

David Mateo Berdajin

EL FUTURO DE BITCOIN: BURBUJA O REVOLUCIÓN FINANCIERA – ANÁLISIS DE SU RELACIÓN CON EL MERCADO DE VALORES Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Área temática: Mercados financieros y monetarios

Grado de Economía



FACULTAT D'ECONOMIA i EMPRESA
Universitat Rovira i Virgili

Reus

Curso 2024-2025

ÍNDICE

1. RESUMEN, RESUM, ABSTRACT	3
2. PRESENTACIÓN	6
3. INTRODUCCIÓN.....	7
3.1 RELEVANCIA DEL TEMA	7
3.2 OBJETIVOS	8
3.3 METODOLOGÍA	9
3.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	10
4. MARCO TEÓRICO	10
4.1 INICIOS DE BITCOIN	10
4.1.1 <i>CONTEXTO HISTÓRICO</i>	<i>10</i>
4.1.2 <i>INICIOS.....</i>	<i>13</i>
4.1.3 <i>FUNCIONAMIENTO</i>	<i>14</i>
4.2 BURBUJAS FINANCIERAS Y BITCOIN	17
4.2.1 <i>DEFINICIÓN.....</i>	<i>17</i>
4.2.2 <i>¿BURBUJA O ACTIVO EN PROCESO DE ADOPCIÓN?.....</i>	<i>18</i>
4.3 RELACIÓN CON LOS MERCADOS DE VALORES	19
4.4 RESERVA DE VALOR	19
5. MARCO PRÁCTICO	20
5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS	20
5.2 MODELOS VAR/VECM Y COINTEGRACIÓN	25
5.2.1 <i>COINTEGRACIÓN.....</i>	<i>26</i>
5.2.2 <i>MODELO VECM.....</i>	<i>29</i>
5.2.2.1 <i>RELACIONES DE COINTEGRACIÓN Y VECTORES DE AJUSTE</i>	<i>30</i>
5.2.2.2 <i>ECUACIONES EN DIFERENCIAS.....</i>	<i>32</i>
5.2.2.3 <i>ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS DEL MODELO.....</i>	<i>36</i>
5.3 CRÍTICA DEL MODELO VECM.....	38
5.4 SOLUCIONES ALTERNATIVAS	39
5.5 IMPACTO EN LOS GOBIERNOS EN LA VIABILIDAD DE BITCOIN	40
5.5.1 <i>PANORAMA ACTUAL.....</i>	<i>40</i>
5.5.2 <i>REFLEXIÓN SOBRE LA REGULACIÓN Y LA SOBERANÍA MONETARIA.....</i>	<i>41</i>
5.6 REFLEXIONES FINALES	42
6. CONCLUSIONES	43
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: BITCOIN INFLATION VS TIME. FUENTE: (BITCOIN BLOCK REWARD HALVING COUNTDOWN, S.F.)	15
FIGURA 2: EVOLUCIÓN PRECIO BITCOIN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS EXTRAÍDOS DE INVESTING.COM.....	21
FIGURA 3: EVOLUCIÓN PRECIO S&P 500. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS EXTRAÍDOS DE INVESTING.COM	21
FIGURA 4: EVOLUCIÓN PRECIO ORO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS EXTRAÍDOS DE INVESTING.COM	22
FIGURA 5: EVOLUCIÓN PRECIO, ESCALA LOGARÍTMICA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS EXTRAÍDOS DE INVESTING.COM	22
FIGURA 6: EVOLUCIÓN RENTABILIDAD BITCOIN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS EXTRAÍDOS DE INVESTING.COM	23
FIGURA 7: EVOLUCIÓN RENTABILIDAD S&P 500. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS EXTRAÍDOS DE INVESTING.COM	23
FIGURA 8: EVOLUCIÓN RENTABILIDAD ORO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS EXTRAÍDOS DE INVESTING.COM.....	24
FIGURA 9: TEST DE RAÍZ UNITARIA BTC_PRICE. GRETL	26
FIGURA 10: TEST DE RAÍZ UNITARIA SP500_PRICE. GRETL.....	26
FIGURA 11: TEST DE RAÍZ UNITARIA GOLD_PRICE. GRETL	27
FIGURA 12: TEST DE RAÍZ UNITARIA D_BTC_PRICE. GRETL	27
FIGURA 13: TEST DE RAÍZ UNITARIA D_SP500_PRICE. GRETL.....	28
FIGURA 14: TEST DE RAÍZ UNITARIA D_GOLD_PRICE. GRETL	28
FIGURA 15: CONTRASTE DE COINTEGRACIÓN DE JOHANSEN. GRETL	29
FIGURA 16: MODELO VECM. GRETL	30
FIGURA 17: VECTORES DE AJUSTE DEL MODELO VECM	31
FIGURA 18: MODELO VECM (2). GRETL	33
FIGURA 19: MODELO VECM (3). GRETL	34
FIGURA 20: MODELO VECM (4). GRETL	35
FIGURA 21: CONTRASTE DE AUTOCORRELACIÓN RESIDUOS DEL MODELO VECM. GRETL.....	37
FIGURA 22: CONTRASTE DE HETEROCEDASTICIDAD EN LOS RESIDUOS DEL MODELO VECM. GRETL.....	37
FIGURA 23: CONTRASTE DE NORMALIDAD EN LOS RESIDUOS DEL MODELO VECM. GRETL.....	38

1. RESUMEN, RESUM, ABSTRACT

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo explorar el futuro de Bitcoin como fenómeno financiero global, debatiendo si se trata de una burbuja puramente especulativa que en algún momento va a estallar o una revolución en el sistema económico a nivel mundial. Para ello, se analiza su utilidad, la relación con el mercado de valores y la viabilidad de esta criptomoneda a largo plazo desde diferentes enfoques.

En primer lugar, se explica el funcionamiento de Bitcoin a nivel básico para poder comprender las características principales de este activo. En segundo lugar, se contextualiza su aparición en el sistema económico actual y su evolución como activo digital en un entorno de mercados tradicionales. A continuación, se analiza su comportamiento frente a activos conocidos como el S&P 500 y el oro examinando cointegración, volatilidad e incluso la capacidad de actuar como valor refugio en contextos económicos de crisis. Este análisis incluye herramientas econométricas y datos históricos para fundamentar los resultados y las conclusiones a las que se llegan.

Este trabajo también tiene en cuenta factores críticos que afectan a Bitcoin, como la regulación, la aceptación masiva por parte de la sociedad, la seguridad de un activo que no está respaldado por gobiernos ni bancos centrales y otros aspectos importantes.

Finalmente, se plantean escenarios de futuro para Bitcoin, desde su posible consolidación en la economía mundial hasta su desaparición por problemas tecnológicos o por rechazo de gobiernos e instituciones. Con este análisis, se busca no solo dar a conocer el potencial de Bitcoin, sino también ofrecer una perspectiva crítica y fundamentada que permita al lector tener mayor conocimiento y una opinión formada sobre el tema tratado.

Palabras clave: Bitcoin, volatilidad, mercados financieros

RESUM

Aquest treball té com a objectiu explorar el futur de Bitcoin com a fenomen financer global, debatent si es tracta d'una bombolla purament especulativa que en algun moment esclatarà o una revolució en el sistema econòmic mundial. Per això, se n'analitza la utilitat, la relació amb el mercat de valors i la viabilitat d'aquesta criptomoneda a llarg termini des de diferents enfocaments.

En primer lloc, s'explica el funcionament de Bitcoin per poder comprendre les característiques principals d'aquest actiu. En segon lloc, se'n contextualitza l'aparició en el sistema econòmic actual i l'evolució com a actiu digital en un entorn de mercats tradicionals. A continuació, se n'analitza el comportament davant actius coneguts com l'S&P 500 i l'or examinant cointegració, volatilitat i fins i tot la capacitat d'actuar com a valor refugi en contextos econòmics de crisi. Aquesta anàlisi inclou eines econòmiques i dades històriques per fonamentar els resultats i les conclusions a les quals s'arriben.

Aquest treball també té en compte factors crítics que afecten Bitcoin, com ara la regulació, l'acceptació massiva per part de la societat, la seguretat d'un actiu que no està recolzat per governs ni bancs centrals i altres aspectes importants.

Finalment, es plantegen escenaris de futur per a Bitcoin, des de la seva possible consolidació a l'economia mundial fins a la seva desaparició per problemes tecnològics o per rebuig de governs i institucions. Amb aquesta anàlisi, es busca no només donar a conèixer el potencial de Bitcoin, sinó també oferir una perspectiva crítica i fonamentada que permeti al lector tenir més coneixement i una opinió formada sobre el tema tractat.

Paraules clau: Bitcoin, volatilitat, mercats financers

ABSTRACT

This paper aims to explore the future of Bitcoin as a global financial phenomenon, debating whether it is a purely speculative bubble that will burst at some point or a revolution in the world economic system. Therefore, its utility, relationship with the stock market and the viability of this cryptocurrency in the long term are analyzed from different approaches.

First, the operation of Bitcoin is explained at a basic level in order to understand the main characteristics of this asset. Secondly, its appearance in the current economic system and its evolution as a digital asset in an environment of traditional markets is contextualised. It then analyzes its behavior against known assets such as the S&P 500 and gold, studying cointegration, volatility and even the ability to act as a safe haven in economic contexts of crisis. This analysis includes econometric tools and historical data to support the results and conclusions reached.

This work also considers critical factors affecting Bitcoin, such as regulation, mass acceptance from society, the security of an asset that is not backed by governments or central banks, and other important aspects.

Finally, future scenarios for Bitcoin are considered, from its possible consolidation in the world economy to its disappearance due to technological problems or rejection by governments and institutions. With this analysis, it is sought not only to publicize the potential of Bitcoin, but also to offer a critical and grounded perspective that allows the reader to have more knowledge and a formed opinion on the topic discussed.

Key words: Bitcoin, volatility, financial markets

2. PRESENTACIÓN

Mi interés por el tema de las criptomonedas, y en particular por Bitcoin, comenzó en 2020, al inicio de la pandemia. Cuando un bitcoin estaba valorado alrededor de 9.000 dólares, descubrí esta tecnología nueva para mí. Desde ese momento, la curiosidad y cierta avaricia me llevaron a profundizar sobre el tema, estudiándolo de manera autodidacta a través de internet, y posteriormente a través de libros que se referencian en este trabajo. Al principio fue una simple búsqueda de información, pero pronto se convirtió casi en una obsesión por comprender el funcionamiento y el impacto que Bitcoin podría tener tanto en la economía global como en mis finanzas personales.

Además de estudiar su funcionamiento, pronto comencé a invertir en este activo digital con pequeñas cantidades de dinero que podía ahorrar siendo estudiante. Aunque mis recursos eran limitados en ese momento, cada inversión reflejaba mi interés y confianza en Bitcoin. Con el tiempo, mi interés se ha mantenido constante y he seguido leyendo y aprendiendo sobre el tema. Hoy en día, gracias a los ingresos recurrentes de mi trabajo durante los fines de semana, puedo hacer una inversión de manera mensual, consolidando mi conocimiento teórico, además de la experiencia práctica en la utilización de todo el ecosistema “cripto”.

La elección de este tema para mi Trabajo de Fin de Grado surge, por lo tanto, de un interés genuino por entender con mayor profundidad las implicaciones económicas y financieras de Bitcoin, intentando concluir si se trata de una burbuja especulativa o de una revolución del sistema financiero. Mi posición inicial, basada en mis años de estudio e inversión, es que Bitcoin no es una burbuja, sino la primera moneda sólida de verdad de toda la historia de la humanidad y, por tanto, una revolución. Aun así, sigue siendo un activo muy joven y con unas características únicas, por este motivo, este trabajo me permitirá ampliar y respaldar mi perspectiva e incluso explorar nuevos puntos de vista, todo ello con un análisis riguroso.

Este trabajo se vincula directamente con varias asignaturas y competencias del grado en economía de esta facultad. Primero, econometría y estadística, fundamentales para analizar datos y hacer estudios econométricos. En segundo lugar, macroeconomía y economía mundial que permiten contextualizar Bitcoin en el entorno económico global y estudiar la viabilidad en el largo plazo. Después, mercados financieros y teoría económica financiera, que me ayudarán en el estudio de la relación con los mercados financieros tradicionales. Finalmente, economía pública y teoría del sector público, para estudiar las regulaciones gubernamentales respecto a este activo digital.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 RELEVANCIA DEL TEMA

En los últimos años, las criptomonedas han dado mucho que hablar, en especial Bitcoin, la primera criptomoneda creada en la historia de la humanidad. Desde su aparición en el año 2009 ha ganado mucha relevancia en el mundo financiero a causa de las rentabilidades anuales que ha alcanzado y de su innovadora tecnología.

A nivel teórico, estudiar Bitcoin ofrece una oportunidad para profundizar en conceptos tan fundamentales como la confianza en los sistemas monetarios y la solidez del dinero gubernamental. Este activo también pone sobre la mesa la relación entre innovación tecnológica y transformación económica, ya que su éxito no solo depende de factores financieros, sino también de la adopción masiva o la percepción social.

Analizar este activo desde un punto de vista teórico ofrece una base sólida para examinar el papel de las criptomonedas en un sistema financiero que está en constante cambio.

A nivel práctico, este trabajo busca aportar un análisis sobre las características que definen a Bitcoin como activo financiero y su relación con los mercados tradicionales.

Uno de los factores más importantes es su volatilidad, la cual ha atraído a muchos inversores en busca de rentabilidades fuera de lo común. Esta es una de las características que diferencian a Bitcoin de los activos tradicionales y ha generado atención sobre su relación con los mercados más típicos como el S&P 500. Estudiar esta relación es fundamental para comprender si se comporta como un activo totalmente independiente, un valor refugio en momentos de incertidumbre o como un activo especulativo que sigue las tendencias generales de los mercados. Este tipo de información es de vital importancia para los inversores que quieran incorporarlo en sus carteras.

Profundizando en la cuestión del valor refugio, Bitcoin, desde su aparición, ha sido comparado con el oro, incluso se le conoce socialmente como el “oro digital”. Su escasez programada y la descentralización hacen que se posicione como un activo presuntamente resistente a las políticas monetarias y las decisiones de los gobiernos, aunque estas características aún son objeto de debate a nivel práctico.

3.2 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es determinar si Bitcoin es una burbuja puramente especulativa o si supone una revolución financiera para el sistema económico mundial y, por tanto, tiene viabilidad a largo plazo. Para alcanzar este objetivo se pretende analizar diferentes aspectos:

- 1. Entender el funcionamiento y la aparición de Bitcoin a nivel básico:** se describirá la tecnología detrás del activo (Blockchain) y las características de este para que su funcionamiento sea posible de manera descentralizada y sin respaldo gubernamental. Esta explicación se hará a un nivel técnico sencillo, puesto que la complejidad de la tecnología Blockchain es demasiado elevada como para profundizar y explicar cada uno de los detalles de su funcionamiento. Además, no es el objetivo analizar la tecnología como tal, sino las implicaciones y aplicaciones económicas de esta. También se contextualizará la aparición de Bitcoin en relación con la historia del dinero.
- 2. Examinar la evolución como activo digital:** se estudiará su transición desde un sistema de pagos descentralizados hasta una herramienta de inversión cada vez más integrada en los mercados tradicionales, teniendo en cuenta que hoy en día sigue siendo un activo con pocos años de historia.
- 3. Analizar la relación con los mercados tradicionales:** se investigará su comportamiento en relación con el índice S&P 500, con el objetivo de determinar si es un activo totalmente independiente o no. Este objetivo es muy importante ya que, aunque Bitcoin apareció como un activo descentralizado y ajeno a los demás, en la práctica podría tender comportarse de forma similar a activos mas tradicionales.
- 4. Analizar su comportamiento como valor refugio:** se valorará la capacidad de proteger el valor monetario en momentos de incertidumbre económica, así como lo hace el oro, estudiando la relación entre ambos.
- 5. Analizar su viabilidad a largo plazo:** se examinarán factores económicos, tecnológicos, regulaciones y aspectos sociales que pueden influir en el futuro de Bitcoin como activo financiero y su posible integración en el sistema económico global.

3.3 METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo, se comienza con una explicación básica de los conceptos de Bitcoin, Blockchain y el dinero. Esta explicación se realizará a partir del conocimiento propio adquirido hasta ahora y se complementará con el soporte de libros (Ammous, 2018; Antonopoulos, 2017) que destacan por ofrecer una visión clara y sencilla, sin requerir conocimientos técnicos avanzados. El objetivo de este apartado inicial es proporcionar una introducción accesible que permita comprender las bases de este activo digital y la tecnología asociada, así como las propiedades y características del dinero.

El marco teórico se elaborará mediante una investigación más profunda sobre el papel económico de Bitcoin desde su aparición, identificando los problemas que intenta solucionar y las ventajas e inconvenientes que presenta a nivel teórico. Este análisis incluirá también una revisión sobre su uso potencial como reserva de valor, su sostenibilidad en el tiempo y las críticas asociadas a su volatilidad. Esta parte del trabajo tiene como objetivo establecer una base conceptual sólida y clara para el análisis práctico posterior, dando al lector una comprensión completa del contexto y la importancia de Bitcoin dentro del sistema económico a nivel mundial.

En el marco práctico, se utilizarán modelos econométricos para analizar la cointegración entre Bitcoin y los principales activos tradicionales, como el S&P 500 y el oro, con el objetivo de identificar patrones de comportamiento y explorar hasta qué punto este activo está relacionado con los mercados. Se aplicarán modelos y test econométricos aprendidos durante el grado, como por ejemplo el test de cointegración y el modelo VAR/VECM, para analizar las dinámicas de volatilidad y entender la relación entre estas 3 variables. Este enfoque busca no solo entender cómo se mueve Bitcoin con relación a los mercados tradicionales, sino también explorar su viabilidad a largo plazo como activo financiero.

3.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Con base en los objetivos planteados en la sección de metodología, se formulan las siguientes hipótesis que serán contrastadas empíricamente en el marco práctico:

- **Hipótesis 1: Bitcoin y el oro están cointegrados**, es decir, existe una relación de equilibrio a largo plazo entre ambos activos.
 - Esta hipótesis se basa en la idea de que ambos comparten algunas características como la escasez, la percepción de ser reserva de valor y la independencia de emisores gubernamentales, lo que podría llevar a una relación a largo plazo.
- **Hipótesis 2: Bitcoin y el índice S&P 500 no están cointegrados.**
 - Aunque puede que tengan correlación en el corto plazo, su naturaleza y características son muy diferentes, lo que lleva a esperar una ausencia en la relación de equilibrio a largo plazo.
- **Hipótesis 3: En caso de existir relaciones de cointegración, se espera que Bitcoin actúe como principal variable de ajuste.**
 - Como Bitcoin es un activo mas joven y más volátil, es más probable que se adapte a las desviaciones del equilibrio con mayor intensidad que otros activos tradicionales como los que se analizan. (La Ley, s.f.)

4. MARCO TEÓRICO

4.1 INICIOS DE BITCOIN

4.1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Durante casi toda la historia de la humanidad el dinero ha sido un tema crucial para la organización de las sociedades. En un primer momento, se usaba el trueque donde se intercambiaban bienes para satisfacer las necesidades de cada individuo.

“Como más grande se hacía el mercado más posibilidades de especialización e intercambio aparecían, pero también aumentaba el problema de la coincidencia de deseos; es decir, el problema de que aquello que se quiere adquirir lo produce alguien que no desea lo que tenemos para vender o intercambiar.”(Ammous, 2018, p. 22)

Este problema contiene tres dimensiones clave para entender cuál es el papel del dinero en nuestra sociedad:

1. **Falta de coincidencia de escala:** puede ser que el bien que un individuo tenga no disponga del mismo valor que el que quiere, y que, además, no sea práctico dividirlo en partes más pequeñas.

2. **Falta de coincidencia de tiempo:** puede ser que un bien sea perecedero, pero el individuo desee un bien duradero, en ese caso será muy complicado acumular la cantidad suficiente de bienes perecederos para intercambiarlos por uno no perecedero.
3. **Falta de coincidencia de ubicación:** en una economía de trueque, cada intercambio requiere de la presencia física de las dos partes, esto complica enormemente el comercio y el avance de la sociedad.
(Ammous, 2018, p. 22)

Estas tres dimensiones de la falta de coincidencia de deseos hacen que los intercambios directos sean muy poco prácticos y, por tanto, la sociedad debe recurrir a diferentes niveles de intercambio para satisfacer las necesidades económicas. Con el tiempo y por razones de eficiencia surge un único instrumento de cambio indirecto que hoy en día conocemos como dinero.

A lo largo del tiempo se han usado diferentes formas de dinero muy diferentes, desde piedras preciosas, metales o animales. (Treviso, 2024)

“la propiedad esencial que lleva a que un bien sea adoptado con libertad como moneda en el mercado es la vendibilidad, la facilidad de venta de un producto en el mercado, siempre que lo desee su titular, con el menor perjuicio en su precio.”
(Ammous, 2018, p. 24)

Bajo esta premisa de la vendibilidad (en escala, espacio y tiempo) se puede concluir que en un principio no debería haber nada que marque lo que debería ser utilizado como dinero y lo que no, más que el deseo de la propia sociedad de usarlo. A partir de aquí se puede llegar a identificar ciertas características que hacen que un bien sea mejor que otro a la hora de utilizarlo como dinero, como ya se ha identificado con el problema de la coincidencia de deseos.

Hay tres funciones que debe desempeñar el dinero en la sociedad: (Ammous, 2018, p. 31)

1. **Instrumento de cambio:** esta característica es fundamental para facilitar el intercambio de bienes y servicios, permitiendo la especialización. Antes de la aparición del dinero, las economías basadas en el trueque tenían muchas dificultades para coincidir en deseos.
2. **Reserva de valor:** el dinero también debe o debería actuar como una reserva de valor, es decir, debería ser capaz de mantener su poder adquisitivo a lo largo del tiempo. Esta función proporciona una orientación

futura e incentiva a las personas a dirigir los recursos a la inversión en vez de al consumo, permitiendo así el avance de la sociedad en términos de tecnología y nivel de vida. Una moneda que pierde valor rápidamente debido a la inflación o la devaluación pierde su capacidad como reserva de valor. Esto puede llevar a comportamientos económicos perjudiciales como, por ejemplo, la acumulación de bienes tangibles o un consumo excesivo.

- 3. Unidad de cuenta:** esta última característica es esencial para calcular beneficios y pérdidas, facilitando la planificación económica y la toma de decisiones financieras. Una unidad de cuenta estable es esencial para evitar distorsiones; si el valor del dinero es muy volátil, dificulta el establecimiento de precios y la comparación de los costes, repercutiendo en la actividad económica.

De la característica “reserva de valor” podemos extraer conclusiones para entender la aparición de Bitcoin en nuestra sociedad. Gracias a este concepto podemos diferenciar monedas fuertes o sólidas y monedas débiles. Una moneda fuerte es aquella cuya oferta es difícil incrementar ya que su emisión está limitada por factores externos como la escasez en la naturaleza (oro), o reglas estrictas de emisión (Bitcoin, cuya oferta está programada en 21 millones). En cambio, una moneda débil es aquella cuya oferta puede aumentar con facilidad, generalmente a través de políticas monetarias, lo que la hace vulnerable a la inflación y la pérdida de valor con el paso del tiempo.

“La trampa del dinero fácil: cualquier cosa utilizada como reserva de valor verá incrementada su oferta, y todo aquello de lo que se puede acrecentar la oferta con facilidad destruirá la riqueza de quienes lo hayan utilizado como reserva de valor.”

(Ammous, 2018, p. 26)

Hoy en día el dinero que usamos, conocido como dinero fiduciario, no cumple de manera efectiva la función de reserva de valor, ya que pierde poder adquisitivo con el paso del tiempo debido a la inflación y las políticas monetarias expansivas. A diferencia de las mencionadas monedas fuertes, el dinero fiduciario puede ser emitido en grandes cantidades sin restricciones, lo que inevitablemente repercute en su valor y afecta en la capacidad de los individuos para mantener y aumentar su riqueza a largo plazo.

Además, es importante destacar que el dinero gubernamental que utilizamos no ha sido elegido libremente por la sociedad en un proceso natural a lo largo del tiempo, como ocurrió con el oro y la plata, sino que ha sido impuesto por los estados a través de

regulaciones y leyes. Esto significa que, independientemente de su eficiencia o estabilidad, la sociedad está obligada a usarlo para realizar todo tipo de pagos de impuestos, bienes y servicios. (Wikipedia contributors, 2025)

Esta situación ha llevado a la aparición de alternativas que puedan cumplir mejor la función de reserva de valor, como el oro. En los últimos años, Bitcoin se ha posicionado como una posible opción dentro de este debate, debido a su emisión limitada de monedas y su descentralización. Aunque estas características podrían hacerlo propenso a actuar como reserva de valor, su corta trayectoria y alta volatilidad hacen que aún sea necesario estudiarlo en más profundidad para determinar si realmente puede cumplir con esta función de manera sostenida en el tiempo.

4.1.2 INICIOS

La figura de Bitcoin aparece por primera vez un 31 de octubre de 2008 cuando Satoshi Nakamoto publica en una lista de correo de criptografía el “White paper” sobre bitcoin. ([Nakamoto, 2008](#)). En este documento de solo 9 páginas, el autor explica un sistema innovador para poder hacer transacciones con valor sin la necesidad de un intermediario, proponiendo así una solución descentralizada al sistema financiero tradicional.

Aunque la propuesta de Bitcoin representa un avance revolucionario, el concepto de transacciones “peer-to-peer” no es nuevo. Años antes de su creación, Nick Szabo, en 1998, había iniciado un proyecto llamado BitGold, considerado el precursor conceptual de Bitcoin. BitGold compartía ideas fundamentales como la descentralización, la privacidad y el uso de la prueba de trabajo como método de seguridad y validación. Sin embargo, este proyecto nunca llegó a materializarse como una moneda funcional, ya que no lograba solucionar el problema del doble gasto, un reto fundamental para garantizar la confianza en un sistema de dinero digital descentralizado. ([Sanchis, 2024, p. 124](#))

Bitcoin, a diferencia de BitGold, superó este obstáculo mediante la introducción de un registro público, inmutable y compartido: la cadena de bloques (Blockchain). Este registro es una forma de asegurar que ninguna moneda se pueda gastar más de una vez, eliminando así el riesgo de doble gasto y solucionando un problema que hasta el momento había sido el principal impedimento para la ejecución de un sistema de pagos de este estilo.

4.1.3 FUNCIONAMIENTO

AGENTES

Para entender cómo funciona se puede usar el ejemplo de una web normal. En una web convencional, cuando un usuario desea acceder a una página, su navegador envía una solicitud al servidor web correspondiente. Este servidor, que actúa como un sistema centralizado, procesa la solicitud y devuelve al navegador los archivos necesarios para mostrar la página solicitada. (Maldonado, 2024) Este modelo se basa en una arquitectura cliente-servidor, donde el servidor central almacena y gestiona todo el contenido del sitio web.

En contraste, la red de Bitcoin opera de manera descentralizada a través de una red distribuida de nodos. Cada nodo en la red mantiene una copia completa y actualizada del "libro de contabilidad" o blockchain, que registra todas las transacciones realizadas con Bitcoin. Esta estructura permite que cualquier participante pueda verificar y auditar las transacciones en tiempo real, sin depender de una autoridad central. ([Binance Academy, 2023](#))

Además de los nodos existe otro agente que es fundamental para la red pueda funcionar de manera fiable, estos son los mineros. Estos agentes tienen un papel crucial para el funcionamiento del ecosistema y la seguridad de la red, ejerciendo un proceso conocido como minería, el cual se basa en un mecanismo de consenso llamado *Proof of Work* (Prueba de Trabajo).

El *Proof of Work* es el protocolo que permite a la red tener un consenso de manera descentralizada. Para añadir un nuevo bloque a la cadena, los mineros deben realizar una prueba de trabajo, que consiste en la resolución de complejos problemas matemáticos que solo se pueden abordar con fuerza bruta, es decir, probar resultados aleatoriamente hasta dar con el *hash* válido. ([Binance Academy, 2018](#))

“Una función hash en resumen es una función que, dada una entrada de datos de tamaño variable, devuelve una salida de datos de un tamaño fijo de forma determinista pero que parece aleatoria, parece ruido, parece caótica. Una persona humana, a simple vista, debe ver aleatorio el resultado, aunque a todas las personas que utilicen la misma función hash con la misma entrada debe devolverles el mismo resultado.”(Sanchis, 2024, p. 135)

Estos cálculos, actualmente, requieren una cantidad muy elevada de potencia computacional, pero en un principio se podía hacer con un ordenador totalmente normal, esto es por el ajuste de dificultad que se produce cada 2016 bloques nuevos

(aproximadamente 2 semanas)(Sanchis, 2024). Al resolver estos problemas matemáticos, los mineros verifican y agrupan las transacciones en bloques, que luego se añaden a la cadena.

RECOMPENSAS

Todo este sistema funciona a través de incentivos económicos. Los mineros reciben recompensas en forma de bitcoins emitidos (subsidio por bloque) y comisiones por transacción cada vez que resuelven un problema matemático y añaden un bloque a la red. Este incentivo económico garantiza la seguridad y la continuidad de la cadena de bloques, ya que los participantes destinan recursos computacionales para mantener la integridad de la red.

Con el tiempo, el subsidio por bloque disminuye a través del mecanismo nombrado halving. Éste es un evento programado que reduce la recompensa que reciben los mineros a la mitad cada 210.000 bloques (4 años aproximadamente). En sus inicios los mineros recibían una recompensa de 50 bitcoins por cada bloque. En 2012, cuando ocurrió el primer halving, la recompensa se redujo a 25 bitcoins por bloque, en 2016 a 12,5, en 2020 a 6,25 y en el pasado 2024 la recompensa disminuyó hasta los 3,125 bitcoins por bloque minado. Se espera que este proceso siga hasta el año 2140 cuando el último de los 21 millones de bitcoins sea emitido y los mineros reciban recompensas únicamente de las comisiones por transacción. (Baselli, 2024)

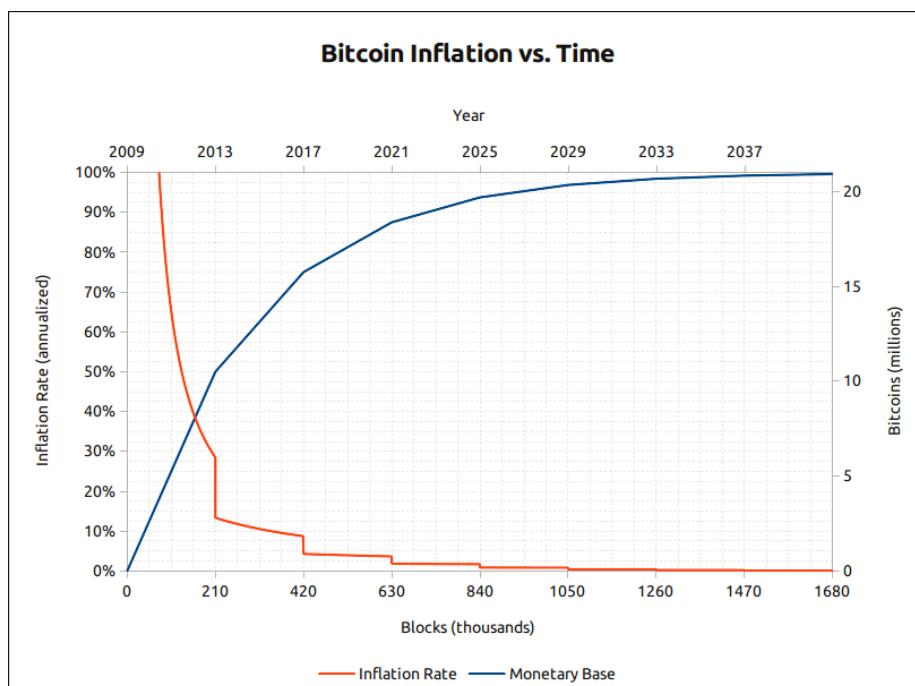


Figura 1: Bitcoin inflation vs Time. Fuente: (Bitcoin Block Reward Halving Countdown, s.f.)

Tal como se observa en la **figura 1**, la tasa de emisión de bitcoins disminuye con cada halving, lo que le convierte en un activo deflacionario.

SEGURIDAD

Bitcoin es un sistema que no depende de una autoridad central para garantizar la seguridad de las transacciones y la propiedad de los fondos de los usuarios. En su lugar, utiliza criptografía avanzada, el *Proof of Work* y una estructura de red distribuida (Blockchain) para proporcionar un alto nivel de seguridad.

Bitcoin funciona con un sistema de clave criptográficas asimétricas, que permiten a los usuarios poseer y transferir fondos de manera segura sin necesidad de intermediarios.

“Este tipo de criptografía se basa en problemas de complejidad asimétrica, en el cual un procedimiento es fácil de realizar mientras que su inverso es extremadamente complejo.” (Sanchis, 2024, p. 80)

Un ejemplo claro es el de romper un huevo. Romperlo es muy fácil, pero reconstruirlo es prácticamente imposible.

Cada usuario dispone de:

- **Clave privada:** es un número secreto de 256 bits (caracteres binarios), generado aleatoriamente, lo que nos da un total de 2^{256} combinaciones diferentes de claves privadas. En hexadecimal, la clave privada es una combinación de 64 caracteres. Actúa como una contraseña de acceso a los fondos. Solo el propietario debe saber cuál es, ya que divulgarla comprometería la seguridad de los bitcoins asociados a esa clave. Esta “contraseña” permite firmar digitalmente transacciones y demostrar la propiedad de los fondos. (Sanchis, 2024, p. 156)
- **Clave pública:** esta viene derivada matemáticamente de la clave privada mediante criptografía. Se utiliza para generar direcciones de Bitcoin a las que otros usuarios pueden enviar fondos. Aunque la clave pública es visible, no es posible obtener la clave privada a partir de ella debido a la asimetría del proceso criptográfico, como el ejemplo del huevo roto.

Al ser un protocolo descentralizado, Bitcoin no depende de un único punto de fallo que los atacantes puedan explotar. Si un nodo es comprometido, la funcionalidad de la red no se ve afectada, ya que miles de otros nodos siguen validando transacciones y

actualizando el registro de la blockchain. Esta estructura distribuida garantiza la resistencia del sistema ante intentos de manipulación o interrupción.

Uno de los ataques teóricos más conocidos es el ataque del 51%, que ocurriría si un solo actor o grupo lograra controlar más del 50% del poder de cómputo de la red. En tal escenario, podría modificar transacciones recientes o revertir pagos, comprometiendo la seguridad de la red. Sin embargo, en la actualidad, llevar a cabo un ataque de este tipo es prácticamente imposible debido a varios factores:

- **Coste computacional extremadamente alto:** a medida que la red de Bitcoin ha crecido, la potencia total de procesamiento ha aumentado exponencialmente. Para llevar a cabo un ataque del 51%, sería necesario invertir recursos masivos en equipos de minería y consumo energético, lo que hace que el costo de ejecución sea prohibitivo.
- **Falta de incentivos económicos:** incluso si un atacante lograra reunir la potencia computacional necesaria, un ataque exitoso minaría la confianza en Bitcoin, provocando una caída drástica en su valor en cuestión de minutos. Como consecuencia, los propios atacantes terminarían perjudicándose, ya que cualquier recompensa obtenida perdería valor rápidamente.

4.2 BURBUJAS FINANCIERAS Y BITCOIN

4.2.1 DEFINICIÓN

Es frecuente escuchar que Bitcoin es una burbuja que estallará en algún momento. Por ello, resulta muy importante comprender que es una burbuja financiera y cuáles son sus principales características. A partir de esta información, será posible analizar si cumple con los criterios de esta o si, por el contrario, su comportamiento responde más a un proceso de adopción y consolidación como activo financiero.

Se considera burbuja financiera cuando el precio de un activo aumenta rápidamente, hasta un punto donde el valor real o “razonable” está muy por debajo del precio. Eventualmente, este crecimiento insostenible acaba en un colapso de los precios cuando la burbuja estalla. ([Barón, 2021](#))

Hay varios casos a lo largo de la historia, como, por ejemplo: el boom de los tulipanes, la burbuja de las puntocom o la crisis de las hipotecas subprime en España. ([Barón, 2021](#))

4.2.2 ¿BURBUJA O ACTIVO EN PROCESO DE ADOPCIÓN?

La línea que separa una burbuja financiera de un activo en proceso de adopción puede ser confusa, lo que genera dificultades al evaluar la naturaleza de ciertos activos como Bitcoin. Tal como se ha mencionado anteriormente, existen varios ejemplos de burbujas especulativas en las que el precio de un activo ha crecido exponencialmente para desplomarse en cuanto el mercado pierde la confianza. Sin embargo, también existen casos en los que un activo ha pasado por ciclos de alta volatilidad mientras se integraba de manera progresiva en la economía real. Para diferenciar entre ambos escenarios, es esencial analizar ciertos factores clave.

Uno de los principales rasgos de una burbuja es la desconexión entre el precio del activo y su valor fundamental, acompañada de un comportamiento especulativo por parte de los inversores, quienes compran con la expectativa de vender a precios más altos en el corto plazo sin comprender su valor real. Además, las burbujas suelen estar marcadas por una euforia colectiva, donde el optimismo generalizado y la presión social llevan a más participantes a entrar en el mercado, elevando aún más los precios hasta niveles insostenibles. ([Skilling, 2024](#))

En contraste, un activo en proceso de adopción muestra un crecimiento de valor impulsado por una demanda real y un aumento en su utilidad económica, con una integración progresiva en distintos sectores. Este proceso suele ir acompañado del desarrollo de infraestructura y regulación, lo que refleja su consolidación en la economía. Finalmente, la entrada de inversores institucionales es un fuerte indicador de madurez del activo, ya que la participación de bancos, fondos de inversión y grandes empresas tiende a reducir su volatilidad y otorgarle mayor credibilidad en el mercado financiero tradicional. (Linares, 2024; Gonzalez, 2024)

Para determinar si Bitcoin puede considerarse una burbuja especulativa o si, por el contrario, su volatilidad es parte de un proceso de adopción, es necesario realizar un análisis empírico basado en datos históricos de precios, ciclos de mercado y métricas de volatilidad. Por esta razón, el estudio detallado sobre el comportamiento de Bitcoin en relación con burbujas financieras se realizará en el marco práctico. De esta manera se podrá conectar este análisis con otros puntos del trabajo como la relación de Bitcoin con el mercado de valores y su posible función como reserva de valor.

4.3 RELACIÓN CON LOS MERCADOS DE VALORES

Desde su creación en 2008, Bitcoin ha despertado el interés tanto de inversores minoristas como institucionales, generando debates sobre su relación con los mercados financieros tradicionales. En sus inicios, fue percibido principalmente como un activo totalmente independiente de los mercados convencionales, funcionando de manera aislada y con poca correlación con los índices como el S&P 500. Sin embargo, en los últimos años, diferentes estudios indican que esta independencia podría estar disminuyendo, mostrando un aumento en la correlación con los mercados, especialmente en períodos de alta incertidumbre económica y volatilidad financiera. Este cambio en la percepción de los inversores y en el comportamiento de Bitcoin hace que se planteen diferentes cuestiones sobre la función que podría cumplir en el contexto financiero global. (Bouri, Molnár, Azzi, Roubaud & Hagfors 2017)

Para profundizar en esta cuestión, en el marco práctico del trabajo se llevará a cabo un análisis econométrico de la cointegración entre Bitcoin y algunos de los principales índices bursátiles. Para ello, se utilizarán técnicas econométricas basadas en series temporales, como el análisis de cointegración y modelos de regresión como el análisis VAR/VECM para identificar patrones dinámicos y relaciones entre los mercados tradicionales y Bitcoin.

Con este estudio se pretende determinar con mayor claridad el grado de independencia de Bitcoin como activo financiero, permitiendo llegar a conclusiones sobre su viabilidad y posicionamiento futuro en los mercados financieros.

4.4 RESERVA DE VALOR

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la función de reserva de valor se refiere a la capacidad que tiene un activo o moneda para mantener su poder adquisitivo con el paso del tiempo, permitiendo así transferir riqueza del presente al futuro. Para hacer esta función, es imprescindible que el activo presente ciertas características como una oferta escasa, estabilidad relativa en su valor y una amplia aceptabilidad entre la población. (Ammous, 2018). En este sentido, activos como el oro han demostrado históricamente una gran resistencia a la pérdida de poder adquisitivo debido a su limitada disponibilidad y dificultad para incrementar significativamente su oferta. En contraste, los activos cuya oferta puede ser fácilmente ampliada, como el dinero fiduciario actual, suelen experimentar problemas inflacionarios que repercuten en su

poder adquisitivo y, por tanto, en su capacidad de funcionar adecuadamente como reserva de valor. (Sanchis, 2024)

El concepto de reserva de valor es especialmente importante al estudiar Bitcoin, ya que la manera en que está programado solo permite una emisión de 21 millones de unidades, lo que le da una escasez única en el mundo. Esta característica ha llevado a que Bitcoin se considere, por parte de ciertos inversores, como una alternativa potencial al oro, llamándolo el “oro digital”. Sin embargo, la alta volatilidad en su precio pone en duda la estabilidad necesaria para desempeñar esta función, generando un debate en torno a su viabilidad en este aspecto.

5. MARCO PRÁCTICO

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Para hacer la parte práctica de este trabajo, se han utilizado series temporales con frecuencia semanal. El periodo empleado va desde el 01/01/2013 hasta el 01/01/2025, es decir, 12 años.

Se considera esta franja temporal ya que Bitcoin ya había superado con éxito su primer halving en 2013, y operaba de forma estable y sin errores desde hacía cuatro años, lo que permite disponer de datos fiables y consistentes para hacer un análisis econométrico.

Los activos seleccionados son, en primer lugar, Bitcoin, ya que es el activo principal de estudio. En segundo lugar, el índice S&P 500, ya que representa los mercados financieros tradicionales, y finalmente, el oro, ya que es un activo que históricamente se ha utilizado como reserva de valor.

Para ver claramente la evolución histórica, en las **figuras 2, 3 y 4** se pueden ver los gráficos individuales de cada uno de los activos, que muestran la evolución semanal de sus precios durante el periodo estudiado. Además, en la **figura 5** se puede ver el gráfico comparativo de los tres activos en escala logarítmica, que permite visualizar de manera más clara y adecuada las tendencias y fluctuaciones relativas de los tres activos en conjunto, ya que hay una diferencia considerable en las magnitudes de los precios.

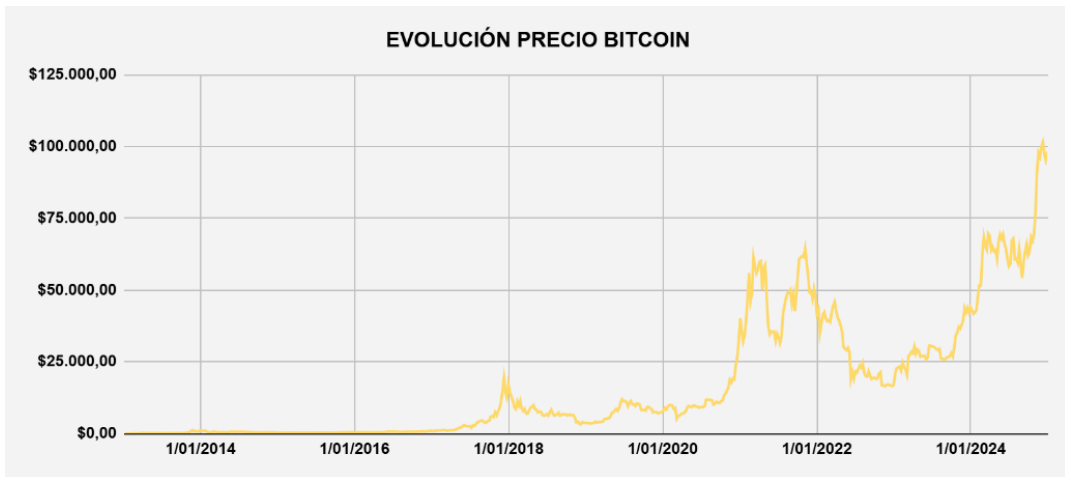


Figura 2: Evolución precio Bitcoin. Fuente: elaboración propia con datos extraídos de Investing.com

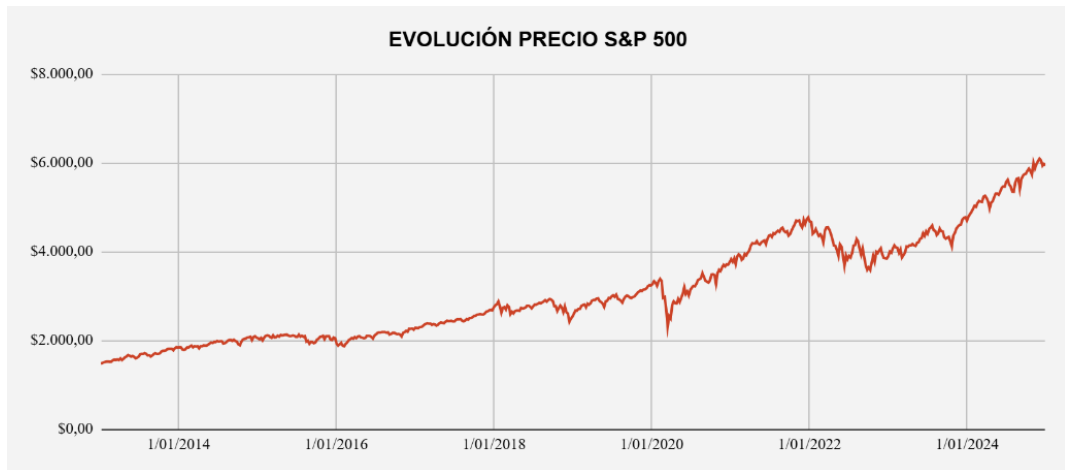


Figura 3: Evolución precio S&P 500. Fuente: elaboración propia con datos extraídos de Investing.com



Figura 4: Evolución precio Oro. Fuente: elaboración propia con datos extraídos de Investing.com

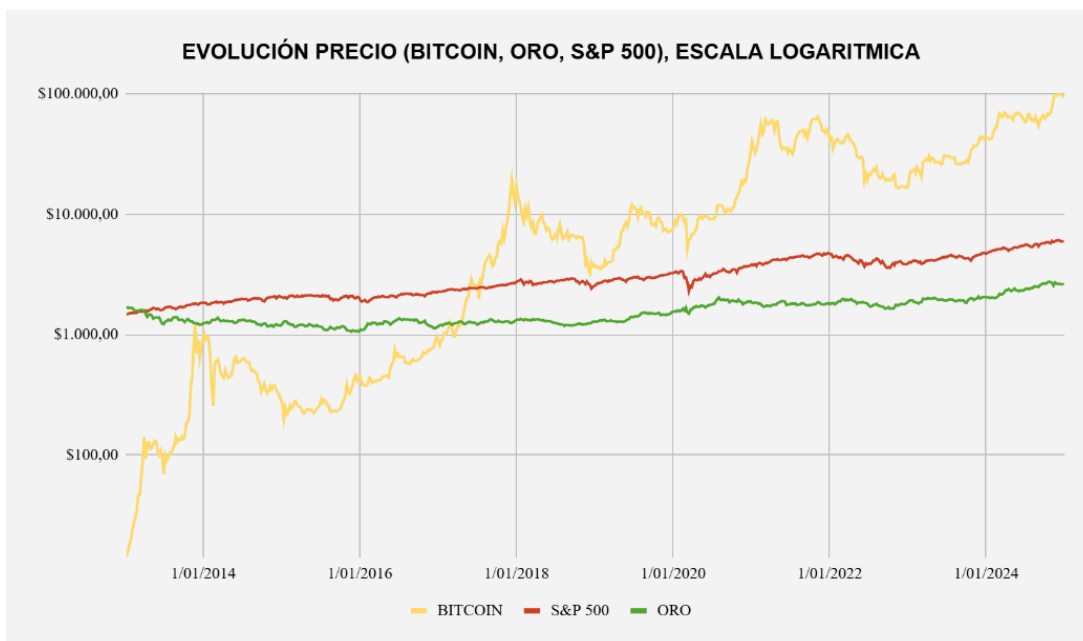


Figura 5: Evolución precio, escala logarítmica. Fuente: elaboración propia con datos extraídos de Investing.com

Las **figuras 2, 3 y 4** son muy importantes porque facilitan una comprensión inmediata sobre las tendencias generales, volatilidad y/o estabilidad económica. Estos aspectos clave serán examinados con detalle en el análisis econométrico posterior, pero permiten una visión inicial muy útil.

Por otro lado, la **figura 5**, permite identificar mas rápidamente si existen patrones conjuntos, divergentes o interacciones significativas. Esta información resulta fundamental como punto de partida para el posterior estudio de cointegración.

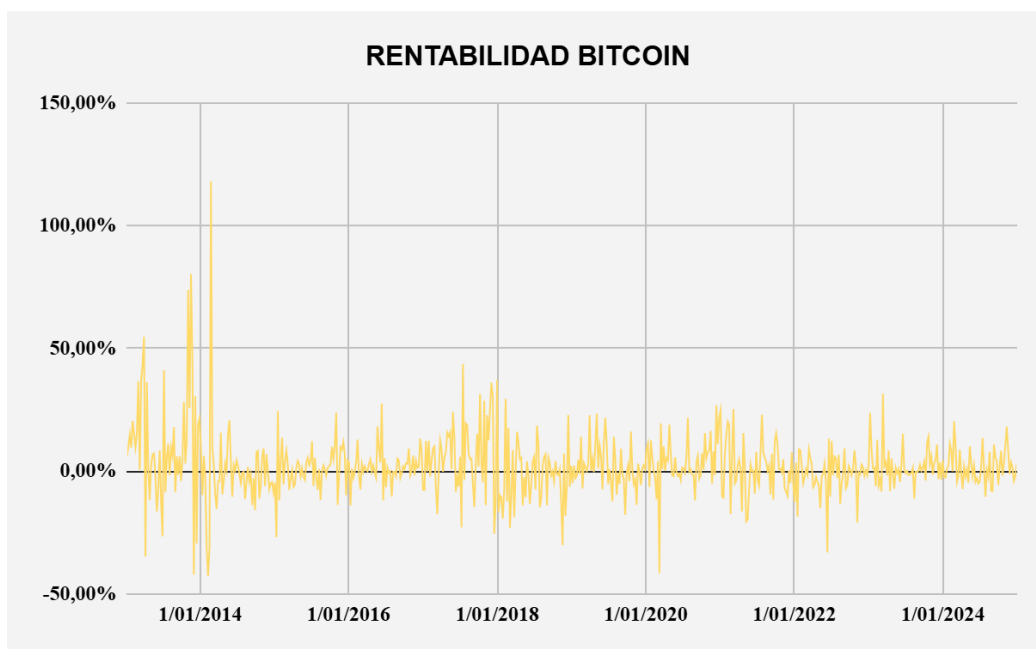


Figura 6: Evolución rentabilidad Bitcoin. Fuente: elaboración propia con datos extraídos de Investing.com

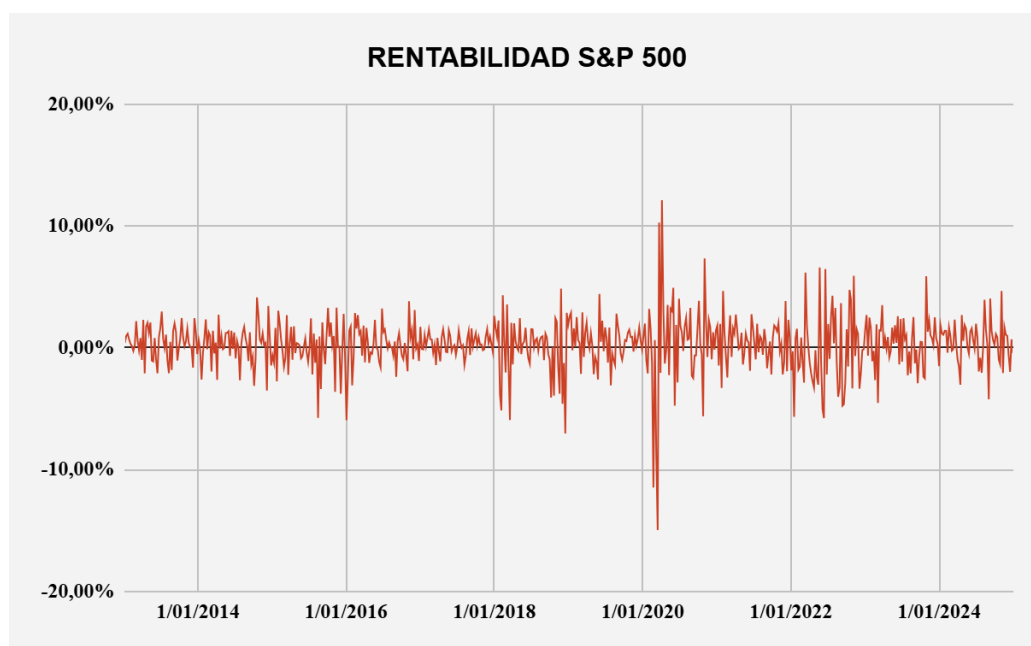


Figura 7: Evolución rentabilidad S&P 500. Fuente: elaboración propia con datos extraídos de Investing.com

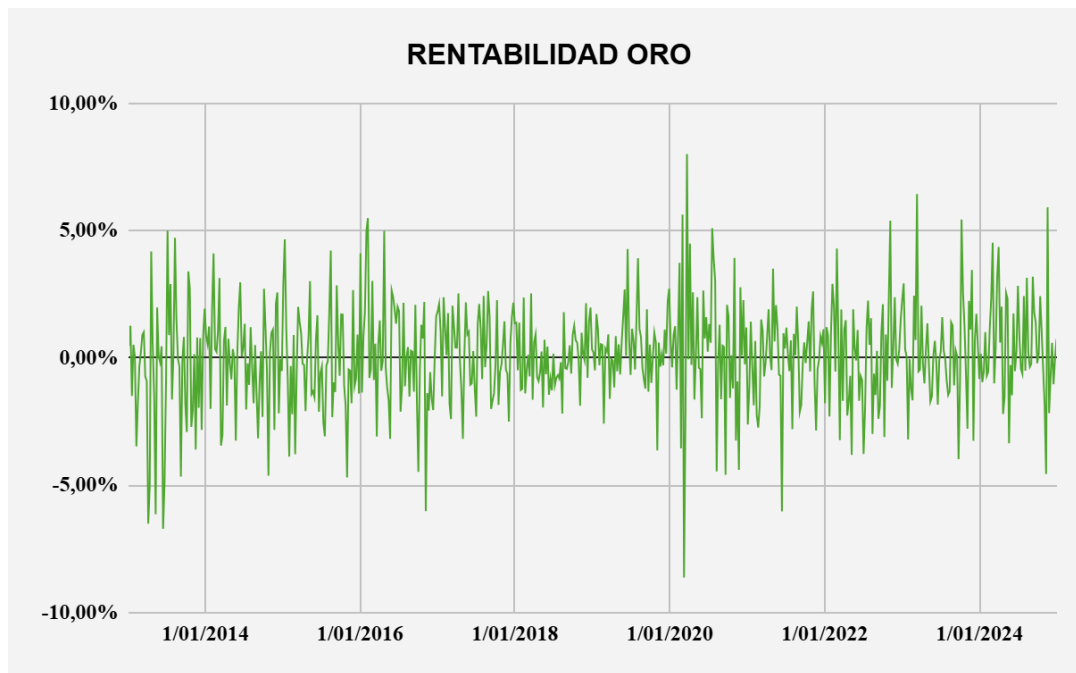


Figura 8: Evolución rentabilidad Oro. Fuente: elaboración propia con datos extraídos de Investing.com

Las **figuras 6, 7 y 8**, que presentan las rentabilidades semanales de los 3 activos a estudiar, son útiles porque permiten analizar directamente las fluctuaciones relativas semana a semana, eliminando las tendencias de largo plazo que sí podían observarse en los gráficos de precios. Las rentabilidades destacan específicamente las variaciones relativas en cada periodo concreto, haciendo más visible la magnitud exacta de los movimientos del mercado. Este aspecto es muy útil para ver la volatilidad real. Con estas figuras se pueden intuir algunas ideas como por ejemplo que Bitcoin es el activo más volátil de los 3 y, por tanto, será el activo que probablemente corrija más cuando haya desajustes en los equilibrios. También se puede ver que es un activo que ha ido madurando con el tiempo puesto que en los primeros años de los datos analizados se observa una volatilidad mucho mayor que en los últimos, hecho que parece indicar que es un activo que se está asentando en el sistema económico. En cambio, en las figuras 7 y 8 se observa una menor dispersión de rendimientos comparada con la 6, reflejando un comportamiento mas estable del mercado bursátil tradicional.

5.2 MODELOS VAR/VECM Y COINTEGRACIÓN

Para estudiar la relación de Bitcoin con los mercados financieros tradicionales, se utilizará el modelo VECM (Vector de Corrección del Error) y el test de Cointegración de Johansen.

Los modelos VAR se usan para analizar simultáneamente varias series temporales, recogiendo interacciones dinámicas y relaciones causales entre Bitcoin y las variables que se estudien (Novales, 2017, p. 2) . El Modelo VECM es una extensión del modelo VAR que se usa cuando las variables no son estacionarias, pero están cointegradas. (La Ley, s.f.) Usando esta técnica, podemos analizar cómo cambios repentinos en los mercados afectan a Bitcoin, y viceversa.

Por otra parte, los test de cointegración se usan para analizar relaciones de equilibrio a largo plazo entre variables no estacionarias. (Wikipedia contributors, 2023) Por tanto, en el caso de este estudio, estos test nos permitirán determinar si existe una relación estable a largo plazo entre sus precios. La existencia de cointegración significaría que, aunque Bitcoin pueda experimentar periodos de volatilidad y desviaciones temporales, existe una relación de equilibrio con los activos tradicionales.

Esta metodología permitirá ofrecer conclusiones fundamentadas acerca del comportamiento de Bitcoin respecto a los mercados financieros tradicionales, contribuyendo así al debate sobre su potencial papel como activo independiente o como posible activo refugio.

Para la realización del modelo VECM y de cointegración es necesario conocer si las variables son o no estacionarias, de esta manera podremos evitar resultados espurios. Hablamos de este tipo de resultados cuando el modelo detecta una relación estadísticamente significativa entre dos o más series temporales, pero no tienen ninguna relación causal verdadera, sino que se debe únicamente a que las series comparten una tendencia estocástica (aleatoria) común. (Muñoz, Gómez & Gaggero, s.f.)

Para evitar esto, las variables deben ser estacionarias, es decir, que sus propiedades (media, varianza y autocovarianza) sean constantes a lo largo del tiempo (no tienen tendencia).

5.2.1 COINTEGRACIÓN

El proceso a seguir para tratar los datos de forma correcta es el siguiente:

1. Se realiza el test de raíz unitaria ADF (Dickey-Fuller) para las variables a estudiar.
2. Al hacerlo, se observa que para Bitcoin, S&P 500 y oro, el p-valor es elevado (0.8713, 0.7347 y 0.4108 respectivamente (**ver figuras 9, 10 y 11**)). Con estos resultados no se puede rechazar la hipótesis nula de que la serie tiene raíz unitaria. Esto indica que las tres series no son estacionarias en niveles.

```
Contraste aumentado de Dickey-Fuller para BTC_PRICE
contrastar hacia abajo desde 12 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 615
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

con constante y tendencia
incluyendo 10 retardos de (1-L)BTC_PRICE
modelo: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.0106681
estadístico de contraste: tau ct(1) = -1.36419
valor p asintótico 0.8713
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.002
diferencias retardadas: F(10, 602) = 4.745 [0.0000]
```

Figura 9: Test de raíz unitaria BTC_PRICE. GRETL

```
Contraste aumentado de Dickey-Fuller para SP500_PRICE
contrastar hacia abajo desde 12 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 624
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

con constante y tendencia
incluyendo un retardo de (1-L)SP500_PRICE
modelo: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.0145773
estadístico de contraste: tau ct(1) = -1.73752
valor p asintótico 0.7347
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.001
```

Figura 10: Test de raíz unitaria SP500_PRICE. GRETL

```

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para GOLD_PRICE
contrastar hacia abajo desde 12 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 625
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

con constante y tendencia
incluyendo 0 retardos de (1-L)GOLD_PRICE
modelo: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + e
valor estimado de (a - 1): -0.0145092
estadístico de contraste: tau ct(1) = -2.3413
valor p asintótico 0.4108
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.007

```

Figura 11: Test de raíz unitaria GOLD_PRICE. GRETL

3. Para corregirlo, se crean 3 nuevas variables, las primeras diferencias. Con estas nuevas variables lo que se consigue es eliminar la tendencia y así poder trabajar mejor.
4. Se repite el test de raíz unitaria ADF con las nuevas variables. Se obtienen p-valores muy inferiores 0.05 en los 3 casos (**ver figuras 12, 13 y 14**). Esto permite rechazar la hipótesis nula (la serie tiene raíz unitaria) a un nivel de significación del 95% e incluso del 99% y concluir que las series son ahora estacionarias.

```

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_BTC_PRICE
contrastar hacia abajo desde 12 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 615
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

con constante y tendencia
incluyendo 9 retardos de (1-L)d_BTC_PRICE
modelo: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.815545
estadístico de contraste: tau ct(1) = -7.33736
valor p asintótico 2.481e-10
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.002
diferencias retardadas: F(9, 603) = 4.062 [0.0000]

```

Figura 12: Test de raíz unitaria d_BTC_PRICE. GRETL

```

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_SP500_PRICE
contrastar hacia abajo desde 12 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 624
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

con constante y tendencia
incluyendo 0 retardos de (1-L)d_SP500_PRICE
modelo: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + e
valor estimado de (a - 1): -1.07684
estadístico de contraste: tau ct(1) = -26.9079
valor p asintótico 8.094e-104
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.000

```

Figura 13: Test de raíz unitaria d_SP500_PRICE. GRETL

```

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_GOLD_PRICE
contrastar hacia abajo desde 12 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 623
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

con constante y tendencia
incluyendo un retardo de (1-L)d_GOLD_PRICE
modelo: (1-L)y = b0 + b1*t + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -1.08668
estadístico de contraste: tau ct(1) = -19.0679
valor p asintótico 1.979e-64
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.004

```

Figura 14: Test de raíz unitaria d_GOLD_PRICE. GRETL

5. Antes de aplicar el modelo VAR, es necesario comprobar si las series están cointegradas, es decir, si existen relaciones de equilibrio a largo plazo entre ellas. Para ello, se utiliza el test de cointegración de Johansen.
6. Se aplica el test de cointegración de Johansen utilizando 12 retardos, dado que se trabaja con datos de frecuencia semanal y este número equivale a un trimestre, un periodo adecuado para capturar las interacciones de corto plazo entre activos financieros. El resultado obtenido (**ver figura 15**) muestra que para los rangos 0 y 1, se rechaza la hipótesis nula ($p\text{-valor} < 0.05$), mientras que para

el rango 2 no se rechaza (p-valor = 0.0856 > 0.05).

```

Contraste de Johansen:
Número de ecuaciones = 3
Orden del retardo = 12
Periodo de estimación: 2013-03-31 - 2024-12-29 (T = 614)
Caso 3: Constante no restringida

Log-verosimilitud = -10267.6 (Incluyendo un término constante: -12010.1)

Rango Valor propio Estad. traza valor p Estad. Lmáx valor p
0 0.031083 39.205 [0.0026] 19.388 [0.0867]
1 0.027078 19.817 [0.0092] 16.855 [0.0171]
2 0.0048122 2.9618 [0.0853] 2.9618 [0.0852]

Corregido por el tamaño muestral (gl = 577)
Rango Estad. traza valor p
0 39.205 [0.0026]
1 19.817 [0.0094]
2 2.9618 [0.0856]

```

Figura 15: Contraste de cointegración de Johansen. GRETL

Con estos resultados, se puede afirmar con un nivel de significación del 95% que existen dos relaciones de cointegración entre el precio de Bitcoin, el índice S&P 500 y el precio del oro, lo que indica que hay relaciones de equilibrio a largo plazo entre estos activos. Como las tres series utilizadas para el estudio son integradas en nivel uno, es decir, no son estables en su forma original (precio), pero sí son estables cuando aplicamos las primeras diferencias, el número máximo de relaciones de cointegración posibles es dos ($r=2$). Si fuera $r=3$ significaría que todas las series son estacionarias en niveles, hecho que se ha descartado mediante el test ADF.

5.2.2 MODELO VECM

Una vez se ha comprobado que las tres series temporales utilizadas en el análisis no son estacionarias en niveles, pero sí en primeras diferencias, y que existen dos relaciones de cointegración entre ellas según el test de Johansen, se concluye que existe un equilibrio a largo plazo entre las variables. En este contexto, el modelo VAR en diferencias no es apropiado, ya que ignoraría estas relaciones. (Romero, 2020). Por ello, se procede a utilizar un modelo VECM (Vector de Corrección de Errores), que permite estudiar de manera conjunta la dinámica de corto plazo y el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo.

Para estimar el modelo VECM se utilizan las tres variables en niveles (precio de Bitcoin, precio del oro e índice S&P 500), con 12 retardos semanales. Se establece un rango de

cointegración igual a 2, de acuerdo con los resultados del test de Johansen. Para acabar, se selecciona la opción de constante restringida, que permite incluir una constante en la relación de cointegración sin imponer una tendencia determinista. Una vez estimado el modelo, se obtienen los siguientes resultados:

- Relaciones EC1 y EC2 (relaciones de cointegración (β))
- Vectores de ajuste (α)
- Ecuaciones en diferencias

5.2.2.1 RELACIONES DE COINTEGRACIÓN Y VECTORES DE AJUSTE

Como se puede observar en la **figura 16** las relaciones de cointegración obtenidas son las siguientes:

Sistema VECM, orden del retardo 12		
Estimaciones de Maxima Verosimilitud, observaciones 2013-03-31-2024-12-29 (T = 614)		
Rango de cointegración = 2		
Caso 2: Constante restringida		
beta (Vectores cointegrantes, Desviaciones típicas entre paréntesis)		
BTC_PRICE	1.0000	0.00000
	(0.00000)	(0.00000)
SP500_PRICE	0.00000	1.0000
	(0.00000)	(0.00000)
GOLD_PRICE	-67.012	-3.2917
	(7.7285)	(0.34437)
const	81904.	1770.7
	(11875.)	(529.12)
alpha (vectores de ajuste)		
BTC_PRICE	-0.046532	0.46898
SP500_PRICE	1.0685e-005	-0.020392
GOLD_PRICE	-0.00023321	0.0093213
Log-verosimilitud = -12014.697		
Determinante de la matriz de covarianzas = 1.9908963e+013		
AIC = 39.4876		
BIC = 40.2651		
HQC = 39.7899		

Figura 16: Modelo VECM. GRETL

EC1: $BTC_{PRICE} - 67.012 * GOLD_{PRICE} + 81904 = 0$

EC2: $SP500_{PRICE} - 3.2917 * GOLD_{PRICE} + 1770.7 = 0$

La EC1 implica que el precio de Bitcoin mantiene una relación estable con el precio del oro. Es decir, si el precio del oro cambia, el del Bitcoin tiende a ajustarse con el tiempo para mantener este equilibrio. Por ejemplo, si el precio del oro está a 2000\$, el modelo sugiere que el valor de equilibrio del Bitcoin debería ser:

$$BTC_{PRICE} - 67,012 * 2000 + 81904 = 0$$

$$BTC_{PRICE} = 52120\$$$

Si en un momento dado el precio del Bitcoin está por encima de estos 52120\$, por ejemplo, 55000\$, el modelo interpreta que está sobrevalorado respecto al oro y tenderá a corregirse a la baja. Y en el caso contrario, se esperaría un ajuste al alza.

La EC2 se puede interpretar de la misma manera, pero respecto al S&P 500 y el oro.

Los **vectores de cointegración** del modelo muestran dos relaciones de equilibrio a largo plazo. La primera, entre Bitcoin y el oro, indica que ambos activos tienden a un equilibrio en el tiempo. Esta relación confirma la hipótesis 1 inicial de que Bitcoin y el oro están cointegradas. La segunda relación de cointegración se da entre el S&P 500 y el oro, pero Bitcoin no aparece, lo que sugiere que no mantiene un equilibrio estructural de largo plazo con este activo. Esto confirma parcialmente la hipótesis 2, ya que, aunque directamente parece ser que no están cointegradas, sí que hay una relación indirecta a través del oro.

Su relación con el oro apunta a una posible maduración como activo financiero refugio, mientras que su ausencia de cointegración con el S&P 500 podría indicar que aun no está integrado del todo en el sistema financiero tradicional.

En cuanto a los **vectores de ajuste**, muestran cómo responden las variables cuando hay una desviación respecto al equilibrio de largo plazo. Cuanto mayor (en valor absoluto) y más significativo es un coeficiente de ajuste, mayor es la fuerza con la que esa variable actúa para corregir ese desequilibrio. (Mohr, 2019)

se puede observar en la **figura 17** los siguientes resultados:

Variable	EC1 (α_1)	EC2 (α_2)
BTC_PRICE	-0.0465	+0.46898
SP500_PRICE	+1.0685e-05	-0.020392
GOLD_PRICE	-0.00023321	+0.0093213

Figura 17: Vectores de ajuste del modelo VECM

Estos resultados indican qué variables corrigen las desviaciones respecto a las relaciones de equilibrio de largo plazo (EC1 Y EC2). En este modelo, el Bitcoin es la variable que ajusta con más intensidad: cuando se rompe el equilibrio de EC2, su coeficiente de ajuste es 0.46898, lo que implica una respuesta fuerte. Por ejemplo, una desviación de más de 1000 en EC2 llevaría a un aumento de casi 469\$ en el precio del Bitcoin. El S&P 500 también corrige, pero con menos intensidad (-0.0204), y el oro tiene un ajuste mucho más débil (+0.0093). Esto indica que, aunque todas las variables están cointegradas directa o indirectamente, Bitcoin actúa como principal fuerza de corrección.

Estos resultados refuerzan la Hipótesis 3 y la idea de que Bitcoin es el activo más volátil de los tres. Su sensibilidad frente a los desequilibrios es coherente con su comportamiento observado en los mercados. El hecho de que Bitcoin ajuste mientras que el oro y el S&P 500 lo hagan a una escala muy pequeña en comparación, podría indicar que aun no es un activo líder en el sistema económico. Es decir, parece que Bitcoin se acomoda al comportamiento de los otros dos activos, lo que hace que tenga un papel más de seguidor que de líder. Este hecho es clave con relación a las preguntas iniciales del trabajo ya que, aunque Bitcoin comparte algunas propiedades con el oro, su dinámica de ajuste y volatilidad muestran que todavía no se puede considerar como un activo refugio en el sistema económico. Parece estar en un punto de transición, donde se está integrando en la economía, pero sin haber alcanzado unos niveles de estabilidad ni estatus de activos como el oro o el S&P 500.

5.2.2.2 ECUACIONES EN DIFERENCIAS

Además del análisis de equilibrio a largo plazo, el modelo VECM permite examinar la dinámica de corto plazo entre las variables a través de las ecuaciones en diferencias. Estas ecuaciones explican como la variación semanal de cada variable depende de sus propios valores pasados, de los valores pasados de las demás variables, y de los errores de cointegración EC1 y EC2. Es útil para detectar relaciones de dependencia inmediata, inercia y efectos de corto plazo que no necesariamente se mantienen en el largo plazo. (Morales, 2023).

En las figuras 18, 19 y 20 se observan los siguientes resultados:

Ecuación 1: d_BTC_PRICE

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
d_BTC_PRICE_1	0.149603	0.0422804	3.538	0.0004	***
d_BTC_PRICE_2	-0.0718509	0.0425255	-1.690	0.0916	*
d_BTC_PRICE_3	0.112814	0.0429085	2.629	0.0088	***
d_BTC_PRICE_4	0.0842902	0.0432691	1.948	0.0519	*
d_BTC_PRICE_5	0.0822237	0.0435270	1.889	0.0594	*
d_BTC_PRICE_6	-0.0640930	0.0435549	-1.472	0.1417	
d_BTC_PRICE_7	0.0687950	0.0439199	1.566	0.1178	
d_BTC_PRICE_8	0.0807612	0.0454541	1.777	0.0761	*
d_BTC_PRICE_9	0.0662586	0.0456623	1.451	0.1473	
d_BTC_PRICE_10	-0.0745538	0.0454305	-1.641	0.1013	
d_BTC_PRICE_11	0.0201463	0.0455750	0.4420	0.6586	
d_SP500_PRICE_1	1.71319	1.27635	1.342	0.1800	
d_SP500_PRICE_2	0.225725	1.28864	0.1752	0.8610	
d_SP500_PRICE_3	-3.70080	1.29523	-2.857	0.0044	***
d_SP500_PRICE_4	0.232699	1.30686	0.1781	0.8587	
d_SP500_PRICE_5	0.391218	1.30757	0.2992	0.7649	
d_SP500_PRICE_6	-1.23453	1.31498	-0.9388	0.3482	
d_SP500_PRICE_7	-0.175368	1.30707	-0.1342	0.8933	
d_SP500_PRICE_8	0.905087	1.31484	0.6884	0.4915	
d_SP500_PRICE_9	-0.286376	1.31195	-0.2183	0.8273	
d_SP500_PRICE_10	-0.686131	1.31621	-0.5213	0.6024	
d_SP500_PRICE_11	1.56142	1.31468	1.188	0.2354	
d_GOLD_PRICE_1	-4.03374	2.87118	-1.405	0.1606	
d_GOLD_PRICE_2	-0.832631	2.85419	-0.2917	0.7706	
d_GOLD_PRICE_3	-1.30986	2.85974	-0.4580	0.6471	
d_GOLD_PRICE_4	-5.12105	2.87005	-1.784	0.0749	*
d_GOLD_PRICE_5	-4.80616	2.87230	-1.673	0.0948	*
d_GOLD_PRICE_6	-0.526128	2.88200	-0.1826	0.8552	
d_GOLD_PRICE_7	2.71378	2.90332	0.9347	0.3503	
d_GOLD_PRICE_8	-2.77585	2.92682	-0.9484	0.3433	
d_GOLD_PRICE_9	-0.0676901	2.91535	-0.02322	0.9815	
d_GOLD_PRICE_10	0.189709	2.89267	0.06558	0.9477	
d_GOLD_PRICE_11	0.716936	2.88718	0.2483	0.8040	
EC1	-0.0465322	0.0120215	-3.871	0.0001	***
EC2	0.468980	0.277621	1.689	0.0917	*
Media de la vble. dep.	159.8171	D.T. de la vble. dep.	2270.689		
Suma de cuad. residuos	2.73e+09	D.T. de la regresión	2173.173		
R-cuadrado	0.140609	R-cuadrado corregido	0.088569		
rho	-0.004312	Durbin-Watson	2.008294		

Figura 18: Modelo VECM (2). GRETL

Las variables significativas en la primera ecuación son los retardos 1 y 3 de las primeras diferencias del precio de bitcoin, además del retardo 3 del S&P 500 (primeras diferencias) y de la EC1.

Estos resultados indican la dirección y la fuerza de los movimientos del precio de Bitcoin teniendo en cuenta los precios en el pasado, es decir, si Bitcoin subió 1.000\$ hace tres semanas, el modelo predice que subirá 112,8\$ esta semana ya que $d_BTC_PRICE_3 = 0.1128 * 1000 = 112,8$. (En caso de que las demás variables se mantengan constantes). La interpretación es la misma para las otras variables significativas.

En la segunda ecuación:

Ecuación 2: d_SP500_PRICE				
	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
d BTC PRICE 1	0.00300073	0.00141865	2.115	0.0348 **
d BTC PRICE 2	-0.00160017	0.00142688	-1.121	0.2626
d BTC PRICE 3	0.00321269	0.00143973	2.231	0.0260 **
d BTC PRICE 4	0.00157291	0.00145183	1.083	0.2791
d BTC PRICE 5	0.00214904	0.00146048	1.471	0.1417
d BTC PRICE 6	-0.00352529	0.00146142	-2.412	0.0162 **
d BTC PRICE 7	-0.000519465	0.00147366	-0.3525	0.7246
d BTC PRICE 8	-0.000235249	0.00152514	-0.1542	0.8775
d BTC PRICE 9	0.00166459	0.00153213	1.086	0.2777
d BTC PRICE 10	0.000299183	0.00152435	0.1963	0.8445
d BTC PRICE 11	0.00126588	0.00152920	0.8278	0.4081
d SP500 PRICE 1	-0.0865664	0.0428260	-2.021	0.0437 **
d SP500 PRICE 2	0.00855543	0.0432382	0.1979	0.8432
d SP500 PRICE 3	-0.0516260	0.0434595	-1.188	0.2354
d SP500 PRICE 4	-0.0213801	0.0438495	-0.4876	0.6260
d SP500 PRICE 5	-0.108320	0.0438734	-2.469	0.0138 **
d SP500 PRICE 6	-0.0271462	0.0441220	-0.6153	0.5386
d SP500 PRICE 7	0.0314745	0.0438567	0.7177	0.4733
d SP500 PRICE 8	-0.0315678	0.0441174	-0.7155	0.4746
d SP500 PRICE 9	-0.0695360	0.0440205	-1.580	0.1147
d SP500 PRICE 10	-0.0206697	0.0441635	-0.4680	0.6399
d SP500 PRICE 11	0.0230817	0.0441122	0.5232	0.6010
d GOLD PRICE 1	-0.00691959	0.0963381	-0.07183	0.9428
d GOLD PRICE 2	-0.0242264	0.0957680	-0.2530	0.8004
d GOLD PRICE 3	0.214458	0.0959540	2.235	0.0258 **
d GOLD PRICE 4	-0.152074	0.0963000	-1.579	0.1148
d GOLD PRICE 5	0.0224081	0.0963755	0.2325	0.8162
d GOLD PRICE 6	0.0872156	0.0967009	0.9019	0.3675
d GOLD PRICE 7	-0.0425439	0.0974162	-0.4367	0.6625
d GOLD PRICE 8	-0.0413990	0.0982050	-0.4216	0.6735
d GOLD PRICE 9	0.0842407	0.0978199	0.8612	0.3895
d GOLD PRICE 10	-0.0486629	0.0970590	-0.5014	0.6163
d GOLD PRICE 11	-0.0116723	0.0968747	-0.1205	0.9041
EC1	1.06850e-05	0.000403362	0.02649	0.9789
EC2	-0.0203922	0.00931513	-2.189	0.0290 **
Media de la vble. dep.	7.122590	D.T. de la vble. dep.	73.64025	
Suma de cuad. residuos	3073199	D.T. de la regresión	72.91744	
R-cuadrado	0.084098	R-cuadrado corregido	0.028636	
rho	0.000218	Durbin-Watson	1.998148	

Figura 19: Modelo VECM (3). GRETL

Se observa que las variables significativas son los retardos 1, 3 y 6 de Bitcoin, los retardos 1 y 5 de S&P 500, el retardo 3 del oro y la EC2. Cabe destacar que para esta ecuación no hay ninguna variable significativa al 1% como en la primera. Todas las variables significativas en este caso lo son al 5% ya que el p-valor < 0.05.

Para la tercera, y última ecuación:

Ecuación 3: d_GOLD_PRICE

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
d BTC PRICE 1	0.000801884	0.000621167	1.291	0.1972
d BTC PRICE 2	-0.00159774	0.000624769	-2.557	0.0108 **
d BTC PRICE 3	0.00128154	0.000630396	2.033	0.0425 **
d BTC PRICE 4	0.00165644	0.000635693	2.606	0.0094 ***
d BTC PRICE 5	0.000898269	0.000639482	1.405	0.1607
d BTC PRICE 6	-5.23381e-05	0.000639892	-0.08179	0.9348
d BTC PRICE 7	-0.00121614	0.000645255	-1.885	0.0600 *
d BTC PRICE 8	0.000522779	0.000667795	0.7828	0.4340
d BTC PRICE 9	-0.000280976	0.000670853	-0.4188	0.6755
d BTC PRICE 10	0.00142805	0.000667447	2.140	0.0328 **
d BTC PRICE 11	-0.000268611	0.000669571	-0.4012	0.6884
d SP500 PRICE 1	-0.0415968	0.0187517	-2.218	0.0269 **
d SP500 PRICE 2	0.0592401	0.0189322	3.129	0.0018 ***
d SP500 PRICE 3	-0.0262484	0.0190291	-1.379	0.1683
d SP500 PRICE 4	-0.0182379	0.0191998	-0.9499	0.3426
d SP500 PRICE 5	-0.0274211	0.0192103	-1.427	0.1540
d SP500 PRICE 6	-0.0287382	0.0193191	-1.488	0.1374
d SP500 PRICE 7	0.0328440	0.0192030	1.710	0.0877 *
d SP500 PRICE 8	-0.0151880	0.0193171	-0.7862	0.4320
d SP500 PRICE 9	0.0142941	0.0192747	0.7416	0.4586
d SP500 PRICE 10	0.0271176	0.0193373	1.402	0.1613
d SP500 PRICE 11	0.00537903	0.0193148	0.2785	0.7807
d GOLD PRICE 1	0.0235086	0.0421823	0.5573	0.5775
d GOLD PRICE 2	-0.0605379	0.0419327	-1.444	0.1494
d GOLD PRICE 3	-0.0154682	0.0420142	-0.3682	0.7129
d GOLD PRICE 4	0.00142030	0.0421657	0.03368	0.9731
d GOLD PRICE 5	0.0503076	0.0421987	1.192	0.2337
d GOLD PRICE 6	0.0887428	0.0423412	2.096	0.0365 **
d GOLD PRICE 7	-0.0150099	0.0426544	-0.3519	0.7250
d GOLD PRICE 8	-0.0183723	0.0429998	-0.4273	0.6693
d GOLD PRICE 9	0.0280177	0.0428312	0.6541	0.5133
d GOLD PRICE 10	0.0241765	0.0424980	0.5689	0.5697
d GOLD PRICE 11	0.000469403	0.0424173	0.01107	0.9912
EC1	-0.000233208	0.000176615	-1.320	0.1872
EC2	0.00932131	0.00407870	2.285	0.0227 **
Media de la vble. dep.	1.697687	D.T. de la vble. dep.	32.78132	
Suma de cuad. residuos	589190.7	D.T. de la regresión	31.92743	
R-cuadrado	0.107974	R-cuadrado corregido	0.053959	
rho	-0.000014	Durbin-Watson	1.996989	

Figura 20: Modelo VECM (4). GRETL

Se observa que las variables significativas son los retardos 2, 3, 4 y 10 de Bitcoin, los retardos 1 y 2 de S&P 500, el retardo 6 del propio oro y la EC2. En este caso, dos variables son significativas al 1 % (retardo 4 de bitcoin y 2 de S&P 500), mientras que el resto lo son al 5 %, al tener un p-valor inferior a 0.05.

Aunque Bitcoin no está cointegrado directamente con el S&P 500 a largo plazo, los resultados en diferencias muestran que sí responde a su comportamiento a corto plazo. Esto puede interpretarse como un signo de que Bitcoin sigue los movimientos del mercado tradicional, aunque no esté estructuralmente unido a él.

En este sentido, Bitcoin no actúa como un activo totalmente autónomo, sino como un activo híbrido, que reacciona a los movimientos del entorno financiero. Este comportamiento refuerza la idea de que Bitcoin está en proceso de transición: ya no es completamente ajeno al sistema financiero tradicional, pero tampoco se comporta como un activo integrado al completo. Aún conserva un perfil rompedor, pero como es normal, cada vez está más interconectado.

5.2.2.3 ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS DEL MODELO

Para verificar la validez del modelo VECM, es importante hacer un análisis de los residuos del modelo: autocorrelación, heterocedasticidad y normalidad. Estas pruebas sirven para determinar si los residuos cumplen los supuestos básicos necesarios para que las estimaciones sean fiables.

La autocorrelación de los residuos se refiere a la correlación entre los términos de error de un modelo, en diferentes periodos de tiempo. Es cuando el error en un período está correlacionado con el error en un periodo anterior. En econometría, un supuesto básico es que los errores deben ser independientes entre sí. (Noble & Kavlakoglu, 2024)

Al hacer el análisis de autocorrelación (**figura 21**) de los residuos del modelo VECM los resultados son los siguientes:

Contraste de autocorrelación hasta el orden 12			
	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	2.173	F(9, 1399)	0.0215
lag 2	1.786	F(18, 1618)	0.0221
lag 3	2.131	F(27, 1662)	0.0006
lag 4	2.049	F(36, 1673)	0.0003
lag 5	2.068	F(45, 1673)	0.0000
lag 6	2.048	F(54, 1669)	0.0000
lag 7	2.192	F(63, 1663)	0.0000
lag 8	2.061	F(72, 1656)	0.0000
lag 9	2.032	F(81, 1648)	0.0000
lag 10	2.004	F(90, 1640)	0.0000
lag 11	1.887	F(99, 1632)	0.0000
lag 12	1.791	F(108, 1624)	0.0000

Figura 21: Contraste de autocorrelación residuos del modelo VECM. GRETL

Al ser todos los p-valores inferiores a 0.05, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula de que no hay autocorrelación en los residuos, por tanto, los residuos están correlacionados.

La heterocedasticidad en estadística se da cuando la varianza de los residuos no es constante. Esto constituye un problema porque supone el incumplimiento de uno de los supuestos básicos en econometría, además de que los intervalos de confianza no son válidos y puede llevar a conclusiones incorrectas. (Pedrosa, 2020)

Al hacer el análisis de heterocedasticidad (**figura 22**) de los residuos del modelo VECM, se obtienen los siguientes resultados:

Contraste de ARCH de orden hasta 12			
	LM	df	p-value
lag 1	277.908	36	0.0000
lag 2	476.703	72	0.0000
lag 3	572.189	108	0.0000
lag 4	602.312	144	0.0000
lag 5	641.420	180	0.0000
lag 6	701.592	216	0.0000
lag 7	747.015	252	0.0000
lag 8	837.793	288	0.0000
lag 9	921.665	324	0.0000
lag 10	973.092	360	0.0000
lag 11	1018.641	396	0.0000
lag 12	1086.938	432	0.0000

Figura 22: Contraste de heterocedasticidad en los residuos del modelo VECM. GRETL

Al ser todos los p-valores inferiores a 0.05, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, por tanto, los residuos tienen heterocedasticidad.

La normalidad de los residuos en econometría supone que los errores del modelo están normalmente distribuidos. Esto significa que los residuos tienen media cero, varianza constante, y siguen una distribución normal. (Vela, 2010).

Al hacer el análisis de normalidad de los errores (**figura 23**) en el modelo VECM estimado, los resultados son los siguientes:

```
Matriz de correlación de los residuos, C (3 x 3)
      1.0000      0.21719      0.053692
      0.21719      1.0000      0.14472
      0.053692      0.14472      1.0000

Valores propios de C
      0.761583
      0.95078
      1.28764

Contraste de Doornik-Hansen
Chi-cuadrado(6) = 471.523 [0.0000]
```

Figura 23: Contraste de normalidad en los residuos del modelo VECM. GRETL

Al ser un p-valor de 0, podemos concluir que se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los residuos.

5.3 CRÍTICA DEL MODELO VECM

Aunque el modelo VECM permite estudiar las relaciones entre las diferentes variables, los resultados de los test aplicados a los residuos explican ciertas limitaciones metodológicas.

En primer lugar, el test de autocorrelación muestra que, efectivamente, los residuos presentan autocorrelación. Esto puede llevar a estimaciones ineficientes y afectar a la precisión de las pruebas de hipótesis y los intervalos de confianza. (FasterCapital, 2025)

En segundo lugar, el test ARCH (heterocedasticidad), muestra que hay heterocedasticidad en los residuos, indicando que la varianza no es constante. Esto

puede llevar a inferencias engañosas ya que se pueden dar conclusiones demasiado confiadas sobre la importancia de las variables. ([FasterCapital, 2025](#))

Por último, el test de normalidad de los residuos concluye que los residuos no siguen una distribución normal, lo que, como en los otros dos supuestos, perjudica a la validez de los test estadísticos ya que suponen normalidad en los errores.

Estos tres problemas respecto a los supuestos teóricos hacen que la fiabilidad del modelo, y, por tanto, las interpretaciones se vean perjudicadas. Sin embargo, este tipo de problemas es común en estudios que usan datos financieros con mucha volatilidad, como Bitcoin.

5.4 SOLUCIONES ALTERNATIVAS

Como se ha señalado en el apartado anterior, el modelo VECM estimado presenta ciertos resultados que no cumplen con supuestos básicos en econometría: los residuos muestran autocorrelación, heterocedasticidad y no normalidad. Por tanto, aunque en un principio el modelo VECM proporciona una base válida para analizar series temporales cointegradas, es importante buscar alternativas o extensiones que permitan mejorar la robustez y la fiabilidad de los resultados.

Una solución habitual en estos casos es el uso de modelos tipo ARCH o GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity). Estos modelos permiten modelar la varianza como una función de los errores pasados, hecho muy útil en contextos donde hay mucha volatilidad. ([Romero, 2020](#)) Un buen ejemplo es el estudio de Haubo Dyhrberg en 2016, donde aplica el modelo GARCH para analizar la volatilidad de Bitcoin, el oro y el dólar. ([Dyhrberg, 2016](#))

Otro tipo de solución sería el uso de modelos más robustos. Por ejemplo, los modelos VECM con estimación mediante Bootstrap permiten obtener intervalos de confianza y test más robustos ante la no normalidad ([Kilian, 1998](#)) Este tipo de modelos ajustan los límites del intervalo de confianza para evitar sesgos, asimetrías u otros problemas, de manera que los resultados sean más robustos.

A pesar de las limitaciones, la presencia de heterocedasticidad, autocorrelación o no normalidad no invalida automáticamente las conclusiones obtenidas del modelo, pero es importante interpretar los resultados con cuidado.

5.5 IMPACTO EN LOS GOBIERNOS EN LA VIABILIDAD DE BITCOIN

Como se ha explicado en el marco teórico, Bitcoin aparece como una alternativa descentralizada al sistema financiero tradicional, pero su desarrollo y viabilidad a largo plazo están condicionados en parte por las medidas que tomen los gobiernos respecto al activo. Aunque el funcionamiento de Bitcoin hace que sea resistente a la censura y no pueda ser controlado por una entidad, su uso y adopción dentro del sistema financiero global sí que depende de decisiones políticas.

La relación entre Bitcoin y los gobiernos es compleja. por un lado, este activo representa una amenaza en cuanto a la capacidad del Estado para tener control sobre la política fiscal y financiera; por otro lado, también ofrece oportunidades como activo estratégico o refugio a largo plazo.

5.5.1 PANORAMA ACTUAL

La relación entre los gobiernos y bitcoin ha evolucionado en los últimos años, con posturas que varían desde la prohibición hasta la adopción como moneda de curso legal. A continuación, se presentan diferentes políticas gubernamentales respecto a Bitcoin:

- **Adopción como moneda de curso legal:** El caso más conocido es el de El Salvador, ya que se convirtió en 2021 en el primer país que adoptó Bitcoin como moneda de curso legal. Hasta marzo de 2025, este país ha acumulado más de 6.100 BTC. Aun así, se enfrenta actualmente a restricciones impuestas por el FMI para tener la posibilidad de acceder a un préstamo de 1.400 millones de dólares. [\(Álvarez, 2025\)](#)
- **Regulación y supervisión:** el gobierno de Donald Trump ha adoptado una postura “pro-cripto”, promoviendo políticas que favorecen la innovación en el sector. En enero de 2025, firmó una orden para apoyar el crecimiento de activos digitales y tecnología blockchain. *(Montgomery, Oliwenstein, Phillips, Wood, Goldberg & Ramos, 2025)* En cuanto a la UE, ha adoptado un enfoque de regulación mediante el “MiCA”, que entró en vigor en marzo de 2025. Este reglamento hace que haya un marco legal para los criptoactivos, exigiendo claridad y transparencia en las operaciones. [\(Argentinisches Tageblatt, 2025\)](#)
- **Acumulación de reservas estratégicas:** Además de las políticas mencionadas en el punto anterior, se han propuesto iniciativas para que el Departamento del

Tesoro adquiriera hasta 1 millón de BTC durante los próximos años, estableciendo una reserva estratégica de Bitcoin. Otros países que empiezan a valorar incluir Bitcoin en sus portafolios para diversificar son: Suiza, Rusia, Japón, Hong Kong o Brasil. Está aún en fases primeras, pero el hecho de que países de todo el mundo se estén planteando adquirir este activo indica el interés gubernamental que se está generando alrededor de Bitcoin.(Gonzalez, 2025)

- **Prohibiciones y restricciones:** China es muy estricta con las criptomonedas. En septiembre de 2021, el Banco Popular de China declaró ilegales las transacciones con criptomonedas y prohibió la minería de estas. (Cano, 2021). Aun así, las autoridades chinas han estado vendiendo criptomonedas incautadas, generando ingresos para el país. Esto ha creado debates sobre la coherencia de la política de china respecto a los activos digitales.(Young, 2025)

5.5.2 REFLEXIÓN SOBRE LA REGULACIÓN Y LA SOBERANÍA MONETARIA

Aunque la evolución de las políticas gubernamentales frente a Bitcoin ha sido diversa, se pueden identificar patrones comunes para ver cómo afectan a la viabilidad de bitcoin a largo plazo y a la soberanía monetaria.

Por un lado, regulaciones que ofrecen seguridad jurídica, claridad fiscal y protección a los inversores tienden a favorecer la adopción de Bitcoin, especialmente entre inversores institucionales. Países como Estados Unidos o El Salvador han demostrado que un marco regulador favorable puede acelerar la integración del activo en la economía.

Por otro lado, regímenes restrictivos o prohibicionistas, como el de China, suelen provocar la expulsión de inversores. No obstante, estas medidas no han eliminado la actividad, sino que han provocado una deslocalización del ecosistema (mineros principalmente) hacia países con marcos regulatorios más flexibles. (Tidy, 2021). Este fenómeno muestra dos cuestiones clave: en primer lugar, la resiliencia del protocolo ante políticas nacionales restrictivas; y en segundo lugar, que la regulación prohibicionista tiene a desplazar la actividad en lugar de eliminarla, por lo que la eficacia de este tipo de decisiones políticas se ve reducida a largo plazo.

Desde un punto de vista macroeconómico, la adopción de Bitcoin plantea cuestiones soberanía monetaria. Su carácter descentralizado y su oferta limitada suponen un desafío a la capacidad de los Estados para controlar la emisión monetaria, aplicar políticas fiscales expansivas o imponer restricciones de capital. Por tanto, la relación entre regulación y adopción de Bitcoin es compleja: una regulación abierta puede

fomentar la innovación y atraer capital, pero también dificulta a los Estados el control de la política monetaria.

No obstante, hay un beneficio (o perjuicio) potencial muy interesante para los gobiernos que optan por integrar Bitcoin en sus economías a través de la regulación. Al basarse en una tecnología de registro distribuido (blockchain), todas las transacciones de Bitcoin son públicas, inmutables y verificables, esto permite una supervisión más rigurosa de los fondos públicos y dificulta prácticas corruptas. En este sentido, la adopción institucional de Bitcoin no solo implica desafíos, sino también oportunidades para fortalecer la integridad y la confianza de la población en los gobiernos.

En conclusión, el reto consiste en diseñar una regulación que pueda equilibrar los riesgos y los beneficios de Bitcoin, promoviendo un uso responsable sin comprometer la estabilidad macroeconómica.

5.6 REFLEXIONES FINALES

A lo largo de este trabajo se ha realizado un análisis tanto teórico como práctico sobre Bitcoin, su comportamiento en los mercados financieros y su viabilidad a largo plazo. Si bien los resultados permiten llegar a conclusiones relevantes, también es importante hacerse nuevas preguntas y pensar en posibles investigaciones que puedan ampliar el conocimiento sobre el tema.

Una de las principales limitaciones de este estudio es que se ha centrado a nivel práctico en la relación de Bitcoin con el oro y el S&P 500. Sin embargo, existen muchos factores macroeconómicos que también podrían influir significativamente en su comportamiento. Por ello, sería interesante investigar la relación de Bitcoin con el tipo de interés, la inflación, la política monetaria o la evolución de la masa monetaria. Este tipo de estudio permitiría profundizar más en la temática y tener una visión más amplia y acertada de la influencia de Bitcoin en la sociedad actual.

Otra posible ampliación del trabajo podría llevarse hacia el ámbito de las criptomonedas en general, estudiando la relación de Bitcoin con otros “criptoactivos” para observar si existe un patrón de comportamiento dentro del ecosistema o no.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo permiten formular una reflexión sobre la naturaleza y el papel que Bitcoin podría desempeñar en el sistema financiero global.

Uno de los aspectos clave del análisis es que Bitcoin no surge como un simple experimento tecnológico, sino como una respuesta a carencias estructurales del sistema monetario actual. Tal como se ha desarrollado en el marco teórico, Bitcoin pretende resolver problemas históricos relacionados con la pérdida de poder adquisitivo del dinero fiduciario, la manipulación monetaria por parte de los gobiernos y la necesidad de contar con un instrumento de intercambio global, escaso, resistente a la censura y no dependiente de intermediarios. En este sentido, se posiciona como un nuevo tipo de “dinero sólido”, programado con reglas fijas y transparentes, lo cual lo convierte en una alternativa muy interesante a las monedas tradicionales en ciertos aspectos.

El hecho de que Bitcoin muestre una relación de cointegración con el oro, y indirectamente con el índice S&P 500, indica que su comportamiento sigue una lógica distinta a la de los activos financieros tradicionales. Este resultado sugiere que Bitcoin está adquiriendo algunas características propias de los activos refugio, aunque aún no se haya integrado plenamente en el sistema financiero convencional. Esta posición intermedia es relevante, ya que muestra que Bitcoin se encuentra en una fase de transición entre la innovación y la consolidación financiera.

El modelo econométrico ha revelado que Bitcoin actúa como la principal variable de ajuste cuando se rompe el equilibrio a largo plazo entre los activos analizados. Esta función de ajuste, unida a su alta volatilidad, refuerza la idea de que Bitcoin todavía no es un activo estabilizador, sino más bien uno que reacciona con intensidad a los desequilibrios del sistema. Esto plantea dudas razonables sobre su capacidad para actuar, al menos por ahora, como reserva de valor sólida.

Por otra parte, el análisis del papel de los gobiernos y las políticas regulatorias ha demostrado que la viabilidad futura de Bitcoin no depende únicamente de su tecnología o aceptación social, sino también del entorno institucional. Las regulaciones favorables pueden facilitar su adopción e integración en la economía formal, mientras que las restricciones tienden a desplazar la actividad, pero no a eliminarla, lo cual demuestra la resiliencia del protocolo y el compromiso de los usuarios con el activo.

A partir de estos resultados, se abren diversas líneas de investigación futura. Sería de especial interés analizar la relación de Bitcoin con variables macroeconómicas como los tipos de interés, la inflación o la expansión monetaria, con el objetivo de evaluar su

comportamiento ante cambios en la política económica. Asimismo, se podrían incorporar datos del propio ecosistema cripto para obtener una visión más completa sobre su evolución.

En definitiva, con el análisis hecho en el marco teórico y los datos obtenidos en el marco práctico, es posible afirmar que Bitcoin no es una burbuja financiera. Se puede concluir que es un activo muy complejo pero que poco a poco se está consolidando dentro del sistema económico global. Al ser un activo tan joven, el tiempo será clave para determinar si se posiciona como un activo refugio o no y cuales serán las implicaciones de este en la sociedad.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, Y. (2025). El FMI aprieta a El Salvador: El nuevo acuerdo le prohíbe acumular más Bitcoin y emitir Bonos Volcán. [www.elsaltodiario.com. https://www.elsaltodiario.com/bitcoin/fmi-aprieta-salvador-nuevo-acuerdo-prohibe-acumular-bitcoin-emitir-bonos-volcan](https://www.elsaltodiario.com/bitcoin/fmi-aprieta-salvador-nuevo-acuerdo-prohibe-acumular-bitcoin-emitir-bonos-volcan)

Andreas M. Antonopoulos. (2017). Internet Del Dinero.

Argentinisches Tageblatt. (2025). Europa toma la delantera en la carrera por regular las criptomonedas—Argentinisches Tageblatt | Argentinisches Tageblatt. <https://tageblatt.com.ar/europa-las-criptomonedas/>

Barón, S. (2021). Burbuja económica: Qué es, cómo funciona y cómo afecta a las finanzas. Finect. <https://www.finect.com/usuario/santiagobaron/articulos/burbuja-economica-que-es-como-funciona-como-afecta-finanzas>

Baselli, V. (2024). El halving del bitcoin: ¿Qué significa para los inversores? Morningstar ES. Recuperado 27 de febrero de 2025, de <https://www.morningstar.es/es/news/247611/el-halving-del-bitcoin-%c2%bfqu%c3%a9-significa-para-los-inversores.aspx>

Binance Academy. (2023). ¿Qué es blockchain y cómo funciona?. Binance Academy. <https://academy.binance.com/es/articles/what-is-blockchain-and-how-does-it-work>

Binance Academy. (2018). ¿Qué es Proof of Work (PoW)?. Binance Academy. <https://academy.binance.com/es/articles/proof-of-work-explained>

Bitcoin Block Reward Halving Countdown. (s. f.). Recuperado 17 de marzo de 2025, de <https://www.bitcoinblockhalf.com/>

Bouri, E., Molnár, P., Azzi, G., Roubaud, D., & Hagfors, L. I. (2017). On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier? *Finance Research Letters*, 20, 192-198. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.09.025>

Cano, M. (2021). Por primera vez, China prohíbe todas las transacciones de criptomonedas. *France 24*. <https://www.france24.com/es/asia-pac/C3%ADfco/20210925-china-prohibe-criptomonedas-bitcoin-economia>

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>

FasterCapital. (2025). Errores estandar de Newey West Triunfo de las series temporales abordar la heterocedasticidad con los errores estandar de Newey West. FasterCapital. <https://fastercapital.com/es/contenido/Errores-estandar-de-Newey-West--Triunfo-de-las-series-temporales--abordar-la-heterocedasticidad-con-los-errores-estandar-de-Newey-West.html>

Gonzalez, D. (2024). La adopción de activos digitales y blockchain en finanzas crece 9%. *Observatorio Blockchain*. <https://observatorioblockchain.com/blockchain/la-adopcion-de-activos-digitales-y-blockchain-en-finanzas-crece-9/>

Gonzalez, D. (2025). Los países que exploran Bitcoin como nueva reserva estratégica. *Observatorio Blockchain*. <https://observatorioblockchain.com/bitcoin/los-paises-que-exploran-bitcoin-como-nueva-reserva-estrategica/>

Jose Sanchis. (2024). Bitcoin con Rigor.

Kilian, L. (1998). Small-sample Confidence Intervals for Impulse Response Functions. *The Review of Economics and Statistics*, 80(2), 218-230. <https://doi.org/10.1162/003465398557465>

LA Ley, A. (s. f.). Modelos VAR y VEC. https://guiasjuridicas.laley.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASMTczNLtbLUouLM_DxblwMDS0NDQ3MA29b7VyEAAAA=WKE

Linares, J. (2024). ▷ Cómo funciona la Regulación Crypto en Europa (news 2025). Javi Linares. <https://javilinares.com/regulacion-cryptos-europa/>

Maldonado, R. (2024). Servidor web: ¿Qué es y cómo funciona? <https://keepcoding.io/blog/que-es-un-servidor-web-como-funciona/>

Mohr, F. (2019). An Introduction to Vector Error Correction Models (VECMs) · r-econometrics. <https://www.r-econometrics.com/timeseries/vecintro/>

Montgomery, B. H., Oliwenstein, D., Phillips, T., Wood, D. C., Goldberg, A., & Ramos, B. L. (2025). Trump 2.0: A New Era for the Regulation of Cryptocurrency and Digital Assets. Pillsbury Law. <https://www.pillsburylaw.com/en/news-and-insights/cryptocurrency-digital-assets-trump.html>

Morales, V. (2023). 5 Modelización de Series Multivariantes: VAR & VEC | Series de Tiempo. https://bookdown.org/victor_morales/SeriesdeTiempo/modelizaci%C3%B3n-de-series-multivariantes-var-vec.html?

Muñoz, T. G., Gómez, R. S., & Gaggero, A. (s. f.). Regresión con procesos no estacionarios. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/89748/01%20Econometr%C3%ADa%203%20%20Tema%207.pdf?sequence=1#:~:text=Cuando%20series%20temporales%20relacionadas%20debido,no%20hay%20un%20v%C4%B1nculo%20causal.>

Noble, J., & Kavlakoglu, E. (2024). ¿Qué es la autocorrelación? | IBM. <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/autocorrelation>

Novalés, A. (2017). Modelos vectoriales autoregresivos (VAR). <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41459/VAR.pdf>

Pedrosa, S. J. (2020). Heterocedasticidad. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/heterocedasticidad.html>

Romero, R. (2020). Cointegración y vector de corrección de errores (VECM). <https://randall-romero.com/wp-content/uploads/EC4301-2020a/Lecture-11-Cointegracion-VECM-preliminar.pdf>

Saifedean Ammous. (2018). El Patron Bitcoin.

Satoshi Nakamoto. (2008, octubre 31). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Skilling. (2024). Burbuja especulativa: Causas y efectos | Skilling. Skilling.com. <https://skilling.com/eu/es/blog/trading-terms/speculative-bubbles/>

Treviso, S. (2024) Historia del dinero - Cronología de la Evolución Monetaria. <https://thetradingbible.com/es/historia-del-dinero>

Tidy, J. (2021). US leads Bitcoin mining as China ban takes effect. <https://www.bbc.com/news/technology-58896545>

Vela, F. (2010). Normalidad de los errores. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-metropolitana/econometria-ii/normalidad-de-los-errores/34411400>

Wikipedia contributors. (2023). Cointegración. Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cointegraci%C3%B3n&oldid=150659682>

Wikipedia contributors. (2025). Dinero por decreto. Wikipedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dinero_por_decreto&oldid=165117542

Young, M. (2025). Informe: China vende criptomonedas incautadas para engrosar sus arcas mientras la economía se ralentiza. Cointelegraph. <https://es.cointelegraph.com/news/china-selling-seized-crypto-top-up-coffers-reuters>