

Escenarios para el mercado de criptodivisas a partir de un estudio estadístico

Scenarios for the Cryptocurrency Market Based on a Statistical Study

Christian Arturo Quiroga Juárez 

Universidad Veracruzana

Veracruz - México, quirogachristian87@gmail.com

Aglaé Villalobos Escobedo 

Universidad Veracruzana

Veracruz - México, licaglaeve@gmail.com

Cómo citar / How to cite

Quiroga Juárez, C. A., y Villalobos Escobedo, A. (2023). Escenarios para el mercado de criptodivisas a partir de un estudio estadístico. *Revista CEA*, 9(20), e2530. <https://doi.org/10.22430/24223182.2530>

Recibido: 27 de septiembre de 2022

Aceptado: 23 de mayo de 2023

Resumen

El objetivo de esta investigación consistió en proponer escenarios para el mercado de criptodivisas a partir de un estudio estadístico descriptivo e inferencial de cien criptomonedas. El alcance se circunscribió al periodo de estudio y a las criptomonedas seleccionadas. La metodología de esta investigación fue cuantitativa, prospectiva y longitudinal. La hipótesis planteó que al analizar los datos históricos sería posible generar escenarios que favorezcan el entendimiento del fenómeno en estudio; además, podría ser de apoyo para la gestión de portafolios. El periodo de análisis correspondió al 28 de abril de 2013 al 4 de agosto de 2022. La fuente de los datos fue la información contenida en la plataforma de Coingecko. El aporte teórico se sustentó en el estudio de un fenómeno emergente con implicaciones sociales que ha ganado impulso mundial, influenciado por el dinamismo tecnológico y agentes gubernamentales y privados. Los resultados de este artículo permitieron describir el comportamiento histórico del mercado de cien criptomonedas; también hizo posible prospectar escenarios e identificar correlaciones entre las criptodivisas, lo cual es importante para la creación de portafolios de inversión, desde un enfoque de diversificación de riesgos. En conclusión, este artículo genera un marco de referencia para el entendimiento de la evolución del mercado de



criptomonedas a partir de una muestra por conveniencia de cien activos; igualmente, con el análisis de clúster, se realizó una clasificación de estas en función de la correlación, esto, desde un enfoque de teoría de portafolio, permitiría diversificar el riesgo.

Palabras clave: criptomonedas, gestión de riesgos, estadística multivariada, portafolio de inversión.

Clasificación JEL: Y8.

Highlights

- único agente privado puede movilizar el criptomercado.
- El modelado estadístico de los activos digitales permite prospectar escenarios para la conformación de portafolios.
- Es necesario contribuir al estudio de las criptomonedas ante la desinformación.

Abstract

This paper proposes scenarios for the cryptocurrency market based on a statistical, descriptive, and inferential study of one hundred cryptocurrencies. The scope of this study was limited to the period under consideration and the selected cryptocurrencies. The research methodology was quantitative, prospective, and cross-sectional. The hypothesis was that, by analyzing historical data, it would be possible to generate scenarios that enable an understanding of the phenomenon under study. In addition, they could support portfolio management. The period examined here was from April 28, 2013, to August 4, 2022. The data were taken from Coingecko. The theoretical contribution of this study is that it investigates an emerging phenomenon with social implications that has gained popularity worldwide thanks to the influence of technological dynamism and government and private agents. The results of this article describe the historical behavior of the market of one hundred cryptocurrencies. These results were also used to forecast scenarios and identify correlations between cryptocurrencies, which is important for risk diversification when investment portfolios are created. In conclusion, this article generates a framework to understand the evolution of the cryptocurrency market based on a convenience sample of one hundred assets. Cluster analysis was employed to classify these currencies according to their correlation—which, from the perspective of portfolio theory, could help to diversify risk.

Keywords: cryptocurrencies, risk management, multivariate statistics, investment portfolio.

JEL classification: Y8.

Highlights

- A single private agent can mobilize the crypto market.
- Statistical modeling of digital assets can be used to forecast scenarios and build portfolios.
- It is necessary to contribute to the study of cryptocurrencies to fight disinformation.

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, el mercado de criptomonedas ha tenido periodos especialmente importantes al alza y a la baja. Dos momentos relevantes fueron los años 2020 y 2021, cuando la capitalización del mercado global de estos activos digitales creció cerca de 300–%, el cual pudo haber sido alentado, además de la naturaleza volátil de los cryptoactivos, por dos motivos: el primero de ellos por la crisis sanitaria SARS-CoV-2 (Reyes, 2021), y el otro factor explicativo es la influencia de personajes públicos con el poder de movilizar los mercados, tal es el caso de Elon Musk (reconocido empresario tecnológico y fundador de Tesla Motors), quien a partir de publicaciones en sus redes sociales logró apreciar más del 45 000–% la criptomoneda Dogecoin. Este incremento se observó considerando el valor mínimo del año 2020 de 0.00468 dólares, el cual, el 26 de abril de 2021, llegó al pico de 0.68 dólares.

Mundialmente, el año 2021, según Gavrílova (2021), fue testigo de un amplio crecimiento en la diseminación de las criptomonedas, observando en el continente americano gran potencial para el desarrollo de mercados debido al amplio uso de dispositivos celulares. En América existen dos países que merecen ser mencionados: México y El Salvador.

México, en el periodo de 2019 a 2021, observó un crecimiento de 150–% en el número de usuarios de criptomonedas (Domínguez, 2021). Por otro lado, en el centro del continente americano, el presidente Nayib Bukele, en una acción única e histórica en el mundo, promovió y consiguió la aceptación de una criptomoneda (Bitcoin) para utilizarse de manera legal en El Salvador, lo que, en palabras de Bukele, promovería la inclusión financiera de miles de personas (BBC, 2021). Las razones de esta inusual e innovadora acción gubernamental, se sustentan en que operar la criptomoneda en El Salvador es más barato que operar con dólares debido a los costos logísticos (EL CEO, 2021). En 2022, el presidente Bukele mencionó que el hecho de haber dado curso legal al Bitcoin, en parte, es factor clave para el crecimiento económico de El Salvador (La Gaceta, 2022).

En contraparte, el Bitcoin en el Salvador está relacionado a un fondo gestionado por el Banco de Desarrollo de la República de El Salvador, por tanto, una caída en el precio afectaría al fondo y posiblemente a la economía del país (Uranga-Betancur, 2022). En complemento, Gorjón (2021) refirió a la preocupación enunciada por el FMI en torno a los riesgos del uso de criptomonedas, dado que el uso de cryptoactivos descentralizados pueden devenir en inestabilidad cambiaria, inflación y ausencia de instituciones intermediarias. Además, debería considerarse la brecha digital de acceso a tecnología digital, así como el costo ambiental derivado de la tecnología de producción de Bitcoin (Dilek, 2019; Wang et al., 2022).

En suma a los argumentos anteriores, Ogue (2021) refirió al contexto económico, social, así como a las amplias posibilidades en el desarrollo de criptomonedas para los negocios, como factores explicativos del éxito observado en el mercado mundial, el cual es otro de los motivantes de esta investigación. Además, la volatilidad natural de las criptomonedas y el impacto positivo de las criptomonedas en las personas, las empresas y los gobiernos (Ogue, 2021), se hace necesario entender y describir la evolución del criptomercado, argumento que motiva este artículo. Nikolova Nikolova (2021) mencionó que la naturaleza volátil y especulativa de las criptomonedas, las convierte en un interesante objeto de estudio. Este argumento se ve reforzado por los esfuerzos de Caporale y

Plastun (2019); Katsiampa et al. (2019) y Walther et al. (2019), quienes centraron sus investigaciones en la volatilidad de los criptoactivos.

Derivado de la argumentación presentada, surge la pregunta de investigación: ¿es posible modelar la evolución del mercado de criptomonedas y describir escenarios probables en función de su capitalización y precio de apertura? Asimismo, se propone, como hipótesis de investigación, que con la aplicación de los algoritmos estadísticos de análisis de clúster y el algoritmo de Holt-Winters, será posible conformar grupos de criptomonedas con comportamientos similares y proponer escenarios futuros del comportamiento de las criptomonedas en estudio. En este sentido, la investigación es pertinente en función de la poca referenciación teórica sobre cómo estudiar el mercado de criptomonedas; además, el estudio estadístico proporciona un marco de referencia para futuros estudios por la metodología usada para la clasificación y elección de activos que desde un enfoque de teoría de portafolio permite identificar activos no correlacionados que permitan disminuir el riesgo de inversión. Es importante mencionar que, de acuerdo con la referenciación bibliográfica, no existe consenso en cuanto a un marco o metodología sobre el estudio y entendimiento de los patrones de comportamiento histórico de criptomonedas.

2. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL

Una criptomoneda puede definirse como la representación de un valor digital, que no es emitido por algún banco central, institución de crédito o de dinero electrónico, pero que tiene la característica circunstancial de alternativa al dinero (Neuto Yate y Varón Quiroga, 2022; Vranken, 2017). Para Chuen et al. (2017), las criptomonedas son un subconjunto de las monedas digitales. Con base en Fry y Cheah (2016), estos activos provienen de desarrollos tecnológicos cuyo uso fue masificado a raíz de la crisis económica de 2008, la diseminación de estos activos, según Ji et al. (2019), ha sido exponencial. A pesar de que Laise y Manzo-Ugas (2019) mencionaron que no hay una definición universal de este activo digital, la criptomoneda es epicentro de una revolución global financiera, política, económica y social (García-Ramos Lucero y Rejas Muslera, 2022).

Barroilhet (2019) define las criptomonedas como *bits* con datos cuya finalidad es fungir como dinero, la diferencia es el medio de transmisión digital, además, su naturaleza les dota de aplicación universal. Las transacciones con criptomonedas son descentralizadas y se utiliza la criptografía para dar seguridad a la avenencia. Gómez y Demmler (2018) coinciden con Barroilhet (2019) en el carácter cuasi anónimo en la operatividad con criptomonedas que funcionan con la tecnología *blockchain*. Estos activos gozan de libre flotación en su tasa de intercambio, es decir, su valor depende de la oferta y demanda (Barroilhet, 2019). De esta forma, según Laise y Manzo-Ugas (2019), son una alternativa al sistema convencional, donde la intermediación de diversidad de agentes económicos es fundamental.

La criptomoneda es transable a partir de técnicas criptográficas (Caro Padrón, 2020), pero, según Cavello Serna et al. (2018); Pineda González et al. (2018), Girón Castro (2020) y García-Ramos Lucero y Rejas Muslera (2022), las criptomonedas pueden ser, además de un medio de pago, un activo de inversión. Según Agmon (2021) y Gómez y Demmler (2018), algunos beneficios de operar con criptodivisas son: la descentralización y no existencia de intermediarios, cuasi anonimato en la ejecución de pagos, así como la recompensa por minar estos activos. Para Laise y Manzo-Ugas (2019),

el valor de las criptomonedas no está intrínseco en ellas, sino que su valor está en función de la demanda.

Para entender el funcionamiento de Bitcoin es menester mencionar que la tecnología *blockchain* es fundamental para la seguridad de esta criptomoneda (Dash et al., 2023). Según Selvaraj et al. (2019), *blockchain* es el vehículo que permite realizar las operaciones de esta criptomoneda; en específico, para la arquitectura Bitcoin, es una lista de registros, también llamados bloques, que conforman una cadena unida a través de un algoritmo matemático (*hash*), donde cada uno de estos bloques contiene una lista de transacciones, un *hash* previo, un *hash* del bloque y una prueba de trabajo, esta según Nakamoto (2008) es un problema matemático que debe ser resuelto, el usuario que logre resolverlo primero o en su defecto logre validar la cadena de bloques más larga, tendrá una retribución en bitcoins por haber verificado la transacción.

Laise y Manzo-Ugas (2019) y Vidan y Lehdonvirta (2019) mencionaron que cada criptomoneda es única y existe un registro, en el *blockchain*, de cada activo creado y transferido, la manera de almacenarles es una cartera digital con una clave privada asociada e irrecuperable.

Con base en Nakamoto (2008), la estructura de bitcoin configura un sistema descentralizado de transacciones, en el cual todos los nodos de la red pueden verificar las transacciones, la forma de hacerlo se encuentra sustentada en la tecnología *blockchain*. Asimismo, hay riesgos inherentes al uso como: irreversibilidad de la transacción (una vez realizado un pago es imposible deshacerlo), posibilidad de utilizar los mecanismos de operación con fines ilícitos, incertidumbre legal y riesgos de inversión (Laise y Manzo-Ugas, 2019).

Con la difusión internacional vivida en 2021 que han tenido los criptoactivos, es posible observar indeterminación en el marco institucional regulatorio para estos activos, por ello es necesario diseñar aparatos legales de unificación de criterios globales.

Limba et al. (2019) señalaron que Bitcoin y la tecnología *blockchain* han tenido una amplia difusión, pero también advierten que en algunas regiones podría resultar ilegal, lo que lleva a una amplia discusión sobre la parte social y regulatoria. Estas consideraciones de análisis suponen grandes oportunidades de arbitraje (Czapliński y Nazmutdinova, 2019). Dentro de estas discusiones, más allá de la parte económica, Taran et al. (2015) destacaron la existencia de dos posturas: los que creen que el uso de criptomonedas es una trampa y los que piensan que será la moneda del futuro. Por una parte, el uso masivo resulta prometedor dado el nivel de avance tecnológico (Ashimbayev y Tashenova, 2018), y por el otro, al existir una falta de regulación legislativo, podría advertirse como un peligro (Lukianchuk et al., 2017). En este sentido, Makarov y Schoar (2020) mencionaron la necesidad de análisis sistemático de estos mercados, especialmente en el arbitraje y la formación de precios.

La regulación de las criptomonedas ha sido un tema apremiante en términos globales, siendo valioso debido a que a globalmente los países han asumido diversas posturas y medidas regulatorias, algunos han acogido la moneda virtual para el comercio electrónico, pero en algunos países, como China, se ha limitado su uso (Griffith y Clancey-Shang, 2023). Pese a esto, debido al fenómeno de popularidad que han presentado las criptomonedas derivado de su portabilidad, divisibilidad, transparencia y resistencia a la inflación, algunos bancos centrales han expresado la intención de lanzar sus propias

criptodivisas, lo que ha impulsado un incremento en las investigaciones desde la academia en torno al marco regulatorio, la eficiencia de precios, liquidez, inversión, diversificación de carteras, entre otros (Pattnaik, et al., 2023). En América latina se observan tres posturas gubernamentales: prohibición, no prohibición y sin postura precisa. En la categoría de prohibición se encuentran Bolivia y Ecuador, en no prohibición se observan a Uruguay, Colombia, Venezuela, Brasil y Argentina. En la tercera categoría se encuentran México, Panamá, Perú y Chile (Gavrílova, 2021).

3. METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación es cuantitativa, prospectiva y longitudinal. Tiene por hipótesis de investigación que al analizar los datos históricos será posible generar escenarios que favorezcan el entendimiento del fenómeno en estudio, además, podría ser de apoyo para la gestión de portafolios.

El primer paso consistió en obtener las observaciones diarias de la plataforma Coingecko respecto a las variables de precio de apertura y capitalización del mercado, entendida esta variable como un indicador que mide el precio del activo multiplicado por el número de activos en circulación en algún momento determinado (la selección de variables para estudios sobre criptomonedas no tiene por ahora consenso sobre cuál variable usar, sin embargo, según Quiroga Juárez y Villalobos Escobedo (2016), las variables de precio y volumen permiten detectar patrones y hacer pronósticos en el mercado de valores, por tanto, resultan relevantes para este análisis), asociadas a cien criptomonedas, para el periodo del 28 de abril de 2013 al 4 de agosto de 2022.

Los cien activos estudiados mantienen una estructura ordinal en función de la capitalización del mercado entendida como «el precio de las monedas virtuales multiplicado por la cantidad de monedas en el mercado» (Reyes, 2021, párr. 4); es decir, la criptomoneda listada con el número 1 de la tabla 1 representa mayor capitalización de mercado que la listada con el número 2, y este mecanismo se generaliza hasta la criptomoneda ubicada en la posición 100. Es importante aclarar que la información que muestra la plataforma es dinámica y el criterio ordinal se ajusta de acuerdo con la capitalización de los últimos siete días, por ello se optó por definir un periodo de recolección de datos que fuera inferior a siete días para afectar en lo mínimo el criterio de orden (las observaciones se llevaron a cabo del 6 al 12 de agosto de 2022).

Con la información obtenida, se construyó una matriz de datos inicial de 3384 filas y 200 columnas. Las filas son correspondientes a cada uno de los días de observación (la frecuencia de observación fue diaria) asociados con cada activo. Las columnas contienen las variables de precio de apertura y capitalización del mercado de cada criptomoneda durante el periodo de estudio. La primera columna es el precio de cierre histórico de la criptomoneda listada con el número 1, la segunda columna es la capitalización de mercado histórica de la criptomoneda listada con el número 1, así sucesivamente hasta obtener precio de cierre y capitalización de la centésima criptomoneda.

Es deber mencionar que en esta matriz de datos inicial hubo 257 249 observaciones, en las cuales hubo valores perdidos debido a que no todas las criptomonedas tienen el mismo periodo de operaciones, por ello fue necesario definir criterios para homogeneizar el periodo y evitar el problema de valores perdidos. El primero fue identificar las criptomonedas que tuvieran

observaciones para todo el periodo y sobre ellas describir su comportamiento estadístico, considerando la variable de capitalización de mercado. Consecuentemente, se optó por analizar la misma variable en subperiodos: el primero corresponde a estudiar el año 2018, porque es un punto de inflexión para la criptomoneda más representativa (Bitcoin); en diciembre de 2017 se observó un precio cercano a 20 000 USD y, al final de 2018, el precio llegó a poco menos de 4000 USD.

Los años de estudio son relevantes porque, a finales del año 2019, se descubrió el COVID-19, un año paradigmático en lo social, político y tecnológico. Los subperiodos de 2020, 2021 y parte de 2022 (enero-agosto) son relevantes por ser los años de etapa de pandemia y nueva normalidad.

Subsecuentemente, y con la intención de pronosticar sobre el conjunto de datos del año 2022, se aplicó el algoritmo de Holt-Winters, contenido en la paquetería para R, llamada *forecast*. Según Castillo Marroquín (2019) deriva del suavizado exponencial para conjuntos univariados. Además, con este algoritmo se puede modelar el comportamiento de la serie en función de nivel, tendencia y estacionalidad (Millán Rodríguez, 2017). Si el lector desea profundizar la matemática del algoritmo, se sugiere consulte Holt (2004) y Winters (1960).

Consecuentemente, y en orden de obtener una clasificación en función del precio de apertura de las criptomonedas listadas en conjunto del año 2022, se aplicó el análisis de clúster *k-means*, retomado de Hartigan y Wong (1979). Este método, según Díaz (2007), permite dividir el conjunto original en grupos que poseen la mayor correlación entre los miembros del grupo y les aleja de los miembros de otros grupos con los cuales son disímiles. Este método tiene la capacidad de encontrar grupos sin un marco de referencia previo para la formación de los mismo (clasificación a partir de una estructura natural).

El software utilizado para realizar el estudio fue R, las librerías fueron *tidyverse*, *cluster*, *factoextra*, *NbClust* y *tidyr*. En este estudio se adaptó la referencia de codificación de Vallejo-Medina (2020).

4. RESULTADOS

El primer resultado fue haber obtenido las cien criptodivisas que durante el periodo de observación mostraron mayor capitalización del mercado. En cada una de las casillas se encuentra la clave asociada al nombre de la criptomoneda (ver Tabla 1).

Es importante recordar que el número a la izquierda de cada criptomoneda indica un criterio ordinal decreciente; es decir, la criptomoneda 1 Bitcoin (BTC) tuvo mayor capitalización de mercado que la 2 Ether (ETH), y esta, a su vez, más que la posterior.

En la Tabla 2 se presenta históricamente el número de criptomonedas creadas año con año para el periodo de 2013 a 2022. Cabe destacar que, aunque Bitcoin fue creada en 2009, la información contenida en la plataforma de consulta mantiene registro desde 2013.

Al final de 2013, solo había dos de las cien criptomonedas en estudio. Para 2014 se agregaron dos más; en 2015 aparecieron tres criptodivisas, y en 2016 se añadieron dos más, llegando a nueve. En 2017 se listaron cuatro; en 2018 hubo un incremento notorio, llegando a veintisiete; en 2019 se

agregan quince más, logrando un acumulado de cuarenta y dos. 2020 y 2021 comparten el mismo número de criptoactivos añadidos: 22, alcanzando ochenta y seis al final de 2021. Hasta el periodo de observación, en 2022 se agregaron catorce más, acumulando así cien.

Tabla 1. Identificación de las criptomonedas en estudio

Table 1. List of the cryptocurrencies studied here

1. BTC Bitcoin	11. DOGE Dogecoin	21. NEAR Near Protocol	31. BCH Bitcoin cash	41. SAND The Sandbox	51. BSV BitcoinSV	61. CETH Ceth	71. BIT Bit Dao	81. XRD Radix	91. KSM Kusama
2. ETH Ether	12. AVAX Avalanche	22. LEO Leo Token	32. ALGO Algorand	42. QNT Quant	52. HNT Helium	62. BTT Bit Torrent	72. USDD Usdd	82. AMP Amp	92. MINA Mina Protocol
3. USDT Tether	13. STETH Lido staked ether	23. LINK Chain Link	33. VET Vechain	43. AXS Axie Infinite	53. GRT The graph	63. SNX Synthetix Network	73. AR Arwave	83. PAXG Pax Gold	93. DFI DeFi Chain
4. USDC USD coin	14. SHIB Shiba Inu	24. LTC LiteCoin	34. FIL Filecoin	44. THETA Theta Network	54. CEL Celsius Network	64. HBTC Huobi BTC	74. GT Gate	84. WAVES Waves	94. CRV Curve DAO
5. BNB BNB	15. DAI Dai	25. UNI Uniswap	35. APE Ape coin	45. AAVE Aave	55. KCS Kucoin	65. XEC Ecash	75. CAKE Pancake Swap	85. DASH Dash	95. EVMOS Evmos
6. XRP XRP	16. MATIC Polygon	26. FTT FTX	36. ICP Internet Computer	46. EGLD Elrond	56. CUSDC Cusdc	66. KLAY Klaytn	76. USDN NeutrinoU SD	86. GMT Stepn	96. NEXO Nexo
7. ADA cardano	17. TRX Tron	27. CRO Cronos	37. MANA Decentral and	47. FRAX Frax	57. FTM Fantom	67. CHZ Chiliz	77. BAT Basic Attention	87. LRC Loopring	97. CELO Celo
8. BUSD Binance USD	18. WBTC Wrapped Bitcoin	28. ATOM Cosmos Hub	38. XCN Chain	48. LDO Lido Dao	58. ZEC Zcash	68. NEO Neo	78. ZIL Zilliqa	88. KAVA Kava	98. XDC Network
9. Sol Solana	19. ETC Ethereum Classic	29. XLM Stellar	39. HBAR Hedera	49. EOS Eos	59. MIOTA lota	69. HT Huobi	79. STX Stacks	89. 10SET Tenset	99. OMI Ecomi
10. DOT Polkador	20. OKB OKB	30. XMR Monero	40. XTZ Tezos	50. TUSD TrueUSD	60. MKR Maker	70. CDAI C dai	80. ENJ Enjin Coin	90. BTG Bitcoin Gold	100. TKX Tokenize Xchange

Fuente: elaboración propia.

Análisis estadísticos descriptivos

De la estadística descriptiva se consideraron las medidas de media, mediana, valor mínimo, valor máximo y cuartiles (primero, segundo y tercero). En la Tabla 3 (columna 2 y 3) se reportan los resultados de estas medidas asociados con la capitalización de mercado de Bitcoin y Litecoin, el

periodo es de 2013 a 2022. Es importante aclarar que los valores presentados en las tablas siguientes están expresados en dólares de Estados Unidos.

Tabla 2. Recuento anual de creación de las cien criptomonedas en estudio
Table 2. Timeline showing the year when each cryptocurrency was introduced

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BTC Bitcoin	XRP XRP	DASH Dash	ETH Ether	ETC Ethereu m Classic	BNB BNB	USDC USD coin	BUSD Binance USD	Sol Solana	EVMOs Evmos
LTC LiteCoin	Dogecoin	XMR Monero	USDT Tether	ZEC Zcash	ADA cardano	OKB OKB	DAI Dai	DOT Polkadot	MINA Mina Protocol
		XLM Stellar		NEO Neo	TRX Tron	VET Vechain	MATIC Polygon	AVAX Avalanch e	10SET Tenset
				WAVES Waves	LINK Chain Link	XTZ Tezos	WBTC Wrapped Bitcoin	STETH Lido staked ether	GMT Stepn
					BCH Bitcoin cash	QNT Quant	LEO Leo Token	SHIB Shiba Inu	XRD Radix
					MANA Decentral and	THETA Theta Network	FTT FTX	NEAR Near Protocol	USDD Usdd
					EOS Eos	TUSD TrueUSD	CRO Cronos	UNI Uniswap	BIT Bit Dao
					KCS Kucoin	BSV BitcoinSV	ATOM Cosmos Hub	FIL Filecoin	XEC Ecash
					MIOTA Iota	CEL Celsius Network	ALGO Algorand	EGLD Elrond	BTT Bit Torrent
					MKR Maker	FTM Fantom	HBAR Hedera	SAND The Sandbox	GRT The graph
					BAT Basic Attention	SNX Sinthetix Network	CUSDC Cusdc	AXS Axie Infinite	LDO Lido Dao
					ENJ Enjin Coin	HT Huobi	KLAY Klaytn	AAVE Aave	XCN Chain

	LRC Loopring	ZIL Zilliqa	CHZ Chiliz	FRAX Frax	ICP Internet Computer
	BTG Bitcoin Gold	NEXO Nexo	CDAI C dai	HNT Helium	APE Ape coin
		XDC Network	AR Arwave	CETH Ceth	
			GT Gate	HBTC Huobi BTC	
			STX Stacks	CAKE Pancake Swap	
			PAXG Pax Gold	USDN Neutrino USD	
			KAVA Kava	AMP Amp	
			KSM Kusama	DFI DeFi Chain	
			OMI Ecomi	CRV Curve DAO	
			TKX Tokenize Xchange	CELO Celo	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Resumen estadístico de las criptomonedas (periodos 2013-2022)

Table 3. Statistical summary of the cryptocurrencies (2013–2022)

Estadísticos	BTC Bitcoin	LTC LiteCoin
Min	771 400 000	38 290 000
Max	1 279 000 000 000	25 680 000 000
Media	197 400 000 000	3 632 000 000
Mediana	68 960 000 000	2 566 000 000
Q1	6 666 000 000	1 784 000 000
Q2	68 960 000 000	2 566 000 000
Q3	186 700 000 000	5 099 000 000

Fuente: elaboración propia.

Para Litcoin, el valor mínimo es 38 290 000, el máximo es 25 680 000 000, que representa un 67 067-%, aproximadamente, con respecto al mínimo. Con base en Q2, se evidencia que el 50-% de las observaciones está por debajo de 2 566 000 000. Como dato adicional, el precio máximo de bitcoin llegó a 67 615. 01 USD, correspondiente al 9 de noviembre de 2021.

En complemento, las gráficas de la Figura 1 representan la evolución histórica de la capitalización diaria de cierre del mercado de Bitcoin para el periodo de 2013 a 2022 (gráfica de la izquierda), la evolución de la capitalización de mercado de Litcoin se ilustra en la gráfica del medio. La tercera grafica describe el comportamiento histórico de la suma de capitalizaciones de mercado, tanto de Bitcoin, como Litcoin.

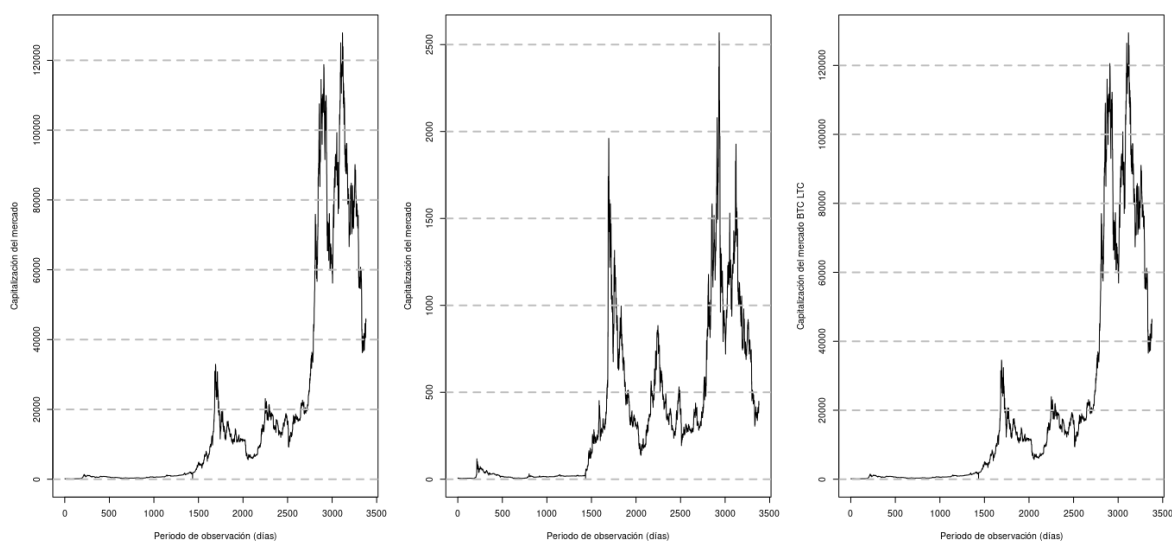


Figura 1. Evolución histórica de la capitalización del mercado de Bitcoin y Litcoin

Figure 1. Historical evolution of the market capitalization of Bitcoin and Litcoin

Fuente: elaboración propia.

Se observa la gráfica de la izquierda (Bitcoin) que desde aproximadamente el día 1500 de la serie comienza a subir la capitalización, cerca del día 2000 hay una corrección y baja. Después del día 2500, y hasta después del día 3000, surge la tendencia con pico más alto, el cual tuvo un descenso al final de la gráfica (correspondiente a 2022).

En la Figura 1, gráfica segunda de Litcoin, muestra un patrón diferente al de Bitcoin. Entre el día 1500 y el día 2000 (aproximadamente) se encuentra el segundo pico más alto de la serie. El primero se localiza entre el 2500 y 3000, posteriormente tiene una corrección, pero vuelve a subir a alrededor del nivel del segundo pico. La distribución de los tres picos más altos se encuentra después del día 1500, a diferencia de la gráfica de Bitcoin que tiene los picos mayores después del día 2500.

La grafica 3 de sumatoria de capitalizaciones, tiene un patrón similar al de Bitcoin, esto se debe a que la capitalización de Bitcoin es mucho mayor que la de Litcoin a pesar de ser activos con negociaciones desde el mismo año. Es importante aclarar que los ejes de ordenadas de las gráficas de la Figura 1 se encuentran en escala de 1 a 10 000 000.

En la tabla 4 se presenta un resumen estadístico de las criptomonedas consideradas en el periodo del año 2018 al 2019. En la columna 2 se reportan los resultados del análisis estadístico descriptivo de la variable de la suma de las capitalizaciones de mercado de las veintisiete criptomonedas listadas hasta 2018. En la tercera columna se representan los resultados respecto a la suma de capitalizaciones de 2019. Se optó por representar el análisis descriptivo en función de la suma de las capitalizaciones porque resulta más práctico debido al incremento en el número de criptomonedas (para 2018 son veintisiete y para 2019 son cuarenta y dos).

Tabla 4. Resumen estadístico de las criptomonedas (2018 y 2019)

Table 4. Statistical summary of the cryptocurrencies (2018–2019)

Estadísticos	Suma capitalizaciones año 2018	Suma capitalizaciones año 2019
Min	94 430 000 000	104 400 000 000
Max	670 600 000 000	339 700 000 000
Media	26 531 5000 000	199 779 632 113
Mediana	235 751 750 770	207 356 615 900
Q1	190 400 000 000	138 400 000 000
Q2	235 751 750 770	207 356 615 900
Q3	329 900 000 000	250 300 000 000

Fuente: elaboración propia

Se observa en la tabla 4 que para el año 2018 hay un valor mínimo de 94 430 000 000, el máximo fue de 670 600 000 000, que representa un 710.15-% con respecto al mínimo. Para el año 2019, el valor mínimo fue de 104 400 000 000, el máximo de 339 700 000 000, representando un 325.38-% respecto al mínimo.

El valor mínimo de 2019 es mayor que el de 2018. El valor máximo de 2018 es mayor (casi por el doble) que el observado en 2019 (ver Tabla 4). Esta comparativa resulta interesante desde un enfoque de evolución histórica que permite ver el crecimiento en capitalización del mercado, variable relacionada con un interés mayor de personas que ingresan al mercado o aumentan su nivel previo de participación.

La Figura 2 contiene las gráficas de la evolución en la suma de capitalizaciones del mercado de 2018 (gráfica de la izquierda) y 2019 (gráfica de la derecha).

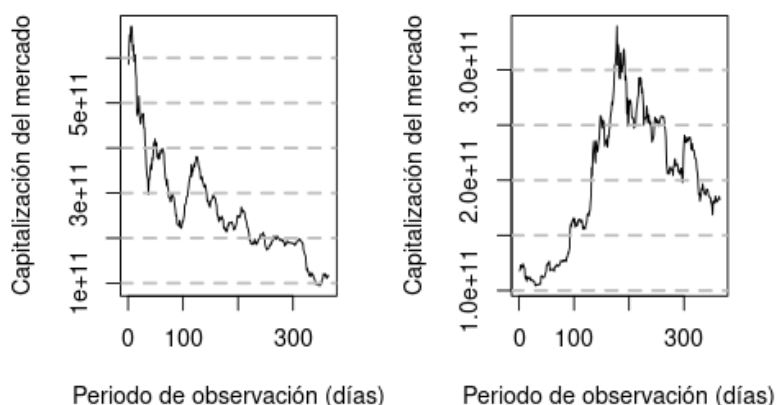


Figura 2. Evolución histórica de la capitalización del mercado de 2018 y 2019

Figure 2. Historical evolution of the sum of market capitalizations from 2018 to 2019

Fuente: elaboración propia.

El año 2018 inicia con un volumen mucho mayor al de su cierre, aunque hay correcciones la tendencia es evidente a la baja. En 2019 el volumen se muestra por debajo del cierre. Se observan dos tendencias: una al alza, para la primera mitad de la serie, y otra a la baja, para la segunda mitad. Sin embargo, suponiendo una línea de canal de inicio al fin del periodo, la tendencia es al alza.

La Tabla 5, en las columnas 2, 3 y 4, muestra los resultados de las sumas respectivas por año, de las capitalizaciones de mercado de las criptomonedas en estudio. Para el año 2020, en total, se sumaron los valores de capitalización de sesenta y cuatro criptomonedas, Para el año 2021, el valor de capitalización corresponde a ochenta y seis criptomonedas y, para el año 2022, se consideró la suma de cien criptoactivos.

Tabla 5. Resumen estadístico de las criptomonedas en estudio (periodos 2020, 2021 y 2022)

Table 5. Statistical summary of the cryptocurrencies (2020–2022)

Estadísticos	Capitalizaciones año 2020	Capitalizaciones año 2021	Capitalizaciones año 2022
Min	140 700 000 000	760 700 000 000	849 000 000 000
Máx	736 400 000 000	2 764 000 000 000	2 138 000 000 000
Media	310 488 356 454	1 795 238 000 000	1 524 139 000 000
Mediana	267 497 350 152	1 822 501 000 000	1 655 430 000 000
Q1	241 000 000 000	1 442 000 000 000	1 221 000 000 000
Q2	267 497 350 152	1 822 501 000 000	1 655 430 000 000
Q3	346 100 000 000	2 136 000 000 000	1 808 000 000 000

Fuente: elaboración propia.

Los valores mínimos de los tres periodos de la Tabla 5 incrementaron a través del tiempo: el mínimo de 2021 es mayor que el de 2020, a la vez el mínimo de 2022 es mayor al de 2021. Para los valores máximos el mayor fue observado en 2021 (pero es importante decir que este estudio considera solo una parte del 2022 por lo que es posible que cuando existan datos de todo el año completo este número cambie). En términos del valor promedio también se observa un valor mayor en 2021 (pero es importante recordar que esta medida es sensible a valores extremos). La Figura 3 muestra la evolución histórica en los tres años descritos en la Tabla 5.

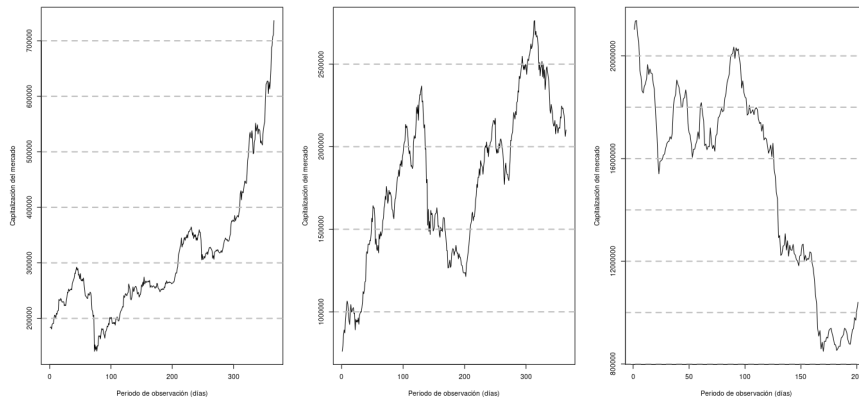


Figura 3. Evolución histórica de la capitalización del mercado de 2020, 2021 y 2022
Figure 3. Historical evolution of the sum of market capitalizations from 2020 to 2022
Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 contiene las gráficas de la evolución en la suma de capitalizaciones del mercado de 2020 (gráfica de la izquierda), 2021 (gráfica del centro) y 2022 (gráfica de la derecha). Los valores de la escala del eje Y de cada gráfica representan millones. En 2020 se observa que cerca de los primeros cincuenta días, la capitalización crecía, luego hubo una corrección hacia abajo, pero a partir de ahí el crecimiento fue constante durante todo el año. En 2021, durante un periodo cercano a cien días, la línea de tendencia fue al alza con una profunda corrección hasta cerca del día 200. En seguida, la capitalización siguió creciendo para cerrar el año con una notoria tendencia alcista. En 2022 se observa una clara tendencia a la baja, aunque al final del periodo en estudio parece haber una corrección.

Escenarios a futuro

Con base en el algoritmo Holt-Winters fue posible realizar proyecciones considerando el periodo en estudio del año 2022, donde se consideró proyectar a tres, seis y nueve meses, lo cual se expone en la Figura 4.

En la Figura 4 se muestran tres gráficas, la primera de ellas corresponde a la proyección a tres meses, cuyo escenario traza hasta finales del año 2022. La segunda corresponde a la proyección de seis meses, la cual considera el inicio de 2023. Y la tercera se asocia con nueve meses. Para los tres casos se pronostica que los valores seguirán en descenso.

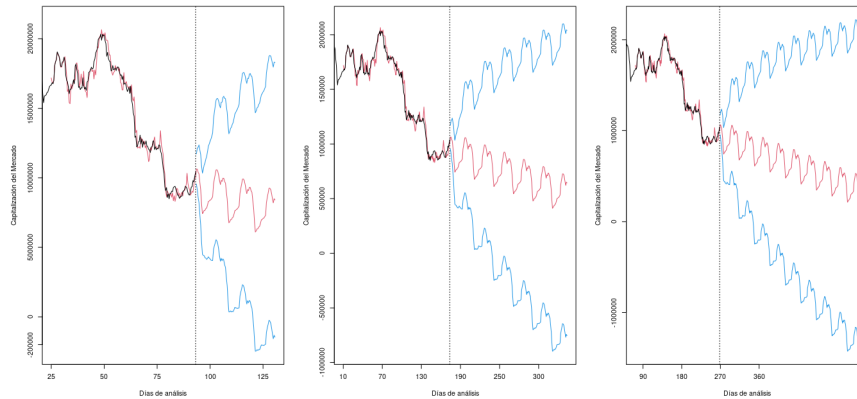


Figura 4. Escenarios probables
 Figure 4. Probable scenarios
 Fuente: elaboración propia.

Análisis de clúster

Para revisar la pertinencia de conglomerar el conjunto de datos, se procedió a realizar una matriz de distancias (al conjunto de datos normalizados) utilizando la distancia Manhattan, la cual asocia a todos los individuos en estudio (criptomonedas). Se observaron correlaciones aceptables para proceder al estudio de clústeres. El análisis de conglomerados se realizó a través del método *k-means*, para la elección del número de clúster a formar se consideraron los criterios de los métodos: kl, ch, silhouette, db, duda, pseudot2, beale, ratkowsky, ptbiserial, gap, mcclain, gamma, gplus, dunn, sdindex, ball, frey, tau, Hubert, dindex, hartigan, ccc, cindex, sdbw. Los criterios (sugeridos en Vallejo-Medina, 2020), y los clústeres se reportan en la Tabla 6.

Tabla 6 número de clúster sugeridos
 Table 6 Suggested numbers of clusters

Criterios	Número de clústeres sugeridos
Silhouette, db, duda, pseudot2, beale, ratkowsky, ptbiserial, gap, mcclain, gamma, gplus, dunn, sdindex.	2
ball, frey, tau, Hubert, dindex.	3
hartigan, ccc.	5
cindex, sdbw.	6

Fuente: elaboración propia.

De los veinticuatro criterios consultados, trece sugieren utilizar dos clústeres; cinco criterios proponen tres clústeres; dos criterios sugieren cinco clústeres y otros dos criterios sugieren seis clústeres. La decisión es optar por dos clústeres obteniendo los conjuntos de la Tabla 7.

Tabla 7. Identificación de grupo 1 y grupo 2
 Table 7. Classification of cryptocurrencies into Clusters 1 and 2

Grupo 1	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 2	Grupo 2	Grupo 2	Grupo 2	Grupo 2	Grupo 2	Grupo 2	Grupo 2
USDT Tether	USDC USD coin	BTC Bitcoin	STETH Lido staked ether	AXS Axie Infinite	XEC Ecash	PAXG Pax Gold	DOT Polkadot	LTC LiteCoin	FIL Filecoin	NEXO Nexo
BUSD Binance USD	LEO Leo Token	ETH Ether	DAI Dai	AAVE Aave	CHZ Chiliz	DASH Dash	AVAX Avalanche	FTT FTX	ICP Internet Computer	XDC Network
TRX Tron	XCN Chain	BNB BNB	ETC Ethereum Classic	EOS Eos	HT Huobi	LRC Loopring	SHIB Shiba Inu	ATOM Cosmos Hub	XTZ Tezos	TKX Tokenize Xchange
APE Ape coin	CDAI C dai	XRP XRP	NEAR Near Protocol	BSV BitcoinSV	BIT Bit Dao	KSM Kusama	MATIC Polygon	XMR Monero	QNT Quant	
FRAX Frax	USDD Usdd	ADA Cardano	LINK Chain Link	GRT The graph	AR Arwave	DFI DeFi Chain	WBTC Wrapped Bitcoin	ALGO Algorand	HETA Theta Network	
10SET Tenset	USDN NeutrinoUSD	Sol Solana	BCH Bitcoin cash	KCS Kucoin	CAKE Pancake Swap	CELO Celo	OKB OKB	NEO Neo	WAVES Waves	
EVMOs Evmos	GMT Stepn	DOGE Dogecoin	VET Vechain	FTM Fantom	BAT Basic Attention	OMI Ecomi	ZEC Zcash	GT Gate	KAVA Kava	
TUSD TrueUSD		UNI Uniswap	MANA Decentraland	MIOTA Iota	STX Stacks	LDO Lido Dao	MKR Maker	ZIL Zilliqa	BTG Bitcoin Gold	
CUSDC Cusdc		CRO Cronos	HBAR Hedera	CETH Ceth	XRD Radix	HNT Helium	HBTC Huobi BTC	ENJ Enjin Coin	MINA Mina Protocol	
BTT Bit Torrent		XLM Stellar	SAND The Sandbox	SNX Synthetix Network	EGLD Elrond	CEL Celsus Network	KLAY Klaytn	AMP Amp	CRV Curve DAO	

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 7 contiene la identificación de los elementos de los dos clústeres formados a partir del análisis de clúster: el grupo 1 es contenedor de diecisiete criptomonedas. De la columna 3 a la columna 11 se encuentran ochenta y tres criptomonedas. La formación de los grupos puede visualizarse gráficamente en la Figura 5.

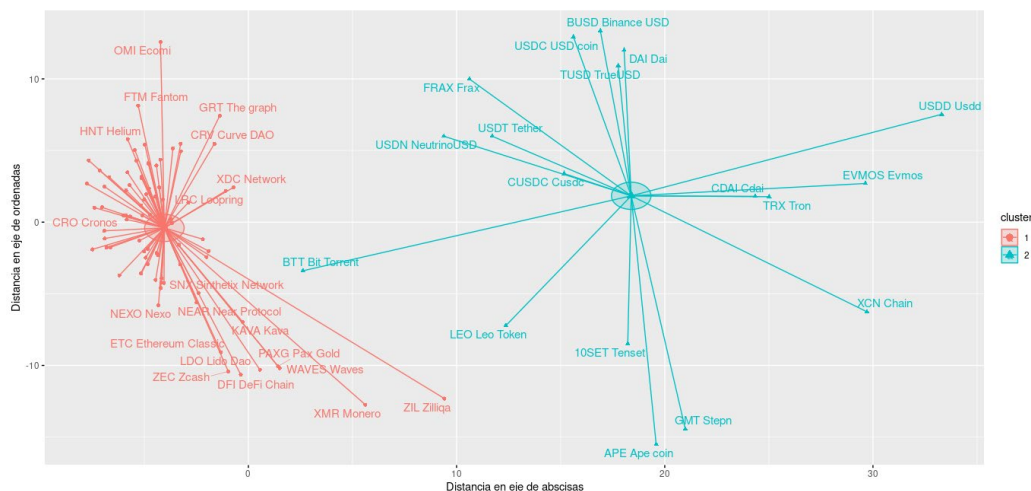


Figura 5. Formación de clústeres

Figure 5. Cluster formation

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5 se aprecian los dos grupos, resultado del análisis de clúster. El grupo mayor es el identificado con el color azul, es posible identificar sus ochenta y tres elementos. El otro grupo, formado por diecisiete elementos, se identifica con el color rojo. El tamaño de los vectores representa la distancia que tiene cada elemento con respecto al centroide de su respectivo clúster. La formación de clústeres es relevante porque proporciona una caracterización de las criptomonedas en estudio, considerando el indicador de precio de cierre. Esto podría favorecer la gestión de portafolios de inversión considerando que cada grupo mantiene correlación con cada uno de sus elementos, pero no con los del otro grupo.

Es importante mencionar que el algoritmo de análisis de clúster permite definir agrupaciones de elementos que mantienen comportamiento similar en términos de la variable en estudio (Li y Wu, 2012). En este caso fue el precio de las criptomonedas, por lo tanto, definir alguna caracterización adicional a la aquí planteada resulta ajena al objetivo establecido para este algoritmo y, asimismo, podría ser objeto de una investigación subsecuente.

5. DISCUSIÓN

La revisión de la literatura configuró en sí un resultado importante, derivado de que el objeto de estudio se encuentra en la intersección del paradigma tradicional de la economía, los negocios y la diseminación dinámica de las tecnologías de la información. Se observaron dos formas de aproximarse al objeto en estudio, *desde el desconocimiento del objeto de estudio* y *desde el aporte positivo del fenómeno a la economía*.

Los autores de este artículo reconocen la importancia y crecimiento mundial que se ha observado en el mercado de las criptodivisas, además del impacto positivo en las personas, empresas y gobiernos, encontrando sustento en los trabajos de Ogue (2021) y Fernández (2021). En suma, la tecnología *blockchain* ofrece seguridad de transacciones impidiendo por definición la manipulación de los

activos (Nakamoto, 2008). Asimismo, el enfoque en el modelado estadístico, aplicado en esta investigación, resulta cercano a los trabajos de Caporale y Plastun (2019); Katsiampa et al. (2019) y Walther et al. (2019), situando a estas investigaciones en la misma postura, aquella que asumen un *aporte positivo a la economía*.

En contraste a la postura de *aporte positivo a la economía*, se observó en la literatura un sentimiento negativo sobre estos activos. Reina Camacho (2021) y Delbert (2021) apuntaron el efecto en el medio ambiente, proveniente de su naturaleza y uso intensivo de los recursos eléctricos. En esta perspectiva de sentimiento negativo, se lee, en Martín (2022), un descrédito a la tecnología *blockchain* y al sistema descentralizado en el cual se ha gestado el ecosistema del criptomercado.

De estas ideas cobra sentido lo expresado por Reina Camacho (2021), quien refiere que aún hay desinformación respecto a la naturaleza y operatoria de las criptodivisas. Es así como los autores apuntan la necesidad de contribuir a este fenómeno de estudio a través de los resultados de esta investigación.

A través del análisis de la evolución histórica de las criptodivisas, en suma, con revisión bibliográfica, se dio luz al fenómeno en estudio, permitiendo observar el poder de influencia que un único agente privado, Elon Musk, demostró para movilizar y apreciar el mercado, en específico, según Reyes (2021), el Dogecoin, a un nivel de 14 000-%, a partir de un *tweet* en su red social. Este impulso a un activo surgido *no de las instituciones gubernamentales* contraponen a la teoría económica dominante en la cual el papel de los bancos centrales es fundamental.

A partir de la tendencia alcista del criptomercado, en el caso de Latinoamérica en el entorno gubernamental, el presidente salvadoreño, Nayib Bukele, propició, en 2021, la adición de una nueva ley para dar curso legal a bitcoin, lo que podría ser percibido como una acción de innovación financiera y social o, desde lo mencionado por Uranga-Betancur (2022), supondría la aceptación de un riesgo no calculado.

En este sentido, el caso salvadoreño, de acuerdo con Limba et al. (2019), configura un escenario de discusión sobre el impacto social del uso de criptomonedas.

Con base en los argumentos planteados, en los cuales se interrelacionan decisiones e intereses de la empresa privada, el Gobierno y la implicación de estas acciones en la sociedad, hacen necesario el modelado de la evolución histórica de los activos digitales. Se observó que, en el año 2018, la tendencia fue a la baja y, para 2019, hubo una corrección, cerrando el año por encima de 2018. Para el caso de 2020, se observó un cierre con tendencia alcista con capitalización del mercado mucho mayor que 2019. El año 2021, consecutivamente, cerró en números mayores con respecto al 2020. En el año 2022 hubo corrección a la baja, pero, hasta el momento de concluir el análisis (septiembre 2022), la capitalización aún se encontraba por encima del valor máximo de 2020.

6. CONCLUSIONES

A partir de esta investigación se analizó, en términos estadísticos, cómo se ha comportado la muestra de criptomonedas analizada en este estudio. La fuente de consulta fue la plataforma Coingecko, la

cual contiene datos libres e históricos desde el año 2013, cuyos registros contienen precios de apertura y volumen de mercado, los cuales permiten hacer una aproximación estadística al objeto de estudio. El análisis permitió ver la evolución de las criptomonedas en términos de creación de activos y capitalización de mercado. En el año 2013 existían dos criptomonedas y al final del periodo (agosto 2022) la plataforma contenía 6000 criptodivisas. Con base en la página de El Mundo Financiero (2021), veinte criptomonedas representan el 90% del mercado total, para este estudio de las 6000 criptomonedas disponibles se eligieron las cien con mayor capitalización del mercado, en el periodo de estudio.

En la evolución histórica de capitalización del mercado de Bitcoin se aprecian patrones con picos y valles muy pronunciados, esto indica alta volatilidad del activo. Al ser la criptomoneda más representativa de las existentes, su patrón de comportamiento afecta a otras, tal es el caso de Litecoin.

Se destaca que el análisis de clúster permite clasificar las criptomonedas con comportamiento similar en un conglomerado común y alejándose de aquellas con menor correlación. Estos resultados son especialmente importantes para la teoría de portafolio, dado que el método usado maximiza las distancias entre elementos no comunes, podrían considerarse los dos grupos formados para diversificar un portafolio y así, al tener activos no correlacionados en la cartera, disminuirá el riesgo de inversión.

Los escenarios prospectivos derivados de la aplicación del análisis de clúster y del algoritmo de Holt-Winters permiten dar validez a la hipótesis de investigación y responder a la pregunta de investigación. A través de dicho algoritmo, se describieron escenarios probables (entendiendo escenario desde la definición de la RAE que enuncia es una *posibilidades o perspectivas de un hecho o de una situación*) que permitirían indicar periodos de compra o venta; sin embargo, debe recordarse que las criptomonedas son activos de alta volatilidad y podría encontrarse el mercado en una etapa previa a un nuevo valle más profundo. Los autores proponen que el estudio del criptomercado sea analizado a la luz de la posible relación con el incremento en el uso del comercio electrónico suscitado durante la etapa de mayor afectación por la pandemia COVID 19, además de contemplar las implicaciones de la participación de agentes individuales con alto poder de influencia que movilizan los mercados de criptomonedas, los cuales son altamente complejos y dinámicos. Por tal motivo, los autores proponen futuras líneas de investigación que consideren lo planteado.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores, Christian Arturo Quiroga Juárez y Aglaé Villalobos Escobedo, declaramos que no presentamos conflictos de interés financiero, profesional o personal que pueda influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos o en las interpretaciones propuestas.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Para el desarrollo de este proyecto todos los autores han realizado una contribución significativa especificada a continuación:

Christian Arturo Quiroga Juárez: trabajó en conceptualización de la idea, diseño de la metodología, desarrollo de la investigación, redacción y revisión final.

Aglaé Villalobos Escobedo: trabajó en conceptualización de la idea, diseño de la metodología, desarrollo de la investigación, redacción y revisión final.

REFERENCIAS

- Agmon, T. (2021). The new distributed digital technology world trade and MNEs: Another step in the inventive process. *European Journal of International Management*, 15(1), 135-145. <https://doi.org/10.1504/EJIM.2021.111945>
- Ashimbayev, T., y Tashenova, S. (2018). Prospects for Using Cryptocurrency in the Economy of Kazakhstan and the Attitude of the National Bank. *European Research Studies Journal*, 21(4), 524-532. <https://doi.org/10.35808/ersj/1140>
- Barroilhet, A. (2019). Criptomonedas, economía y derecho. *Revista chilena de derecho y tecnología*, 8(1), 29-67. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2019.51584>
- BBC. (2021). Bitcoin: El Salvador, el primer país del mundo en autorizar que la criptomoneda sea de curso legal. *BBC*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-57373067>
- Caporale, G. M., y Plastun, A. (2019). Price overreactions in the cryptocurrency market. *Journal of Economic Studies*, 46(5), 1137-1155. <https://doi.org/10.1108/JES-09-2018-0310>
- Caro Padrón, L. (2020). *Análisis rentabilidad-riesgo del mercado de criptomonedas en el marco de la teoría del mercado de capitales*. [Tesis de Maestría, Universidade da Coruña]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/28545>
- Castillo Marroquín, Á. E. (2019). *Métodos intensivos para el desarrollo de pronósticos de series de tiempo: agregados macroeconómicos en México (2018-2019)*. [Tesis de Licenciatura, Centro de Investigación y Docencia Económicas]. <http://hdl.handle.net/11651/3878>
- Cavello Serna, M. A., Coronel Salazar, A. W., y Terrones Alcántara, R. J. (2018). *Las criptomonedas: una estrategia de inversión*. [Tesis de Maestría, ESAN Graduate School of Business]. <https://repositorio.esan.edu.pe/handle/20.500.12640/1238>
- Chuen, D. L. K., Guo, L., y Wang, Y. (2017). Cryptocurrency: A new investment opportunity? *The journal of alternative investments*, 20(3), 16-40. <https://doi.org/10.3905/jai.2018.20.3.016>
- Girón Castro, L. (2020). BITCOIN: método de inversión y valor refugio ante las crisis. *Realidad Empresarial*, (10), 14-18. <https://doi.org/10.5377/reuca.v0i10.10572>

- Czapliński, T., y Nazmutdinova, E. (2019). Using FIAT currencies to arbitrage on cryptocurrency exchanges. *Journal of International Studies*, 12(1).
<https://doi.org/10.14254/2071-8330.2019/12-1/12>
- Dash, S., Parida, P., Sahu, G., y Khalaf, O. I. (2023). Artificial Intelligence Models for Blockchain-Based Intelligent Networks Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. En A. Tyagi (Ed.), *Handbook of Research on Quantum Computing for Smart Environments* (pp. 343-363). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6697-1.ch019>
- Delbert, C. (2021). Bill Gates dice que el bitcoin es malo para el planeta, y tiene razón. *Esquire*.
<https://www.esquire.com/es/tecnologia/a35727049/bill-gates-bitcoin-energia-medio-ambiente/>
- Díaz, L. G. (2007). *Estadística multivariada: inferencia y métodos*. (2da. Ed.). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79907/Estad%20Multivariada%209789587011951.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Dilek, S. (2019). Cryptocurrencies in the digital era: the role of technological trust and its international effects. En U. Hacioglu (ed.), *Blockchain Economics and Financial Market Innovation. Contributions to Economics* (pp. 453-474). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-25275-5_22
- Domínguez, C. (2021). Crece mercado de criptomonedas en México. *La Prensa*.
<http://www.laprensa.mx/notas.asp?id=651602>
- EL CEO. (2021). Bukele afirma que es más barato operar con bitcoin que con dólares en El Salvador. *EL CEO*. <https://elceo.com/internacional/bukele-afirma-que-es-mas-barato-operar-con-bitcoin-que-con-dolares-en-el-salvador/>
- El Mundo Financiero. (2021). El número de criptomonedas casi se duplicó desde 2019 y superó las 5.300. *El mundo Financiero.com*.
<https://www.elmundofinanciero.com/noticia/94897/empresas/el-numero-de-criptomonedas-casi-se-duplico-desde-2019-y-supero-las-5.300.html>
- Fernández, F. (2021). Las criptomonedas y la economía en 2021: un año positivo a pesar de la volatilidad. *CriptoNoticias*. <https://www.criptonoticias.com/mercados/criptomonedas-economia-2021-ano-positivo-pesar-volatilidad/>
- Fry, J., y Cheah, E. T. (2016). Negative bubbles and shocks in cryptocurrency markets. *International Review of Financial Analysis*, 47, 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2016.02.008>
- García-Ramos Lucero, M. Á., y Rejas Muslera R. (2022). Análisis del desarrollo normativo de las criptomonedas en las principales jurisdicciones: Europa, Estados Unidos y Japón. *IDP: revista d'Internet, dret i política*, (35), 1-13. <https://doi.org/10.7238/idp.v0i35.391466>

- Gavrílova, V. E. (2021). América Latina y Rusia en condiciones de digitalización del sistema monetario: cuestiones de teoría y práctica. *Iberoamérica*, (3), 35-57 https://iberoamericajournal.ru/sites/default/files/2021/3/gavrilova_1.pdf
- Gómez, G. L., y Demmler, M. (2018). Social currencies and cryptocurrencies: characteristics, risks and comparative analysis. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, (93), 265-291. https://ciriec-revistaeconomia.es/wp-content/uploads/CIRIEC_9309_Lara_Demmler.pdf
- Gorjón, S. (2021). El papel de los criptoactivos como moneda de curso legal: el ejemplo de El Salvador. *Boletín económico/Banco de España*, (4). <https://repositorio.bde.es/bitstream/123456789/18991/1/be2104-art35.pdf>
- Griffith, T., y Clancey-Shang, D. (2023). Cryptocurrency regulation and market quality. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 84, 101744. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2023.101744>
- Hartigan, J. A., y Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics*, 28(1), 100–108. <https://doi.org/10.2307/2346830>
- Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 5-10. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2003.09.015>
- Ji, Q., Bouri, E., Lau, C. K. M., y Roubaud, D. (2019). Dynamic connectedness and integration in cryptocurrency markets. *International Review of Financial Analysis*, 63, 257-272. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.12.002>
- Katsiampa, P., Corbet, S., y Lucey, B. (2019). High frequency volatility co-movements in cryptocurrency markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 62, 35-52. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2019.05.003>
- La Gaceta. (2022). Surf, bitcoin y represión a pandillas entre principales causas de crecimiento del turismo, afirma Bukele. *La Gaceta*. <http://www.noticiaslagaceta.com/surf-bitcoin-y-represion-a-pandillas-entre-principales-causas-de-crecimiento-del-turismo-afirma-bukele/>
- Laise, L. D., y Manzo-Ugas, G. (2019). Bases para la interpretación y regulación razonable de las criptomonedas: naturaleza, dificultades y desafíos constitucionales. *Cuadernos del CENDES*, 36(100), 107-124. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/cendes/textos_completos/Revistas/revista100/art5.pdf
- Li, Y., y Wu, H. (2012). A clustering method based on K-means algorithm. *Physics Procedia*, 25, 1104-1109. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.03.206>

- Limba, T., Stankevičius, A., y Andrulevičius, A. (2019). Cryptocurrency as disruptive technology: theoretical insights. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 6(4), 2068-2080. [https://doi.org/10.9770/jesi.2019.6.4\(36\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2019.6.4(36))
- Lukianchuk, R., Grebeniuk, M., y Cherniak, A. (2017). Current trends, concerns and peculiarities of the turnover of cryptocurrency. *Economic Annals-XXI*, 168(11-12), 69-72. <https://doi.org/10.21003/ea.V168-14>
- Makarov, I., y Schoar, A. (2020). Trading and arbitrage in cryptocurrency markets. *Journal of Financial Economics*, 135(2), 293-319. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2019.07.001>
- Martín, I. (2022). *¿Cuáles son los principales riesgos de las criptomonedas?* <https://finanzas.roams.es/academia/criptomonedas/riesgos/>
- Millán Rodríguez, H. (2017). *Modelación de series temporales de precio internacional del oro y producción de oro en Colombia para la generación de pronósticos*. [Tesis de Especialización, Fundación Universitaria Los Libertadores]. https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2787/Mill%c3%a1n_Harbe_y_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*. 1-9. <https://assets.pubpub.org/d8wct41f/31611263538139.pdf>
- Neuto Yate, P. A., y Varón Quiroga, J. A. (2022). *Eficiencia en el comportamiento del mercado de criptomonedas estables a través de pruebas de caminata aleatoria*. [Tesis de Maestría, Colegio de Estudios Superiores de Administración]. <https://repository.cesa.edu.co/handle/10726/4544>
- Nikolova Nikolova, V. (2021). *Caracterización del mercado de criptomonedas y su evolución hasta la tercera generación*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Almería]. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/8871/01.%20Tesis.pdf.pdf?sequence=1>
- Ogue, F. (2021). Por qué la criptomoneda crece de forma sostenida. *Infobae*. <https://www.infobae.com/opinion/2021/09/03/por-que-la-criptoeconomia-crece-de-forma-sostenida/>
- Pattnaik, D., Hassan, M. K., Dsouza, A., Tiwari, A., y Devji, S. (2023). Ex-post facto analysis of cryptocurrency literature over a decade using bibliometric technique. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122339. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122339>
- Pineda González, M., Pastrana Bedoya, M. D., y Ostos Peñalosa, (2018). *Criptomonedas; alternativa de inversión: medio de pago*. [Tesis de Licenciatura, Corporación Universitaria Adventista]. <http://repository.unac.edu.co/handle/11254/170>

- Quiroga Juárez, C. A., y Villalobos Escobedo, A. (2016). Aplicación de dos técnicas del análisis multivariado en el mercado de valores mexicano. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22, 104-119. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2341>
- Reina Camacho, J. J. (2021). *La criptomoneda. La fiebre del bitcoin y otras criptodivisas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/131167>
- Reyes, E. (2021). El mercado de criptomonedas creció 300% en 2020. *EXPANSIÓN*. <https://expansion.mx/tecnologia/2021/04/15/el-mercado-de-criptomonedas>
- Selvaraj, P., Prabakaran, S., y Krishnateja, V. (2019). Novel Payment Wallet Management with Blockchain Based Cryptocurrency. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(2S4), 228-233. <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i2S4/B10420782S419.pdf>
- Taran, E. M., Salmanova, I. P., Dokukina, E. V., Menshikova, M. A., y Skudareva, N. Z. (2015). Features of Using the Cryptocurrency. *Asian Social Science*, 11(14), 330-336. <https://doi.org/10.5539/ass.v11n14p330>
- Uranga-Betancur, G. (2022). *Bitcoin como moneda de curso legal: caso El Salvador*. [Tesis de Maestría, Universidad de San Andrés]. <https://repositorio.udesa.edu.ar/jspui/bitstream/10908/22786/1/%5bP%5d%5bW%5d%20%20M.%20Ges.%20Uranga%20Betancur,%20Gabriel.pdf>
- Vallejo-Medina, P. (2020). *Cluster/kmeans*. <https://github.com/pableres/cluster/blob/master/kmeans>
- Vidan, G., y Lehdonvirta, V. (2019). Mine the gap: Bitcoin and the maintenance of trustlessness. *New Media & Society*, 21(1), 42-59. <https://doi.org/10.1177/1461444818786220>
- Vranken, H. (2017). Sustainability of bitcoin and blockchains. *Current Opinion in Environmental sustainability*, 28, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.04.011>
- Wang, Y., Lucey, B., Vigne, S. A., y Yarovaya, L. (2022). An index of cryptocurrency environmental attention (ICEA). *China Finance Review International*, 12(3), 378-414. <https://doi.org/10.1108/CFRI-09-2021-0191>
- Walther, T., Klein, T., y Bouri, E. (2019). Exogenous drivers of Bitcoin and Cryptocurrency volatility—A mixed data sampling approach to forecasting. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 63, 101133. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2019.101133>
- Winters, P. R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6(3), 324–342. <https://doi.org/10.1287/mnsc.6.3.324>