

Valoración de Bitcoin. Reserva de valor y diversificación de inversiones

Bitcoin Valuation. Store of Value and Investment Diversification

Ismael Santiago Moreno
Universidad de Sevilla (España)
<https://orcid.org/0000-0001-5269-0726>
isantiago@us.es

RESUMEN

Bitcoin ha emergido como activo monetario disruptivo, generando debates sobre su valoración, su capacidad como reserva de valor y su idoneidad para la diversificación de carteras. Sin embargo, enfrenta importantes desafíos debido a su volatilidad extrema, falta de regulación y naturaleza descentralizada. Este estudio aborda tres cuestiones clave: (1) los valores obtenidos al aplicar diversas metodologías de valoración, (2) su rol como instrumento para diversificación de carteras, y (3) su viabilidad como reserva de valor.

La metodología incluyó un análisis comparativo de enfoques de valoración utilizando datos de fuentes como CoinMetrics, CoinMarketCap y Blockchain.com. Se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar su potencial en carteras diversificadas y el modelo Stock-to-Flow para examinar su capacidad como reserva de valor, considerando su escasez digital.

Los hallazgos revelan disparidades en los valores según las metodologías aplicadas a esta criptomoneda, evidenciando su carácter especulativo. Bitcoin presenta cierto potencial como diversificador de riesgo debido a su baja correlación con activos tradicionales en condiciones específicas. No obstante, su papel como reserva de valor está limitado por su volatilidad inherente, ausencia de consenso regulatorio y susceptibilidad a eventos externos.

Aunque la adopción institucional de Bitcoin ha crecido, como lo demuestra la evolución de los ETFs al contado de esta criptomoneda, estos riesgos reducen su viabilidad como activo principal en carteras diversificadas y como reserva de valor sostenible. Se requiere mayor investigación para mitigar estas limitaciones y comprender su impacto en la consolidación de Bitcoin como una inversión financiera global y funcional a largo plazo.

PALABRAS CLAVE

Blockchain; valoración; oro; Bitcoin; criptomoneda.

ABSTRACT

Bitcoin has emerged as a disruptive monetary asset, sparking debates regarding its valuation, its capacity as a store of value, and its suitability for portfolio diversification. However, it faces significant challenges due to its extreme volatility, lack of regulation, and decentralized nature. This study addresses three key questions: (1) the valuation outcomes derived from applying different methodologies, (2) its role as a tool for portfolio diversification, and (3) its feasibility as a store of value.

The methodology included a comparative analysis of valuation approaches, utilizing data from sources such as CoinMetrics, CoinMarketCap, and Blockchain.com. Pearson's correlation coefficient was employed to assess its diversification potential, while the Stock-to-Flow model was applied to evaluate its capacity as a store of value based on its digital scarcity.

Findings reveal disparities in valuation results depending on the methodologies applied to this cryptocurrency, highlighting its speculative nature. Bitcoin demonstrates potential as a risk diversifier due to its low correlation with traditional assets under specific conditions. However, its role as a store of value is constrained by inherent volatility, the absence of regulatory consensus, and susceptibility to external shocks.

Although institutional adoption of Bitcoin has increased, as evidenced by the development of spot Bitcoin ETFs, these risks diminish its viability as a primary asset in diversified portfolios and as a sustainable store of value. Further research is required to address these limitations and evaluate their impact on Bitcoin's establishment as a global and functional financial investment in the long term.

KEYWORDS

Blockchain; valuation; gold; Bitcoin; cryptocurrency.

Clasificación JEL: G10, G12, G15.

MSC2010: 91650.

1. INTRODUCCIÓN

En la última década, Bitcoin ha emergido como un fenómeno financiero de gran interés, no solo como una tecnología disruptiva, sino también como un activo que desafía las estructuras tradicionales de inversión y valoración. Desde su creación en 2009, Bitcoin ha pasado de ser una curiosidad técnica en círculos de entusiastas de la criptografía a un activo monetario ampliamente debatido en los mercados de inversión globales. A medida que el interés en Bitcoin crece, también lo hace la necesidad de comprender, desde una perspectiva metodológica y empírica, los diversos enfoques de valoración, su posible idoneidad de inclusión para una adecuada diversificación de carteras y su potencial, a comprobar, como reserva de valor en tiempos de inestabilidad económica.

También, hay que mencionar que esta criptomoneda presenta en la actualidad riesgos de diversa índole, además de desafíos en la gestión de carteras de inversión y tiempo para demostrar su funcionalidad como reserva de valor, si lo comparamos con el oro, por ejemplo. Su volatilidad puede ser significativa, lo que puede afectar el valor de una cartera en cortos periodos de tiempo. Además, como una clase de activo relativamente nueva, hay incertidumbre en torno a su regulación y aceptación a largo plazo.

Lo cierto es que el interés institucional en Bitcoin es innegable, como muestran los datos en la plataforma tradingdifferent.com, a 20 de noviembre de 2024, donde las tenencias de Bitcoin eran de 11.509 en Tesla y 331.200 en MicroStrategy, ambas compañías cotizadas en el mercado

Nasdaq. Además, el 10 de enero de 2024, la SEC de los EE.UU. aprobó el lanzamiento de los primeros fondos cotizados en bolsa (ETF) que invierten en Bitcoin al contado (Black Rock, Grayscale, Fidelity, ARK Invest, Bitwise, Invesco, Van Eck, Wisdom Tree, Franklin Templeton y Valkyrie), lo que vino a democratizar el acceso de los inversores a los criptoactivos. Esto supuso un hito histórico para el mundo de las criptomonedas, ya que los ETFs permiten que más inversores minoristas puedan poseer Bitcoins indirectamente a través de un título negociado en una bolsa de valores, facilitando la exposición práctica de los inversores a las criptomonedas, sin tener que depender de wallets privados o criptoplataformas. Según la información facilitada por la plataforma tradingdifferent.com el día 20 de noviembre de 2024, la suma de las tenencias de los citados 10 ETFs al contado de Bitcoin alcanzaban un montante de 1.011.668 unidades de esta criptomoneda.

Bitcoin, como la primera criptomoneda descentralizada, ha sido frecuentemente comparada con el oro, obteniendo el apodo de oro digital debido a su política monetaria predecible y estable. Aunque también es considerable los autores que son detractores de comparar a Bitcoin con el oro. La red de la principal criptomoneda está asegurada por el mecanismo de consenso de Prueba de Trabajo (PoW), y por un suministro limitado a 21 millones de unidades. Esto hace a Bitcoin una inversión financiera con propiedades únicas, que le acercaría a cumplir con la funcionalidad de reserva de valor que tiene el propio dinero fiat, como veremos más adelante, en algunos resultados de las investigaciones de ciertos autores expertos en el apartado "Revisión Literaria". Además, Bitcoin cuenta con una red de computadoras más grande del mundo, que garantiza una ciberseguridad sin precedentes, gracias a su poder de computación.

Hay que decir que el valor de Bitcoin viene respaldado por su tecnología Blockchain y la red de computadoras más grande del mundo, hablamos de una red de magnitud mayor que el tamaño combinado de las nubes de Amazon, Google y Microsoft. La red Bitcoin está calculando 5.000 millones de operaciones por segundo, eclipsando las capacidades del superordenador más potente del mundo, por un factor de 500, lo que le dota de una ciberseguridad sin precedentes.

En el aspecto de la valoración de Bitcoin podemos decir que la evaluación financiera de esta criptomoneda es un tema debatido y complejo. Bitcoin, como principal criptoactivo, no se valora fácilmente mediante los métodos tradicionales aplicados a activos financieros convencionales ya que su valor se deriva de varios factores: descentralización; seguridad; oferta limitada; escasez intrínseca; creciente aceptación y uso.

En lo referente a emplear Bitcoin para la diversificación de inversiones, existen opiniones de autores a favor y en contra. Sobre la idoneidad de incorporar esta criptomoneda en la diversificación de carteras de inversión, por parte de ciertos autores, estos encuentran los siguientes motivos de inclusión, debido a las siguientes características diferenciales que encuentran en esta principal criptomoneda: cierta protección contra la inflación (según determinados contextos); baja correlación con determinados activos tradicionales (oro, divisas e índices bursátiles) y potencial de rendimiento alto. En cierta medida queda reflejado en el apartado "Revisión Literaria" de este trabajo.

Comparado frecuentemente con el oro, Bitcoin presenta características que lo posicionan como una posible reserva de valor discutible en la era digital: aceptación y empleos crecientes; transparencia y seguridad; oferta limitada y descentralización.

Uno de los principales objetivos de este artículo de investigación es contribuir al conocimiento de métodos de valoración de criptoactivos aplicables a Bitcoin, para ello exploraremos los diferentes enfoques para evaluar el valor de esta principal criptomoneda y examinaremos los factores que influyen en su valoración.

Otro de los objetivos de esta investigación sería recoger algunos resultados obtenidos por diversos autores (aparecen en el apartado "Revisión Literaria") sobre si Bitcoin cuenta realmente con las cualidades necesarias para ser considerado como una inversión adecuada en una cartera diversificada.

El último objetivo que perseguimos con este artículo es conocer el potencial como reserva de valor que tiene Bitcoin, atendiendo a determinados resultados de las investigaciones llevadas a cabo por algunos autores que en el apartado “Revisión Literaria” también recogemos. Como veremos, el debate sobre su capacidad para cumplir esta función es aún incierto y depende de factores como la volatilidad de su precio, su liquidez y su aceptación en los mercados.

Sin embargo, su adopción y regulación continúan siendo temas de debate y estudio, destacando la importancia de un análisis cuidadoso y continuo de su papel en las finanzas modernas.

Centrándonos en los datos empleados han sido obtenidos principalmente de las bases de datos disponibles de Coinmetrics.io, Tradingdifferent.com, Coinmarketcap.com y Blockchain.com. Por lo que respecta a los datos empleados para los cálculos en las diversas metodologías de valoración en este trabajo recogidas, se han considerado los del 17 de junio de 2024.

En lo que respecta a la recogida de la información para nuestra investigación, hay que hacer especial mención a la revisión documental tanto de artículos de investigación, informes de entidades financieras, consultoras internacionales reputadas y diferentes páginas Web referentes en el ámbito del criptomercado, además de noticias en diferentes medios. Esto nos ha permitido tener una visión holística, completa y actualizada del emergente mercado de los cryptoactivos.

Esperamos que los resultados de esta investigación proporcionen una base sólida para futuras investigaciones y para una mayor comprensión de los riesgos y oportunidades que Bitcoin representa en los mercados financieros actuales.

Atendiendo a los objetivos antes mencionados, hemos formulado una serie de preguntas de investigación que se pretende dar respuesta:

- Pregunta de investigación 1. ¿Qué valores se obtienen de aplicar diversas metodologías de valoración en Bitcoin?
- Pregunta de investigación 2. ¿Sería Bitcoin una inversión idónea para la diversificación de carteras?
- Pregunta de investigación 3. ¿Qué viabilidad tendría la función de reserva de valor de Bitcoin?

Este artículo de investigación se estructura como sigue. Después de la Introducción, la Sección 2 proporciona información técnica clave. La Sección 3 ofrece una amplia revisión literaria. En la Sección 4 se describen las metodologías empleadas. La Sección 5 muestra los resultados y hallazgos principales. Finalmente, la Sección 6 presenta las conclusiones.

2. INFORMACIÓN TÉCNICA CLAVE

2.1. Bitcoin

Para Nakamoto (2008), Bitcoin es un sistema de dinero electrónico entre iguales (peer-to-peer) que permite enviar pagos en línea directamente de una persona a otra sin pasar por una institución financiera. Las características clave de Bitcoin son que no tiene representación física, no está asociado a ninguna autoridad y se basa en métodos matemáticos y computacionales complejos.

Atendiendo a las aportaciones realizadas por diversos autores a una definición de Bitcoin (Nakamoto, 2008) podemos sintetizar esta como una innovadora forma de dinero digital que opera en una red distribuida y segura. Utiliza principios criptográficos para asegurar la integridad de las transacciones y la privacidad de los usuarios. La red de Bitcoin está compuesta por nodos descentralizados que validan y registran todas las transacciones en un registro público conocido como la cadena de bloques o Blockchain a los que llamaremos mineros (Sapra et al., 2023; Hughes et al., 2019; Valverde y Fernández, 2018). La emisión de nuevas unidades de Bitcoin está controlada por un algoritmo de consenso conocido como Proof of Work (Gray, 2023; Vujičić et al., 2018; Kuiper y Hogan, 2023), que requiere la resolución de problemas computacionales complejos por parte de los citados mineros para añadir nuevos bloques a la cadena (Hughes

et al., 2019; Kuiper y Hogan, 2023). Se estableció en el algoritmo del sistema Bitcoin un suministro máximo limitado de 21 millones de Bitcoins (Nakamoto, 2008), para garantizar la escasez (Neureuter, 2022; Kuiper y Hogan, 2023) y evitar la inflación descontrolada.

Además, debemos de considerar el denominado halving de Bitcoin (Fidelity Digital Assets, 2024a, Fidelity Digital Assets, 2024b), que es un evento programado que ocurre aproximadamente cada cuatro años (o cada 210.000 bloques minados), en el cual la recompensa que los mineros reciben por agregar un nuevo bloque a la cadena de bloques se reduce a la mitad. Este proceso está diseñado para controlar la emisión de nuevas criptomonedas y reducir de forma paulatina la creación de nuevos Bitcoins, lo cual aumenta su escasez y, potencialmente, su valor en el mercado.

Por otra parte, desde un punto de vista financiero, Bitcoin es un activo real no vinculado a ninguna obligación financiera de terceros (no es pasivo de nadie), lo que lo convierte en un recurso valioso en tiempos de depreciación del dinero. Los activos reales pueden clasificarse en dos dimensiones importantes para entender su valor a lo largo del tiempo: su capacidad de ser atesorados y la elasticidad de su oferta. Esta última hace referencia a los activos de oferta inelástica, cuyo suministro no puede aumentar significativamente con el precio, siendo más estables en el tiempo.

Moreno (2024) argumenta que Bitcoin cumple con los criterios de facilidad de almacenamiento y una oferta limitada y predecible, lo que le permite actuar como un vehículo para transportar valor en el tiempo, similar al oro. Durante periodos inflacionarios, cuando el dinero pierde valor, Bitcoin puede revalorizarse debido a su oferta fija, aunque su volatilidad y la competencia con activos como bienes raíces o bonos indexados limitan su efectividad como refugio seguro. Además, su precio mantiene una relación inversa con los tipos de interés, debido a su doble rol: como activo monetario para algunos inversores, que enfrentan mayores costes de oportunidad al mantenerlo en escenarios de tipos elevados; y como inversión especulativa a largo plazo, comparable a activos tecnológicos, donde se busca valorización futura más que rendimientos inmediatos.

3. REVISIÓN LITERARIA

Existe una cantidad significativa de literatura científica y académica dedicada a Bitcoin y las criptomonedas en general. A medida que Bitcoin ha ganado popularidad y ha despertado interés en la comunidad financiera y tecnológica, ha surgido una amplia gama de investigaciones y estudios académicos sobre diversos aspectos relacionados con esta criptomoneda.

Pregunta de investigación 1:

En el campo de la valoración de Bitcoin y otros criptoactivos, varias entidades reputadas y diversos autores han propuesto diferentes modelos y enfoques.

Es importante destacar que el campo de la valoración de criptoactivos es todavía relativamente incipiente y está en constante desarrollo. Existen muchos otros autores y trabajos que también han contribuido a este campo con modelos y enfoques únicos, como la consideración de la funcionalidad de escasez digital que tiene Bitcoin y sus propuestas de cálculo. Además, debido a la volatilidad y la complejidad de los criptoactivos, la valoración de estas monedas digitales puede ser desafiante y sujeta a diversas interpretaciones y supuestos. Por lo tanto, es crucial considerar múltiples perspectivas y enfoques al realizar análisis de valoración en el contexto de criptoactivos.

En lo referente a la valoración de criptoactivos como Bitcoin, para Burniske (2017), lo primero que tuvo en cuenta es que este no generaba flujos de efectivo, lo que invalidaba el uso del tradicional análisis de flujo de caja descontados (DCF). Ante esto, la valoración de criptoactivos requería establecer modelos estructuralmente similares a un DCF, con proyecciones anuales, pero en lugar de cash flows se utilizaría la ecuación de intercambio para derivar el valor de utilidad actual para cada año.

Alabi (2017) presentó un análisis de algunas de las redes blockchain para determinar si satisfacían la Ley de Metcalfe, como se demostró con Bitcoin. El valor de la red se modeló en función del precio de la criptomoneda y el número de usuarios, según el número de direcciones únicas diarias que realizaban transacciones en la red.

Wei y Yiu (2018) estudiaron el valor de los criptoactivos nativos en una cadena de bloques y presentaron un marco de equilibrio de oferta y demanda para valorar los criptotokens.

Plan B (2019) planteó el valor de la escasez digital en la principal criptomoneda. Para ello el autor midió la escasez usando la relación entre las reservas de Bitcoin y su producción. Empleó esta relación para modelar y calcular el valor de esta. El método que utilizó es un modelo que se usa típicamente para valorar materias primas denominado Stock-to-Flow.

Fernández y López (2020) plantearon en su artículo el problema que el tradicional método de valoración a través del descuento de los flujos de caja no era aplicable en criptoactivos como Bitcoin y que se debía recurrir a otros modelos teóricos.

Para Neureuter (2022), Bitcoin se entendía mejor como un activo monetario emergente y, por lo tanto, el enfoque óptimo para determinar su valor razonable a largo plazo podría derivarse potencialmente a través del análisis de sus curvas de oferta y demanda.

Soni y Preece (2023), investigaron los modelos de valoración que se aplicaban a diferentes elementos del universo de los criptoactivos, incluidas las plataformas de contratos inteligentes, las aplicaciones descentralizadas y el propio Bitcoin.

Peterson (2018) demostró en su investigación que el precio de Bitcoin a medio y largo plazo sigue la ley de Metcalfe.

Pregunta de investigación 2:

Dyhrberg (2016) investigó las capacidades de Bitcoin como activo financiero utilizando modelos GARCH. El modelo inicial mostró varias similitudes con el oro y el dólar, lo que indicaba que Bitcoin tenía capacidades de cobertura y disponía de ventajas como medio de intercambio.

Chan et al. (2019) investigaron si Bitcoin podía cubrir y diversificar el riesgo frente al Euro STOXX, Nikkei, Shanghai A-Share, S&P 500 y el índice TSX, examinando la dinámica de estas capacidades en diferentes frecuencias de datos. Se utilizaron modelos GARCH por pares y modelos de correlación condicional constante para los retornos diarios, semanales y mensuales desde octubre de 2010 hasta octubre de 2017. Encontraron que Bitcoin era una cobertura fuerte y efectiva para todos estos índices bajo una frecuencia de datos mensual.

Guesmi et al. (2019) investigaron las propiedades de Bitcoin en los mercados financieros. Específicamente, exploraron los efectos cruzados condicionales y el derrame de volatilidad entre Bitcoin e indicadores financieros utilizando diferentes especificaciones GARCH multivariadas.

Li et al. (2021) estudiaron la forma de cómo la industria financiera podría emplear Bitcoin para mejorar la eficiencia en la optimización carteras. Sus resultados mostraron que esta criptomoneda tenía una enorme tendencia a mejorar el perfil de riesgo-rendimiento del inversor.

Votjko y Javorká (2024) hicieron análisis comparativos entre los períodos 2013-2017 y 2018-2023 que revelaron una transformación significativa en las inversiones en Bitcoin y criptomonedas, donde métodos como el modelo de Markowitz sugerían una asignación significativa a Bitcoin debido a sus altos rendimientos, beneficios de diversificación y baja correlación con otros activos.

Pregunta de investigación 3:

Kubát (2015) estudió la función de reserva de valor del dinero en Bitcoin en comparación con las monedas fiduciarias, para ello calculó de la volatilidad de Bitcoin, otras monedas y activos. La volatilidad de Bitcoin fue significativamente mayor que la de otras monedas y activos.

Kristoufek (2023) analizó los factores que impulsaban la volatilidad de Bitcoin y analizó las condiciones que debían cumplirse para que la volatilidad disminuyera.

En la investigación realizada por Bakhtiar et al. (2023) se emplearon datos diarios actualizados de una muestra de las 100 principales criptomonedas, que abarcaban el período 2010–2023, para explorar los efectos de red y las características de reserva de valor de una amplia gama de criptomonedas. Los resultados del estudio indicaron que los factores de red (direcciones de billeteras activas, la cantidad de transacciones y la cantidad de oferta en circulación) tenían un efecto significativo en los precios de las criptomonedas.

Jason y Karoubi (2021) centraron sus investigaciones en saber si Bitcoin mostraba signos de confianza como vehículo de almacenamiento de valor, un requisito previo para convertirse en una moneda de pleno derecho. Para ello utilizaron datos de Bloomberg durante 2008–2017. Los autores encontraron una relación de cointegración entre los precios de Bitcoin, el oro y el franco suizo. Lo que sugiere que algunos compradores de Bitcoin estaban interesados en el almacenamiento de valor y resultaba un buen augurio para su tasa de adopción futura.

Baur y Dimpfl (2021) demostraron en su artículo que la volatilidad de los precios de Bitcoin era extrema y casi 10 veces mayor que la volatilidad de los principales tipos de cambio (dólar estadounidense frente al euro y el yen). Este exceso de volatilidad implicaba que Bitcoin no podía funcionar como medio de intercambio y solo tenía un uso limitado como diversificador de riesgos.

4. METODOLOGÍA

En este apartado, en la pregunta de investigación 1 se describirán diversos modelos de valoración de Bitcoin empleados en el criptomercado, con sus respectivas formulaciones. En la pregunta de investigación 2 haremos especial hincapié en las posibles aportaciones que ofrezca el empleo del coeficiente de correlación de Pearson. En la pregunta de investigación 3 consideraremos el empleo del modelo Stock to Flow para la consideración de la funcionalidad reserva de valor en Bitcoin.

Pregunta de investigación 1.

Se han estudiado las metodologías de valoración de Bitcoin más empleadas por los analistas, investigadores y entidades financieras reputadas, atendiendo a los datos facilitados por las plataformas: coinmetrics.io, gold.org, blockchain.com, fredf.org y coinmarketcap.com, el día 17 de junio de 2024.

Lo que parece evidente es que se necesitan nuevos modelos de valoración para estos criptoactivos ya que encontramos problemas de aplicación en los tradicionales modelos de valoración sobre descuentos de flujos de caja libre.

A continuación, procedemos a explicar los diversos métodos de valoración que aplicaremos a Bitcoin.

Valoración de Bitcoin ajustado al mercado del oro

El oro ha demostrado ser un refugio de valor y riqueza a largo plazo durante los periodos de crisis, además de mantener el poder adquisitivo a través del tiempo gracias a características como su escasez y durabilidad. También encontramos dificultades en el oro: comprarlo físicamente y almacenarlo es difícil, siendo además complicado validar su pureza.

Por lo que respecta a Bitcoin ha llegado a ser calificado por diversos autores y entidades reputadas como oro digital y programable, que se crea mediante minería, existiendo una cantidad fija total un de oferta de 21 millones de unidades.

Si consideramos que Bitcoin es el oro digital, entonces podemos encontrar una forma muy sencilla de valorarlo según el enfoque del mercado de oro abordable, cuyo cálculo emplea la siguiente formulación:

(1)

$$\frac{\text{Valor mercado objetivo} * \text{Nivel de penetración}}{\text{Suministro completamente diluido}}$$

El Valor del mercado objetivo se refiere al tamaño de la oportunidad de mercado disponible para un producto o servicio específico para competir en una industria existente. Nivel de penetración indica cuánto Bitcoin podría capturar potencialmente del mercado objetivo. Oferta totalmente diluida se refiere a la cantidad total de Bitcoin que estará en existencia. La cantidad máxima de Bitcoin que puede existir es de 21 millones de unidades, lo que hace que la oferta totalmente diluida de Bitcoin sea de 21 millones de este criptoactivo.

Modelo Stock-to-Flow aplicado a Bitcoin

El Stock to Flow (SF) es un modelo que nos permite calcular la abundancia de un recurso en particular midiendo la escasez de tal recurso empleado como refugio de valor. Para eso no solo mide la cantidad total del stock, sino también la variación que sufre el suministro en el tiempo, lo que se conoce como flow. Si ese modelo se aplica a Bitcoin, el inventario es el número de criptomonedas en circulación mientras que el flujo es el número de Bitcoins producidos anualmente.

El oro y la plata son a menudo considerados recursos que actúan como depósitos de valor. Estos, en teoría, deberían conservar su valor a largo plazo como resultado de su relativa escasez y un flujo reducido. Además, resulta muy difícil incrementar de forma significativa su oferta en un periodo de tiempo corto.

La aplicación del modelo Stock to Flow a Bitcoin a menudo se atribuye a Plan B (2019). La ecuación del modelo Stock to Flow que encontramos en el citado trabajo consiste en dividir el stock por el flow. Es decir, la cantidad que existe de un activo por la producción que se genera del mismo en un periodo determinado. Si lo aplicáramos a Bitcoin, sabemos cuánto es el suministro total (al menos lo que se ha minado) que es el stock y también la cantidad producida, que es el flow.

En relación al oro, su escasez, su flujo predecible y su liquidez global lo han convertido en una reserva de valor relativamente estable en comparación con las monedas fiduciarias, que son propensas a la devaluación. Para un gran número de autores y entidades, Bitcoin es un recurso similar al oro, ya que es escaso, relativamente costoso de producir y su suministro máximo está limitado a 21 millones de criptomonedas.

El modelo planteado por Plan B (2019) se centró en calcular el ratio SF mensual para Bitcoin, valorado este desde diciembre de 2009 hasta febrero de 2019. El primer mapa de dispersión del ratio SF respecto al mercado mostraba que era mejor usar escalas logarítmicas porque el valor de mercado se extiende en 8 órdenes de magnitud (desde 10.000 dólares hasta 100.000 millones de dólares). Esta escala revelaba una notable relación lineal entre Ln (SF) y Ln (valor de mercado). Para ello se emplearon logaritmos neperianos en lugar de logaritmos en base 10. La línea de regresión de los datos confirmaba (Plan B, 2019) una relación estadística significativa entre el ratio SF y el valor de mercado (95% R²). Para el autor, la probabilidad de que la relación entre el ratio SF y el valor de mercado fuera casualidad era cercana a 0, lo que permitió argumentar a Plan B (2019) que el factor dominante era la escasez, el ratio SF.

Según los defensores de este modelo, existe una relación estadísticamente significativa entre Stock to Flow y el valor de mercado. Según las proyecciones del modelo (Plan B, 2019), el precio de Bitcoin debería ver un aumento significativo a lo largo del tiempo debido a la continua reducción de la relación de Stock to Flow.

Quizás lo más relevante que encontramos en el trabajo realizado por Plan B (2019) es la incorporación de la ley potencial y aspectos relacionados con la fractalidad, aspectos en profundidad que se escapan de los objetivos de nuestro trabajo de investigación pero que son importantes como método de valoración alternativo por parte del autor. Para este, atendiendo a la existencia de una relación con una ley potencial hacía que la función de la regresión lineal fuera:

(2)

$$\ln(\text{valor de mercado}) = 3,3 * \ln(SF) + 14,6$$

Esto se puede escribir como una función de la ley potencial:

(3)

$$\text{Valor de mercado} = \exp(14.6) * SF^{3,3}$$

Para Plan B (2019), con cada halving, el ratio SF de Bitcoin se dobla y la capitalización se incrementa 10 veces; siendo un factor constante. Las leyes potenciales son escasas, no se encuentran muy a menudo. Como indica el autor, la posibilidad de una ley potencial con un 95 % R² sobre 8 órdenes de magnitud añade confianza de que el principal factor que conduce el precio de Bitcoin es el ratio SF.

La teoría cuantitativa del dinero ajustada a Bitcoin

La teoría cuantitativa del dinero intenta explicar la relación existente entre la actividad productiva, oferta monetaria y el nivel de precios. Esta teoría parte de una identidad, la ecuación de cambio, según la cual el valor de las transacciones que se realizan en una economía ha de ser igual a la cantidad de dinero existente en esa economía por el número de veces que el dinero cambia de manos:

(4)

$$P * Q = M * V$$

donde:

P = nivel de precios.

Q = cantidad de bienes y servicios producidos (el producto real de la economía).

M = cantidad de dinero en circulación (M1, M2, M3 o M4).

V = velocidad de circulación del dinero o número de veces que el dinero cambia de manos, es decir, la frecuencia con la que una unidad de dinero se gasta en un período específico.

Fisher (1912) adoptó una perspectiva macroeconómica a esta ecuación, considerando que la cantidad de dinero en una economía se puede aproximar por la oferta de dinero dada por el banco central, quien decide cuánto dinero poner en circulación.

Modelo de la Ecuación de Intercambio de Burniske

Según Burniske (2017), la fórmula puede ser adaptada para reflejar el valor y la actividad en la red de Bitcoin.

Como decíamos, la ecuación de intercambio es $M \cdot V = P \cdot Q$ y cuando se aplica a los criptoactivos, la interpretación que hace Burniske (2017) de este modelo es el siguiente:

M = tamaño de la base de activos

V = velocidad del activo (Bitcoin).

P = precio del recurso digital que se aprovisiona (Bitcoin).

Q = cantidad del recurso digital que se está aprovisionando, es decir, el volumen de transacciones en la red Bitcoin.

La valoración de un criptoactivo se compone principalmente de la obtención del valor de M , donde $M = \frac{P \cdot Q}{V}$ es el tamaño de la base monetaria necesaria para sustentar una criptoeconomía de tamaño $P \cdot Q$, a una velocidad V .

En el ámbito de los criptoactivos se sustituye $P \cdot Q$ por el volumen de transacciones en el periodo T , por lo que la ecuación anterior se cambia a:

(5)

$$T = M \cdot V$$

A su vez M debe ser igual a:

(6)

$$M = N \cdot Pu.$$

Donde Pu es su precio unitario y N el número de criptomonedas emitidas.

La teoría cuantitativa del dinero ajustada a Bitcoin nos permite entender cómo el valor total de la red (M) y la actividad transaccional (P) se relacionan con el precio (P) y la velocidad del dinero (V).

Market-Value-to-Realized-Value (Ratio MVRV)

Este indicador fue creado por Mahmudov y Puell (2018), con el objetivo de estimar el valor razonable de un criptoactivo, como Bitcoin, eliminando las fluctuaciones emocionales a corto plazo del mercado. Aunque se debe usar con prudencia y en conjunto con otras métricas, proporciona una visión clara de los ciclos de mercado y las oportunidades de acumulación de Bitcoin.

El indicador on chain MVRV permite identificar momentos de sobrevaloración y subvaloración mediante la comparación de los conceptos clave como son la capitalización de mercado (Market Cap) con la capitalización realizada (Realised Cap):

Market Cap: Valor total de todas las monedas en circulación, calculado multiplicando el precio actual de Bitcoin por el número de monedas existentes.

Realised Cap: Valor basado en el precio de mercado de cada Bitcoin en el momento en que se movió por última vez en la cadena de bloques. Este método considera las monedas perdidas, no utilizadas y no reclamadas.

(7)

$$MVRV = \frac{\text{Market Cap.}}{\text{Realised Cap.}}$$

Estas son las utilidades del indicador MVRV:

- Identificación de Picos y Valles: Permite detectar los máximos y mínimos del mercado, mostrando las oscilaciones entre el miedo y la codicia.
- Acumulación de Bitcoin: Las zonas históricas de acumulación se observan cuando el MVRV es menor a 1.

Los umbrales históricos de la métrica MVRV son:

- Sobrevaloración: Un MVRV mayor a 3.7 indica una sobrevaloración del precio de Bitcoin.
- Subvaloración: Un MVRV igual o menor a 1 indica una subvaloración, sugiriendo un buen momento para acumular Bitcoin.

Network Value to Transaction Ratio (NVT)

El NVT es un ratio que fue elaborado por Woo (2017) y que permite evaluar la valoración de Bitcoin en relación con su actividad transaccional. Al monitorizar este ratio y sus niveles de referencia, los inversores pueden obtener insights valiosos sobre posibles momentos de sobrevaloración o infravaloración, ayudándoles a tomar decisiones de inversión más informadas.

NVT Ratio es un indicador on-chain similar al PER (Price-to-Earnings Ratio) utilizado en el análisis de acciones, que mide la relación entre la capitalización de mercado de Bitcoin y el volumen de transacciones que se realizan en su red. Se puede decir que técnicamente es una expresión de la velocidad monetaria inversa.

La fórmula básica del NVT se expresa como:

(8)

$$NVT = \frac{\text{Capitalización de mercado de Bitcoin}}{\text{Volumen diario de transacciones de Bitcoin}}$$

La interpretación que se haría de esta métrica on chain sería la siguiente:

- Un NVT Ratio alto indica que la capitalización de mercado de Bitcoin es alta en relación con el valor de las transacciones, lo cual puede sugerir sobrevaloración.
- Un NVT Ratio bajo sugiere que la capitalización de mercado es baja en relación con el volumen de transacciones, indicando una posible infravaloración.

A continuación, analizaremos los niveles de referencia de este indicador para su empleo en inversión:

- NVT Ratio Alto (Sobrevaloración): Un NVT Ratio superior a 150-200 puede indicar sobrevaloración. Ante esto, la actuación recomendable sería evaluar la posibilidad de reducir posiciones o evitar nuevas inversiones hasta que el ratio se normalice.
- NVT Ratio Moderado (Valoración Neutral): Un NVT Ratio en el rango de 50-150 es considerado neutral. En esta situación es recomendable mantener las posiciones actuales y monitorizar el ratio para detectar cualquier cambio significativo.
- NVT Ratio Bajo (Infravaloración): Un NVT Ratio inferior a 50 puede indicar infravaloración. La acción recomendada sería considerar la acumulación de Bitcoin, ya que estos niveles pueden sugerir que el precio es atractivo en comparación con la actividad transaccional.

Como decíamos, un NVT Ratio alto puede indicar un valor especulativo elevado, similar a las etapas de alto crecimiento en las nuevas empresas tecnológicas. Con el empleo de esta métrica se puede detectar la diferencia entre consolidación y burbujas.

Valoración basada en la Ley de Metcalfe para redes

Metcalfe (1995, 2006, 2013) expone que el valor de una red de telecomunicaciones aumenta proporcionalmente al cuadrado del número de usuarios del sistema (n^2).

Neuruter (2022) y Peterson (2018) demuestran cómo la ley de Metcalfe ayuda a explicar la formación del precio de Bitcoin.

La valoración de Bitcoin mediante la Ley de Metcalfe se basa en la idea de que el valor de una red es proporcional al cuadrado del número de sus usuarios activos. Para aplicar esta ley a esta criptomoneda, se utiliza el número de usuarios activos, el número de direcciones activas diarias o el número de direcciones únicas que participan en la red Bitcoin en un período determinado.

(9)

$$V(\text{Red}) = n^2$$

Esta ley explica muchos de los efectos de red de Internet y las redes sociales, la cual establece que cuanto mayor sea la red de usuarios, mayor será el valor de la red. Esta tendencia de las redes a expandirse drásticamente nos lleva a la ley de los rendimientos crecientes, donde ciclo de retroalimentación es positivo: cada miembro adicional incrementa el valor de la red, que a su vez atrae a más miembros, iniciando una espiral de beneficios exponenciales.

Según Neuruter (2022), los efectos de red representan la idea de que el nivel de utilidad o valor percibido de un bien o servicio en particular es un resultado directo del número de usuarios de ese bien o servicio. Un aumento en el número de usuarios representa un aumento en el valor potencial proporcionado y aumenta el incentivo a otros usuarios.

Por otra parte, Alabi (2017) demostró que el crecimiento del valor de las redes como Bitcoin estaban relacionadas con el número de direcciones únicas, modelándose el valor de la red en función del precio de la criptomoneda y del número de usuarios, representados éstos por las direcciones únicas que participan diariamente en las transacciones. Esto concuerda intuitivamente con nuestra comprensión de cómo debe funcionar el valor de Bitcoin. Si somos el único poseedor de Bitcoin no es muy valioso porque no hay nadie con quien intercambiarlos, sin embargo, si muchas personas tienen Bitcoins, el valor subirá considerablemente ya que existen numerosas posibilidades de intercambio.

Respecto a la metodología de Alabi (2017), los parámetros de esta métrica fueron los siguientes:

(10)

$$MET = \frac{M}{DAA^2}$$

Donde MET es el índice Metcalfe sugerido por Alabi, M es la capitalización de mercado del criptoactivo, en nuestro caso Bitcoin, y los usuarios activos diarios serían DAA.

Pregunta de investigación 2.

Consideramos que el coeficiente de correlación de Pearson para el precio de Bitcoin y el S&P 500 puede ser relevante para estudios sobre diversificación de carteras de inversión y para evaluar el comportamiento de Bitcoin frente a activos tradicionales en diferentes contextos económicos, ya que este indicador estadístico ayuda a entender si estos activos se mueven de manera conjunta, en direcciones opuestas o sin ninguna relación. También somos conscientes que este coeficiente mide solo la relación lineal y puede no capturar relaciones más complejas, además de estar sujeto a sesgos por valores extremos y choques de mercado en cualquiera de los activos.

El coeficiente de correlación de Pearson, comúnmente denotado como r , es una medida estadística que indica la dirección y la fuerza de la relación lineal entre dos variables continuas. En el contexto del análisis entre el precio de Bitcoin y el índice S&P 500, el coeficiente de correlación de Pearson permite evaluar si existe una relación consistente en la que el incremento o decremento de uno de estos activos tiende a estar asociado con el comportamiento del otro.

Respecto a la formulación del coeficiente de correlación de Pearson, dado un conjunto de pares de datos (X, Y) , donde X representa la serie temporal de precios de Bitcoin e Y la serie temporal de valores del índice S&P500 en los mismos puntos de tiempo, el coeficiente de correlación de Pearson r se define como:

$$(11)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 * \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2]}}$$

donde:

X_i es el valor de la variable X (precio de Bitcoin) en el momento i .

Y_i es el valor de la variable Y (valor índice S&P500) en el momento i .

\bar{X} es el valor promedio de X .

\bar{Y} es el valor promedio de Y .

n es el número de observaciones de cada serie.

En nuestro caso, la interpretación del coeficiente de correlación de Pearson sería:

El coeficiente r toma valores en el rango de $[-1,1]$:

- $r=1$ indica una correlación lineal positiva perfecta: a medida que el precio de Bitcoin aumenta, el índice S&P 500 también aumenta proporcionalmente.
- $r=-1$ indica una correlación lineal negativa perfecta: cuando el precio de Bitcoin aumenta, el índice S&P 500 disminuye proporcionalmente, y viceversa.
- $r=0$ indica ausencia de correlación lineal: no existe una relación lineal entre los dos activos, lo que sugiere que los movimientos de Bitcoin y del S&P 500 son independientes.

Pregunta de investigación 3.

Según Fidelity Digital Assets (2024 a), un activo de reserva de valor sólido conserva el poder adquisitivo durante largos períodos de tiempo. Un activo de reserva de valor emergente aumenta su poder adquisitivo hasta que madura y el precio se estabiliza. Las características clave que normalmente se citan en referencia a las buenas reservas de valor son la escasez, la portabilidad, la durabilidad y la divisibilidad. Podría decirse que el más importante de estos atributos es la escasez, ya que significa que hay una cantidad limitada, que no se puede crear fácilmente y que es difícil falsificarlo, como es el caso de Bitcoin.

La aplicación del modelo Stock-to-Flow (Plan B, 2019; Neureuter, 2022) en el análisis de Bitcoin se basa en una relación técnicamente fundamentada entre la escasez de un activo y su potencial para actuar como una reserva de valor. Plan B justifica el uso de esta métrica en Bitcoin debido a su emisión controlada y predecible, especialmente tras eventos de halving, que reducen a la mitad la recompensa de minado y, por lo tanto, disminuyen el flujo (nueva oferta) de Bitcoin en el mercado (Neureuter, 2022).

La aplicación del modelo Stock-to-Flow (SF) de Plan B al análisis de Bitcoin se basa en una relación técnicamente fundamentada entre la escasez de un activo y su potencial para actuar como una reserva de valor. La teoría subyacente en el modelo SF establece que activos con alta escasez relativa, como el oro y Bitcoin, tienden a preservar su valor en el tiempo, ya que la oferta es limitada frente a una demanda sostenida.

En este contexto, el modelo SF ha sido útil para apoyar la narrativa de que Bitcoin, al igual que otros activos escasos, puede considerarse una reserva de valor adecuada. El modelo matemáticamente vincula el ratio de Stock-to-Flow (existencia acumulada frente a nueva oferta anual) con el precio proyectado, lo cual es relevante, ya que muestra que el valor de Bitcoin tiende a incrementarse tras cada halving, en paralelo a su creciente escasez.

Sin embargo, es importante señalar que, aunque el modelo SF plantea una relación sólida entre escasez y reserva de valor, existen limitaciones. La demanda de Bitcoin, impulsada por factores externos como la aceptación institucional, las regulaciones y el contexto económico global, influye significativamente en su precio y estabilidad. Aun así, el modelo SF sigue siendo valioso para explicar cómo la política de emisión restringida de Bitcoin y su reducción periódica de la oferta refuerzan sus características de reserva de valor, proporcionando un marco técnico para entender su comportamiento de precios en un contexto de escasez predecible.

5. DATOS Y RESULTADOS

En este apartado, en la pregunta de investigación 1 se describirán los resultados obtenidos de los diversos modelos de valoración de Bitcoin empleados en el mercado cripto, para ello se han tomado los datos necesarios del día 17 de junio de 2024 para poder llevar a cabo los cálculos de las variables que intervienen en los diversos métodos de valoración planteados en este paper. Los datos son de libre acceso y han sido tomados de diversas plataformas de reconocido prestigio en el ámbito del criptomercado, como son coinmarketcap.com, blockchain.com y coinmetrics.io. Posteriormente, en la pregunta de investigación 2 haremos especial hincapié en las posibles aportaciones que ofrezca el empleo del coeficiente de correlación de Pearson. En la pregunta de investigación 3 consideraremos el empleo del modelo Stock to Flow para la consideración de la funcionalidad reserva de valor en Bitcoin.

Pregunta de investigación 1.

A continuación, procedemos a exponer los resultados obtenidos en los distintos métodos de valoración aplicados a Bitcoin:

Valoración de Bitcoin ajustado al mercado del oro

Para abordar los cálculos en este modelo, según los últimos datos del World Gold Council (2023), las mejores estimaciones disponibles actualmente sugieren que a lo largo de la historia se han extraído alrededor de 212.582 toneladas de oro. Si el precio al contado del oro el 17/06/2024, se situaba en 2.319,73\$/onza troy, una tonelada de oro equivaldría aproximadamente a 32.150,72 onzas troy de oro. Lo que nos lleva a una capitalización del mercado de oro, según la fecha indicada, de 15.854.575.953.595,86\$.

Aplicando la fórmula, la siguiente tabla nos indica el valor de Bitcoin, ajustado al mercado del oro, según los datos anteriormente facilitados y con niveles de penetración estimados del 25%, 50%, 75% y 100%.

Tabla 1. Valor de Bitcoin ajustado al mercado del oro.

	Valor en \$	Nivel de penetración			
		25 %	50 %	75 %	100 %
Valor de Bitcoin según Nivel de penetración		188.744,95	377.489,90	566.234,86	754.979,81
Capitalización mercado del Oro (\$)		15.854.575.953.595,80			
Suministro de Bitcoin totalmente diluido (BTC)		21.000.000,00			

Fuente: Propia, gold.org y coinmarketcap.com

Según el cuadro, el valor de Bitcoin podría estar entre *188.744,95 \$* y *un máximo de 754.979,81 \$*, para ello sería imprescindible que se asegurara un nivel de penetración mínimo del 25 % del mercado mundial del oro.

Modelo Stock-to-Flow aplicado a Bitcoin

Según los defensores de este modelo, existe una relación estadísticamente significativa entre Stock to Flow y el valor de mercado. Según las proyecciones del modelo, el precio de Bitcoin debería ver un aumento significativo a lo largo del tiempo debido a la continua reducción de la relación de Stock to flow (Plan B, 2019).

Stock to Flow es un modelo que nos permite calcular la abundancia de un recurso en particular midiendo la escasez de tal recurso empleado como refugio de valor. Este no solo mide la cantidad total del stock, sino también la variación que sufre el suministro en el tiempo, lo que se conoce como flow.

El modelo planteado por Plan B (2019) se centra en calcular el ratio SF mensual para Bitcoin, valorado este desde diciembre de 2009 hasta febrero de 2019. El primer mapa de dispersión del ratio SF respecto al mercado mostraba que era mejor usar escalas logarítmicas porque el valor de mercado se extiende en 8 órdenes de magnitud (desde 10.000 dólares hasta 100.000 millones de dólares). Esta escala revelaba una notable relación lineal entre Ln (SF) y Ln (valor de mercado). Para ello se emplearon logaritmos neperianos en lugar de logaritmos en base 10. La línea de regresión de los datos confirmaba una relación estadística significativa entre el ratio SF y el valor de mercado (95 % R²). La probabilidad de que la relación entre el ratio SF y el valor de mercado sea casualidad es cercana a 0. Dicho todo esto, el factor dominante parece ser la escasez, el ratio SF.

El modelo Stock to Flow también contempla la existencia de una relación con una ley potencial. La función de la regresión lineal se presenta como: $\text{Ln}(\text{valor de mercado}) = 3,3 \cdot \text{Ln}(\text{SF}) + 14,6$. Lo que se puede escribir como una función de la ley potencial:

$$\text{Valor de mercado} = \exp(14,6) \cdot \text{SF}^{3,3} = \exp(14,6) \cdot (59,94)^{3,3} = 1.611.256.466.000 \$$$

$$\text{Valor de mercado por BTC} = 1.611.256.466.000 \$ / 19.713.726 \text{ BTC} = 81.732,72 \$.$$

Por otra parte, encontramos críticas en el modelo Stock-to-Flow (SF) de Plan B por su uso de la ley de potencia para relacionar el valor de mercado de Bitcoin con su escasez. Aunque algunos sistemas naturales siguen esta ley, su aplicabilidad al precio de Bitcoin es cuestionable debido a la falta de evidencia empírica sólida y a la posibilidad de que el modelo esté sobreajustado a los datos históricos, lo que da una falsa sensación de linealidad en el espacio logarítmico.

Hay que mencionar que el modelo SF ha sido ampliamente divulgado y seguido, lo cual podría generar un fenómeno de “profecía autocumplida”, lo que podría conducir a sobrevaloraciones de Bitcoin, alimentando burbujas y aumentando la volatilidad del activo.

La teoría cuantitativa del dinero ajustada a Bitcoin. Modelo de la Ecuación de Intercambio de Burniske

Este método supone que las criptomonedas cumplen con las funcionalidades propias que tiene el dinero fiat: unidad de cuenta, medio de intercambio y unidad de cuenta. Entonces, por definición, cada cryptoactivo sirve como moneda en la economía de protocolo que soporta. Dado que la ecuación de intercambio se utiliza para comprender el flujo de dinero necesario para respaldar una economía, se convierte en la piedra angular de las valoraciones de los cryptoactivos.

El 17 de junio de 2024, según los datos facilitados por coinmarketcap.com, el número de Bitcoins emitidos fue de 19.713.726 que cotizaban ese día a un tipo de cambio de a 1 Bitcoin = 66.490,29 \$, por lo que *M* tenía un valor de 1.310.771.358.720,54 \$.

A continuación, representamos en la tabla 2 el volumen diario de transacciones en Bitcoin, cuyos datos son facilitados por blockchain.com. Para ello consideraremos los períodos comprendidos entre el 17 de mayo de 2024 y el 17 de junio del 2024, ambos incluidos.

Como podemos observar en la citada tabla, el volumen diario promedio de transacciones de Bitcoin sería de 6.712.930.870,49 \$. El valor anual lo obtendríamos multiplicando tal cantidad por 365 días que tiene un año, es decir: 2.450.219.767.728,85 \$. Esta cantidad equivaldría a *P*Q* o lo que es lo mismo al PIB de Bitcoin, atendiendo a los datos empleados.

Tabla 2. Valor estimado de las transacciones diarias de Bitcoin en dólares estadounidenses.

Valor estimado de las transacciones de Bitcoin en USD\$	
17/05/2024	\$7.835.288.947,48
18/05/2024	\$2.349.266.373,13
19/05/2024	\$3.000.326.237,63
20/05/2024	\$7.022.731.812,54
21/05/2024	\$11.045.188.897,64
22/05/2024	\$8.214.273.488,20
23/05/2024	\$9.092.947.802,68
24/05/2024	\$8.162.826.585,54
25/05/2024	\$2.016.644.986,32
26/05/2024	\$3.376.577.962,08
27/05/2024	\$3.759.980.652,35
28/05/2024	\$25.126.148.317,41
29/05/2024	\$6.388.638.321,05
30/05/2024	\$8.488.992.412,00
31/05/2024	\$9.197.804.710,42

01/06/2024	\$2.035.171.781,51
02/06/2024	\$1.639.206.773,64
03/06/2024	\$10.231.630.580,22
04/06/2024	\$8.099.405.366,31
05/06/2024	\$9.970.731.483,52
06/06/2024	\$7.566.456.857,30
07/06/2024	\$9.046.106.615,58
08/06/2024	\$3.010.368.337,86
09/06/2024	\$1.356.745.169,94
10/06/2024	\$7.071.634.843,43
11/06/2024	\$8.300.820.379,97
12/06/2024	\$7.943.241.570,38
13/06/2024	\$5.447.481.273,68
14/06/2024	\$7.752.072.910,63
15/06/2024	\$2.182.888.818,59
16/06/2024	\$1.577.243.596,91
17/06/2024	\$6.504.943.989,83
Promedio:	\$6.712.930.870,49

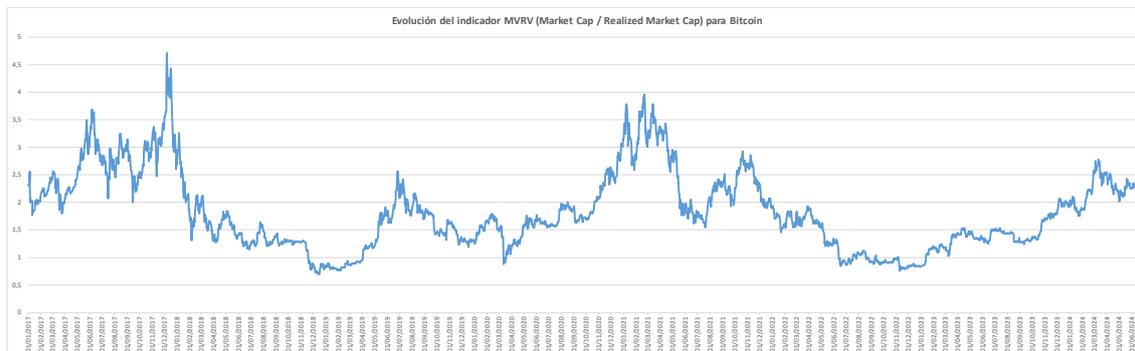
Fuente: Propia y <https://www.blockchain.com/es/explorer/charts/estimated-transaction-volume-usd>

Según estos datos, la velocidad diaria estimada por el mercado sería de 0,00512135913394174. Si consideramos 365 días de mercado al año, supone una velocidad (V) en términos anuales de 1,86929608388873 veces que Bitcoin cambia de manos. Estos datos implican que la estimación del mercado, si el volumen medio de transacciones se mantiene en valores parecidos, un Bitcoin cambiaría una vez cada 0,53 años, dato que se obtendría de la siguiente forma: $1/1,86929608388873$.

Recordemos que una mayor velocidad sugiere una mayor actividad transaccional, mientras que una menor velocidad puede indicar una mayor tendencia a conservar Bitcoin como reserva de valor.

A continuación, nos fijamos en los datos históricos facilitados por la FED de St. Louis de EE.UU., donde la Velocidad del Stock Monetario M1, de razón trimestral y ajustado por estacionalidad es la siguiente.

Gráfico 1. Velocidad del Stock Monetario M1; razón trimestral y ajustado por estacionalidad.



Fuente: Propia y <https://fred.stlouisfed.org/series/M1V>

Si comparamos el dato obtenido de la velocidad de Bitcoin con los datos históricos del gráfico de arriba vemos que tal velocidad de circulación de Bitcoin no es comparativamente alta y esto puede darnos indicios de que muchos propietarios de esta principal criptomoneda la podrían utilizar como inversión y reserva de valor por sus funcionalidades únicas de trazabilidad, veracidad, incorruptibilidad, descentralización, inconfiscabilidad y sobre todo porque podrían llegar a considerarla como *oro digital* y una futura inversión refugio debido a sus cualidades matemáticas deflacionarias. Todo esto contribuye a aumentar su valor a través de la reducción de la velocidad de circulación. Además, el papel de los *hodlers* sería muy importante, ya que su existencia y capacidad financiera contribuyen a reducir la velocidad de circulación, al acaparar Bitcoins disminuyendo las posibilidades de transmisión de los mismos.

Concretamente, el 01/01/2024 el dato de la velocidad del stock monetario M1 en Estados Unidos fue de 1,572, cuando la velocidad de Bitcoin indicada anteriormente fue de 1,86929608388873.

Si comparamos el dato obtenido de la velocidad de Bitcoin con los datos históricos del gráfico 1 de arriba vemos que tal velocidad de circulación de Bitcoin no es comparativamente alta y esto puede darnos indicios de que muchos propietarios de esta principal criptomoneda la podrían utilizar como reserva de valor.

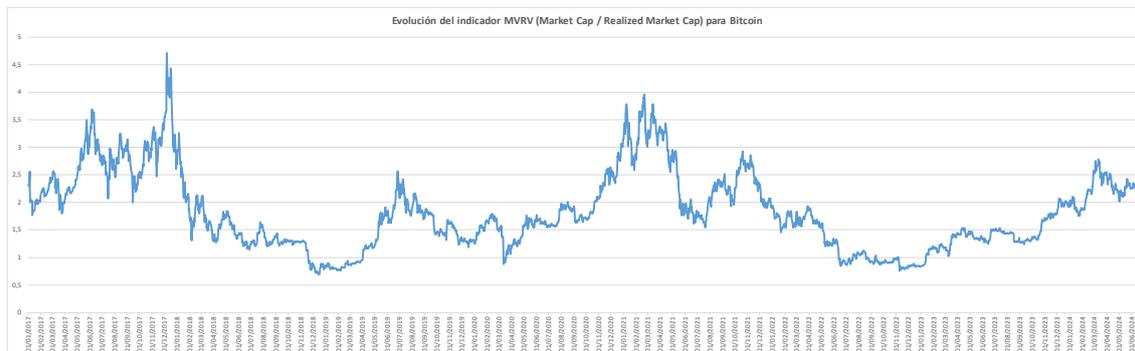
Aunque el modelo de valoración basado en la teoría cuantitativa del dinero ajustada a Bitcoin ofrece una perspectiva interesante, tiene varias limitaciones y desafíos. La volatilidad del precio, la dificultad para medir la velocidad del dinero, las transacciones no económicas, el comportamiento especulativo y otros factores pueden distorsionar los resultados y reducir la efectividad del modelo. Por lo tanto, es esencial usar este modelo en combinación con otros indicadores y análisis para obtener una valoración más completa y precisa de Bitcoin.

Market-Value-to-Realized-Value (Ratio MVRV)

Como decíamos anteriormente, los umbrales históricos de la métrica MVRV son:

- Sobrevaloración: Un MVRV mayor a 3.7 indica una sobrevaloración del precio de Bitcoin.
- Subvaloración: Un MVRV igual o menor a 1 indica una subvaloración, sugiriendo un buen momento para acumular Bitcoin.

Gráfico 2. Evolución ratio MVRV de Bitcoin.



Fuente: Propia y Coinmetrics.io

En el gráfico 2 se registra la evolución de la métrica MVRV desde el 1 enero de 2017 al 17 de junio de 2024. El valor que obtenemos de este ratio, el citado 17 de junio de 2024, es de 2,176, lo que indicaría que el precio de Bitcoin no estaría ni sobrevalorado ni infravalorado. Los datos utilizados se han obtenido de Coinmetrics.io.

Por otra parte, a medida que el mercado de Bitcoin madure, las fases de euforia y pánico pueden volverse menos extremas, lo que podría afectar la efectividad de los umbrales históricos de MVRV.

En relación al entorno actual y el futuro de este indicador, hay que considerar tanto las tendencias actuales como los umbrales futuros:

- Tendencias actuales: Se espera que el valor de mercado caiga por debajo del valor realizado, lo que indicaría un período de acumulación.
- Umbrales futuros: La disminución en la volatilidad del mercado podría afectar la fiabilidad del umbral superior de MVRV, pero el umbral inferior seguirá siendo útil para detectar subvaloración.

Por otra parte, la métrica MVRV no puede predecir eventos externos como regulaciones gubernamentales, hackeos de exchanges o cambios tecnológicos que pueden impactar significativamente en el precio de Bitcoin.

Finalmente, consideramos que este indicador proporciona una perspectiva a largo plazo de los ciclos del mercado de Bitcoin, pero también recalcamos que hay que ser prudente en su empleo, siendo recomendable que se utilice conjuntamente con otras herramientas de análisis fundamental y técnico.

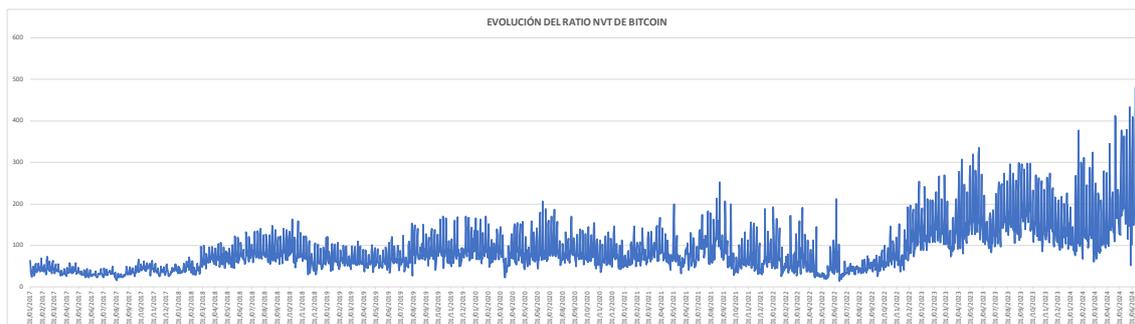
Network Value to Transaction Ratio (NVT)

Como señalábamos con anterioridad, estos son los niveles de referencia de este indicador:

- NVT Ratio Alto (Sobrevaloración): Un NVT Ratio superior a 150-200 puede indicar sobrevaloración. Ante esto, la actuación recomendable sería evaluar la posibilidad de reducir posiciones o evitar nuevas inversiones hasta que el ratio se normalice.
- NVT Ratio Moderado (Valoración Neutral): Un NVT Ratio en el rango de 50-150 es considerado neutral. En esta situación es recomendable mantener las posiciones actuales y monitorizar el ratio para detectar cualquier cambio significativo.
- NVT Ratio Bajo (Infravaloración): Un NVT Ratio inferior a 50 puede indicar infravaloración. La acción recomendada sería considerar la acumulación de Bitcoin, ya que estos niveles pueden sugerir que el precio es atractivo en comparación con la actividad transaccional.

Como decíamos, un NVT Ratio alto puede indicar un valor especulativo elevado, similar a las etapas de alto crecimiento en las nuevas empresas tecnológicas. Con el empleo de esta métrica se puede detectar la diferencia entre consolidación y burbujas. Si el ratio se mantiene dentro de un rango normal, no se está en territorio de burbuja. Si sube por encima del rango normal, es una señal de que la actividad transaccional no está sosteniendo la nueva valoración y se puede esperar una corrección de precios.

Gráfico 3. Evolución ratio NVT de Bitcoin.



Fuente: Propia y Coinmetrics.io

En el gráfico 3 se registra la evolución del ratio NVT desde el 1 enero de 2017 al 17 de junio de 2024. El valor que obtenemos de esta métrica el citado 17 de junio de 2024 es de 184,46, lo que podría indicar sobrevaloración. Ante esto, lo prudente sería evaluar la posibilidad de reducir posiciones o evitar nuevas inversiones hasta que el ratio se normalice.

Los datos empleados han sido facilitados por Coinmetrics.io. Cabe decir que esta métrica técnicamente es una expresión de la velocidad monetaria inversa.

Aunque NVT es una métrica interesante para valorar Bitcoin, también tiene algunas limitaciones como en períodos de alta volatilidad, donde el indicador puede producir señales engañosas sobre la valoración real de Bitcoin. Este indicador tampoco tiene en cuenta el contexto macroeconómico y otros factores externos que pueden afectar el precio de Bitcoin, como eventos políticos, económicos o regulatorios.

Valoración basada en la Ley de Metcalfe para redes

Metcalfe (1995, 2006, 2013) exponía que el valor de una red de telecomunicaciones aumenta proporcionalmente al cuadrado del número de usuarios del sistema (n^2). Esta ley explica muchos de los efectos de red de las tecnologías e Internet. Aplicándose no solo a las telecomunicaciones, sino también a casi cualquier sistema que intercambie información, como son: los teléfonos, los aparatos de fax, los sistemas operativos, las aplicaciones de software y las redes sociales.

En el caso de su empleo para valorar la red de Bitcoin, “n” serían las direcciones activas diarias (Daily Active Addresses o DAA), cuyo valor se elevaría al cuadrado para obtener la valoración de la principal criptomoneda.

$$V(\text{Metcalfe}) = 724.644^2 = 525.108.926.736 \$,$$

Para la formulación del índice Metcalfe (MET) hemos considerado el período comprendido entre el 20 de junio de 2023 al 17 de junio de 2024, según los datos facilitados por Coinmetrics.io. En el gráfico 4 han quedado representados el valor al cuadrado de los Daily Active Addresses y la capitalización de mercado de Bitcoin, en los períodos considerados.

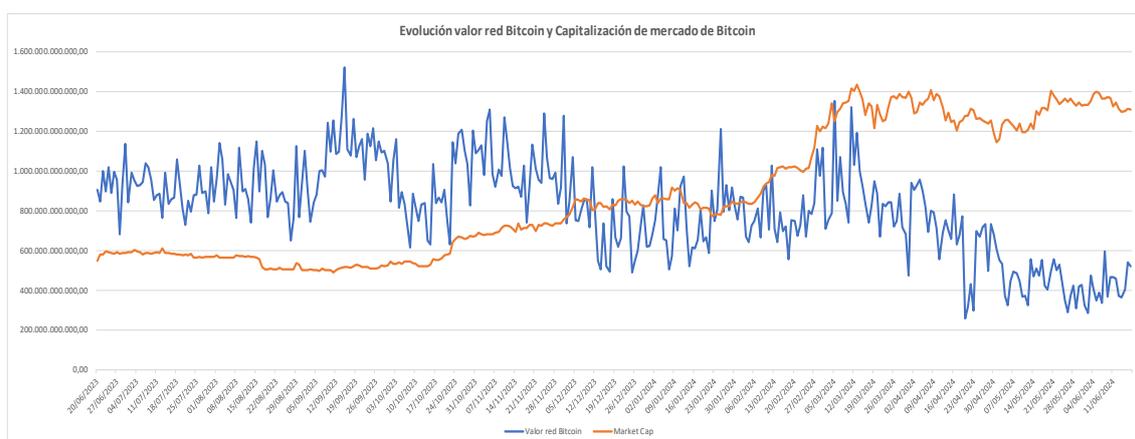
Concretamente el día 17 de junio de 2024, el valor de la Red Bitcoin, obtenida mediante el cuadro de la métrica Daily Active Addresses al cuadrado (DAA)², fue de 525.108.926.736 \$, cuando la capitalización de Bitcoin ese mismo día fue de 1.310.771.374.540,33 \$.

Si aplicáramos la fórmula obtendríamos los siguientes resultados:

$$MET = 1.310.771.374.540,33 / 525.108.926.736 = 2,5$$

Los datos necesarios para poder realizar los cálculos han sido facilitados por Coinmarketcap y Coinmetrics.io.

Gráfico 4. Evolución valor red Bitcoin Vs Market Cap. de Bitcoin.



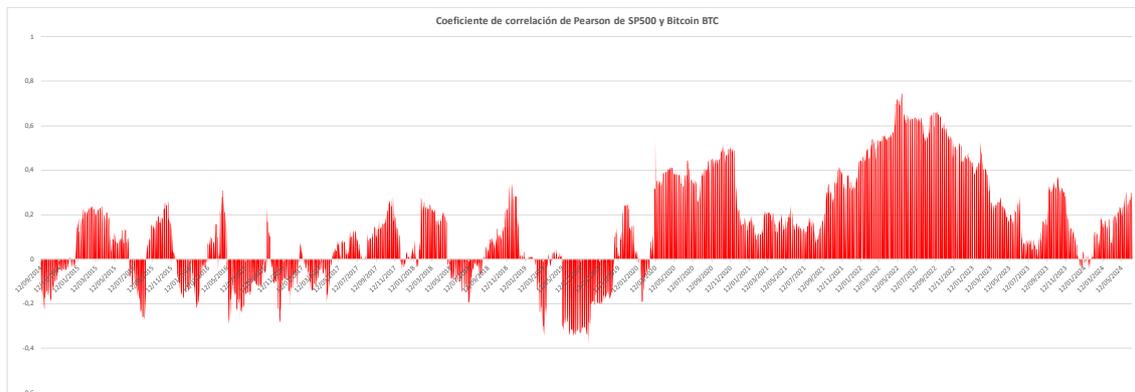
Fuente: Propia, Coinmarketcap y Coinmetrics.io.

También podemos encontrar que el Modelo de Valoración de la red Bitcoin por Metcalfe podría considerarse una simplificación excesiva, ya que no tiene en cuenta factores externos como la regulación, la adopción institucional, la percepción pública, y otros elementos que también afectan el valor de Bitcoin.

Pregunta de investigación 2.

Centrándonos en nuestro estudio hemos considerado los datos facilitados por la plataforma Coinmetrics.io desde el 12 de septiembre de 2014 hasta el 17 de junio de 2024, tanto del índice S&P500 como del precio de Bitcoin, concretados en el gráfico 5. Donde mayor fue la correlación entre Bitcoin y el índice S&p500 fue a finales de mayo de 2022, con un valor máximo de la serie de 0,74 (una correlación fuerte), el día 25 de mayo de 2022. Ya, en junio de 2024 el coeficiente de correlación de Pearson osciló entre un 0,23 y un 0,3, siendo el valor de r , el 17 de junio de 2024, de 0,3045, lo que demuestra una correlación débil como lo demuestra la media de los datos de coeficiente de correlación de Pearson de la serie empleada.

Gráfico 5. Evolución del coeficiente de correlación de Pearson del índice S&P500 y Bitcoin.



Fuente: Coinmetrics.io y Propia.

También encontramos limitaciones al coeficiente de correlación de Pearson en el análisis de la relación entre el S&P 500 y el precio de Bitcoin. Señalamos que Pearson solo mide relaciones lineales, lo que podría subestimar interdependencias no lineales (cuadráticas o cúbicas) dada la alta volatilidad, patrones especulativos y factores únicos que afectan a Bitcoin. Además, su sensibilidad a valores extremos podría sesgar resultados en presencia de choques abruptos, dificultando el análisis a largo plazo. También podríamos encontrarnos correlaciones espurias, atribuidas a factores exógenos como políticas monetarias o tensiones geopolíticas, que podrían falsear la interdependencia entre ambos activos. La mayor volatilidad estructural de Bitcoin frente al S&P 500 podría generar correlaciones engañosas. Entendemos que métodos alternativos como GARCH, Spearman o análisis de cointegración podrían capturar mejor estas dinámicas.

Por otra parte, según Fidelity Digital Assets (2024b), activos alternativos como Bitcoin podrían aumentar la diversificación porque están correlacionados de manera imperfecta. Están impulsados por diferentes factores de riesgo y rentabilidad en relación con las inversiones tradicionales, lo que podría ofrecer protección contra caídas cuando los activos tradicionales caen. Los resultados de las investigaciones desarrolladas por esta entidad consideran que la correlación de Bitcoin con otras clases de activos importantes, como acciones, renta fija y otros activos reales, puede ser relativamente baja, y oscilar entre un coeficiente de correlación mínimo de 0,14 y un coeficiente de correlación máximo de 0,52 para los datos comprendidos entre el uno de junio de 2020 y el 31 de mayo de 2024. Esta entidad consideró que en el análisis de Bitcoin era importante utilizar incrementos de cuatro años, debido al halving. Inclusive, cuando ampliaron el estudio a los ocho años anteriores, las correlaciones eran aún menores.

Como hemos recogido en este trabajo existe un importante debate, entre autores y entidades, sobre la idoneidad de Bitcoin para ser empleado en una diversificación de carteras. Para algunos autores, Bitcoin es una inversión que podría ser adecuada para su inclusión en una diversificación de carteras, sobre todo por la creciente adopción institucional que se está produciendo en el mercado.

Es importante también destacar que Bitcoin también presenta riesgos y desafíos en la gestión de carteras de inversión. Su volatilidad puede ser significativa, lo que puede afectar el valor de una cartera en cortos periodos de tiempo. Además, como una clase de activo relativamente nuevo, hay incertidumbre en torno a su regulación y aceptación a largo plazo.

Pregunta de investigación 3.

En el artículo de Plan B (2019), el oro tenía un ratio SF de 62, es decir, se deberían estar 62 años produciendo oro al ritmo actual de la fecha de tal artículo para llegar a tener el nivel de reservas actual en esa fecha. La plata era la segunda, con un ratio de 22. Estos números eran considerados altos, y es lo que les daba a estos metales preciosos su valor y por tanto condición de valores monetarios.

Por el contrario, el paladio y el platino tenían un ratio entorno a 1, lo que significaba que las reservas actuales, en la fecha del artículo, eran iguales o menores que la producción anual. Era prácticamente imposible que estos últimos tuvieran un ratio mayor porque al mínimo interés en esas materias primas que hiciera que su precio subiera, su producción también subiría, debido a su oferta elástica. Y, tan pronto como los precios cayeran, la producción también caería.

Si nos basamos en los datos del oro a 17 de junio de 2024, según la web especializada gold.org, encontramos un stock de 212.582 tn y un minado en torno a 2.600 tn al año, según la web especializada oro.bullionvault.es. Luego obtenemos *un ratio 81,76 SF en el oro*.

Respecto a Bitcoin, según coinmarketcap.com, el 17/06/2024 se habían producido 19.713.726 *Bitcoins*, donde técnicamente se podrían minar hasta 900 bitcoins cada día, lo que equivalía a 328.500 *Bitcoins anuales*. Estos datos nos daban un ratio SF de 60,01. Este dato nos dice que Bitcoin juega en la liga del oro en lo que respecta a su ratio reservas/producción.

En este contexto, el modelo SF ha sido útil para apoyar la narrativa de que Bitcoin, al igual que otros activos escasos, para poder considerar a esta criptomoneda una adecuada reserva de valor. Este método vincula matemáticamente el ratio de Stock-to-Flow con el precio proyectado, lo cual es relevante, ya que muestra que el valor de Bitcoin tiende a incrementarse tras cada halving, en paralelo a su creciente escasez. Esto ofrece una base técnica para su funcionalidad como reserva de valor, pues establece una conexión entre la menor disponibilidad y el potencial incremento de precio, respaldada históricamente por un patrón en la apreciación de Bitcoin.

Sin embargo, es importante señalar que, aunque el modelo SF plantea una relación sólida entre escasez y reserva de valor, existen limitaciones. La demanda de Bitcoin, impulsada por factores externos como la aceptación institucional, las regulaciones y el contexto económico global, influye significativamente en su precio y estabilidad. Aun así, el modelo SF sigue siendo útil para explicar cómo la política de emisión restringida de Bitcoin y su reducción periódica de la oferta refuerzan sus características de reserva de valor, proporcionando un marco técnico para entender su comportamiento de precios en un contexto de escasez predecible.

Según Fidelity Digital Assets (2024 a), uno de los argumentos más comunes contra Bitcoin como reserva de valor en la actualidad es su volatilidad. Para esta misma entidad, con el paso del tiempo, estiman que la volatilidad de Bitcoin disminuirá debido a: el aumento de la demanda, la creciente actividad institucional y el desarrollo de productos de inversión relacionados con Bitcoin. Además, si bien los cambios regulatorios pueden conducir a una mayor intervención, también contribuirán a una menor volatilidad.

Inclusive, Fidelity Digital Assets (2024a) también recogió en su análisis de Bitcoin como reserva de valor, la decisión de la entidad financiera internacional Tudor Investment Corporation, de asignar Bitcoins en el fondo Tudor BVI, lo que indicaba cierto interés institucional en las propiedades de reserva de valor de esta criptomoneda.

Lo cierto es que para que haya garantías de que Bitcoin tenga éxito como una reserva de valor es fundamental que consiga una demanda sostenible en el largo plazo.

6. CONCLUSIONES

Este estudio ha profundizado en la valoración de Bitcoin como una inversión financiera única, destacando su conexión con la liquidez global, su función en la diversificación de carteras y su potencial como reserva de valor. Los resultados obtenidos al aplicar diferentes modelos de valoración reflejan disparidades significativas, pero ofrecen una visión integral de su posicionamiento en el mercado. Por ejemplo, la valoración de Bitcoin según Metcalfe se estimó en 525.108.926.736 dólares, mientras que el modelo Stock-to-Flow lo situó en 1.611.256.466.000 dólares, y la ecuación de intercambio de Burniske arrojó un valor de 2.450.219.767.728,85 dólares. Al considerar su comparación con el oro, con un nivel de penetración del 25%, la valoración ascendió a 3.963.643.988.398,95 dólares. Atendiendo a estos resultados la media estimada as-

cedió a 2.137.557.287.215,95 dólares. En contraste, según la plataforma de referencia coinmarketcap.com, la capitalización de mercado de Bitcoin el 20 de noviembre de 2024, alcanzó los 1.866.427.425.876 dólares estadounidenses. Factores como la victoria presidencial de Donald Trump han impactado positivamente en el precio de esta criptomoneda, según la opinión de un importante número de analistas de mercado.

Bitcoin ha demostrado una alta sensibilidad a las políticas monetarias globales, como se evidencia en su correlación con la oferta monetaria (M2). En contextos de expansión monetaria, su precio tiende a subir al actuar como posible refugio frente a la inflación, mientras que en periodos de contracción sufre depreciaciones. Además, su dualidad como activo monetario y tecnológico lo convierte en un instrumento complejo, donde la volatilidad puede ser un obstáculo para la diversificación de carteras, pero su independencia de pasivos externos y su oferta limitada lo consolidan como una alternativa prometidora frente a las monedas fiat a futuro.

El presente trabajo aporta una contribución relevante al comparar múltiples modelos de valoración, revelando tanto su potencial como las limitaciones inherentes de cada enfoque. Por ejemplo, mientras que el modelo Stock-to-Flow destaca la escasez como un factor clave, su sensibilidad a eventos como el halving limita su aplicabilidad. Indicadores como el MVRV y el NVT también presentan restricciones al no considerar factores macroeconómicos o regulatorios, lo que refuerza la necesidad de utilizar múltiples métricas complementarias para evaluar con precisión el valor de Bitcoin.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos subrayan la creciente relevancia de Bitcoin como inversión financiera. Los avances regulatorios, como la posible creación de una reserva estratégica de Bitcoin en Estados Unidos, y el creciente interés institucional ofrecen una base para que su volatilidad disminuya con el tiempo, aumentando su adopción y consolidando su papel como reserva de valor; además de hacerlo más atractivo como medio para diversificar carteras, siempre que su volatilidad vaya descendiendo, con el paso tiempo. Este estudio enfatiza la importancia de investigaciones futuras que integren métricas dinámicas y enfoques multifactoriales para abordar los desafíos de valoración.

En conclusión, Bitcoin sigue siendo un activo en evolución que combina su naturaleza digital con dinámicas económicas globales. Sus características únicas y la creciente atención por parte de inversores y reguladores lo posicionan como un elemento a considerar seriamente en el sistema financiero global.

Este artículo espera servir como un punto de partida para investigaciones futuras que permitan desarrollar metodologías más robustas que permitan una valoración más precisa y uniforme de Bitcoin, mitigando la disparidad en los resultados observada al aplicar diferentes enfoques. Por otro lado, el enfoque adoptado para analizar la diversificación de carteras y la función de reserva de valor está circunscrito a modelos teóricos que podrían no reflejar plenamente el comportamiento real de los inversores.

Asimismo, sería relevante explorar cómo los avances en regulación podrían reducir la incertidumbre asociada a este activo y mejorar su percepción como reserva de valor y herramienta para la diversificación de carteras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alabi, K. (2017). Digital blockchain networks appear to be following Metcalfe's Law; *Electronic Commerce Research and Applications*; Volume 24; julio-agosto; pags. 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2017.06.003>.
- Bakhtiar, T., Luo, X., y Adelopo, I. (2023). Network effects and store-of-value features in the cryptocurrency market; *Technology in Society*; 74; 102320. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102320>.
- Baur, D. G., y Dimpfl, T. (2021). The volatility of Bitcoin and its role as a medium of exchange and a store of value; *Empirical Economics*; 61(5); pags. 2663-2683. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01990-5>.

- Burniske, C. (2017). Cryptoasset Valuations; *Medium Article*. Disponible en: <https://medium.com/@cburniske/cryptoasset-valuations-ac83479ffca7>
- Chan, W. H., Le, M., y Wu, Y. W. (2019). Holding Bitcoin longer: The dynamic hedging abilities of Bitcoin; *The Quarterly Review of Economics and Finance*; 71; pags. 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2018.07.004>.
- Dyhrberg, A.H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar—A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 2016, vol. 16, p. 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.008>
- Fernández, P. L. y López, P. L. (2020). ¿Cómo valorar los denominados criptoactivos? *Cuadernos de Información Económica*, N° 277, p. 71-80. <https://www.funcas.es/articulos/como-valorar-los-denominados-criptoactivos/>
- Fidelity Digital Assets (2024a). Bitcoin as an Aspirational Store of Value Revisited; *Fidelity Digital Assets*; Research Study; Febrero; 20.
- Fidelity Digital Assets (2024b). Bitcoin’s evolving role as an alternative investment. Understanding where Bitcoin can fit a portfolio; *Fidelity Digital Assets*; Research Study; Octubre.
- Fisher, I. (1912). *The Purchasing Power of money: its determination and relation to credit interest and crises*; Macmillan Company; 1912.
- Gray, D. (2023). *Bitcoin. Keeping Proof of Work Decentralized*; *Fidelity Digital Assets*; Research Study; Marzo; 30.
- Guesmi, K., Saadi, S., Abid, I., y Ftiti, Z. (2019). Portfolio diversification with virtual currency: Evidence from bitcoin; *International Review of Financial Analysis*; 63; pags. 431-437. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.03.004>.
- Hughes, A., Park, A., Kietzmann, J., & Archer-Brown, C. (2019). Beyond Bitcoin: What blockchain and distributed ledger technologies mean for firms; *Business Horizons*; 62(3); pags. 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.002>.
- Janson, N., y Karoubi, B. (2021). The Bitcoin: to be or not to be a Real Currency?; *The Quarterly Review of Economics and Finance*; 82; pags. 312-319. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2021.09.005>.
- Kristoufek, L. (2023). Will Bitcoin ever become less volatile?; *Finance Research Letters*; 51; 103353. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103353>
- Kubát, M. (2015). Virtual currency bitcoin in the scope of money definition and store of value; *Procedia Economics and Finance*; 30; pags.409-416. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01308-8](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01308-8).
- Kuiper, C. y Hogan. M. (2023). Understanding Proof-of-Work; *Fidelity Digital Assets*; Research Study; Noviembre.
- Li, J. P., Naqvi, B., Rizvi, S. K. A., y Chang, H. L. (2021). Bitcoin: The biggest financial innovation of fourth industrial revolution and a portfolio’s efficiency booster; *Technological Forecasting and Social Change*; 162; 120383. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120383>.
- Mahmudov, M. and Puell, D. (2028). Bitcoin Market-Value-to-Realized-Value (MVRV) Ratio. Introducing Realized Cap to BTC Market Cycle Analysis; *Medium*. Disponible en: <https://medium.com/@kenoshaking/bitcoin-market-value-to-realized-value-mvrv-ratio-3ebc914dbaee>.
- Metcalfe B. (1995). *Metcalfe’s Law. A network becomes more valuable as it reaches more users*; *Infoworld*; Octubre 2.
- Metcalfe, B. (2006). Guest Blogger Bob Metcalfe: Metcalfe’s Law Recurses Down the Long Tail of Social Networks; *VC Mike’s Blog*; Vol. 18; Agosto.
- Metcalfe, B. (2013). Metcalfe’s Law after 40 Years of Ethernet; *Computer*; Vol. 46; No. 12; pags. 26-31. DOI: 10.1109/MC.2013.374.
- Moreno, I.S. (2024). Bitcoin y tipos de interés; *Forbes*; España; Forbes Fund; Noviembre; 2024.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system; *Decentralized business review*. Disponible en: <https://bitcoin.org/bitcoin>
- Neureuter, J. (2022). Valuing Bitcoin. Modeling the price of bitcoin as a monetary asset through market forces; *Fidelity Digital Assets*; Research Study; Mayo, 30.
- Peterson, T. F. (2018). Metcalfe’s Law as a Model for Bitcoin’s Value; *Alternative Investment Analyst Review*; Q2 2018; Vol. 7; No. 2, pags. 9-18. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3078248>.

- Plan B (2019). Modeling Bitcoin Value with Scarcity. Disponible en: <https://medium.com/@100trillionUSD/modeling-bitcoins-value-with-scarcity-91fa0fc03e25>
- Sapra, N., Shaikh, I., y Dash, A. (2023). Impact of proof of work (PoW)-based blockchain applications on the environment: A systematic review and research agenda; *Journal of Risk and Financial Management*; 16(4); 218. <https://doi.org/10.3390/jrfm16040218>.
- Soni, U., y Preece, R. (2023). Valuation of Cryptoassets: A Guide for Investment Professionals (Executive Summary); CFA Institute Research and Policy Center; Noviembre.
- Valverde, S. C., y Fernández, F. R. (2018). Economía de los criptoactivos: mitos, realidades y oportunidades; *Cuadernos de Información económica*, (264), pags. 1-13.
- Vojtko, R., y Javorská, J. (2024). How Much Bitcoin Should We Allocate to the Portfolio. Disponible en SSRN 4752607. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4752607>.
- Vujičić, D., Jagodić, D., & Randić, S. (2018). Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: A brief overview; *2018 17th international symposium infoteh-jahorina (infoteh)*; pags; 1-6; IEEE, Marzo. DOI: 10.1109/INFOTEH.2018.8345547.
- Wei, W. C., y Yiu, B. (2018). An Equilibrium Crypto-Token Valuation Model. Disponible en: SSRN 3275062. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3275062>.
- Woo, W. (2017). Introducing NVT Ratio (Bitcoin's PE Ratio); Use it to Detect Bubbles. Disponible en: <https://woobull.com/introducing-nvt-ratio-bitcoins-pe-ratio-use-it-to-detect-bubbles/>