafíos como oportunidades para quienes consideren incluirlo en sus portafolios de inversión.

La volatilidad es un indicador clave para evaluar el riesgo y la estabilidad de los mercados. Por tanto, comparar esta junto a la correlación del Bitcoin con la de activos financieros tradicionales —como índices bursátiles, bonos y metales preciosos— resulta fundamental para comprender su comportamiento, grado de madurez y su posible rol, como activo de inversión o reserva de valor. Desde la teoría de la eficiencia de los mercados (Fama, 1970), se asume que los precios reflejan la información disponible; sin embargo, la extrema volatilidad del Bitcoin

sugiere la influencia de factores adicionales como la especulación y los cambios regulatorios o geopolíticos.

Para abordar estas cuestiones, el análisis de la volatilidad mediante modelos econométricos como GARCH (Engle, 1982) permite cuantificar y comparar el riesgo asociado a diferentes activos. Asimismo, la literatura reciente destaca la importancia de estudiar la evolución dinámica de las correlaciones entre Bitcoin y los mercados tradicionales, empleando herramientas como la matriz de correlación de Pearson y el modelo DCC-GARCH, que facilitan la comprensión del comportamiento conjunto de los activos en distintos regímenes de mercado (Baur et al., 2018).

La metodología aplicada comprende varias etapas fundamentales: selección, depuración y preparación de los datos, especificación del software estadístico utilizado para el análisis (Stata), la identificación de los órdenes y estimación del modelo GARCH, la validación de resultados mediante pruebas estadísticas y diagnósticos, determinación de la correlación estática y dinámica y finalmente, la interpretación de los hallazgos en el contexto de la literatura y los objetivos que se propone este trabajo.

## **Justificación metodológica de activos seleccionados**

### **Bitcoin (BTC):**

El Bitcoin es la primera criptomoneda descentralizada basada en la tecnología blockchain<sup>1</sup>. Su diseño permite transferencias directas entre usuarios, y cuenta con un suministro limitado a 21 millones de unidades, lo que le otorga un carácter deflacionario, a diferencia de las monedas fiduciarias tradicionales.

Bitcoin ha sido, y es, como activo financiero, objeto de intensos debates sobre su uso como medio de pago y su potencial función como reserva de valor o activo especulativo; principalmente debido a su alta volatilidad. Desde su creación, ha experimentado episodios de fuertes subidas y caídas en su precio, influenciado por factores como la adopción tecnológica, cambios regulatorios, eventos de carácter macroeconómico y la especulación. Mientras que la Unión Europea ha avanzado con la regulación MiCA<sup>2</sup>, otros países como Reino Unido y Canadá, aplican marcos regulatorios específicos para activos digitales, y en algunos casos, como China, las criptomonedas están totalmente prohibidas.

---

<sup>1</sup> Sistema digital descentralizado que permite registrar, almacenar y compartir información de manera segura, transparente e inalterable entre múltiples participantes de una red.

<sup>2</sup> Normativa aprobada en 2023 que establece un marco legal común para los mercados de criptoactivos en la Unión Europea con el objetivo de regular la emisión, oferta y negociación de estos.

Se han realizado diversos estudios sobre la volatilidad del Bitcoin, documentando que es significativamente mayor a la de activos financieros tradicionales. Aunque se ha observado una tendencia decreciente a lo largo del tiempo. Esto sugiere una cierta maduración del mercado, es decir, evoluciona hacia una mayor estabilidad, eficiencia y predictibilidad.

Modelos econométricos avanzados, como GARCH, EGARCH, APARCH y GAS, han sido aplicados para modelar la volatilidad de Bitcoin en disímiles estudios académicos, mostrando que, modelos que incorporan distribuciones de colas pesadas y asimetrías<sup>3</sup> en la respuesta a choques de mercado, capturan mejor su dinámica volátil. Además, la volatilidad de Bitcoin responde de forma asimétrica a movimientos alcistas y bajistas, aumentando más intensamente durante caídas del mercado, lo que sugiere que esta puede servir como una cobertura parcial en momentos de incertidumbre (Dyhrberg, 2015).

#### Índices bursátiles internacionales:

- **S&P 500:** Su importancia radica en que Estados Unidos es la mayor economía mundial y este índice refleja la salud económica y el sentimiento del mercado en el contexto internacional. Además, numerosos estudios recientes muestran que la correlación entre Bitcoin y el S&P 500 ha aumentado, especialmente tras la pandemia, lo que evidencia la creciente interconexión entre criptomonedas y mercados tradicionales.
- **Dow Jones Industrial Average:** Ampliamente estudiado en la literatura econométrica por su comportamiento en términos de volatilidad y heterocedasticidad condicional. Estudios recientes muestran que, tanto el modelo GARCH como sus variantes, son eficientes para capturar su dinámica de volatilidad, sumado esto al hecho de que es un referente clave para inversores institucionales, es justificada su inclusión en el análisis.
- **EuroStoxx 50:** Su inclusión permite analizar la volatilidad en un mercado financiero consolidado y diverso dentro de Europa, que tiene características macroeconómicas y regulatorias distintas a las de EE. UU. Esto aporta una perspectiva complementaria sobre cómo el Bitcoin se relaciona con mercados bursátiles internacionales relevantes.
- **Nikkei 225:** Como principal índice bursátil de Asia, representa a las grandes empresas japonesas y refleja la dinámica económica de una región clave en la economía mundial. Su inclusión garantiza que el análisis cubra mercados bursátiles de diferentes continentes y estructuras económicas, permitiendo evaluar la volatilidad y correlación en contextos culturales y regulatorios diversos.

---

<sup>3</sup> Situaciones donde una misma acción, política o cambio en una variable produce impactos diferentes dependiendo de la dirección o magnitud del impacto.

Estos índices son ampliamente utilizados en la literatura financiera destinada a análisis comparativos y estudios sobre volatilidad. Su selección en general responde al hecho de poder cubrir mercados desarrollados con alta liquidez, además de la posibilidad de datos accesibles y confiables.

**Bonos del Tesoro de Estados Unidos (a 10 años):** Su volatilidad suele ser baja y estable, por lo que constituyen un buen punto de comparación para evaluar cómo se comporta la volatilidad de Bitcoin frente a activos considerados de bajo riesgo.

La selección de este bono responde, en general, a su representatividad en los mercados de renta fija internacionales, presentando un uso habitual por agentes como activos de refugio en períodos de incertidumbre económica, hecho relevante que contrasta con la alta volatilidad del Bitcoin.

**Oro:** Activo de refugio tradicional, con una alta liquidez y reconocido como la mayor reserva de valor mundial, especialmente en tiempos de incertidumbre económica.

En resumen, la conjunción de estos cuatro tipos de activos diferentes permite enriquecer el análisis, dado que:

1. Se cubren las principales regiones económicas del mundo (Estados Unidos, Europa y Asia).
2. Analiza activos de renta variable y fija con perfiles de riesgo diversos.
3. Se evalúa la relación y diferencias en la volatilidad de Bitcoin frente a activos consolidados, con aportes de evidencia empírica robusta para la gestión del riesgo y la toma de decisiones financieras internacionales.

### **Justificación del período de análisis**

El horizonte temporal utilizado para el análisis comprenderá desde enero del año 2018 (enero, 2018) hasta mayo del año 2025 (mayo, 2025). Lo que supone una brecha de siete años y cuatro meses aproximadamente, proporcionando suficientes datos para el análisis y abarcando ciclos económicos recientes y eventos disruptivos como la pandemia COVID-19 y crisis geopolíticas, considerados shocks externos a la economía. Además, este horizonte temporal permite incorporar una evolución actualizada de la volatilidad de los activos a analizar.

## Especificación del software utilizado

Para el análisis empírico de la volatilidad del Bitcoin frente a los activos financieros seleccionados, se utilizó el software Stata en su versión 13.1, una herramienta ampliamente reconocida en la comunidad académica y financiera por su robustez y versatilidad en el manejo y modelado de las series temporales.

Stata ofrece un conjunto de comandos especializados para el análisis de series temporales financieras, incluyendo la estimación de modelos GARCH, lo cual resulta fundamental para capturar la heterocedasticidad condicional propia de series volátiles. Además, este software permite:

1. Manejo eficiente de grandes volúmenes de datos a través de su estructura optimizada que facilita la manipulación y limpieza de bases de datos extensas.
2. Declaración y manejo de datos de series temporales, mediante la capacidad para reconocer la estructura temporal de los datos, permitiendo el uso de operadores y funciones específicas para las series de tiempo, como la generación de retardos, diferencias y el cálculo de medias móviles.
3. Automatización y reproductibilidad del análisis dada la posibilidad de crear y ejecutar scripts de comandos (do-files) <sup>4</sup> que garantiza que la transparencia del estudio, esencial para la rigurosidad académica.
4. Visualización y diagnóstico, facilitando la generación de gráficos, residuos y volatilidad estimada, herramientas claves para la interpretación y validación de los modelos.

## Construcción de series temporales indexadas de forma continua

Dado que los modelos GARCH requieren observaciones equidistantes en el tiempo, se optó por transformar las series originales con fechas reales en series indexadas a valores continuos. Esta práctica es consistente con las recomendaciones metodológicas para las series financieras revisadas, e implica asignar un índice secuencial (1, 2, 3, ..., n) a cada observación luego de eliminados los días no laborales y festivos para evitar vacíos temporales que afectan la estimación y diagnóstico de los modelos. Esta opción se fundamenta en que el análisis preliminar mostró que esta forma de estructurar los datos produce mejores indicadores estadísticos, menores valores en los criterios de información utilizados, mayores significancias en las pruebas de hipótesis y parámetros más robustos en la estimación del modelo.

---

<sup>4</sup> Archivo generado por Stata que permite el acceso inmediato a todos los comandos utilizados en el proceso.

### Tratamiento de valores faltantes

Se eliminaron observaciones con datos faltantes, principalmente correspondientes a fines de semana y festividades, que fueron excluidos al construir la serie indexada continua. Esta práctica se justifica en que permite mantener la integridad temporal evitando distorsiones en la dinámica de la volatilidad, a excepción de métodos como la imputación, que puede conllevar a la existencia de sesgos en la estimación del modelo.

Tabla 1: Valores faltantes por variable.

Variable	Valores faltantes
S&P 500 (spx)	835
Dow Jones Industrial Average (dji)	834
EuroStoxx 50 (estx50)	799
Nikkei 225 (n225)	891
U. S. Treasury Bond (10 years) (ustb)	775
Bitcoin (btc)	0
Gold (gold)	790

Además, se realizó un análisis de valores atípicos para detectar y excluir valores extremos no explicables por eventos de mercado, utilizando técnicas estadísticas descriptivas y visuales (boxplot, gráficos de dispersión). La depuración de estos *outliers* garantiza la consistencia y robustez de las estimaciones, no obstante, es más sencilla realizarla luego de transformar los datos en rendimientos logarítmicos.

### Transformación a rendimientos logarítmicos

Para homogeneizar las series temporales y estabilizar la varianza, se calcularon los rendimientos logarítmicos diarios, base para el modelado de la volatilidad financiera. Al aplicar la transformación, es normal que se dé el caso de valores perdidos. Esto se debe a la propia fórmula, dado que el primer valor de la muestra no tiene pasado, por ejemplo, luego de otorgar valores numéricos a la fórmula [1] se tiene que:

$$r_t = \ln\left(\frac{2695.8}{0}\right) \quad [1]$$

*La división entre 0 no está definida en el sistema de números reales*

### Identificación del modelo

Para realizar el análisis se seleccionó el modelo GARCH (1,1), dada su amplia aceptación y eficacia para capturar la heterocedasticidad condicional en series financieras, así como su capacidad para reflejar el fenómeno de agrupamiento de volatilidad, donde períodos de alta volatilidad tienden a ser seguidos por más alta volatilidad y viceversa

Este modelo es el más utilizado en la literatura financiera para modelar la volatilidad condicional dado su balance entre parsimonia y capacidad explicativa, que estima la varianza condicional en función de:

1. El cuadrado del residuo del período anterior (efecto ARCH), que captura el impacto inmediato de shocks recientes.
2. La varianza condicional del período anterior (efecto GARCH), que refleja la persistencia en la volatilidad.

Este esquema permite modelar la volatilidad variable en el tiempo, característica presente en activos financieros como el Bitcoin, que presenta episodios de alta volatilidad seguidos de períodos más calmados.

### Estimación y resultados del modelo

La estimación se llevó a cabo utilizando el método de máxima verosimilitud, que permite obtener estimadores eficientes y consistentes de los parámetros  $\omega, \alpha, \beta$ . Se especifico la distribución t-student, orden GARCH (1,1) y componente ARMA (1,1).

El resultado obtenido tras la estimación de los coeficientes fue:

*Tabla 2: Estimadores obtenidos en la estimación del modelo GARCH (1,1).*

Activo	$\alpha$ (ARCH)	$\beta$ (GARCH)	$\alpha + \beta$
S&P 500 (r_spx)	0.1743	0.8149	0.9892
Dow Jones (r_dji)	0.1488	0.8232	0.9720
Eurostoxx 50 (r_estx50)	0.2024	0.7541	0.9566
Nikkei 225 (r_n225)	0.1679	0.6955	0.8634
Bono USA (r_ustb)	0.0955	0.8999	0.9954
Bitcoin (r_btc)	0.1064	0.9037	1.0101
Oro (r_gold)	0.0393	0.9536	0.9929

Los resultados presentados en la tabla 3.3.2 – 1 muestran que las series de rendimientos analizadas evidencian una alta persistencia en la volatilidad condicional de los activos financieros considerados. Todos los parámetros  $\alpha$  (efecto ARCH) y  $\beta$  (efecto GARCH) son positivos y estadísticamente significativos al nivel del 0.01 (p-valor = 0.0000), lo que confirma la robustez de las estimaciones y la presencia de heterocedasticidad condicional en las series.

En particular, la suma de los parámetros  $\alpha + \beta$  se encuentra próxima a la unidad para la mayoría de los activos, lo que indica que la volatilidad exhibe un comportamiento altamente persistente. Este fenómeno implica que los efectos de los shocks en la volatilidad se mantienen durante períodos prolongados, característica consistente con el fenómeno de agrupamiento de volatilidad ampliamente documentado en la literatura financiera.

El Bitcoin destaca por presentar una suma  $\alpha + \beta = 1.0101$ , ligeramente superior a la unidad, sugiriendo un proceso de volatilidad cercano a un modelo IGARCH o incluso no estacionario. Este resultado refleja la naturaleza especulativa y altamente volátil de las criptomonedas, donde los episodios de alta volatilidad tienden a prolongarse y la volatilidad no converge rápidamente a un nivel estable.

Por otro lado, los activos financieros tradicionales, tales como el S&P 500, Dow Jones, Eurostoxx 50, Nikkei 225, bonos soberanos y oro, exhiben sumas  $\alpha + \beta$  inferiores a uno, lo que indica que, aunque la volatilidad es persistente, el proceso es estacionario y la volatilidad tiende a estabilizarse con el tiempo. En este grupo, el Nikkei 225 destaca por tener la menor persistencia relativa ( $\alpha + \beta = 0.8634$ ), lo que sugiere una mayor rapidez en la disipación de los shocks de volatilidad en este mercado.

Estos resultados son coherentes con la literatura existente y tienen importantes implicaciones para la gestión de riesgos y la construcción de portafolios, dado que la persistencia en la volatilidad afecta la duración y magnitud del riesgo asociado a cada activo, así como las estrategias de cobertura y diversificación.

### **Persistencia y dinámica de la volatilidad**

Los resultados obtenidos a partir de las estimaciones de los modelos GARCH (1,1) para las series financieras analizadas evidencian una alta persistencia en la volatilidad condicional.

En el caso del Bitcoin, la suma de los parámetros  $\alpha + \beta = 1.0101$  indica un proceso cercano a la no estacionariedad, característico de un modelo IGARCH, donde los efectos de los shocks de volatilidad tienden a mantenerse durante períodos prolongados. Este comportamiento es consistente con la naturaleza especulativa y la alta volatilidad del mercado de criptomonedas, donde los episodios de volatilidad extrema tienden a ser prolongados y no disiparse con rapidez.

Los activos tradicionales, por su parte, presentan una suma de sus parámetros  $\alpha + \beta < 1$ , indicando que, aunque la volatilidad es persistente, el proceso es estacionario y la volatilidad tiende a estabilizarse con el tiempo. Esta

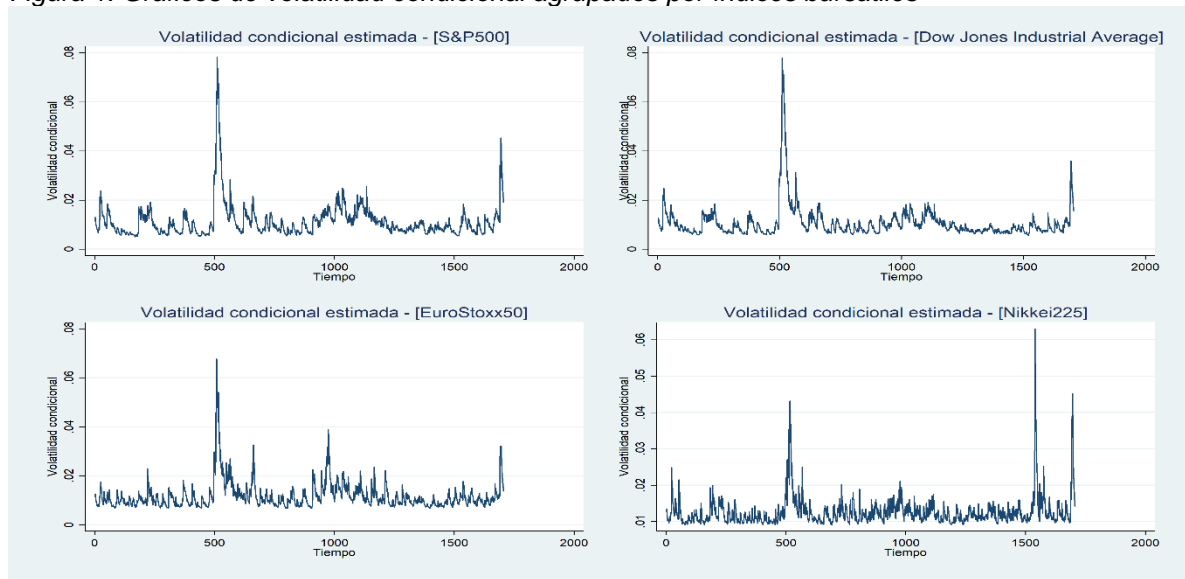
# ANÁLISIS DE VOLATILIDAD Y CORRELACIÓN DEL BITCOIN FRENTE A ACTIVOS FINANCIEROS CONSOLIDADOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN PORTAFOLIOS INTERNACIONALES

Lic. Kalin Osman Calvo

característica es propia de mercados maduros y regulados, donde la volatilidad responde a mecanismos de estabilización y políticas económicas.

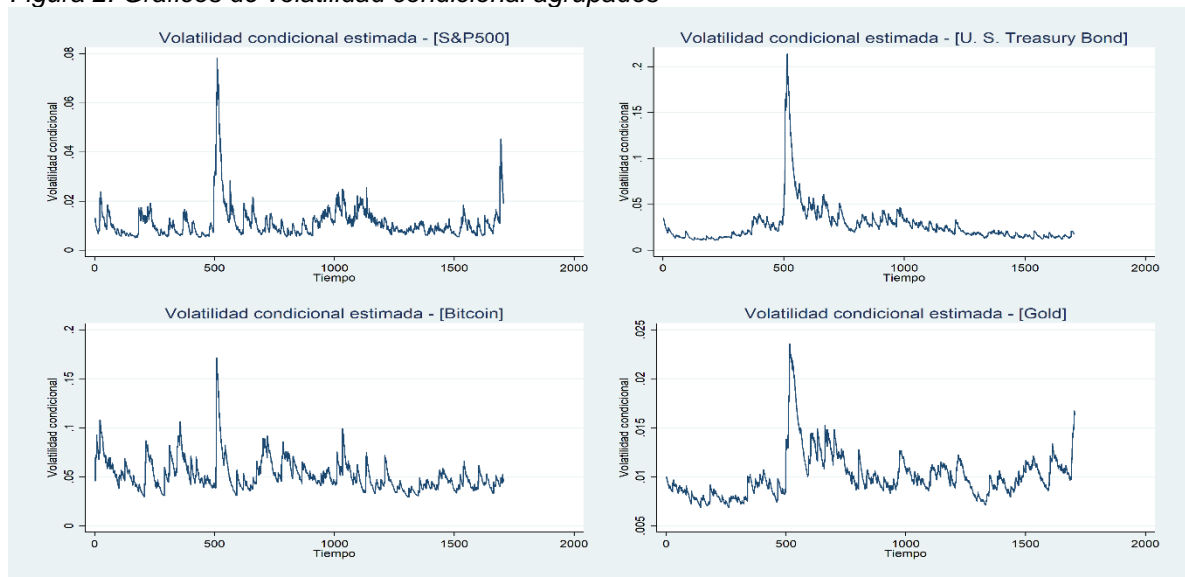
El análisis basado en el gráfico de la volatilidad condicional estimada (Figura 1 y Figura 2) complementa estos hallazgos, mostrando que los picos de volatilidad coinciden con eventos económicos y financieros relevantes, como crisis globales o shocks específicos de sus mercados. En Bitcoin, los episodios de alta volatilidad son más frecuentes y prolongados, reflejando su dinámica particular.

Figura 1: Gráficos de volatilidad condicional agrupados por índices bursátiles



(Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomergs.com)

Figura 2: Gráficos de volatilidad condicional agrupados



(Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomergs.com)

### Sincronización y correlación en crisis

El análisis visual de la volatilidad condicional estimada revela posibles patrones claves en la transmisión de riesgos y la interconexión de los mercados, especialmente durante episodios de crisis, lo que conlleva a la realización de análisis de correlación dinámica.

Durante las crisis financieras globales, los activos tradicionales experimentan picos de volatilidad de manera simultánea. Este fenómeno, ampliamente documentado por organismos financieros internacionales, se traduce en un aumento abrupto de las correlaciones entre mercados y activos, reflejando un comportamiento colectivo impulsado por el pánico en los mercados, alta incertidumbre sobre el futuro y shocks comunes a nivel global. Los vínculos financieros y las señales de alerta para los inversionistas actúan como canales de transmisión que intensifican la sincronización, haciendo que los riesgos sistémicos se propaguen con mayor rapidez y magnitud.

Por tanto, es sumamente importante además realizar un análisis más cuantitativo, aportando precisión y profundidad al estudio, mediante una combinación de correlaciones estáticas y dinámicas, tomando como ejemplo la crisis provocada por el COVID-19:

**Correlación estática:** Se analiza mediante la matriz de correlaciones de Pearson, con el objetivo de medir la relación lineal entre las series de volatilidad condicional estimadas de activo. Valores cercanos a  $\pm 1$  indican alta correlación (positiva o negativa en dependencia del signo). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

*Tabla 3: Comparativa de correlación estática antes, durante y después de la crisis.*

Categoría	Antes de la crisis	Durante la crisis	Después de la crisis
Media entre índices	0.706	0.903	0.621
Índices vs. Oro	0.097	0.638	0.303
Índices vs. Bono	0.049	0.891	0.226
Bono vs. Oro	0.635	0.818	0.236
BTC vs. Índices	0.215	0.811	0.168
BTC vs. Bonos	0.057	0.862	0.511
BTC vs. Oro	0.310	0.727	0.354

Este resultado evidencia que existe una fuerte sincronización de los índices bursátiles en volatilidad durante estrés sistémico (correlación promedio aumenta de 0.706 en período pre-crisis a 0.903 en período de crisis). Por su parte, la correlación existente entre los activos que se consideran refugio (bonos-oro) muestra un salto desde 0.635 antes de la crisis hasta 0.818 durante la crisis, evidenciando un comportamiento conjunto entre los mismos, coherente con su rol.

El Bitcoin, por su parte, muestra un cambio de rol, dado que:

- **Pre-crisis:** Baja correlación con índices (0.215), bonos (0.057) y oro (0.310), validando su potencial diversificador.
- **Crisis:** Su correlación con los índices aumenta en un 277% (de 0.215 hasta 0.811), perdiendo su capacidad diversificadora.
- **Post-crisis:** Recupera nuevamente su rol, con una alta descorrelación con los índices (hasta 0.168), pero mantiene cierto grado de vínculo con los bonos (0.511).

Es importante también destacar que el oro, en período de crisis, reduce su correlación con los índices (0.303 vs 0.638 en crisis), lo que refuerza su rol como activo de cobertura.

**Correlación dinámica:** Fácilmente realizable utilizando el modelo DCC-GARCH, captura correlaciones no constantes en el tiempo, ideal para analizar cómo las crisis afectan la interdependencia.

*Tabla 4: Comparativa de la media de correlación estática antes, durante y después de la crisis.*

Categoría	Antes de la crisis	Durante la crisis	Después de la crisis
<b>Media entre índices</b>	0.5485	0.6118	0.5515
<b>Índices vs. Oro</b>	0.0297	0.0735	0.1151
<b>Índices vs. Bono</b>	0.3561	0.4103	0.1563
<b>BTC vs. Índices</b>	0.1452	0.3174	0.3130
<b>BTC vs. Bonos</b>	0.0599	0.1296	0.0438
<b>BTC vs. Oro</b>	0.0793	0.2374	0.0894

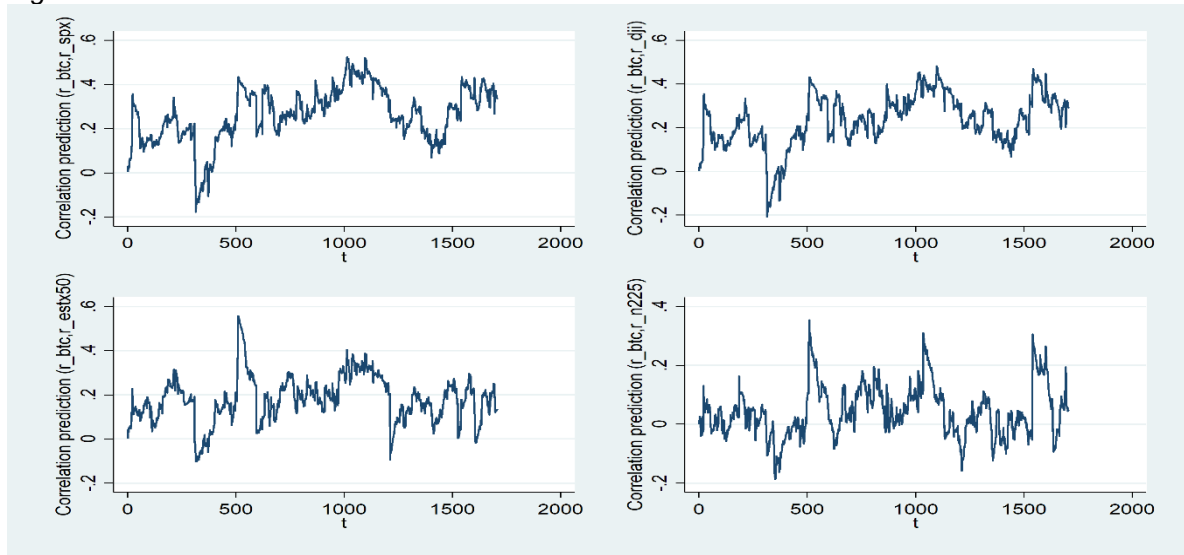
Esto no solo refuerza el análisis realizado anteriormente sobre la correlación estática en activos tradicionales, sino que evidencia co-movimientos sincronizados (contagio financiero) dado que la correlación condicional media entre índices bursátiles aumentó de 0.5485 (pre-crisis) a 0.6118 durante la crisis.

Por su parte, se reafirma el cambio de rol del Bitcoin, integrándose a la dinámica de mercados tradicionales. Luego de la crisis, se revela que la dependencia estructural persiste, pese a la aparente normalización que se muestra en el análisis estático, sugiriendo un cambio permanente en la arquitectura de mercados y, por tanto, en el contexto de las finanzas internacionales en general.

Tabla 5: Comparativa de correlaciones luego de la crisis.

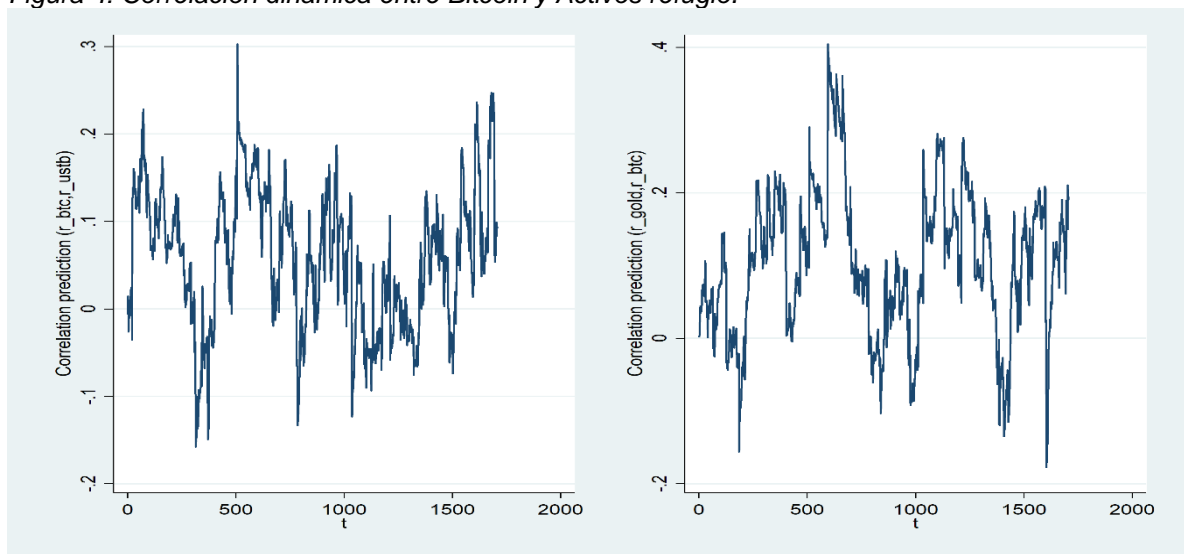
Métrica	Valor postcrisis
Correlación estática	0.1926
Correlación dinámica	0.3130

Figura 3: Correlación dinámica entre Bitcoin e Índices bursátiles.



(Fuente: Elaboración propia con datos de bloomergs.com)

Figura 4: Correlación dinámica entre Bitcoin y Activos refugio.



(Fuente: Elaboración propia con datos de bloomergs.com)

## **Implicaciones para la gestión de riesgos y la diversificación**

El análisis visual y empírico de la volatilidad y las correlaciones, tanto estáticas como dinámicas (Figura 3 y Figura 4), aportan lecciones interesantes para la gestión de riesgos y la diversificación para la construcción de portafolios en mercados financieros contemporáneos, donde el Bitcoin (y las criptomonedas en general) juegan un papel más activo.

En condiciones de normalidad en los mercados, la baja correlación histórica y dinámica entre el Bitcoin y los activos tradicionales sugiere un claro potencial de diversificación. Incluir esta criptomoneda en portafolios multiactivos puede reducir el riesgo total y mejorar el perfil riesgo-entorno, en especial cuando los mercados tradicionales muestran comportamientos diferenciados respecto a las criptomonedas, algo común debido a las pocas restricciones financieras que presentan.

Sin embargo, los resultados también demuestran que este beneficio es contingente al régimen de mercado, dado que durante episodios de crisis sistémica como la pandemia COVID-19, la correlación entre Bitcoin y los índices bursátiles se disparó, anulando temporalmente la capacidad de este para actuar como un activo aislado a los mercados tradicionales. Esta sincronización limita la efectividad de la diversificación tradicional cuando más se necesita, y puede llevar a subestimar el riesgo de portafolios si se basa únicamente en correlaciones históricas.

No obstante, dada la naturaleza dinámica y no lineal de las correlaciones, la gestión de riesgos debe ser activa y flexible, vigilando la evolución de las correlaciones y la volatilidad condicional en tiempo real para anticipar cambios de régimen y contagio financiero. Se recomienda ajustar periódicamente la composición de la cartera y establecer límites prudentes de exposición a activos altamente volátiles como Bitcoin, especialmente en entornos de alta incertidumbre. Es muy importante el uso de instrumentos derivados que permitan una diversificación efectiva adaptada a las ponderaciones según el entorno macroeconómico y financiero, manteniendo niveles adecuados de liquidez para responder a shocks inesperados y evitar ventas forzadas en mercados no líquidos.

## **Robustez metodológica y limitaciones del modelo**

Si bien los modelos empleados son robustos para el análisis comparativo de la volatilidad y, por ende, la correlación en mercados financieros, presentan limitaciones cuando se enfrentan a dinámicas complejas, eventos externos o cambios estructurales abruptos.

Las fortalezas y robustez metodológica aplicada en este trabajo de tesis, ha permitido:

1. **Capturar la volatilidad condicional:** El modelo seleccionado demostró ser adecuado para capturar la dinámica de la volatilidad condicional en todos los activos financieros tradicionales. Los residuos estandarizados, en su mayoría, no presentaron autocorrelación significativa ni heterocedasticidad remanente, respaldando la idoneidad del modelo para describir persistencia y clusters de volatilidad.
2. **Ajuste a colas pesadas:** La especificación de la distribución t-Student permitió modelar de manera más realista la presencia de colas pesadas y eventos extremos, comunes en series financieras.
3. **Utilización de modelo multivariante DCC-GARCH** para el análisis auxiliar de las correlaciones dinámicas, capturando el comportamiento cambiante de la interdependencia entre activos, especialmente en contextos de crisis.

Mientras que, las limitaciones identificadas fueron:

1. **Residuos no normales y efectos no lineales:** Si bien la distribución t-Student mejora el ajuste, los residuos de algunos activos (especialmente Bitcoin y bonos) siguen mostrando colas pesadas y asimetría, indicando que aún existen eventos extremos no completamente modelados. Además, la presencia de autocorrelación residual en ciertos activos sugiere que la especificación escogida puede ser insuficiente para capturar todas las dinámicas presentes, especialmente aquellas de carácter no lineal o asimétrico.
2. **Heterocedasticidad residual en activos específicos:** En algunos casos, como en bonos y Bitcoin, persisten efectos ARCH remanentes, lo que sugiere la necesidad de modelos más flexibles (como EGARCH, GJR-GARCH o modelos de memoria larga) para captar la estructura de la volatilidad en su totalidad.
3. **Sensibilidad a cambios estructurales:** Los modelos utilizados no incorporan explícitamente rupturas estructurales ni variables exógenas que puedan capturar el impacto de eventos macroeconómicos, regulatorios o tecnológicos de gran magnitud. Esto puede limitar la capacidad predictiva y explicativa del modelo en presencia de shocks extraordinarios.
4. **Limitaciones en la modelación multivariada auxiliar:** Si bien DCC-GARCH es adecuado para analizar correlaciones dinámicas, no permite modelar de manera directa las asimetrías o los efectos de spillover

direccional entre activos, lo que podría ser relevante en contextos de contagio financiero.

Estas “debilidades” no invalidan en lo absoluto los hallazgos presentados en este trabajo, sino que más bien podría decirse que delimitan su alcance.

## Conclusiones

A lo largo de esta investigación se ha realizado un análisis comparativo riguroso de la volatilidad del Bitcoin frente a los activos financieros tradicionales internacionales más relevantes, integrando herramientas econométricas robustas y una revisión crítica de la literatura especializada. El estudio ha evidenciado que el Bitcoin, aun en un contexto de creciente madurez y legitimidad en los mercados financieros, mantiene una volatilidad significativamente superior a la de los activos tradicionales, característica que lo distingue y condiciona su potencial como activo de inversión y diversificación.

Los resultados obtenidos mediante la estimación de modelos GARCH (1,1) con ARMA (1,1) y la aplicación complementaria del modelo DCC-GARCH para el análisis de correlaciones dinámicas, apoyado por la matriz de correlación de Pearson para correlación estática lineal, han permitido identificar patrones estructurales de persistencia en la volatilidad del Bitcoin, así como su comportamiento diferenciado respecto a índices bursátiles, bono del tesoro de los Estados Unidos y el oro. En particular, se constató que la volatilidad del Bitcoin muestra episodios prolongados y recurrentes de alta intensidad, reflejo de su naturaleza especulativa y la influencia de factores exógenos como noticias, innovación tecnológica y la incertidumbre en su marco regulatorio. Frente a esto, los activos tradicionales exhiben procesos de volatilidad más estacionarios y mecanismos de estabilización propios de mercados consolidados.

El análisis de las correlaciones, tanto estáticas (matriz de Pearson) como dinámicas (DCC-GARCH), reveló que la capacidad diversificadora del Bitcoin es contingente al régimen de mercado. Si bien en períodos de normalidad su baja correlación con los activos tradicionales sugiere un potencial beneficio para la diversificación de portafolios, durante episodios de crisis sistémica, como la pandemia de COVID-19, las correlaciones aumentan abruptamente, limitando temporalmente ese beneficio y alineando el comportamiento del Bitcoin con el de los mercados convencionales. Este hallazgo subraya la importancia de una gestión activa y flexible del riesgo, así como la necesidad de monitorear en tiempo real la evolución de la volatilidad y las correlaciones en entornos financieros globales cada vez más interconectados.

Desde una perspectiva metodológica, la investigación confirma la utilidad del modelo GARCH para el análisis de volatilidad condicional en activos financieros, así como el valor de complementar este enfoque con modelos multivariantes como el DCC-GARCH para captar la dinámica de las correlaciones. No obstante, se reconoce que existen limitantes, especialmente en la capacidad de los modelos clásicos para capturar asimetrías, efectos no lineales y cambios estructurales abruptos, lo que sugiere la conveniencia de explorar, en posibles futuras investigaciones, modelos más flexibles y la incorporación de variables exógenas relevantes.

## Referencias bibliográficas

- Baur, D. G., Hong, K., & Lee, A. D. (2018). Bitcoin: Medium of Exchange or Speculative Assets? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 54, 177–189.
- Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar – A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.008>
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007.
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383–417.

## Otra Bibliografía utilizada

### Activos financieros y mercados

- Allianz. (2025). *Tipos de activos financieros y ejemplos más comunes*. <https://www.allianz.es/blog/empresas/5-tipos-activos-financieros.html>
- BBVA. (2025). *Activos financieros, qué son y cómo clasificarlos*. <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/fondos-inversion/activos-financieros.html>
- inbestMe. (2023). *Activos financieros, ¿qué son y cómo se clasifican?* <https://www.inbestme.com/es/es/blog/activos-financieros-que-son/>
- Pictet. (2024). *Activos financieros: conoce sus características y los distintos tipos*. <https://am.pictet.com/pictetparati/guia-de-finanzas/2023/clases-de-activos>

### Modelos econométricos, volatilidad y GARCH

- Amigo Dobarío, L. (2011). *Modelos ARCH: análisis de volatilidad de series temporales financieras* (Tesis de maestría). Universidad de Salamanca.
- Asenjo Godoy, P., & Praetorius Batalla, S. (2011). *Optimización de modelos GARCH a través de algoritmo genético* (Tesis de licenciatura). Universidad de Chile.

- Badosa Tapia, F. (2022). *Análisis del impacto de las noticias de prensa sobre la volatilidad de Bitcoin* (Trabajo de máster). Universidad de Barcelona. [https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/191165/5/TFM-CAF\\_BadosaTapia.pdf](https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/191165/5/TFM-CAF_BadosaTapia.pdf)
- Brownlees, C., & Engle, R. F. (2017). SRISK: A Conditional Capital Shortfall Measure of Systemic Risk. *The Review of Financial Studies*, 30(1), 48–79.
- Casas, M., & Cepeda, E. (2008). Modelos ARCH, GARCH y EGARCH: aplicaciones a series financieras. *Cuadernos de Economía*, 27(48), 287-319.
- Chacón García, R. A. (2018). *Valoración de riesgo mediante modelos GARCH y simulación* (Tesis doctoral). Universidad de Oviedo. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/40977>
- CIMAT. (2022). *LSTM-GARCH para la predicción de volatilidad en portafolios de criptomonedas* [Informe técnico]. Centro de Investigación en Matemáticas.
- Du Rufino, H. (2024). *Comparación de modelos GARCH y volatilidad realizada en la predicción de la volatilidad del tipo de cambio USD/EUR* (Trabajo de máster). Universitat de Barcelona. [https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/215132/1/TFM-CAF-Du+Rufino\\_2024.pdf](https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/215132/1/TFM-CAF-Du+Rufino_2024.pdf)
- Engle, R. F. (2002). Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate GARCH Models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339–350.
- Engle, R. F., & Sheppard, K. (2001). Theoretical and Empirical Properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH. *NBER Working Paper No. 8554*. [https://www.nber.org/system/files/working\\_papers/w8554/w8554.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w8554/w8554.pdf)
- Funcas. (2021). Modelos de selección de carteras con muchos activos. En *Nuevos métodos de predicción económica con datos masivos* (pp. 35-56). [https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2021/05/Nuevos-m%C3%A9todos-de-predicci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-con-datos-masivos\\_2.pdf](https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2021/05/Nuevos-m%C3%A9todos-de-predicci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-con-datos-masivos_2.pdf)
- Gómez, P. D. (2012). Aplicación de la metodología GARCH al precio de cierre en la Bolsa de Valores. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 7(2), 45-60. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81629470013.pdf>
- Modelos ARCH univariantes y multivariantes (s. f.). Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41460/Arch.pdf>
- Modelos de volatilidad estocástica y su aplicación a series financieras. (s. f.). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000711793/3/0711793.pdf>
- Red Mexicana de Economía y Finanzas. (2018). Modelos VAR-GARCH y portafolios de inversión. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 13(1), 45-67. <https://www.remef.org.mx/index.php/remef/article/download/45/75>

- StataCorp. (2023). *mgarch dcc — Dynamic conditional correlation multivariate GARCH model*. Stata Time-Series Reference Manual Release 18. <https://www.stata.com/manuals/tsmgarchdcc.pdf>
- Universitat de Barcelona. (s. f.). *Modelos ARCH y GARCH: aplicación a series financieras* [Tesis]. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/125023/2/memoria.pdf>
- Velarde, A. A. (2022). *El modelo DCC-GARCH y la transmisión de volatilidad entre criptomonedas y mercados bursátiles* (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/684070/Velarde\\_AA.pdf](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/684070/Velarde_AA.pdf)
- Wooldridge, J. M. (2013). *Econometría introductoria: un enfoque moderno* (4ª ed.). Cengage Learning.

### Correlación y análisis de mercados

- Cointelegraph. (2022). ¿Cuáles son los 3 activos más correlacionados con bitcoin? <https://es.cointelegraph.com/news/bitcoin-assets-most-correlated-assets-today>
- MDC Trading Academy. (s.f.). Correlación en el trading: ¿qué es y cómo usarla a tu favor? <https://www.mdctradingacademy.com/blog/correlacion-en-el-trading-que-es/>
- Roy-García, I. (2019). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista de Investigación Clínica*, 71(5), 354-361. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-91902019000300354](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902019000300354)
- SciELO México. (2019). Las correlaciones dinámicas de contagio financiero. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-53462019000200151](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-53462019000200151)
- SciELO México. (2023). Volatilidad dinámica en el sector bancario en México. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-66222023000200069&lang=pt](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-66222023000200069&lang=pt)
- Xu, C. (2022, junio 17-19). *The dynamic relation between Bitcoin volatility and stock volatility: DCC-GARCH approach* [Presentación en congreso]. International Conference on Information Economy, Data Modeling and Cloud Computing (ICIDC 2022), Qingdao, China. <https://doi.org/10.4108/eai.17-6-2022.1322628>

### Fuentes de datos y análisis de volatilidad

- Bloomberg. (s.f.). *Base de datos histórica de precios y volatilidad*.
- CoinMarketCap. (s.f.). *Base de datos de precios de criptomonedas*.
- Investing.com. (s.f.). *Base de datos de precios de activos financieros*.
- LBMA. (s.f.). *London Bullion Market Association*.
- NYU Stern V-Lab. (2025). *Dow Jones Industrial Average GARCH volatility analysis*.

- Yahoo Finance. (s.f.). *Base de datos de precios históricos de activos financieros.*

**Declaración de intereses**

El autor declara que no existe conflicto de intereses.