



UNA INVESTIGACIÓN EMPÍRICA SOBRE LA EXISTENCIA DE BURBUJAS ESPECULATIVAS EN EL MERCADO DE LAS CRIPTODIVISAS

Juan Sebastián Betancur Vélez – jbetan50@eafit.edu.co
María Camila Gómez Vásquez – mgomezv1@eafit.edu.co

Asesor:
PhD Thomas Goda

Medellín
2017

*«El precio es lo que pagas,
el valor es lo que obtienes».*

-Warren Buffet

Esta investigación realiza un modelado económico de los precios de las criptodivisas Bitcoin y Ethereum. Usando ecuaciones diferenciales estocásticas –y la ley log-periódica de potencias– se logró acertar con efectividad la formación de burbujas históricas en ambas monedas. Asimismo, en el horizonte de un año, se pronostica una caída abrupta en el precio de Bitcoin, mas no de Ethereum, el cual ha perdido capacidad volumétrica y volatilidad.

Palabras claves: Bitcoin, criptodivisas, criptomonedas, burbujas, econofísica.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos, fruto de la globalización que ha dinamizado la forma como el hombre venía desarrollando procesos, ha permitido avanzar en ciertos aspectos que facilitan la vida y transforma cada vez más su entorno y cotidianidad; en el ámbito cultural, social y económico, la tecnología ha sentado nuevos precedentes.

Precisamente la Internet ha facilitado procesos que antes tomaban tiempo y esfuerzo, como el caso de la comunicación o la forma de comerciar. El intercambio de bienes y servicios nunca había sido tan fácil como lo permite las redes virtuales y la conexión digital. Como resultado de la aplicación de la tecnología, nació una nueva forma de pago en el intercambio de bienes y servicios, con la característica particular de que es de carácter virtual, es decir, consiste en un sistema de pagos que funciona con base en un lenguaje criptográfico computarizado, que permite realizar transacciones comerciales comunes, como el pago de un bien o servicio, sin la necesidad de contar con intermediación financiera.

La principal moneda virtual conocida como Bitcoin, tuvo su primera aparición en 2009 cuando Satoshi Nakamoto, dio a conocer su portal oficial, características fundamentales, diseño y otras especificaciones contempladas (Nakamoto, 2009). A su vez, la plataforma Ethereum creó la divisa virtual Ether en 2016, la segunda en volumen a nivel mundial; ésta no es como la mayor parte de las criptomonedas existentes, que solo reflejan el valor monetario transaccional, sino que es una topología para el acuerdo de contratos –de código abierto– entre pares. basados en Ethereum.

Por las ventajas que ofrece: eliminación de un tercero en los intercambios, la protección del valor representado contra los controles de cambio; transacciones altamente anónimas, Bitcoin se ha venido posicionando a nivel mundial. Pese a que no hay una regulación sólida en materia legal, para muchas personas y comerciantes no solo es vista como una alternativa atractiva para realizar transacciones, sino también como una forma de inversión. Lo último debido al crecimiento del mercado de esta moneda (Grinberg, 2014). A la fecha existen en circulación 16.553.262,20 bitcoins, y su crecimiento ha sido constante.

Peso a lo innovador de las criptomonedas, se deben considerar como activos de alto riesgo toda vez que su precio obedezca a la especulación (Banco BBVA, 2017). La Figura 1 muestra la

evolución del precio de Bitcoin y de Ethereum. Para Bitcoin en los primeros años, 2009-2012 su precio estuvo por debajo de un dólar, alcanzando los USD 18. En 2013, ocurre un acontecimiento importante que hace que su precio crezca considerablemente, cuando el Banco Popular de China autoriza el uso de Bitcoin, fue así como al 20 de noviembre de 2013 su precio era de U\$641y en nueve días se incrementó en alrededor del 77%, llegando a U\$1132. Respecto a Ethereum, sostuvo un precio de \$2 dólares desde agosto-2015 hasta marzo-2016 cuando alcanzó los \$15 dólares, luego, obtiene un ascenso meteórico en marzo de 2017 cuando Microsoft confirmó que incluiría el algoritmo Ethereum es sus servicios de la nube ([Microsfot Azure, 2015](#)).

En 2014 ocurre que la casa de cambio Mt. Gox, una de las primeras plataformas en utilizar Bitcoins, cierra, ocasionando una caída del 52% llegando a USD 547; pese a esta caída, entre 2015 y 2016, empresas como Dell y Microsoft empiezan a aceptar bitcoins. Desde 2016 se ha presentado un incremento significativo del precio. Máxime, entre de enero a agosto de 2017, cuando el precio se incrementó en 98% y superó los U\$4000 dólares.

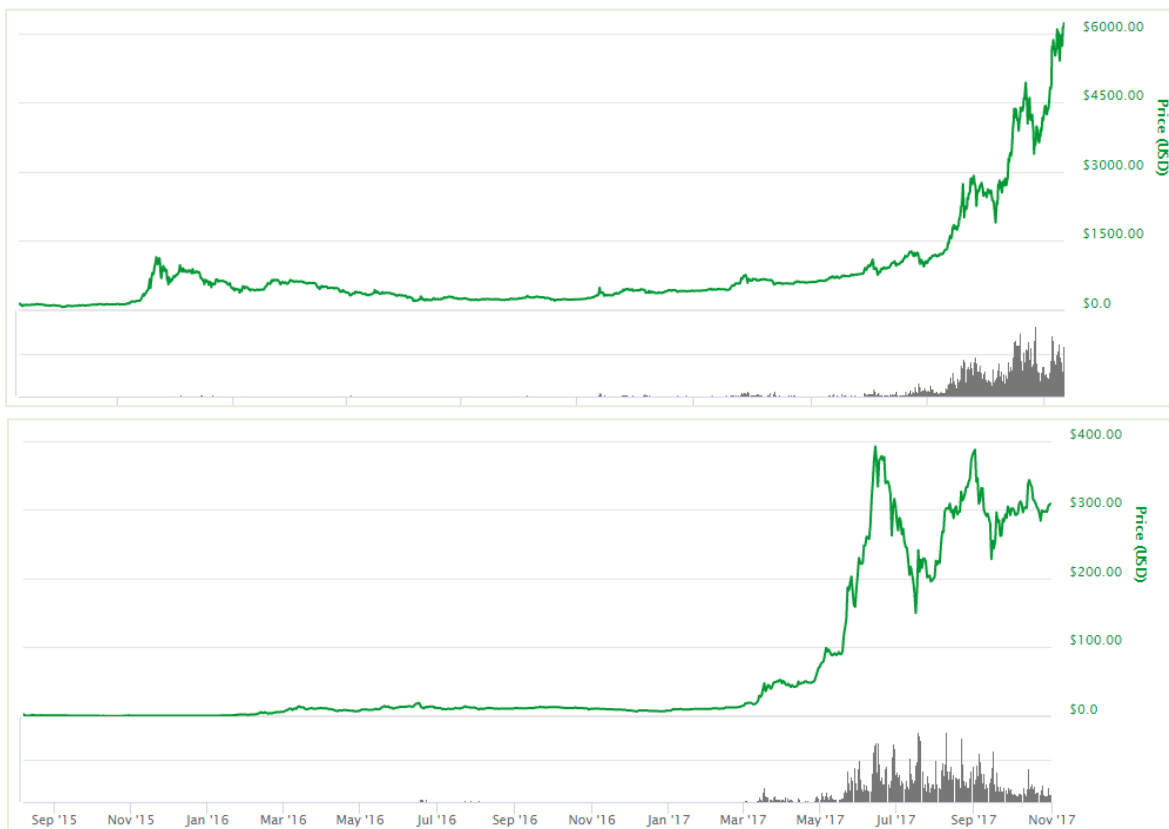


Figura 1. (a) Evolución precio de Bitcoin, (b) Evolución precio de Ethereum
Fuente: (CoinMarket, 2017)

El aumento en el precio y cantidad en circulación hacen que las criptodivisas, hoy en día, constituyan un activo financiero significativo, su volumen transaccional -en 2017- ya superó los \$70.5 mil de millones de dólares; lo que es equivalente a 2.5 veces del valor de NASDAQ. Como evidencia la Figura 1, el rápido aumento en el precio de Bitcoin describe patrones similares a importantes burbujas especulativas históricas, como la de los Tulipanes (Cheung, Roca, & Su, 2015). Ello junto con su gran volumen transaccional envía a una alerta a los mercados financieros, puede continuar absorbiendo muchos fondos para luego desplomarse a un valor fundamental prácticamente nulo.

Considerando esto, la formación una burbuja podría traer efectos negativos con repercusión global, tales como: una crisis financiera, una disminución en la inversión y una disminución en el consumo. Así, teniendo en cuenta el auge de las criptodivisas es importante desarrollar un estudio sobre la posible formación de una burbuja especulativa usando modelación estocástica. El objeto principal de esta investigación empírica es evidenciar si el creciente precio en las criptomonedas Bitcoin y Ether obedece a una burbuja especulativa, o si por el contrario esta nueva forma de pago se está fortaleciendo y puede llegar a formar parte importante del sistema financiero en el futuro.

Este artículo inicia con una revisión de toda la literatura científica publicada sobre burbujas en criptodivisas: Una vez revisados los diferentes métodos econométricos para detección de *crashes*, en el capítulo de Metodología se justifica el método escogido: diferencial-estocástico, y se diseña un algoritmo propio para ajustar las ecuaciones implícitas. Luego, en el capítulo de Resultados se muestra la efectividad del algoritmo en burbujas ya ocurridas, para luego pronosticar burbujas potenciales en 2018. Finalmente se concluye y recomienda al respecto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Criptomonedas: Emisión y Transacciones

Las criptomonedas, también conocidas como criptodivisas son un programa informático usadas como medio de intercambio digital, cumplen con las funciones que tiene el dinero tradicional, pero de manera descentralizada, es decir que no es emitido por una entidad financiera, ni se requiere de su intermediación para realizar transacciones para la obtención de bienes y/o servicios. Dichas monedas digitales son almacenadas en monederos electrónicos y permiten realizar cómodamente pagos por Internet (COINEDA, 2014). El Grupo de Acción Financiera Internacional (2015), define las monedas virtuales como:

Una representación digital de valor que puede ser comerciada de manera digital y funciona como un medio de intercambio, una unidad de cuenta y/o un depósito de valor, pero no tiene estatus de moneda de curso legal (es decir, cuando se presenta a un acreedor, es una oferta válida y legal de pago)⁶ en cualquier jurisdicción. No es emitida ni garantizada por cualquier jurisdicción y cumple con las funciones anteriores sólo por acuerdo dentro de la comunidad de usuarios (GAFI, 2015, pág. 30).

También son catalogadas como las monedas del futuro, debido a su forma de emisión, la cual las diferencian de las monedas nacionales y del dinero electrónico. Surgen además como una representación digital del dinero físico, usadas para transferir de forma electrónica determinado valor de la moneda nacional (Palacios, Vela, & Tarazona, 2016). Según Sarmiento y Garcés (2016), el origen de las criptomonedas se remonta al nacimiento del Bitcoin en 2009, una de las criptomonedas más conocidas en la actualidad y de mayor circulación. A partir de la creación de Bitcoin, otras criptomonedas han surgido y también ha sido acogidas, tal es el caso de *Altcoin* y las más de 690 criptomonedas que se estima que existen actualmente en el mundo, siendo las de mayor uso Bitcoin, Ethereum, Ripple y Litecoin.

Ethereum es considerada el mayor competidor de Bitcoin, nació en el 2014 y se consolida como una de las criptodivisas más valorizadas. *Ripple* es un sistema de pagos internacional multi-moneda que comparte principios del Bitcoin y su fundamento es descentralizar las operaciones bancarias, y actividades de pago. Litecoin nació en el 2011 y pretende hacer las actividades de transacciones en un tiempo más reducido que el de otras criptodivisas y puede emitir hasta tres

veces la cantidad límite de emisiones de Bitcoin (García Alejo, 2016).

Por su parte, Vázquez-Leiva (2014), desarrollo un estudio en el que analiza Bitcoin en cuanto a su comportamiento y características para determinar si es posible llamarlo moneda. Para ello, en primer lugar, describe las características de Bitcoin desde su nacimiento hasta la actualidad y luego se define formalmente el concepto de moneda en mercado de capitales, para finalmente concluir si se trata o no de una nueva moneda en el mercado mundial.

Luego de realizar un análisis de literatura existente, halló que para algunos autores el Bitcoin es una moneda revolucionaria, y para otros no es más que una burbuja especulativa que tarde o temprano se desinflará. Sin embargo, se concluye que, de momento, este medio de intercambio cuenta con las características de una moneda virtual, la cual es cada vez más aceptada en el mercado comercial como medio de pago, de ahí que las autoridades monetarias comienzan a proponer un marco regulatorio. Muestra de su expansión, es la evolución creciente del total de Bitcoin en circulación.

Según este estudio, una prueba de que su regulación iniciará pronto es el hecho de que no se prohíba su uso en la mayor parte del mundo, sino que se ha aumentado su control para evitar que se genere lavado de dinero. Si bien se concluye que Bitcoin puede ser considerada una moneda, resaltan algunos aspectos que la diferencian de la moneda convencional: no pertenece a ningún sector, país o región; lo que demuestra que no se rige por factores de política monetaria, y su precio se ve afectado por la fluctuación entre la oferta y la demanda, no por la intervención de autoridades monetarias.

2.2. Formación de una Burbuja Especulativa

Por su parte, la Figura 2 muestra las fases de formación de una burbuja especulativa, en ella se identifican cuatro etapas. En la primera etapa es denominada “fase invisible”, es cuando el valor del activo es reducido y su uso es poco extendido entre los potenciales usuarios. La siguiente etapa es la “toma de conciencia”, tiene lugar a medida que el activo se va dando a conocer entre los potenciales usuarios y su demanda es mayor.

A partir de esta etapa es cuando se empieza a formar una burbuja especulativa, en tanto que el

crecimiento del valor del activo es mayor, y se forman mayores expectativas de rentabilidad, es entonces cuando se llega a la fase de “manía”. La etapa final es denominada “liquidación”, es cuando la burbuja explota: al materializarse resultados menores a los que se esperaban, las expectativas caen y el activo pierde valor (Jackson, 2016).

Respecto a la evolución de una burbuja especulativa, con el comportamiento de Bitcoin en los últimos años, se han encontrado resultados que sugieren que el Bitcoin se está comportando como un vehículo especulativo de las decisiones de compradores y vendedores, quienes ven un gran atractivo en este sistema y lo están potencializando, pese al riesgo de la alta volatilidad de su precio (Baek & Elbeck, 2014).



Figura 2. Fases de formación de una burbuja especulativa

Fuente: (Vanotti, 2015)

2.3. Antecedentes sobre la Presencia de Burbujas en Mercados de Criptomonedas

Fry & Cheah (2016) establecen una relación entre física, estadística y finanzas matemáticas, con el objetivo de desarrollar una serie de modelos para estudiar burbujas financieras. Los modelos que proponen permiten una formulación estadística y probabilística de modelos econofísicos los cuales se encuentran altamente vinculados a los modelos financieros corrientes. Con la aplicación de estos modelos es posible monitorear la estabilidad de los sistemas financieros y las

consecuentes implicaciones políticas.

Los autores encontraron evidencia empírica de burbujas negativas en los mercados de criptodivisas, que complementa evidencias documentadas de las burbujas especulativas en la literatura y también se aborda la cuestión de la competencia entre las criptomonedas rivales.

También hallaron que el precio de mercado de las dos mayores criptomonedas: Bitcoin y Ripple ha fluctuado mucho en los últimos meses, presentando pruebas de un derrame de Ripple hacia Bitcoin. Seguidamente, desarrollaron un modelo para verificar el impacto de choques externos de mercado y mostraron evidencia de una burbuja negativa a partir de 2014 en los dos mayores mercados de criptomonedas de ese entonces: Bitcoin y Ripple.. Este hallazgo refleja las preocupaciones planteadas acerca de la sostenibilidad de Bitcoin a largo plazo, como el aumento de la competencia en el mercado entre criptomonedas. Según éste estudio, durante el período analizado, Ripple tuvo un exceso de precio en relación con Bitcoin.

Por su parte, Cheung, Roca & Su (2015) realizaron una investigación econométrica de la existencia de burbujas en el mercado de Bitcoin entre 2010 - 2014 basados en una técnica desarrollada por Phillips para la detección de Burbujas. La técnica aplicada consiste en una serie de algoritmos diseñados para detectar el comportamiento explosivo estocástico de una serie temporal dada, ya que este comportamiento explosivo es considerado como una característica clave de una burbuja. El estudio de Phillips aplicado es una extensión directa de la prueba estándar aumentada Dickey-Fuller (ADF), que es una prueba de raíz unitaria en una muestra de serie temporal T , a un ajuste en el que se permiten burbujas múltiples. Hay cuatro características distintivas clave en este procedimiento. En primer lugar, se basa en la idea de ejecutar repetidamente la prueba ADF en submuestras de los datos de una manera recursiva porque la estimación recursiva es bien conocida por su capacidad de utilizar datos eficientemente. En segundo lugar, ya que las ventanas corredizas son conocidas por su capacidad para detectar cambios repentinos o abruptos, este procedimiento también se utiliza con ventanas adaptables deslizantes (o enrollables). Tercero, para minimizar el impacto de los períodos de tiempo de colapso, la prueba se estima hacia atrás (es decir, de T a 0) en lugar de hacia adelante (es decir, desde el tiempo cero hasta T). Por último, este procedimiento se puede utilizar como un sistema de alerta de advertencia para saber si hay una burbuja sobre una base *ex ante*.

Los autores encontraron una serie de burbujas de corta duración, analizando el período de 2010-2014; y se identificaron tres grandes burbujas durante los años 2011-2013, las cuales duraron entre 66 a 106 días, siendo el último y el más grande ocasionado por la desaparición de la casa de intercambio de Bitcoin Mt Gox.

Hayes (2014) tiene por objetivo identificar las fuentes probables de valor que las criptomonedas muestran en el mercado mediante el estudio de datos empíricos transversales examinando 66 de los altcoins más utilizados. Se estimó un modelo de regresión múltiple de mínimos cuadrados que se enfoca en tres aspectos fundamentales relacionados con el precio de la criptomoneda: el papel de la tecnología computacional empleada en la minería para las unidades de criptomonedas, la tasa de producción unitaria, y el algoritmo criptológico empleado para el protocolo. Se utilizaron precios relativos denominados en Bitcoin, evitando gran parte de la volatilidad de precios asociada con el precio en dólares de Bitcoin. El modelo resultante puede utilizarse para comprender mejor los factores de valor observados en las criptomonedas.

El principal reto de su trabajo radica en que las fluctuaciones de precios de bitcoin comparada con monedas nacionales como el dólar estadounidense, el euro o el yuan, ha sido extremadamente volátil. Esta volatilidad de precios produce mucha dispersión lo que hace un análisis significativo difícil. Entre los hallazgos se destaca que aproximadamente el 84% (R^2) de la formación del valor relativo puede explicarse por las tres variables estudiadas: poder computacional, monedas por minuto y el algoritmo que se utiliza. Además, se identifica que la oferta monetaria total, o el número máximo de unidades que se creará, no es un factor impulsor en la creación de valor, sino que es la tasa de creación de unidades lo que importa.

Finalmente, concluyen que existen otros factores subjetivos que influyen en el precio de mercado, los cuales no están contenidos en el modelo, y su cuantificación y medición es difícil. Por ejemplo, la inversión en criptodivisas se puede negociar por encima o por debajo de su valor modelado, como ocurre con cualquier otro activo; es probable que haya una prima especulativa, así como la tendencia a acumular monedas minadas, todos estos aspectos influirán en la generación de valor de la criptomoneda, sin embargo, son difíciles de cuantificar y medir.

MacDonell (2014) se enfoca en Bitcoin por la alta volatilidad e incertidumbre respecto a su valor,

utiliza funciones de media móvil autorregresiva (ARMA) para explicar los valores de negociación, y luego aplica los modelos de Ley de Potencias Log-Periódica (LPPL) para intentar predecir los accidentes. Los resultados del modelo ARMA muestran que los valores de Bitcoin reaccionan al índice de volatilidad CBOE, lo que sugiere que una fuerza primaria que actualmente impulsa los valores de Bitcoin es la especulación de los inversores que buscan fuera de los mercados tradicionales. Además, los modelos LPPL predicen *ex ante* el choque que ocurrió en diciembre de 2013, haciendo de los modelos LPPL una herramienta potencialmente valiosa para entender el comportamiento de las burbujas en las monedas digitales.

Mediante la aplicación de estos modelos, su trabajo tiene por objetivos identificar los factores que impulsan el valor de Bitcoin, probar si es posible anticiparse con éxito a cualquier crash en los valores de Bitcoin. Se parte de la hipótesis de que el valor del Bitcoin se debe principalmente a dos variables: el nivel de interés público en el tiempo y el nivel de confianza de los inversores en los mercados tradicionales.

Después de probar varias variables en el modelo, encuentra que la única variable exógena que mostró tener alguna significancia estadística fue el índice de volatilidad, lo cual sugiere que, en la actualidad, el comportamiento de los inversionistas es importante, pero el comportamiento del consumidor no. Algunas explicaciones posibles sugieren que los inversores constituyen el mayor porcentaje de usuarios de Bitcoin, puesto que hay relativamente pocos vendedores que aceptan pagos con Bitcoin, lo que implica que su uso para comprar bienes y servicios es mínimo como para tener efectos sobre su precio.

Otra conclusión importante que obtuvo es que a medida que la volatilidad aumenta, los valores de Bitcoin caen, lo cual contradice la hipótesis planteada inicialmente que sugería que el temor y la incertidumbre conducirían a los inversionistas a proteger su dinero en Bitcoin. En conclusión, hay una relación inversa entre los valores de Bitcoin y la volatilidad. Teniendo en cuenta que Bitcoin es altamente volátil, esto permite a los inversores un mayor retorno de la inversión, lo cual significa que los inversores podrían fijar sus expectativas mediante especulación, con la esperanza de que Bitcoin ofrezca un mayor rendimiento que el mercado.

Gunji (2016), lleva a cabo una investigación para determinar si los precios de Bitcoin son

racionales, considerando que esta criptomoneda no tiene un valor fundamental y sus precios se comportan como burbujas. Se prueban los precios de Bitcoin del Yuan chino, el Dólar estadounidense, el Euro y el Yen japonés. Mediante una serie de ecuaciones y la prueba de raíz unitaria ADF, parten de una hipótesis nula de no estacionariedad, y utilizan tarifas de Bitcoin para cada una de las monedas definidas. Por lo cual la investigación concluye que se cumple la hipótesis de que los precios de Bitcoin son burbujas racionales. En virtud de no tener dividendos, el precio de Bitcoin, en teoría no tienen ningún valor fundamental, dicha característica permitió usar las pruebas estándar de raíz unitaria, cuyos resultados mostraron que los precios de Bitcoin siguen un proceso, es decir que es una burbuja racional.

Sus resultados sugieren que los precios de Bitcoin son procesos aleatorios. En segundo lugar, utilizan la prueba KPSS propuesta por Kwiatkowski (1992), que tiene una hipótesis nula de estacionariedad. El resultado para el tipo de cambio Bitcoin - Yen japonés es ambiguo, casi todos los resultados de la prueba apoyan el hallazgo de que los precios de Bitcoin representan paseos aleatorios con deriva. En otras palabras, los precios de Bitcoin son burbujas racionales.

Teniendo en cuenta estos resultados, esta investigación empírica parte de la premisa de que el aumento de precio generalizado de Bitcoin y Ethereum se debe a la especulación: es decir, a la promesa de rendimientos muy atractivos en poco tiempo; por lo cual el mercado desarrolla un exceso de confianza al respecto del desarrollo futuro del precio, y sobre el riesgo de inversión.

3. METODOLOGÍA

Siguiendo a Cheah y Fry (2015) se asume que el precio de Bitcoin $P(t)$ describe un proceso estocástico:

$$P(t) = P_1(t)(1 - \kappa)^{j(t)} \quad [1]$$

Donde $P_1(t)$ satisface:

$$dP_1(t) = [\mu(t) + \sigma^2(t)/2]P_1(t)dt + \sigma(t)P_1(t)dW_t \quad [2]$$

Siendo W_t un proceso de Weiner y $j(t)$ un proceso de salto que implica:

$$j(t) = \begin{cases} 0 & \text{antes del crash} \\ 1 & \text{después del crash} \end{cases} \quad [3]$$

Así, cuando un *crash* ocurra, $\kappa\%$ es automáticamente eliminado del valor del activo. Antes del *crash* $P(t) = P_1(t)$, se define $X_t = \log(P(t))$ que satisface:

$$dX_t = \mu(t)dt + \sigma(t)dW_t - v dj(t) \quad [4]$$

Aquí, el estadístico de prueba $v = -\ln[(1 - \kappa)] > 0$ muestra como la burbuja impactará sobre los precios observados. Suponiendo que el *crash* aún no ha ocurrido para el tiempo t , en este caso se tiene:

$$E[j(t + \Delta) - j(t)] = \Delta h(t) + o(\Delta), \quad [5]$$

$$Var[j(t + \Delta) - j(t)] = \Delta h(t) + o(\Delta), \quad [6]$$

Donde $h(t)$ es la tasa de riesgo.

La estimación se construirá con base en dos supuestos:

- Supuesto 1: La tasa intrínseca de retorno es asumida constante e igual a μ (deriva).

$$\mu(t) = \mu + v h(t) \quad [7]$$

- Supuesto 2: El nivel intrínseco de riesgo es asumido constante e igual a σ^2 (volatilidad).

$$\sigma^2(t) = \sigma^2 - v^2 h(t) \quad [8]$$

En este contexto, la interacción entre riesgo y retorno guía el comportamiento de mercados financieros. Finalmente, la formación una burbuja especulativa se determina contrastando un parámetro llamado ν –propio de la modelación estocástica–, el cual mide el riesgo de un *crash* –caída abrupta del precio–. Así:

$H_0: \nu = 0$ No hay una burbuja especulativa en formación.

$H_1: \nu > 0$ Existe una burbuja especulativa en formación.

Si $\nu = 0$ el precio fundamental es:

$$P_f(t) := E(P(t)) = P(0)e^{\tilde{\mu}t} \quad \text{donde } \tilde{\mu} = \mu + \sigma^2/2 \quad [9]$$

Para estimar el estadístico ν se usa la metodología conocida como Ley de Potencias Log-Periódica LPLL (Johansen, Ledoit, & Sornette, 2008). La LPLL estima unos parámetros que se relacionan con el proceso estocástico, según el siguiente sistema de ecuaciones no lineal:

$$C = -\kappa\alpha\beta/\sqrt{\beta^2 + \omega^2} \quad \text{Equivalencia para } C \quad [10]$$

$$\beta = 1 - \alpha \quad \text{Equivalencia para } \beta \quad [11]$$

$$B = -\kappa\alpha/\beta \quad \text{Relación con el porcentaje de caída } \kappa \quad [12]$$

$$\mu(t) = \kappa h(t) \quad \text{Equivalencia para } \mu(t) \quad [13]$$

$$h(t) \approx B'(t_c - t)^{-\alpha} \quad \text{Relación con tasa de riesgo } h(t) \quad [14]$$

Ahora bien, la ecuación LPLL es:

$$y_t = A + B(t_c - t)^\beta + C(t_c - t)^\beta \cos[\omega \log(t_c - t) + \phi] \quad [15]$$

$A > 0$: Valor que tomaría y_t si la burbuja durara hasta el momento crítico t_c .

$B < 0$: Tasa de decrecimiento en y_t por unidad de tiempo antes del *crash*.

C : Magnitud de las fluctuaciones de la componente trigonométrica.

$t_c > 0$: Es el momento crítico (*ex ante* el *crash*).

$t < t_c$: Es cualquier momento, dentro de la burbuja, que preceda a t_c .

β : Exponente de la Ley de Potencias.

ω : Frecuencia de las fluctuaciones durante la burbuja.

$\phi \in [0, 2\pi]$: Parámetro de desfase.

Hay siete parámetros a ser estimados, cuatro lineales (A, B, C, t_c) y tres no lineales (β, ω, ϕ). Los valores escogidos deben ser aquellos que minimicen el error cuadrático (SE) entre los precios de Bitcoin o Ethereum y los precios del modelo LPPL, para cada día de la burbuja.

$$SE = \sum_{t=t_1}^{t_n} (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad [16]$$

$$SE = \sum_{t=t_1}^{t_n} (y_t - A - B(t_c - t)^\beta - C(t_c - t)^\beta \cos(\omega \log(t_c - t) + \phi))^2 \quad [17]$$

En MATLAB® el algoritmo arroja los parámetros estimados con la siguiente equivalencia, además, si la mayoría de parámetros están en el dominio crítico hay un riesgo de burbuja:

Tabla 1. Dominio de riesgo de parámetros log-periódicos

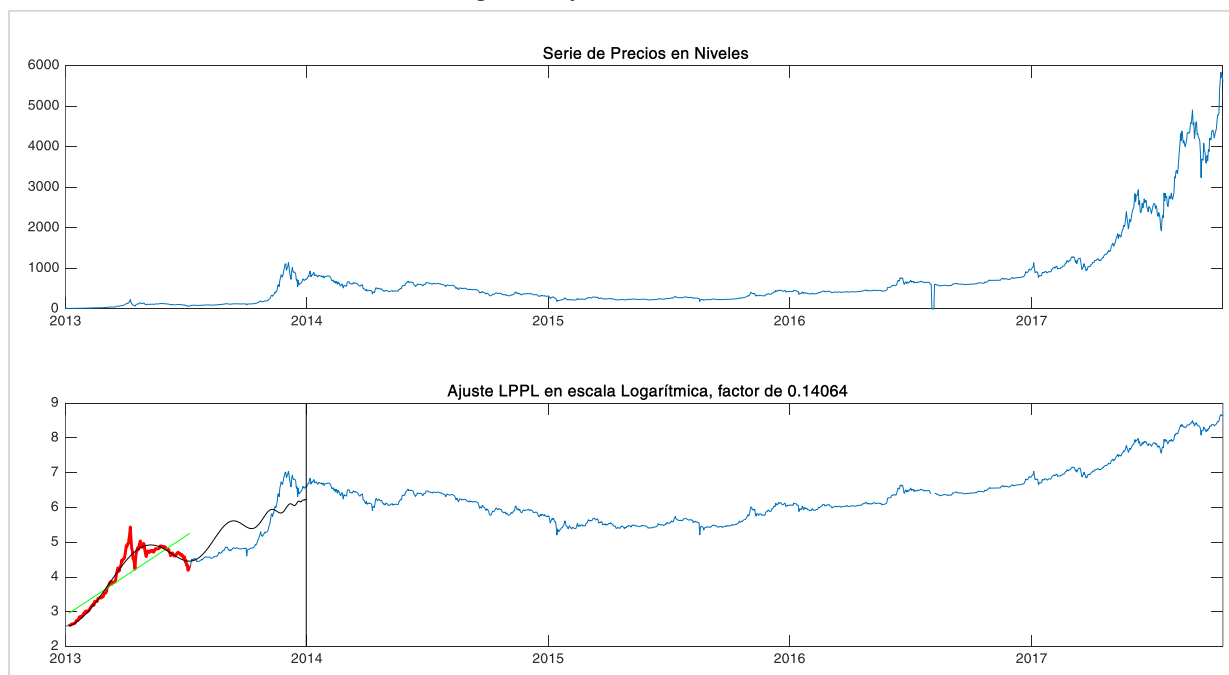
	params (1)	params (2)	params (3)	params (4)	params (5)	params (6)	params (7)
Parámetro	A	B	t_c	β	C	ω	ϕ
Dominio	-	< 0	-	(0, 1)	(-1, 1)	(6,13)	-

4. RESULTADOS

Previamente, a pronosticar formación de burbujas en los precios futuros de las criptodivisas, se probó la bondad de ajuste del algoritmo log-periódico en *crashes* ya conocidos de las criptomonedas Bitcoin y Ethereum. Respecto a la primera, siguiendo a (Fry & Cheah, 2016), se buscaron burbujas entre ene-2013 a nov-2013, con el objeto de detectar la caída del precio en diciembre de ese mismo año. Respecto a Ethereum, que es más reciente, no se tienen estudios previos, entonces esta investigación probó la bondad de ajuste del algoritmo durante el primer año corrido de Ethereum: entre mar-2016 a dic-2016.

La Figura 3 representa: arriba, el precio de Bitcoin en dólares desde inicio de 2013 hasta la fecha; abajo, el precio de Bitcoin en escala logarítmica (línea azul) y la Ley de Potencias Log-Periódicas LPPL ajustada (línea negra). Esta LPPL corresponde al mejor ajuste posible respecto al precio, puesto que es resultado de minimizar el error cuadrático no lineal de la ecuación [17]; así, a medida que el precio de la criptomoneda tiene un crecimiento muy acelerado no sostenible, la LPPL (línea negra) empieza a oscilar para luego caer abruptamente (línea vertical) alrededor de diciembre de 2013, detectándose efectivamente la primera burbuja en Bitcoin.

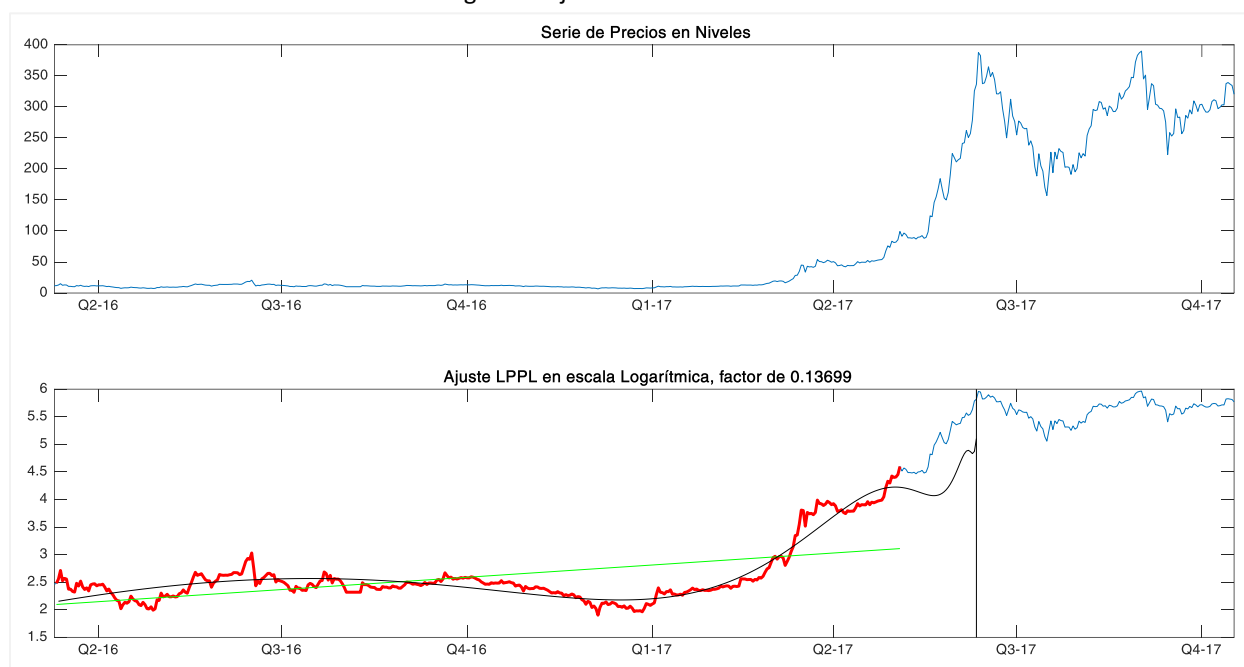
Figura 3. Ajuste LPPL en Bitcoin



Con los parámetros estimados por LPPL y el sistema de ecuaciones no lineal (Anexo 1), se calcula el parámetro empírico $\nu = 0.545$, el cual es casi equivalente al calculado por Fry & Cheah (2016) en 0.546.

Análogamente, sucede con la criptomoneda Ethereum, cuya caída relativa del precio se visualiza más profunda que en Bitcoin (Figura 4). Al ajustar el algoritmo la detección de burbujas durante 2016, se detecta efectivamente el estallido ocurrido en junio de 2017. Para Ethereum, se calculó un parámetro $\nu = 0.1993$ (Anexo 2) que, aun cuando es superior a cero es inferior al parámetro de Bitcoin. Esto era de esperarse: el valor fundamental de Ethereum –durante su burbuja– no se alejó tanto del fundamental nulo, es decir el precio no creció tan dramáticamente ya que esta criptomoneda tiene menos volumen y volatilidad que su rival Bitcoin.

Figura 4. Ajuste LPPL en Ethereum



Fuente: elaboración propia

Ahora bien, una vez probada la eficiencia histórica de la detección de burbujas, esta investigación hace un pronóstico de potenciales *crash* en las criptomonedas en estudio (Tabla 2). Concretamente, para Bitcoin el valor del porcentaje potencial de caída $\kappa = 0.99$ es muy alto, cerca de su máximo teórico 1; esto conlleva a un parámetro estimado $\nu = 4.6052$ muy superior a cero y a periodos anteriores, anticipándose una potencial caída bastante drástica. Para

Ethereum, el escenario es opuesto, la LPLL generan valores de κ y ν fuera de su dominio natural, eliminándose el riesgo de un *crash*.

Así, ajustando la Ley de Potencias durante 2017 (Anexo 3) se pronostica un potencial *crash* para Bitcoin dentro de 95 días hábiles: el 6 de marzo de 2018; en contraste, para Ethereum no se pronostican burbujas el próximo año 2018.

Tabla 2. Parámetros pronosticados para Bitcoin y Ethereum

	κ	ν
<i>Bitcoin</i>	0.99	4.6052
<i>Ethereum</i>	18.8761	$\notin \mathbb{R}$

5. CONCLUSIONES

En esta investigación, los resultados indican que los precios de ambas criptomonedas, Bitcoin y Ethereum, son propensos a burbujas especulativas. No obstante, existe una diferencia importante. Los resultados implican preocupaciones sobre la viabilidad a mediano plazo de Bitcoin: es posible que se genere un *supercrash* en marzo de 2018 que devalúe significativamente el precio de Bitcoin. En el caso de Ethereum, no se encontró evidencia de un *crash* en el mediano plazo, dada su pérdida de volatilidad.

Los inversionistas interesados en mercados de criptodivisas deben ser cautelosos. Porque, si bien es innegable que las criptomonedas han hecho ganar mucho dinero a muchos y su potencial de crecimiento aún no tiene un precio límite definido, también su potencial de caída es inminente. Por ende, un inversor prudente debería esperar que pase el potencial *crash* en 2018, y luego comprar Bitcoins si es que su precio empieza a ascender nuevamente.

Finalmente, el alcance de esta investigación tiene una importante limitación: hay que estar actualizando los precios de las criptodivisas de interés; ya que, aunque no se detecten burbujas con el conjunto actual de precios, con nuevos precios sí podrían empezar a formarse. Además de que el *crash* anticipado tiene una probabilidad de simplemente no suceder, o conllevar una caída del precio poco profunda.

6. ANEXOS

6.1. Anexo 1. Parámetros de Burbuja Histórica de Bitcoin

A	B	t_c	β	C	ω	ϕ	v
10.85	-0.14	418.54	0.75	-0.29	1.14	0.20	0.5447

Se sustituyen los parámetros en las ecuaciones de equivalencia para C y β :

$$C = -\kappa\alpha\beta/\sqrt{\beta^2 + \omega^2}$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

$$B = -\kappa\alpha/\beta$$

Se obtiene el exponente α y el porcentaje de caída κ :

$$\alpha = 0.2500$$

$$\kappa = 0.4200$$

Finalmente, el valor del parámetro de detección v es:

$$v = -\ln[(1 - \kappa)] = 0.5447$$

6.2. Anexo 2. Parámetros de Burbuja Histórica de Ethereum

A	B	t_c	β	C	ω	ϕ	v
5.34	-0.23	731.71	0.44	-0.24	5.73	1.60	0.1993

Se sustituyen los parámetros en las ecuaciones de equivalencia para obtener α , luego κ y finalmente el parámetro de interés v .

$$C = -\kappa\alpha\beta/\sqrt{\beta^2 + \omega^2}$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

$$B = -\kappa\alpha/\beta$$

$$\alpha = 0.5600$$

$$\kappa = 0.1807$$

$$v = -\ln[(1 - \kappa)] = 0.1993$$

6.3. Anexo 3. Parámetros de Burbujas Potenciales

	A	B	t_c	β	C	ω	ϕ	v
<i>Bitcoin</i>	9.44	-0.01	290.66	0.99	0.08	15.79	0.71	4.6052
<i>Ethereum</i>	363.52	-71.01	1175.24	0.21	0.92	0.27	1.81	$\notin \mathbb{R}$

Para Bitcoin:

$$C = -\kappa\alpha\beta/\sqrt{\beta^2 + \omega^2}$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

$$B = -\kappa\alpha/\beta$$

$$\alpha = 0.0100$$

$$\kappa = 0.9900$$

$$v = -\ln[(1 - \kappa)] = 4.6052$$

Para Ether:

$$C = -\kappa\alpha\beta/\sqrt{\beta^2 + \omega^2}$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

$$B = -\kappa\alpha/\beta$$

$$\alpha = 0.7900$$

$$\kappa = 18.8761$$

$$v = -\ln[(1 - \kappa)] \notin \mathbb{R}$$

7. REFERENCIAS

- 99 BITCOINS. (2017). Obtenido de <https://99bitcoins.com/price-chart-history/>
- Athey, S., Parashkevovz, I., Sarukkaix, V., & Xia, J. (2016). Bitcoin Pricing, Adoption, and Usage: Theory and Evidence. *SSR*.
- Banco BBVA. (17 de Octubre de 2017). *Criptomonedas: ¿Para qué sirven las monedas virtuales?* Obtenido de <https://www.bbva.com/es/criptomonedas-sirven-las-monedas-virtuales/>
- Bitcoin.org*. (2017). Obtenido de <https://bitcoin.org/es/debes-saber>
- Blockchain . (2017). *Bitcoins in circulation*. Obtenido de <https://blockchain.info/es/charts/total-bitcoins?timespan=all&showDataPoints=true>
- Carmody, T. (2013). How Bitcoins May Change the Global Economy. *National Geographic*. Obtenido de <http://news.nationalgeographic.com/news/2013/10/131014-bitcoins-silk-road-virtual-currencies-internet-money/>
- CERTSI. (2013). *Bitcoin. Una moneda criptográfica*. Instituto Nacional de Ciberseguridad de España. Obtenido de https://www.certsi.es/sites/default/files/contenidos/estudios/doc/int_bitcoin.pdf
- Cheah, E.-T., & Fry, J. (2015). Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin. *Sheffield University Management School*, 32-36.
- Cheung, W.-K., Roca, E., & Su, J.-J. (2015). Crypto-currency bubbles: an application of the Phillips–Shi–Yu methodology. *Applied Economics*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1080/00036846.2015.1005827>
- COINEDA. (2014). Criptodivisas. *Coineda*. Obtenido de <https://coineda.wordpress.com/2014/07/01/queson-las-criptodivisas/>
- Daily Forex . (26 de Junio de 2017). Obtenido de <https://es.dailyforex.com/forex-articles/2017/06/bitcoin-est%C3%A1-en-una-burbuja-26-de-junio-2017/80981>
- eToro. (2017). *Red de inversión en Trading social* . Obtenido de <https://www.etero.com/es/plataformas/>
- GAFI. (2015). *Directrices para un enfoque basado en riesgo. Monedas Virtuales*. Grupo de Acción Financiera Internacional. Obtenido de <http://www.fatf-gafi.org/media/fatf/documents/Directrices-para-enfoque-basada-en-riesgo-Monedas-virtuales.pdf>
- GAFI. (2015). *Directrices para un enfoque basado en riesgo. Monedas Virtuales*. Obtenido de <http://www.fatf-gafi.org/media/fatf/documents/Directrices-para-enfoque-basada-en-riesgo-Monedas-virtuales.pdf>
- García Alejo, L. A. (2016). *Bitcoins. Documentos electrónicos para el intercambio de bienes y servicios*. Salamanca: Universidad de Salamanca. Obtenido de https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/130135/1/TFG_InfyDoc_GarciaAlejo_LuisAntonio_SI_85_2015-2016.pdf
- Grinberg, R. (2014). Bitcoin: An Innovative Alternative Digital Currency. *Hastings Science & Technology Law Journal*, 4, 160.
- Hayes, A. (2015). What factors give cryptocurrencies their value: An empirical analysis. *The New School for Social Research*.
- Hernández Sampieri, R. (2015). *Metodología de la Investigación* (5 ed.). México: Mc Graw Hill.

- Jackson, M. (2016). Bitcoin's Big Challenge in 2016: Reaching 100 Million Users. *CoinDesk*. Obtenido de <http://www.coindesk.com/2016-bitcoin-challenge-100-million-users/>
- Johansen, A., Ledoit, O., & Sornette, D. (Abril de 2000). Crashes as Critical Points. *World Scientific*, 3(2), 219-255.
- López, A. (2015). *Implicaciones jurídicas del uso de Bitcoin en Colombia. Validez del contrato de compraventa comercial con bitcoins*. Pasto : Universidad de Nariño .
- Mejía, J. (2003). *La investigación Cuantitativa en la Sociología Peruana* . Obtenido de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/sociologia/vol11/art101.htm>
- Nakamoto, S. (2009). *Bitcoin open source implementation of P2P currency*. P2P Foundation. Obtenido de <http://p2pfoundation.ning.com/forum/topics/bitcoin-open-source>
- Palacios, Z., Vela, M., & Tarazona, G. (2016). Bitcoin como alternativa transversal de intercambio monetario en la economía digital. *Universidad Distrital* . Obtenido de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/article/view/8617>
- Reyes, T. (2002). *Métodos cualitativos de investigación: los grupos focales y el estudio de caso*. Obtenido de <http://www.ibad-tenerife.com/filosofia/mci.pdf>
- Sarmiento Suárez, J. E. (2016). Criptodivisas en el entorno global y su incidencia en Colombia. *Revista Lebret*. Obtenido de <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/LEBRET/article/view/1691/1306>
- Sarmiento Suárez, J. E., & Garcés Bautista, J. L. (2016). Criptodivisas en el entorno global y su incidencia en Colombia. *Revista Lebret*, 8, 151 – 171. Obtenido de <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/LEBRET/article/view/1691/1306>
- Tejada, C. (2016). *¿Es el Bitcoin una alternativa a los medios de pago tradicionales?*
- The Economist. (2017). A surge in the value of crypto-currencies provokes alarm. *The Economist*. Obtenido de <https://www.economist.com/news/finance-and-economics/21722235-bitcoin-far-only-game-town-surge-value-crypto-currencies>
- Vanotti, M. (2015). Un avance hacia entornos de gran escala para experimentos con criptomonedas.
- Vergara Solís, M. (2017). *Retos para las autoridades reguladoras y de control frente a la utilización del bitcoin como medio de pago electrónico*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de <http://repositorionew.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5513/6/T2197-MDFBS-Vergara-Retos.pdf>
- Vergara, M. (2017). *Retos para las autoridades reguladoras y de control frente a la utilización del bitcoin como medio de pago electrónico*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.
- XE Currency Charts. (12 de septiembre de 2017). *XBT to USD*. Obtenido de <https://www.xe.com/currencycharts/?from=XBT&to=USD&view=5Y>
- Yilun-Chen, L., & Lee, J. (2017). Bitcoin Tumbles as PBOC Declares Initial Coin Offerings Illegal. *Bloomberg L.P.* Obtenido de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-04/china-central-bank-says-initial-coin-offerings-are-illegal>
- Zaera Vidal, G. (2014). Bitcoin: Bases, comportamiento como moneda e inversión. *Universidad de Coruña*. Obtenido de http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/13595/ZaeraVidal_Guillermo_TFM_2014.pdf.pdf?sequence=2