Efecto de la quiebra del Silicon Valley Bank en la volatilidad del mercado de criptomonedas y su posible papel como activo refugio en tiempos de incertidumbre

Effect of the bankruptcy of Silicon Valley Bank (SBV) on the volatility of the cryptocurrency market and its possible role as a safe-haven asset in times of uncertainty

Camilo Bohórquez Arango

Rubén Santiago Villegas Restrepo

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Administración Financiera

Asesor:

MSc. Juan Carlos Botero Ramírez

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE FINANZAS, ECONOMÍA Y GOBIERNO
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA
MEDELLÍN
2023

Agradecimientos

Ahora, una vez concluido el trabajo de grado, quisiera dar un breve agradecimiento. Gracias a mis papás por el apoyo incondicional que me han brindado durante estos años. También a mi hermano, quien me ha enseñado el valor de la consistencia y de la persistencia. Por último, a mi compañero y amigo Rubén, sin el cual este proyecto no hubiera podido ser posible.

Camilo Bohórquez

Quiero agradecer a mi padre, quien me enseñó la importancia del estudio y de superarnos cada vez más como personas. A mi madre, que siempre me ha apoyado de forma incondicional en todos los retos que he decidido asumir. A mis hermanos, que me motivan a ser cada vez mejor. A Liliana, por preocuparse siempre por mí, y a mis amigos por estar presentes. “El conocimiento más importante es saber valorar a las personas que nos rodean”.

Rubén Villegas

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo investigar el papel que ha tomado el mercado de las criptomonedas en los mercados financieros. Analiza el impacto que tuvo la quiebra del Silicon Valley Bank tanto en el mercado de las criptomonedas como en el mercado accionario, con el fin de poder determinar si las criptomonedas se pueden considerar como un activo refugio en momentos de incertidumbre. La metodología consistió en construir un índice de criptomonedas mediante una metodología de *back testing* y de ponderación por capitalización bursátil, para poder realizar la comparación con el mercado accionario. Posteriormente, se realizaron varias pruebas estadísticas para determinar si los datos recopilados se distribuían normalmente o si se autocorrelacionaban. Finalmente, mediante un análisis de ventanas de tiempo, se analizó el impacto que tuvo la quiebra del banco en ambos mercados, comparando las volatilidades y los retornos previos, durante y posteriores al día del incidente financiero.

Palabras clave: Activo refugio, criptomonedas, mercados financieros, riesgo sistemático, volatilidad de activos.

Abstract

The objective of this paper is to analyze the role that cryptocurrencies markets have been exerting on financial markets. Specifically, it analyzes the impact that the bankruptcy of Silicon Valley Bank had on both the cryptocurrency market and the stock market in order to determine whether cryptocurrencies can be considered a safe-haven asset in times of high uncertainty. The methodology consisted of building up a cryptocurrency index using a back-testing and weighting methodology by market capitalization, in order to make a comparison with the stock market. Subsequently, several statistical tests were performed to determine whether the collected data were normally distributed or autocorrelated. Finally, through a time window analysis, the impact that the bank's bankruptcy had on both markets was analyzed, comparing volatilities as well as returns prior to the day of the event, during the event and after it.

Key words: Asset volatility, cryptocurrency, financial markets, Safe-haven asset, systemic risk.

Contenido

Resumen **3**
Abstract **4**
Lista de figuras **6**
Lista de tablas **6**
Lista de ecuaciones **7**
1. Introducción **8**
2. Justificación **11**
3. Objetivo general **12**
3.1. Objetivos específicos 12
4. Marco teórico **13**
4.1. Criptomonedas 13
4.2. Crisis del 2008 14
4.2.1. La burbuja inmobiliaria 14
4.2.2. Titulización de las hipotecas 14
4.2.3. La falta de regulación 15
4.2.4. El apalancamiento excesivo 15
4.3. Quiebra del Silicon Valley Bank 16
4.4. Índices bursátiles 18
4.5. S&P 500 18
4.6. Índice VIX 18
4.7. Activos refugio 19
4.7.1. Liquidez 19
4.7.2. Baja volatilidad 19
4.7.3. Baja probabilidad de impago 19
5. Metodología **20**
5.1. Construcción del índice 20
5.2. Prueba de Jarque-Bera 22
5.3. Prueba de autocorrelación 24
5.4. Análisis por ventanas de tiempo 24
6. Resultados **27**
6.1. Índice de criptomonedas 27
6.2. Prueba de Jarque-Bera 28
6.3. Prueba de autocorrelación 28
6.4. Rendimientos 31
6.5. Análisis de ventanas de tiempo 32
7. Análisis de resultados **37**

8. Conclusiones y recomendaciones **40**
Referencias **42**

Lista de figuras

Gráfica 1. Capitalización bursátil del mercado de criptomonedas 8
Gráfica 2. Transacciones diarias del mercado de criptomonedas 9
Gráfica 3. Esquema de ventanas de tiempo 25
Gráfica 4. Índice propuesto del mercado de criptomonedas. 27
Gráfica 5. S&P Cryptocurrency Broad Digital Market Index (SPCBDM) 27
Gráfica 6. Coeficiente de autocorrelación *k=1*. 29
Gráfica 7. Coeficiente de autocorrelación *k*=30. 30
Gráfica 8. Coeficiente de autocorrelación *k*=60. 31
Gráfica 9. Rendimientos diarios antes, durante y después del evento 34
Gráfica 10. Rendimientos anuales antes, durante y después del evento 35
Gráfica 11. Volatilidad anual antes, durante y después del evento 35

Lista de tablas

Tabla 1. Rendimientos y desviación estándar del Bitcoin e índice S&P 500 11
Tabla 2. Resultados prueba de Jarque-Bera 28
Tabla 3. Resultados de la función de autocorrelación simple (FAS) *k=1* 28
Tabla 4. Resultados de la función de autocorrelación simple (FAS) *k=30* 29
Tabla 5. Resultados de la función de autocorrelación simple (FAS) *k=60* 30
Tabla 6. Resultados rendimiento y desviación estándar para índices y activos (1/2) 31
Tabla 7. Resultados rendimiento y desviación estándar para índices y activos (2/2) 31
Tabla 8. Matriz de correlaciones entre índices y activos 32
Tabla 9. Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días antes del evento (1/2) 32
Tabla 10. Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días antes del evento (2/2) 33
Tabla 11. Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días durante el evento (1/2) 33
Tabla 12. Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días durante el evento (2/2) 33
Tabla 13. Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días después del evento (1/2) 33
Tabla 14. Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días después del evento (2/2) 34
Tabla 15. Matriz de correlaciones entre índices y activos entre 30 días antes y después del evento 36

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Capitalización bursátil....22
Ecuación 2. Valor índice....22
Ecuación 3. Prueba de Jaque-Bera....23
Ecuación 4. Asimetría – (Jaque-Bera)....23
Ecuación 5. Curtosis – (Jaque-Bera)....23
Ecuación 6. Función Autocorrelación Simple (FAS)....24
Ecuación 7. Rendimiento continuo....25
Ecuación 8. Media muestral diaria....25
Ecuación 9. Media muestral anual....26
Ecuación 10. Desviación estándar diaria....26
Ecuación 11. Desviación estándar anual....26
Ecuación 12. Correlación....26

1. Introducción

El mercado de criptomonedas nació el 31 de agosto de 2008, cuando un autor denominado "Satoshi Nakamoto" ofreció por primera vez en el mercado financiero una moneda virtual llamada Bitcoin, fundamentada en la tecnología del Blockchain, que eliminaba la intermediación entre transacciones y garantizaba la seguridad entre estas (Romero, 2018). Este evento marcó el punto de partida para que un nuevo mercado emergiera y que, al día de hoy, existan más de 9000 diferentes criptomonedas que se negocian a través de diferentes *exchanges* como Binance y Coinbase (CoinMarketCap, s. f.).

Este mercado ha tenido un acelerado crecimiento en capitalización bursátil, pasando de un billón a un trillón de dólares en los últimos diez años. En adición, el volumen de transacciones diarias ha crecido aproximadamente a USD 10 000 millones desde 2018 (gráfica 2), lo que lo convierte en una alternativa bastante interesante para los diferentes inversionistas alrededor del mundo. En consecuencia, cada vez es más importante entender cómo este mercado se comporta frente a noticias de gran impacto económico a nivel mundial, como es una guerra o la quiebra de un banco.

Gráfica 1

Capitalización bursátil del mercado de criptomonedas[1]

Fuente: Coinmarketcap.com (s. f.).

[1] Entre el 4 de junio de 2014 al 17 de julio de 2023.

Gráfica 2

Transacciones diarias del mercado de criptomonedas[2]

Fuente: Coinmarketcap.com (s. f.).

En el año 2008, la toma excesiva de riesgos en la titularización de la cartera en el mercado hipotecario y la reducción en la calidad de los estudios de riesgo crediticio realizados por los bancos al momento de otorgar préstamos de compra de vivienda, causaron la quiebra del cuarto banco de inversión más grande de Estados Unidos, el Lehman Brothers Bank. Esta quiebra desató un pánico sistémico en Wall Street y, en general, en todos los mercados financieros, con el consiguiente desplome de los principales índices bursátiles del mundo (Torres Chols, 2021).

Aunque no por las mismas causas, algo similar ocurrió en marzo de 2023, cuando quebró uno de los bancos más importantes de Estados Unidos, el Silicon Valley Bank. Del mismo modo en que aconteció durante el colapso de los mercados en 2008, este evento originó una crisis sistemática en el sector bancario de Estados Unidos, la cual afectó a las bolsas de todo el mundo, e hizo que cayeran los índices bursátiles, así como la confianza de todos los participantes del mercado. Fue tanto el temor, que las acciones de diferentes bancos de EE. UU. tuvieron caídas en sus precios hasta en un 61,7 % en un solo día (Rodríguez y Lorduy, 2013).

Partiendo de lo anterior, se hace indispensable investigar acerca de los efectos que tiene un evento macroeconómico tan importante como la quiebra de un banco en un mercado emergente como es el de las criptomonedas, puesto que se trata de un mercado que cada día toma mayor participación en los portafolios de los inversionistas.

[2] Entre el 7 de abril de 2013 y el 7 de abril de 2023.

Como lo admitió Rostin Behnam, presidente de la Comisión de Negociación de Futuros de Productos Básicos de Estados Unidos, “los activos digitales tienden a convertirse en parte de las principales carteras estadounidenses”, ya que, como lo sugieren las encuestas, “uno de cada cinco adultos ha invertido o utilizado criptomonedas por lo menos una vez” (citado en Herrera, 2022, párr. 2). En este orden de ideas, el objetivo de esta investigación consiste en dar respuesta a la pregunta de cómo la quiebra del Silicon Valley Bank afectó la volatilidad de las criptomonedas, para así poder concluir si estas pueden considerarse un activo refugio.

2. Justificación

El rendimiento promedio del Bitcoin en los últimos diez años ha sido de 57,2 %, y el del índice S&P 500, de 9,91 %. Además, como se muestra en la tabla 1, la desviación estándar anual del Bitcoin fue de 101,88 % (aproximadamente cinco veces mayor que la del S&P 500). Es por esto que es relevante investigar la relación entre el mercado de acciones estadounidense y el mercado emergente de las criptomonedas, con el objetivo de determinar si el comportamiento de las criptomonedas es similar o diferente al de otros activos tradicionales.

Tabla 1

Rendimientos y desviación estándar del Bitcoin e índice S&P 500

	Rendimiento promedio diario	Rendimiento promedio anual	Desviación estándar diaria	Desviación estándar anual
BTC	0,16 %	57,20 %	5,33 %	101,88 %
S&P 500	0,04 %	9,91 %	1,12 %	17,74 %

Fuente: Elaboración propia con base en información tomada de Investing.com, entre el 17 de julio de 2013 y el 17 de julio de 2023.

En ese orden de ideas, esta investigación contribuye a entender el comportamiento de las criptomonedas ante sucesos macroeconómicos relevantes y su comportamiento durante eventos de alto riesgo y estrés sistémico, como el que se presentó con la quiebra del Silicon Valley Bank. Esto con el objetivo de determinar si las criptomonedas son menos volátiles que las acciones durante este tipo de acontecimientos. Así mismo, las conclusiones del trabajo permiten responder la incógnita sobre si las criptomonedas pueden considerarse activos refugio frente a la incertidumbre que ocasiona un evento de gran impacto.

3. Objetivo general

Determinar el efecto de la quiebra del Silicon Valley Bank en la volatilidad del mercado de criptomonedas y su posible función de activo refugio en tiempos de incertidumbre.

3.1. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de los rendimientos del mercado de criptomonedas antes, durante y después de la quiebra del Silicon Valley Bank.
- Identificar la relación del mercado de criptomonedas con el mercado de acciones de Estados Unidos antes, durante y después de la quiebra del Silicon Valley Bank.
- Determinar mediante pruebas estadísticas o econométricas si el mercado de criptomonedas en tiempos de incertidumbre se puede considerar un activo refugio para los inversionistas.

4. Marco teórico

4.1. Criptomonedas

El mercado de las criptomonedas nació a finales del 2008 cuando uno o varios autores, con el seudónimo de Satoshi Nakamoto, introdujeron al mundo el Bitcoin en su artículo *"Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System"*. En este documento el(los) autor(es) proponía(n) una forma de dinero en efectivo electrónico *peer-to-peer* que permitiera enviar pagos en línea entre las partes de manera directa, sin pasar por la intermediación de una entidad financiera.

Este sistema *peer-to-peer* soluciona el problema de doble gasto, debido a que toda la red sella las transacciones en el tiempo en una cadena continua de *proof-of-work* basada en *hash*, lo que establece un registro que no se puede modificar sin rehacer la prueba *proof-of-work* (Nakamoto, 2008).

En términos más sencillos, la moneda funciona mediante el sistema de *Blockchain*, el cual es definido por la United States Sentencing Commission (USSC) como

> [...] un archivo digital distribuido a todos los participantes de una red de criptomonedas que actúa como un libro de contabilidad general, haciendo un seguimiento de todas las transacciones que ocurren en la red. De esta forma, todos pueden mirar qué transacciones sucedieron en la red, y el *blockchain* se sella mediante criptografía para que nadie pueda manipularlo (USSC, 2018, p. 1; traducción nuestra).

Con el origen de las criptomonedas también comenzó el crecimiento de los mercados monetarios descentralizados. Este tipo de mercados elimina cualquier intermediación entre prestatarios y prestamistas, además de la mayoría de las comisiones transaccionales. En contraste, los mercados monetarios centralizados son estructuras que, a través de un intermediario, facilitan las transacciones entre prestatarios y prestamistas, sirviendo como garante a cambio de una comisión (Patairya, 2022). El mejor ejemplo de un mercado

centralizado son los bancos, ya que estos actúan como intermediarios de las transacciones de las personas.

4.2 Crisis del 2008

A finales del 2008, la sociedad moderna vivió una de las peores crisis financieras de su historia, lo que dio como resultado la recesión económica mundial del 2009. Fue tan grave que, a septiembre del 2008, varios bancos importantes ya habían quebrado o necesitaron rescates financieros significativos por parte del Gobierno estadounidense para evitar la quiebra. La crisis surgió a raíz de una combinación de factores que se pueden resumir en cuatro principales:

4.2.1. La burbuja inmobiliaria

Durante la década de los 2000, hubo un aumento significativo en los precios de la vivienda en Estados Unidos, lo que llevó a una burbuja inmobiliaria. El alza de los precios de la finca raíz creó una noción de que estos siempre subirían. A su vez, esta creencia permitió que personas con poco o ningún historial crediticio pudieran acceder a créditos hipotecarios debido a que en el caso de que no fueran capaces de pagar el crédito, siempre podrían vender la casa, incluso a un mayor precio que el inicial. En consecuencia, muchos prestamistas ofrecieron hipotecas a personas que no podían permitírselo, y muchos de estos préstamos tenían términos peligrosos como, por ejemplo, las tasas de interés ajustable (Comiskey & Madhogarhia, 2009).

4.2.2. Titulización de las hipotecas

Para reducir el riesgo asociado a los préstamos hipotecarios, los prestamistas los "titularizaron", los empaquetaron en diferentes "tramos" (niveles de riesgo) y vendieron los derechos a los intereses generados por estos como paquetes de deuda, denominados Bonos respaldados por hipotecas (*Mortgage Back Securities* –MBS–). A menudo mezclaban estas hipotecas con deudas públicas, gubernamentales y de consumo para crear estructuras complejas

a las que llamaron obligaciones de deuda colateralizadas, o *Collateralized Debt Obligations* (CDO). Era tanto el volumen que se manejaba de estas deudas colateralizadas, que en el 2006 las ventas anuales alcanzaron su punto máximo en alrededor de USD 521 000 millones (Comiskey & Madhogarhia, 2009).

4.2.3. La falta de regulación

Los reguladores no supervisaron adecuadamente los mercados financieros y permitieron que los bancos y otros prestamistas emitieran préstamos de alto riesgo. Por ejemplo, en el año 2000, el entonces presidente de la Reserva Federal de Estados Unidos, Alan Greenspan, rechazó la propuesta de su colega Ned Gramlich de frenar los préstamos abusivos en el mercado de MBS y CDO (Ip, 2007).

Así mismo, la Comisión del Mercado de Valores de Estados Unidos (SEC, por sus siglas en inglés: *Securities and Exchange Comission*), bloqueó los esfuerzos por regular los instrumentos derivados, como los *swaps* de incumplimiento crediticio (Goodman, 2008) o *Credit Default Swaps* (CDS). Estos *swaps* permitieron que inversiones potencialmente muy riesgosas como los MBS, parecieran mucho más seguras, debido a que al comprador del *swap* se le garantizaba el pago si el MBS incumplía.

4.2.4. El apalancamiento excesivo

Los bancos y otros inversores tomaron préstamos para financiar sus operaciones, lo cual aumentó su exposición al riesgo. Muchos bancos también crearon vehículos de inversión fuera de sus balances para evitar la regulación y aumentar aún más su apalancamiento. Según la SEC, antes de que Bearn Stearns, Lehman Brothers y Merryl Lynch colapsaran, estaban operando con un apalancamiento de 30 veces por cada dólar que poseían. Esto ocasionó que un pequeño declive –de un 3 % a 4 %– en el valor de sus activos, fuera suficiente para quebrarlos (Comiskey & Madhogarhia, 2009).

Las consecuencias de la crisis fueron nefastas para millones de personas que perdieron sus ahorros y casas alrededor del mundo. En adición, varias instituciones financieras colapsaron, lo que dio lugar a una crisis sistémica que perduró hasta finales del 2008. Entre las instituciones más importantes que colapsaron, figuraban los bancos de inversión Bearn Stearns y Lehman Brothers, los cuales eran en ese tiempo el quinto y cuarto banco de inversiones más grandes de Estados Unidos, respectivamente (Arner, 2009).

4.3 Quiebra del Silicon Valley Bank

Silicon Valley Bank (SVB) fue un banco especializado en brindar servicios financieros a empresas de tecnología y *startups*. Fundado el 22 de febrero de 1983 en Santa Clara, California, por Bill Biggerstaff y Robert Medearis, Silicon Valley Bank tenía como objetivo apoyar el crecimiento de empresas innovadoras de sectores tecnológicos. Aunque fue fundado hace cuatro décadas, según datos de la Federal Deposit Insurance Corporation (FDIC), a finales del 2022 el Banco tenía activos por más de USD 209 000 millones y cerca de USD 175 400 millones en depósitos, convirtiéndose así en el decimosexto banco más grande de EE. UU. (Turner, 2023).

A pesar de ser un Banco con estados financieros sólidos, el 9 de marzo de 2023 las acciones de SVB se desplomaron más de un 62 %, después de que la empresa saliera a vender sus propias acciones para poder solventar los problemas de liquidez que se estaban presentando debido a los masivos retiros de efectivo por parte de sus clientes.

El problema se originó cuando el Banco comenzó a tener pérdidas no contabilizadas, debido a que más del 50 % de sus activos estaban constituidos por Bonos del Tesoro (Rojas Suárez, 2023) con tasas de interés muy bajas. Esto ocurrió debido a que la mayoría de los clientes del Banco tenían excedentes de capital, razón por la cual no necesitaban préstamos, lo que ocasionó que SVB tuviera pocas alternativas tradicionales de inversión y optara por invertir USD 91 000

millones en bonos del Tesoro y de agencias gubernamentales respaldados en hipotecas entre el 2020 y el 2021 (Marks, 2023).

A medida que la Reserva Federal estadounidense empezó a subir sus tasas de interés, en respuesta a la inflación que comenzó a presentarse a inicios del 2021/2022 en la pospandemia del COVID-19, la valoración a precios de mercado de los bonos de largo plazo empezó a mostrar pérdidas en los estados financieros del Banco. Esto ocasionó que, para finales del 2022, tuviera pérdidas por valoración superiores a USD 15 000 millones (Chappatta, 2023). Así las cosas, las mayores tasas de interés encarecían los depósitos que el Banco recibía (pasivos), mientras que generaba pérdidas, no materializadas aún, en sus inversiones (activos).

De igual manera, el auge de las *startups* durante la pandemia del COVID-19 permitió que los activos de SVB se incrementaran muy por encima de sus competidores. Durante el 2020 y el 2021, los activos de SBV se incrementaron en un 60 % y 80 %, respectivamente, mientras que la media para el sistema bancario estadounidense durante esos años fue de 16 % y 10 %.

Teniendo en cuenta que este crecimiento se debió ante todo al *boom* del sector tecnológico, la mayoría de los depósitos no estaban asegurados por la FDIC, debido a que superaban el máximo valor asegurable de USD 250 000. Únicamente un 2,7 % de los depósitos no superaban este límite. Cuando los depositantes, nerviosos por las noticias y por la dramática caída en el precio de las acciones del SVB –situación exacerbada por el anuncio de emitir acciones nuevas por más de USD 2000 millones–, decidieron retirar su dinero, el SVB materializó buena parte de esas pérdidas que hasta entonces eran contables, lo que llevó a que, finalmente, el 10 de marzo de 2023, el Banco fuera cerrado por la FDIC por iliquidez e insolvencia (Rojas Suárez, 2023).

4.4. Índices bursátiles

Un índice bursátil es un indicador en las bolsas de valores, el cual reúne información sobre los precios de diferentes activos como acciones y bonos, entre otros. A través de este se puede tener una percepción sobre la situación generalizada de los activos que lo conforman, lo cual sirve como referencia para determinar la evolución de los mercados bursátiles. Por lo general, son utilizados como referencia para establecer comparativos a la hora de tomar decisiones entre diferentes activos o portafolios de activos en materia de rentabilidad y riesgo, entre otras variables ("¿Qué son los índices bursátiles y para qué sirven?", 2021).

4.5. S&P 500

El S&P 500 es un índice bursátil del mercado accionario de EE. UU., y está conformado por 500 compañías de gran tamaño, pero que no son necesariamente las más grandes del mercado. Estas compañías deben cumplir varias condiciones para hacer parte de este índice como, por ejemplo: (1) cotizar en alguna de las dos bolsas más grandes del país, siendo estas la *New York Stock Exchange* (NYSE) o el *National Association of Securities Dealers Automated Quotation* (NASDAQ); (2) poseer una capitalización bursátil que supere los USD 6100 millones, y (3) tener el 50 % de sus acciones en circulación. Estas condiciones son evaluadas por un comité, con el objetivo de mantener la discrecionalidad en el rebalanceo del índice (Cardenal, 2018).

4.6. Índice VIX

El índice VIX es un indicador de volatilidad creado por el *Chicago Board Options Exchange* (CBOE), y representa la expectativa del mercado sobre la volatilidad prospectiva del S&P 500 durante los siguientes 30 días. Este se calcula utilizando los precios de las opciones del índice S&P 500 y se expresa como un porcentaje. Así mismo, se considera que el índice muestra el sentimiento general del mercado (IG, 2023).

4.7. Activos refugio

Los activos refugio son aquellos que, aun en situaciones de volatilidad en los mercados financieros originadas por incertidumbre económica o política, por lo general mantienen su valor estable o, incluso, pueden presentar aumentos en sus precios. Para que un activo pueda considerarse como refugio, debe tener las siguientes características:

4.7.1. Liquidez

Uno de los aspectos más importantes que buscan los inversionistas en un activo refugio es que este pueda convertirse en dinero líquido con facilidad, por lo que el activo financiero debe ser altamente demandado.

4.7.2. Baja volatilidad

Otra muy importante característica de un activo refugio es que debe tener una baja volatilidad en momentos de estrés financiero, debido a que su comportamiento debe ser defensivo ante los movimientos bruscos de la economía, sin importar la tendencia de esta. Un activo refugio debe brindar estabilidad en la inversión.

4.7.3. Baja probabilidad de impago

Para que un activo sea considerado como refugio, debe contar con algún respaldo que posea alta credibilidad para que no se incurra en el riesgo de impago (Educatyba, 2022).

5. Metodología

En primer lugar, se tomó la información histórica de los precios diarios del mercado de criptomonedas y del índice S&P 500 de las bases de datos de Bloomberg e Investing.com, con el fin de construir un índice de criptomonedas. En segundo lugar, se tuvieron en cuenta las recomendaciones sobre metodologías de construcción de índices bursátiles de S&P Dow Jones, que comprenden cuatro componentes principales:

1. Construcción.
2. Ponderación.
3. Cálculo.
4. Revisión (S&P Global, 2023).

A continuación, se describe en detalle el paso a paso que se siguió.

5.1. Construcción del índice

El primer paso consistió en definir los criterios de elegibilidad para la selección de las criptomonedas que conformarían el índice. Estos criterios se basaron en la metodología de construcción de índices del *S&P Digital Market Indices*, con algunas adaptaciones. Los criterios seleccionados fueron los siguientes:

1. La criptomoneda debe estar listada durante 3 meses en una bolsa de criptomonedas reconocida por Lukka Inc,[3] y haber cotizado durante mínimo 60 días calendario en dicho período.
2. El activo debe tener una capitalización de mercado de mínimo USD 10 000 millones. En este caso, la capitalización bursátil se calcula con la multiplicación del precio de la moneda por el número de monedas en circulación.

[3] Es un proveedor de datos y *software* de criptoactivos empresariales. Construye *software* y servicios de datos de *middle* y *back-office* en una infraestructura diseñada para las complejidades de los datos de *blockchain* para empresas que interactúan con criptoactivos como parte de sus procesos comerciales normales (Bloomberg, 2023).

3. Tener una mediana del volumen transado diario mayor a USD 200 millones, durante los tres meses anteriores a la construcción del índice o a su respectivo balanceo.
4. Poseer un *White Paper*[4] verificado por el proveedor del precio (S&P Global, 2023).

Una vez establecidos estos criterios, el segundo paso consistió en seleccionar las criptomonedas que cumplían con los mismos. Tras una revisión exhaustiva, se determinó que únicamente cinco activos cumplían con los cuatro requisitos. Las monedas seleccionadas fueron: Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), Tether (USDT), Binance Coin (BNB) y Ripple (XRP).

El tercer paso implicó la descarga de los precios históricos en el último lustro de estas cinco monedas, en el sitio web Investing.com. Se optó por utilizar los precios a partir del 1.º de marzo de 2017 o, en caso de que no hubiera datos disponibles, desde la fecha más antigua posible. A continuación, se procedió a filtrar los datos recolectados, empleando únicamente las fechas en las que las cinco monedas presentaron valores.

Así mismo, se tuvo en cuenta que debían ser días en los que tanto el mercado de criptomonedas como el de valores estuvieran abiertos, para que el índice construido pudiera ser comparado con el del mercado accionario S&P 500. Como resultado, el índice se construyó a partir del 9 de noviembre del 2017 hasta el 29 de agosto del 2023, utilizando así 1459 precios de cada moneda.

El siguiente paso consistió en calcular la capitalización bursátil de cada moneda multiplicando su precio por la cantidad de monedas en circulación. Esta información se obtuvo del sitio web Coinmarketcap.com, el 29 de agosto de 2023. Dado que no era posible obtener con precisión el número de monedas en circulación para cada fecha en el pasado, se optó por realizar un *backtesting* utilizando los datos disponibles.

[4] *White Paper*: es un documento informativo emitido por una empresa u organización sin fines de lucro para promover o resaltar las características de una solución, producto o servicio que ofrece o planea ofrecer (Hayes, 2023).

Es decir, la capitalización bursátil se calculó multiplicando el precio diario del activo por la cantidad de monedas en circulación que había el 29 de agosto de cada moneda, como se muestra a continuación:

$$Capitalización\ Bursátil_t^{(i)} = Precio_t^{(i)} * Circulante^{(i)}$$

Ecuación 1. Capitalización bursátil

Donde

- $Capitalización\ Bursátil_t^{(i)}$ corresponde a la capitalización del activo *(i)* en el momento *t.*
- $Precio_t^{(i)}$ es el precio del activo *(i)* en el tiempo *t.*
- $Circulante^{(i)}$ equivale al número de monedas en circulación del activo (*i*) el 29 de agosto de 2023.

Finalmente, una vez calculadas las capitalizaciones bursátiles, se obtuvo la capitalización total del mercado, sumando los resultados de las cinco monedas. De igual forma, se procedió a calcular el valor del índice, dividiendo la capitalización de cada fecha por la capitalización original del mercado el 9 de noviembre de 2017, y multiplicando el resultado por 100, como se muestra a continuación:

$$Valor\ índice = \frac{Cap_t}{Cap_{ini}} * 100$$

Ecuación 2. Valor índice

5.2 Prueba de Jarque-Bera

En estadística, la prueba de Jarque-Bera se emplea para evaluar si una muestra de datos exhibe la misma asimetría y curtosis que una distribución normal. En esencia, esta prueba actúa como una prueba de bondad de ajuste para determinar si una muestra de datos sigue los patrones de una distribución normal (Jarque & Bera, 1987).

Para nuestro caso, es preciso determinar si los precios correspondientes a las criptomonedas y al mercado S&P 500 se distribuyen de manera normal, debido a que, de ser así, esto permitirá entender mejor el comportamiento de sus rendimientos. Como lo explica Marcelo Risk (2003), la importancia de verificar la normalidad de las muestras en un estudio es fundamental porque si las muestras son normales se pueden aplicar métodos estadísticos paramétricos; mientras que, en el caso contrario, se deben o bien transformar los datos, o bien utilizar métodos no paramétricos.

La prueba estadística se define de la siguiente manera (Jarque & Bera, 1987):

$$JB = \frac{n}{6}\left(S^2 + \frac{1}{4}(K-3)^2\right)$$

Ecuación 3. Prueba de Jaque-Bera

Donde *n* es el número de observaciones, *S* la asimetría de la muestra, *K* la curtosis de la muestra y $\bar{x}$ es la media muestral.

$$S = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^3}{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right)^{3/2}}$$

Ecuación 4. Asimetría – (Jaque-Bera)

$$K = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right)^{2}}$$

Ecuación 5. Curtosis – (Jaque-Bera)

La hipótesis nula a analizar era que los datos seguían una distribución normal. Posteriormente, el siguiente paso consistió en calcular la estadística utilizando las ecuaciones anteriores. Por último, se utilizó la distribución de probabilidad *chi-cuadrada* con un nivel de significancia (*p-value*) de 0,05; es decir, un nivel de confianza de 95 %, para poder determinar si existía suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

5.3. Prueba de autocorrelación

Debido a que se quiere identificar el impacto que tuvo la quiebra del Silicon Valley Bank tanto en el mercado de las criptomonedas como en el de S&P 500, se realizó una prueba de autocorrelación para identificar si existe alguna relación entre los precios actuales de los activos y sus precios históricos. En otras palabras, se quiso analizar el grado de dependencia que tienen los datos de hoy con los de períodos anteriores. Para ello, se utilizó la función de autocorrelación simple, como se explica a continuación.

La función de autocorrelación simple (FAS) tiene como objetivo proporcionar información sobre la relación lineal entre los residuos del modelo, separados por *k* unidades temporales. Es decir, indican el grado de correlación entre cada valor del residuo y los desplazados 1, 2, … *k* períodos (Arranz y Zamora, s. f.).

$$\widehat{\rho_k} = \frac{\sum_{t=k+1}^{T}[(x_t - \hat{\mu}) * (x_{t-k} - \hat{\mu})]}{\sum_{t=1}^{T}(x_t - \hat{\mu})^2} \qquad \forall 0 < t \leq T, -1 \leq \widehat{\rho_k} \leq 1$$

Ecuación 6. Función Autocorrelación Simple (FAS)

Donde

- El numerador es la covarianza del dato x_t con su pasado x_{t-k}, respecto a la media poblacional estimada.
- El denominador es la varianza de x_t con respecto a la media poblacional estimada.
- El horizonte temporal está delimitado por 0 y *T*, que es el número máximo de períodos de tiempo disponible y 0 es el mínimo para *k*, pero no para *t*, porque *t* tiene que ser mayor a 0.
- El coeficiente de autocorrelación está acotado entre -1 y 1 (Rodó, 2020).

5.4. Análisis por ventanas de tiempo

Por último, se procedió a calcular el rendimiento de los índices con base en sus precios históricos. El rendimiento continuo diario de cada uno de los activos e índices se calculó

utilizando el logaritmo natural de la relación entre el valor del índice en el período actual y el valor del índice del día anterior, como se muestra a continuación:

$$Rendimiento\ continuo = ln(\frac{i_t}{i_{t-1}})$$

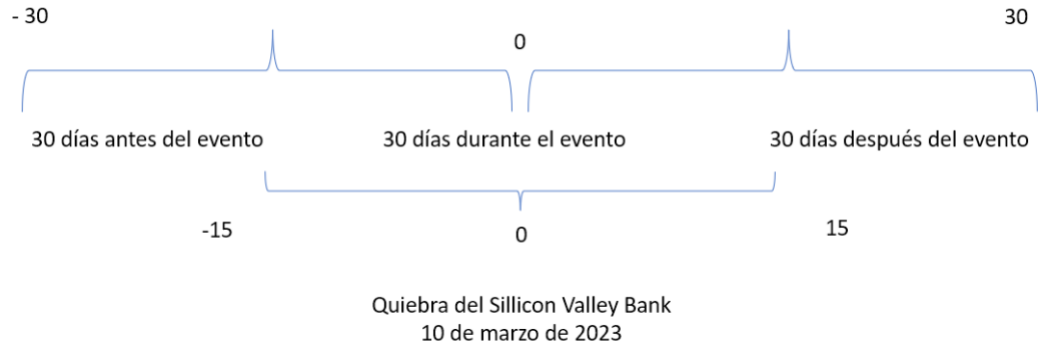
Ecuación 7. Rendimiento continuo

Posteriormente, con el fin de analizar los efectos de la quiebra del Silicon Valley Bank, se calcularon el rendimiento promedio diario, el rendimiento promedio anual,[5] la desviación estándar diaria y la desviación estándar anual, tanto para el índice de criptomonedas como para el S&P 500, mediante el uso de ventanas móviles.

En concreto, se llevó a cabo un análisis de ventanas de tiempo de 30 días antes del evento, 30 días durante el evento y 30 días posteriores al mismo, partiendo del 10 de marzo de 2023, ya que este fue el día en el que los entes regulatorios del mercado estadounidense suspendieron la acción del SVP. A continuación, se presenta el esquema de ventanas empleado y las ecuaciones utilizadas.

Gráfica 3

Esquema de ventanas de tiempo



Fuente: Elaboración propia.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{\mathrm{n}}$$

Ecuación 8. Media muestral diaria

(Anderson *et al.*, 2020)

[5] Se asume el año bursátil (252 días), que corresponde a los días en los que opera el mercado accionario.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{\text{n}} * 252$$

Ecuación 9. Media muestral anual

$$s = \sqrt{s^2}$$

Ecuación 10. Desviación estándar diaria

(Anderson *et al.*, 2020)

$$s = \sqrt{s^2} * \sqrt{252}$$

Ecuación 11. Desviación estándar anual

En adición, se hizo un análisis de correlación con el fin de determinar si se presentaban correlaciones o no entre los retornos de las criptomonedas y los retornos del S&P 500 durante eventos similares de alto riesgo sistémico.

$$\rho_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}}$$

Ecuación 12. Correlación

6. Resultados

6.1. Índice de criptomonedas

Los resultados de la construcción del índice de criptomonedas se muestran en la gráfica 4. De igual modo, para tener otro punto de referencia, se graficó el S&P *Cryptocurrency Broad Digital Market Index* (SPCBDM) de Bloomberg (gráfica 5).

Gráfica 4

Índice propuesto del mercado de criptomonedas

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 5

S&P Cryptocurrency Broad Digital Market Index (SPCBDM)

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Prueba de Jarque-Bera

A continuación, se presentan los resultados de la prueba realizada.

Tabla 2

Resultados prueba de Jarque-Bera

Prueba de Jaque-Bera					
	n	**S**	**K**	**JB**	***p-value* 5 %**
S&P 500	1458	-0,801	13,74	11630,76	0,000
SPCBDM	1458	-0,568	3,86	985,50	0,000
BTC	1458	-0,978	11,84	8747,95	0,000
ETH	1458	-0,751	9,55	5678,25	0,000
USDT	1458	0,815	35,66	77423,66	0,000
BNB	1458	0,680	22,18	30006,35	0,000
XRP	1458	1,037	16,78	17365,21	0,000

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Prueba de autocorrelación

Se realizó la prueba con varios rezagos *k*. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 3

Resultados de la función de autocorrelación simple (FAS) k=1

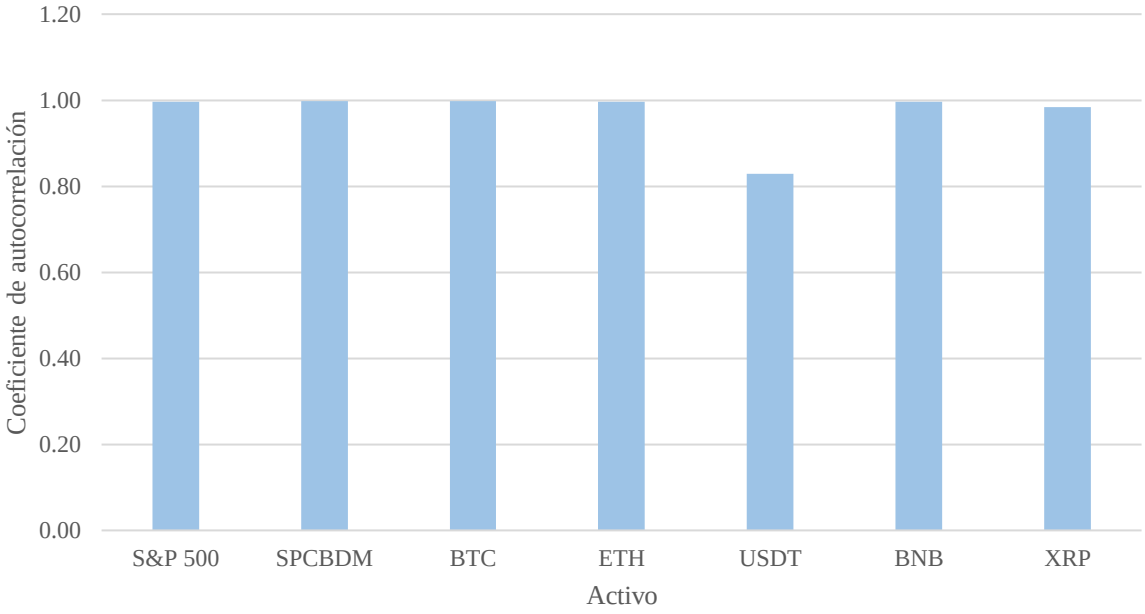
Análisis de autocorrelación			
Retardo (K=1)	**ȳ**	**σ**	**ρ**
S&P 500	$ 3514,66	$ 682,49	0,997
SPCBDM	$ 1795,11	$ 1426,68	0,997
BTC	$ 20 839,68	$ 16 021,41	0,997
ETH	$ 1201,68	$ 1139,33	0,996
USDT	$ 1,00	$ 0,01	0,829
BNB	$ 162,93	$ 178,28	0,997
XRP	$ 0 ,52	$ 0,33	0,983

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados gráficamente.

Gráfica 6

Coeficiente de autocorrelación k=1



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4

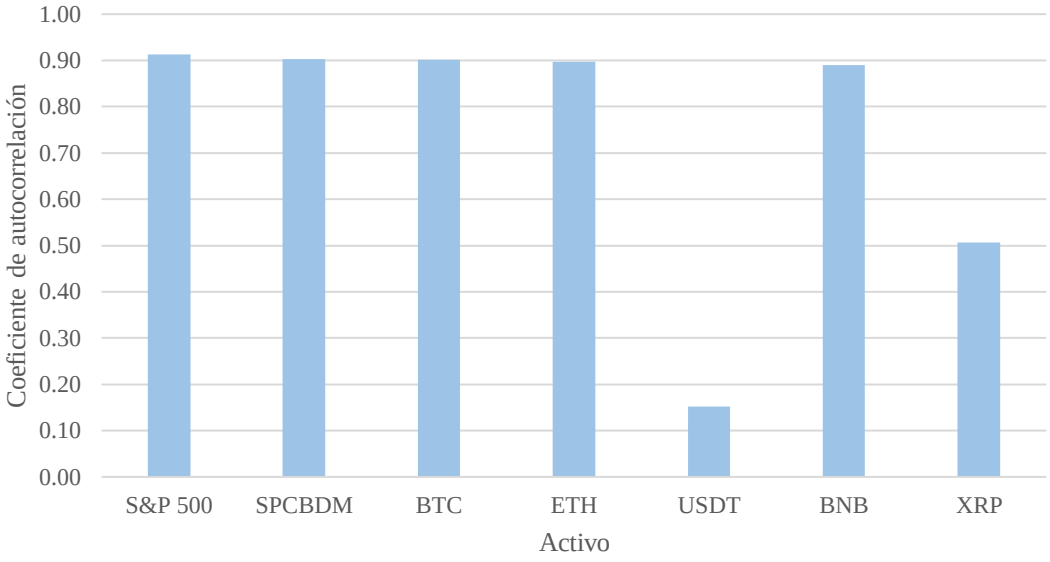
Resultados de la función de autocorrelación simple (FAS) k=30

Análisis de autocorrelación			
Retardo (*K=30*)	**ȳ**	**σ**	**ρ**
S&P 500	$ 3514,66	$ 682,49	0,913
SPCBDM	$ 1795,11	$ 1426,68	0,902
BTC	$ 20 839,68	$ 16 021,41	0,901
ETH	$ 1201,68	$ 1.139,33	0,897
USDT	$ 1,00	$ 0,01	0,153
BNB	$ 162,93	$ 178,28	0,890
XRP	$ 0,52	$ 0,33	0,506

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 7

Coeficiente de autocorrelación k=30



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

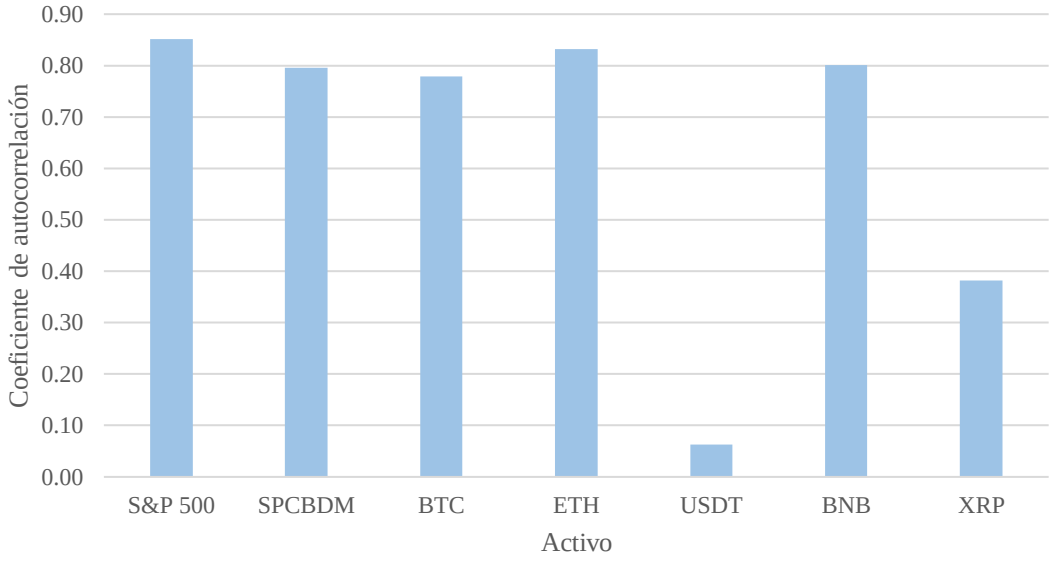
Resultados de la función de autocorrelación simple (FAS) k=60

Análisis de autocorrelación			
Retardo *(K=60)*	**ȳ**	**σ**	**ρ**
S&P 500	$ 3514,66	$ 682,49	0,852
SPCBDM	$ 1795,11	$ 1426,68	0,796
BTC	$ 20 839,68	$ 16 021,41	0,778
ETH	$ 1201,68	$ 1139,33	0,832
USDT	$ 1,00	$ 0,01	0,063
BNB	$ 162,93	$ 178,28	0,800
XRP	$ 0,52	$ 0,33	0,382

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 8

Coeficiente de autocorrelación k=60



Fuente: Elaboración propia.

6.4. Rendimientos

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6

Resultados rendimiento y desviación estándar para índices y activos (1/2)

Indicador	S&P 500	SPCBDM	BTC	ETH	USDT
Rendimiento promedio diario	0,038 %	0,072 %	0,093 %	0,116 %	-0,001 %
Desviación estándar diario	1,319 %	4,660 %	4,658 %	6,058 %	0,323 %
Rendimiento promedio anual	9,575 %	18,269 %	23,472 %	29,190 %	-0,170 %
Desviación estándar anual	20,932 %	73,982 %	73,942 %	96,163 %	5,130 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Resultados rendimiento y desviación estándar para índices y activos (2/2)

Indicador	BNB	XRP	Índice propuesto	VIX
Rendimiento promedio diario	0,325 %	0,063 %	0,081 %	0,022 %
Desviación estándar diario	6,938 %	7,472 %	3,863 %	8,154 %
Rendimiento promedio anual	81,863 %	15,884 %	20,528 %	5,519 %
Desviación estándar anual	110,136 %	118,616 %	61,323 %	129,437 %

Fuente: Elaboración propia.

En adición, se calculó una matriz de correlación con los activos e índices mencionados anteriormente (tabla 8).

Tabla 8

Matriz de correlaciones entre índices y activos

Matriz de correlaciones									
	S&P 500	**SPCBDM**	**BTC**	**ETH**	**USDT**	**BNB**	**XRP**	**Índice propuesto**	**VIX**
S&P 500	1	0,27	0,28	0,30	0,00	0,25	0,21	0,30	-0,71
SPCBDM	0,27	1	0,84	0,77	-0,04	0,61	0,54	0,86	-0,22
BTC	0,28	0,84	1	0,79	-0,08	0,65	0,54	0,96	-0,23
ETH	0,30	0,77	0,79	1	-0,06	0,67	0,63	0,87	-0,25
USDT	0,00	-0,04	-0,08	-0,06	1	-0,18	-0,08	-0,07	0,01
BNB	0,25	0,61	0,65	0,67	-0,18	1	0,51	0,69	-0,21
XRP	0,21	0,54	0,54	0,63	-0,08	0,51	1	0,65	-0,20
Índice propuesto	0,30	0,86	0,96	0,87	-0,07	0,69	0,65	1	-0,26
VIX	-0,71	-0,22	-0,23	-0,25	0,01	-0,21	-0,20	-0,26	1

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior se realizó con el objetivo de determinar la naturaleza del comportamiento de cada uno de los activos e índices de manera individual y su correlación entre sí.

6.5. Análisis de ventanas de tiempo

Partiendo de la información histórica tomada inicialmente, se extrajeron los datos de la ventana de tiempo antes mencionada. Se calculó el rendimiento promedio diario anual, el rendimiento promedio anual, la desviación estándar diaria y la desviación estándar anual, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 9

Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días antes del evento (1/2)

30 días antes del evento					
Indicador	**S&P 500**	**SPCBDM**	**BTC**	**ETH**	**USDT**
Rendimiento promedio diario	-0,167 %	-0,462 %	-0,442 %	-0,387 %	0,011 %
Desviación estándar diaria	1,049 %	2,931 %	2,986 %	3,043 %	0,060 %
Rendimiento promedio anual	-42,176 %	-116,383 %	-111,428 %	-97,605 %	2,767 %
Desviación estándar anual	16,646 %	46,534 %	47,395 %	48,308 %	0,949 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días antes del evento (2/2)

30 días antes del evento				
Indicador	**BNB**	**XRP**	**Índice propuesto**	**VIX**
Rendimiento promedio diario	-0,314 %	-0,338 %	-0,368 %	0,936 %
Desviación estándar diaria	2,628 %	2,699 %	2,589 %	6,153 %
Rendimiento promedio anual	-79,157 %	-85,104 %	-92,770 %	235,802 %
Desviación estándar anual	41,719 %	42,840 %	41,100 %	97,681 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días durante el evento (1/2)

30 días durante del evento					
Indicador	**S&P 500**	**SPCBDM**	**BTC**	**ETH**	**USDT**
Rendimiento promedio diario	-0,030 %	0,286 %	0,508 %	0,270 %	0,000 %
Desviación estándar diaria	1,106 %	4,493 %	4,449 %	4,170 %	0,074 %
Rendimiento promedio anual	-7,539 %	72,150 %	127,916 %	68,005 %	0,000 %
Desviación estándar anual	17,558 %	71,316 %	70,631 %	66,198 %	1,178 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12

Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días durante el evento (2/2)

30 días durante del evento				
Indicador	**BNB**	**XRP**	**Índice propuesto**	**VIX**
Rendimiento promedio diario	-0,004 %	0,947 %	0,387 %	0,082 %
Desviación estándar diaria	3,013 %	5,748 %	3,699 %	7,305 %
Rendimiento promedio anual	-1,025 %	238,631 %	97,462 %	20,692 %
Desviación estándar anual	47,836 %	91,242 %	58,724 %	115,971 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días después del evento (1/2)

30 días después del evento					
Indicador	**S&P 500**	**SPCBDM**	**BTC**	**ETH**	**USDT**
Rendimiento promedio diario	0,175 %	0,809 %	0,971 %	0,797 %	0,000 %
Desviación estándar diaria	0,855 %	4,170 %	4,337 %	4,293 %	0,075 %
Rendimiento promedio anual	44,155 %	203,963 %	244,573 %	200,938 %	0,081 %
Desviación estándar anual	13,572 %	66,202 %	68,851 %	68,148 %	1,196 %

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Resultados rendimiento y desviación estándar 30 días después del evento (2/2)

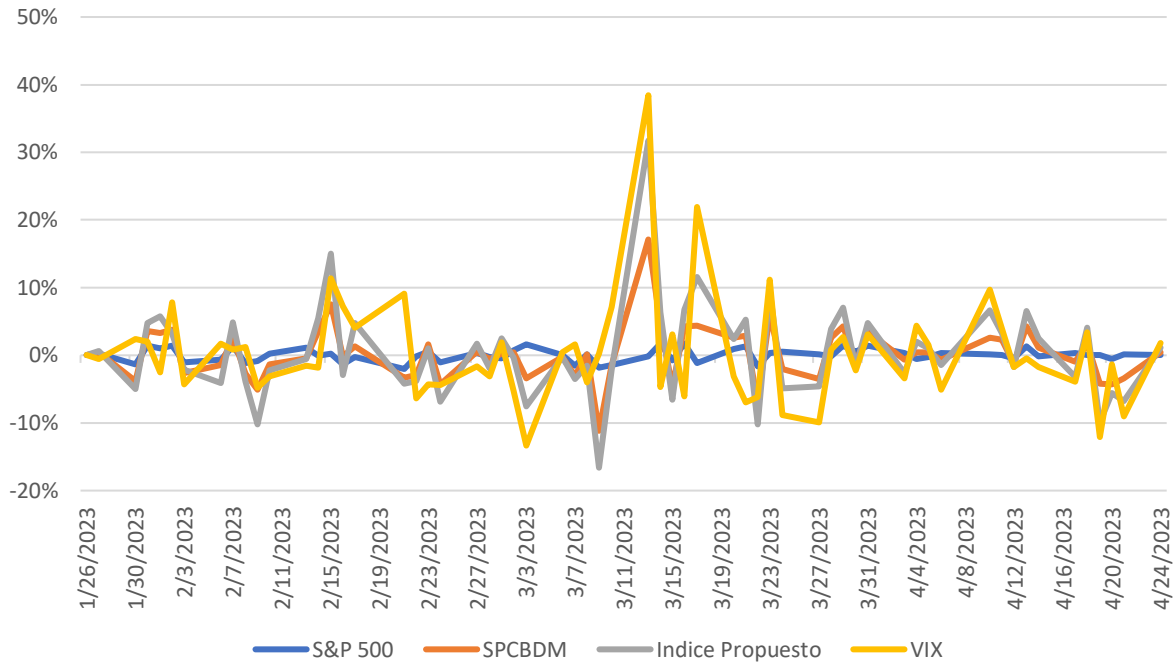
30 días después del evento				
Indicador	**BNB**	**XRP**	**Índice propuesto**	**VIX**
Rendimiento promedio diario	0,570 %	0,699 %	0,798 %	-0,941 %
Desviación estándar diaria	3,086 %	6,176 %	3,633 %	5,751 %
Rendimiento promedio anual	143,588 %	176,052 %	201,177 %	-237,100 %
Desviación estándar anual	48,985 %	98,034 %	57,675 %	91,298 %

Fuente: Elaboración propia.

Gráficamente, se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfica 9

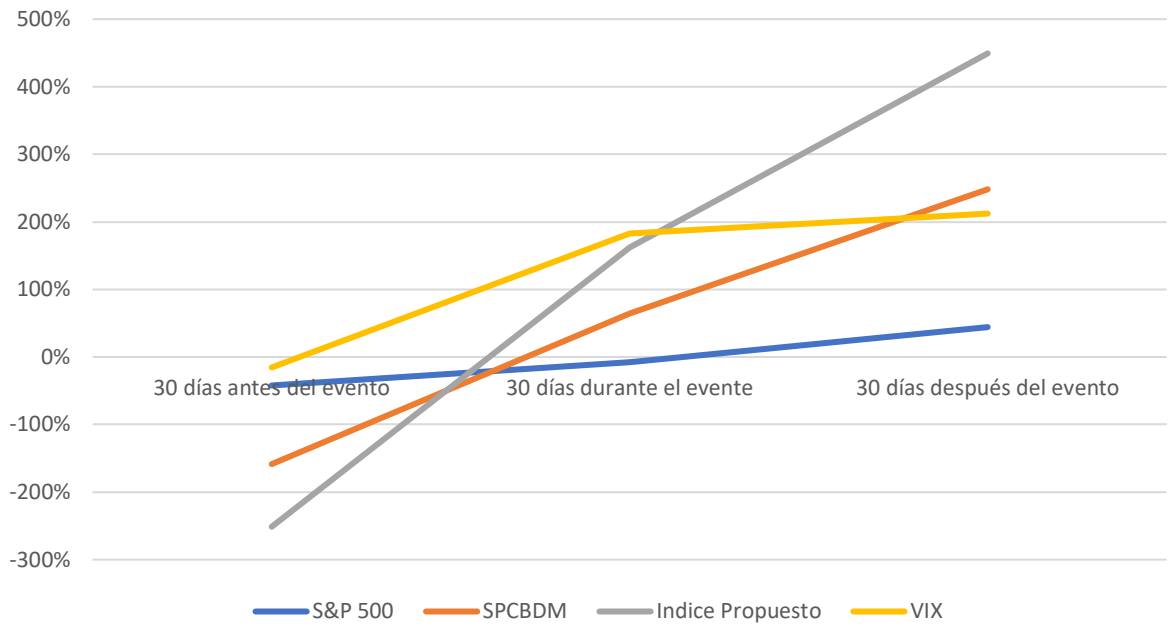
Rendimientos diarios antes, durante y después del evento



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 10

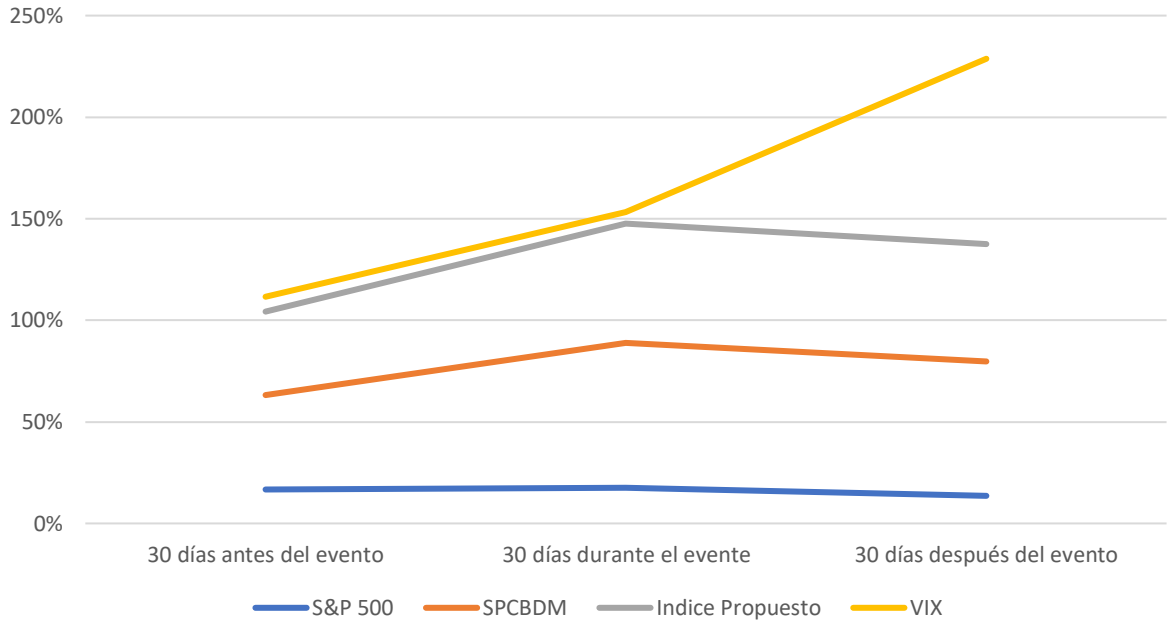
Rendimientos anuales antes, durante y después del evento



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 11

Volatilidad anual antes, durante y después del evento



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se calculó la matriz de correlación para los rendimientos de los activos e índices, en una ventana de tiempo de entre 30 días antes del evento y 30 días después del evento.

Tabla 15

Matriz de correlaciones entre índices y activos entre 30 días antes y después del evento

Matriz de correlaciones									
	S&P 500	**SPCBDM**	**BTC**	**ETH**	**USDT**	**BNB**	**XRP**	**Índice propuesto**	**VIX**
S&P 500	1	0,30	0,21	0,20	-0,30	0,24	0,32	0,22	-0,78
SPCBDM	0,30	1	0,90	0,88	-0,01	0,75	0,41	0,91	-0,19
BTC	0,21	0,90	1	0,89	-0,03	0,78	0,44	0,99	-0,11
ETH	0,20	0,88	0,89	1	-0,02	0,79	0,51	0,95	-0,18
USDT	-0,30	-0,01	-0,03	-0,02	1	-0,07	-0,15	-0,03	0,41
BNB	0,24	0,75	0,78	0,79	-0,07	1	0,40	0,82	-0,18
XRP	0,32	0,41	0,44	0,51	-0,15	0,40	1	0,50	-0,40
Índice propuesto	0,22	0,91	0,99	0,95	-0,03	0,82	0,50	1	-0,15
VIX	-0,78	-0,19	-0,11	-0,18	0,41	-0,18	-0,40	-0,15	1

Fuente: Elaboración propia.

7. Análisis de resultados

En el comportamiento del índice propuesto y del SPCBDM que se muestra en las gráficas 4 y 5, respectivamente, llama la atención la similitud del desempeño de los dos índices. Además, la tabla 6 muestra cómo el Bitcoin (BTC) tiene una alta correlación con el mercado de las criptomonedas, medido de acuerdo con el comportamiento mostrado por ambos índices.

Como se puede apreciar, el índice de correlación del BTC con el índice propuesto y con el SPCBDM es de 0,96 y 0,84, respectivamente. Esto se debe a que el BTC es la criptomoneda con mayor capitalización del mercado, por lo cual, ante grandes cambios en el precio del BTC, es muy probable que los índices y otras criptomonedas tengan cambios en proporciones similares.

Con respecto a los resultados que se muestran en la tabla 8 referentes al mercado de acciones estadounidense, el cual se analiza con el S&P 500, este tiene correlaciones de 0,28, 0,27 y 0,30 con el BTC, el SPCBDM y el índice propuesto, respectivamente. Estas correlaciones, aunque positivas, son mucho menores a las reportadas anteriormente para las criptomonedas. Lo cual indica que los cambios en el precio del mercado accionario tienden a afectar, aunque de manera positiva y en menor proporción, el valor de las criptomonedas.

También se puede concluir que, de acuerdo con la prueba de Jarque-Bera, el desempeño de ninguno de los activos o índices tiene un comportamiento normal, por lo cual no es adecuado utilizar métodos paramétricos para analizar su rendimiento. Esto hace que se dificulte la implementación de métodos predictivos para tratar de anticipar el comportamiento de los precios futuros de criptomonedas o índices, como es el caso del S&P 500, el SPCBDM y el índice propuesto.

Partiendo de los resultados obtenidos en la tabla 6 y en la tabla 7, el rendimiento promedio anual entre noviembre de 2017 y agosto de 2023 fue de 9,58 %, 18,27 % y 20,53 % y la desviación estándar anual fue de 20,93 %, 73,98 % y 61,32 %, para el S&P 500, el SPCBDM y

el índice propuesto, respectivamente, lo que demuestra que, ante mayores niveles de volatilidad o riesgo, es mayor la rentabilidad para estos índices durante el período de tiempo estudiado. Evidentemente estamos haciendo referencia a hechos que impactan el riesgo sistémico, lo que lleva a un resultado esperado en cuanto a la relación entre riesgo y rentabilidad, situación que ha sido considerada con suficiencia en los análisis del modelo CAPM.

Al momento de analizar la quiebra del Silicon Valley Bank que ocurrió el 10 de marzo de 2023, se puede observar que hubo un pico tanto en el valor del SPCBDM como en el índice propuesto, con un rendimiento diario de aproximadamente 15 %, mientras que el S&P 500 tuvo un rendimiento negativo diario aproximado de 1,46 % durante ese día y los dos días siguientes, como se muestra en la gráfica 9.

En la gráfica 10 se puede observar que el comportamiento de los rendimientos anuales del SPCBDM y del índice propuesto antes, durante y después del evento pasaron de encontrarse en niveles negativos hasta llegar a un máximo de 200 %, mientras que el S&P 500, aunque tuvo una recuperación, solo llegó a tener un rendimiento anual de 50%. Evidentemente, un rendimiento anual de 50 % es muy atractivo bajo cualquier estándar; sin embargo, respecto al rendimiento observado en los índices de criptomonedas, el rendimiento de las acciones, de acuerdo con el S&P 500, apenas alcanza una cuarta parte de los primeros.

Así mismo, al examinar la gráfica 11 se evidencia que la volatilidad del S&P 500 tuvo un comportamiento relativamente estable, mientras que fue más variable en el caso del SPCBDM y el índice propuesto de criptomonedas, con un incremento de 40 % y 70 %, respectivamente.

Con base en los resultados de las gráficas 10 y 11 se puede inferir que los inversionistas, al ver el riesgo sistémico al cual se estaba viendo sometido el mercado de acciones estadounidense, optaron por transferir al menos una parte de sus posiciones al mercado de criptomonedas,

probablemente con la convicción de encontrarse en un mercado menos correlacionado con los eventos que estaban sucediendo.

Finalmente, analizando los resultados del índice VIX se podría concluir que hubo un sentimiento general de miedo en el mercado durante el evento estudiado, debido a que en pocos días el índice tuvo un incremento cercano a un 30 %. Esto se podría traducir en que hubo falta de confianza por parte de los inversionistas en las medidas que estaba tomando la Reserva Federal para manejar la crisis. Sin embargo, el incremento en el valor del índice no fue sostenido, lo que mostró que el mercado fue recuperando confianza y comenzó a desistir en la idea de que este evento representaba el comienzo de un riesgo sistémico de larga duración.

8. Conclusiones y recomendaciones

A partir de los resultados analizados, se puede concluir que antes de la quiebra del Silicon Valley Bank los rendimientos anuales del mercado de criptomonedas y del S&P 500 se encontraban en niveles negativos. Durante el evento, los rendimientos del S&P 500 siguieron siendo negativos, mientras que los de los índices de las criptomonedas tuvieron rendimientos anuales de entre 75 % y 100 %. Finalmente, después de ocurrido el evento, los rendimientos anuales de los índices llegaron a un máximo de aproximadamente 200 %, mientras que para el S&P 500 llegaron a ser de un 50 % anual.

Como lo muestra la tabla 15, el índice de correlación del S&P 500 con el SPCBDM y con el índice propuesto es de 0,30 y 0,22, respectivamente, por lo cual, aunque existe una correlación positiva entre los mercados accionarios estadounidenses y el mercado de criptomonedas, dicha correlación no es alta y, además, es muy sensible a los cambios o acontecimientos que ocurran en alguno de los mercados.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que el mercado de criptomonedas posee una alta liquidez, y que, en momentos de incertidumbre, los inversionistas aumentan la demanda por este tipo de activos. Sin embargo, este mercado tiene una alta volatilidad y, debido a su naturaleza descentralizada, existe el riesgo de impago.

Tras el análisis de las pruebas de autocorrelación, se puede concluir que el mercado accionario posee una mayor autocorrelación que el de las criptomonedas. Esto significa que el mercado del S&P 500 tiene más “memoria” que el segundo, por lo cual es más sensible a impactos como los que provoca una quiebra de un banco importante, y se demora un poco más en superarlos.

Como se muestra en las pruebas, a medida que el rezago k aumentó, el índice de criptomonedas comenzó a mostrar un valor menor que el del mercado accionario, lo que sugiere que sus precios actuales no son tan dependientes de sus precios anteriores.

Finalmente, aunque las criptomonedas tuvieron un alto rendimiento durante la quiebra del Silicon Valley Bank y demostraron ser un mercado de alta liquidez, no se podrían considerar como un activo refugio en tiempos de alta incertidumbre, debido a que no cumplen con los criterios descritos en la sección del marco teórico. En primer lugar, tienen una gran volatilidad, que alcanza niveles anuales hasta de un 100 % en algunas ocasiones, tal como ocurrió durante el evento objeto de estudio. En segundo lugar, también tienen un alto riesgo de impago, puesto que no cuentan con un respaldo debido a su carácter de activo descentralizado.

Referencias

Anderson, D. R., Sweeney, D. J. y Williams, T. A. (2020). *Estadística para administración y economía* (10.ª ed., M. C. Hano Roa, Trad.). Cenage Learning.

Arner, D. (2009). The Global Credit Crisis of 2008: Causes and Consequences. *The International Lawyer*, *43*(1), 91-136. https://www.jstor.org/stable/40708111

Arranz, J. M. y Zamora, M. M. (s. f.). Análisis de autocorrelación. *Universidad de Zaragoza*. https://goo.su/FGem9pH

Bloomberg. (2023). Lukka Inc. *Bloomberg.com*. https://goo.su/oimuB8

Cardenal, A. (2018, junio 15). Cómo se compone el S&P 500 y por qué es buena idea invertir en este índice. *Investing.com*. https://goo.su/8KUgz

Chappatta, B. (2023, marzo 10). SVB's 44-Hour Collapse Rooted in Treasury Bets During Pandemic. *Bloomberg*. https://goo.su/omce

Coinbase. (2023). What is a stablecoin? *Coinbase.com*. https://goo.su/Rhra

CoinMarketCap. (s. f.). Today's Cryptocurrency Prices by Market Cap. *Coinmarketcap.com*. https://coinmarketcap.com/?page=92

Comiskey, M., & Madhogarhia, P. (2009). Unraveling the Financial Crisis of 2008. *PS: Political Science and Politics*, *42*(2), 271-275. https://www.jstor.org/stable/40647525

Educatyba. (2022, junio 15). ¿Qué son y cuándo usar activos refugio en las inversiones? *Tyba.com*. https://goo.su/nMmb

Goodman, P. S. (2008). Taking Hard New Look at a Greenspan Legacy. *New York Times*. https://goo.su/8oVhAIN

Hayes, A. (2023, mayo 24). What Is a White Paper? Types, Purpose, and How To Write One. *Investopedia.com*. https://www.investopedia.com/terms/w/whitepaper.asp

Herrera, J. (2022, julio 26). Bitcoin se mete cada vez más en los portafolios de los inversionistas: agencia de EE. UU. *Criptonoticias.com*. https://goo.su/zzHyb

IG. (2023). ¿Qué es el índice VIX y cómo operar en él? *IG.com*. https://goo.su/Y8Tq

Ip, G. (2007, junio 9). Did Greenspan Add to Subprime Woes? *Wall Street Journal*. https://www.wsj.com/articles/SB118134111823129555

Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1987). A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. *International Statistical Review*, *55*(2) 163-172. https://doi.org/10.2307/1403192

Marks, H. (2023, abril 17). Lessons from Silicon Valley Bank. *Oaktree Capital Management*. https://goo.su/zCLOYBi

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash. *Bitcoin.org.* https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Patairya, D. K. (2022, agosto 6). ¿Qué es un mercado monetario descentralizado y cómo funciona? *Cointelegraph.com*. https://goo.su/Dm9xe0

¿Qué son los índices bursátiles y para qué sirven? (2021, junio 7). *Banco Santander.com*. https://goo.su/jfUgRD

Risk, M. R. (2003). *Cartas sobre Estadística de la Revista Argentina de Bioingeniería*. s. e. https://goo.su/qPId

Rodó, P. (2020, febrero 1). Función de autocorrelación simple. *Economipedia.com.* https://goo.su/925br

Rodríguez T., D. K. y Lorduy, J. (2013, marzo 13). El abecé de la quiebra de Silicon Valley Bank y sus impactos. *Portafolio*. https://goo.su/jXGY9

Rojas Suárez, L. (2023, marzo 16). The Fall of Silicon Valley Bank: A Warning for Emerging Markets. *Center for Global Development*. https://goo.su/5e0JMF

Romero, A. (2018, octubre 31). Bitcoin cumple 10 años: la historia de la criptomoneda que nació un 31 de octubre para asustar al sistema financiero mundial. *Blog de Derecho de los Negocios. Universidad Externado de Colombia*. https://goo.su/UUj3

S&P Dow Jones Indices. (2023, julio). S&P Digital Market Indices Methodology. *Spglobal.com*. https://goo.su/cEXinhv

S&P Global. (2023). *Index Litecy. An Investor's Guide to Indices*. https://goo.su/SUObu

Turner, J. (2023, marzo 17). Why did Silicon Valley Bank fail? *Economics Observatory*. https://www.economicsobservatory.com/why-did-silicon-valley-bank-fail

Torres Chols, M. P. (2021). Consecuencias de la crisis financiera de 2008 en Colombia: un análisis comparativo con América Latina de sus indicadores macroeconómicos. *Universidad Externado de Colombia*, 1-14. https://goo.su/NCPt3

United States Sentencing Commission. (2018). *Bitcoin Glossary: 2018 Annual National Seminar*. https://goo.su/l3uL