

El bitcoin y su demanda exponencial de energía: economía *versus* sostenibilidad

Julieta Evangelina Sánchez Cano*

(Recibido: septiembre, 2018/Aceptado: diciembre, 2018)

Resumen

El *bitcoin* es una criptomoneda que ha tomado cada vez mayor importancia en terreno económico y financiero; fue creada para usos potenciales como moneda de compra y venta de bienes y servicios y como una base para aplicaciones, pero últimamente se ha estado convirtiendo en reserva de valor en tiempos de crisis. Las plantas de minado están proliferando siendo consideradas un modelo de negocio; éstas funcionan a través de nodos que forman una red descentralizada. No obstante, la gran cantidad de energía eléctrica utilizada en la producción y protección de las criptomonedas, les genera altos costos y esto podría ser su talón de Aquiles. Además, está causando polémica porque podría invalidar los esfuerzos hechos para la producción sostenible de la energía, a causa del crecimiento exponencial de la demanda de energía que se está gestando en los centros de datos dedicados al minado. Esta investigación tiene el objetivo de elaborar un análisis y una revisión de la creación y desenvolvimiento de la primera criptomoneda, su oferta y la demanda exponencial de energía que pone en entredicho la factibilidad de su crecimiento y desarrollo en el tiempo por factores económicos y de sostenibilidad.

Palabras claves: criptomoneda, energía, sustentable.

Clasificación JEL: Q4, Q43, G15.

* Profesora-investigadora en la Facultad de Economía Contaduría y Administración de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT, julieta.san2009@ujed.mx.

Bitcoin and its exponential demand for energy: economy versus sustainability

Abstract

Bitcoin is a cryptocurrency that has taken each time more increasing importance in economic and financial terms; it was created for potential uses as currency for buying and selling goods and services and as a basis for applications, but lately it has been becoming a store of value in times of crisis. Cryptomining plants are proliferating being considered as a business model; they work through nodes that form a decentralized network. However, the large amount of electrical energy used in the production and protection of cryptocurrencies, generates high costs and this could be the cryptocurrency Achilles heel. In addition, this topic is causing controversy because it could invalidate the efforts made for the sustainable production of energy, the exponential growth of energy demand because of the manufacturing in the data centers dedicated to cryptomining. This research aims to develop an analysis and review of the creation and development of the first cryptocurrency, its supply and the exponential demand of energy that calls into question the feasibility of its growth and development over time due to economic and sustainability factors.

Keywords: cryptocurrency, energy, sustainable.

Clasificación JEL: Q4, Q43, G15.

1. Introducción

La creación de monedas virtuales, también llamadas criptomonedas, son actualmente una alternativa al sistema monetario tradicional y están revolucionando el sector económico, financiero y monetario a nivel mundial. La criptomoneda más conocida y de primera creación fue el Bitcoin que es impulsado por la tecnología *blockchain*, caracterizada principalmente por su descentralización, lo que contrasta con las monedas convencionales que están sujetas a lo que dicte una autoridad centralizada, como los bancos centrales o los ministerios de finanzas. Por lo que el Bitcoin se define como

una criptomoneda de código abierto, descentralizada y con tecnología *peer to peer*. Una red *peer to peer* (P2P por sus siglas en inglés) es una red de pares, o entre pares, una red de ordenadores que funcionan con una serie de nodos que se comportan como iguales y en la que todos o la mayor parte de los aspectos funcionan sin servidores fijos, ni clientes.

Los bitcoins son obtenidos bajo códigos que son descifrados por computadoras que están hechas para minar, se mueven algoritmos rápidamente y en gran volumen. Después de cientos, miles o millones de operaciones se obtiene un bitcoin y el minero recibe un porcentaje del mismo, obteniendo un incentivo económico. La red, además les paga a los mineros para certificar transacciones y dar fe de que cada una de las acciones es correcta, está bien hecha y esto permite evitar fraudes. El minado es rentable siempre y cuando se tenga muy en cuenta el coste de la electricidad, en los países donde la electricidad es muy cara, no es conveniente minar: “el coste de electricidad es el mayor enemigo de los mineros”. Lo más costeable para minar es hacerlo en países que tienen menores costes eléctricos, y que son fríos por lo que no se necesita aire acondicionado para enfriar las computadoras para que no se recalienten, porque están trabajando las 24 horas los 365 días del año. Hablamos de países fríos, como Noruega, Islandia o Finlandia (Sierra, 2017).

La minería de bitcoin o el *bitcoin mining* es el proceso de creación de la moneda y busca garantizar que la moneda pueda ser enviada y manejada sin límites de tiempo ni lugar, sin fronteras y, sobre todo, sin restricciones legales de los bancos centrales y los gobiernos. Las monedas virtuales como el bitcoin, surgen a partir de 2008, como una alternativa al sistema monetario tradicional y como una solución a la necesidad de muchos usuarios de un intercambio mundial facilitado por herramientas de pago transnacionales, y que a menudo se traduce en la voluntad de liberarse de los actores tradicionales de los circuitos monetarios.

Los sistemas monetarios han ido cambiando a lo largo del tiempo, fundamentados anteriormente en el patrón oro, y luego en el factor confianza. No obstante en la última década, la integración financiera europea, las recientes crisis económicas y financieras, y el amplio desarrollo digital, han motivado que el sector monetario tradicional y el mercado de comercio electrónico sean transformados aún más profundamente, a través de un sistema de pagos electrónicos basado en pruebas criptográficas, cuya funcionalidad permite que dos partes interesadas realicen transacciones directamente y

sin la necesidad de una tercera parte confiable. Esta investigación realiza un análisis y una revisión de la creación y desenvolvimiento de la primera criptomoneda y la demanda exponencial de energía que pone en entredicho la factibilidad de su crecimiento en el tiempo por factores de sostenibilidad.

2. El bitcoin: producto innovador, su valor de uso y valor de cambio

El Banco Central Europeo define a una criptomoneda como una moneda virtual que se crea y se almacena electrónicamente. La principal diferencia que tiene este tipo de monedas con las convencionales es que no está regulada por ningún tipo de gobierno, por lo que invertir en ella resulta atractivo, pero es altamente riesgoso. Aunque el bitcoin inicialmente controlaba más del 90% de la capitalización de mercado de las criptomonedas, en la actualidad existen otras 700 monedas virtuales en el mercado, que han ido ganando terreno, la principal diferencia que existe entre éstas es el sistema algorítmico que utilizan (BBC, 2017a). El *New York Times* reporta que el 42% de todas las transacciones con bitcoins se llevaron a cabo en China a finales de 2016, esto debido a la baja del precio de la moneda oficial, el yuan. Es por ello, que el precio de estas monedas es demasiado volátil y puede variar fuertemente en cuestión de horas (CONDUCEF, 2017).

La UNCTAD (2017) nos da una relación histórica del *blockchain* y del *bitcoin*, mencionando que “fueron diseñados e implementados por primera vez por un individuo o grupo de individuos bajo el seudónimo Satoshi Nakamoto. La idea se publicó por primera vez a través de una lista de correo de criptografía el 31 de octubre de 2008 en el documento: *Bitcoin: a Peer to Peer Electronic Cash System*. La primera implementación fue publicada por Satoshi el 9 de enero de 2009. El bloque génesis se estableció el 3 de enero de 2009 a las 18:15:05 GMT. La primera transacción fue en enero 12 de 2009 de Satoshi a Hal Finney y se registró en el bloque 170. El 5 de octubre de 2009, New Liberty Standard publicó un tipo de cambio que establecía el valor de bitcoin en 1 USD = 1.309 03 BTC. Para ello, utilizaron la ecuación que incluía el costo de la electricidad necesaria para ejecutar una computadora que generaba bitcoins. El 6 de febrero de 2010, se creó la primera casa de cambio de divisas en línea que aceptaba bitcoins, que fue nombrado *Bitcoin Market*. El 22 de mayo de 2010, una de las primeras y más renombradas transacciones del mundo real con bitcoins tuvo lugar cuando Laszlo Hanyecz, un programador de Jacksonville, Florida, pagó 10 000 bitcoins por una pizza.

En ese momento, el tipo de cambio puso el precio de compra de la pizza en alrededor de 25 USD (UNCTAD, 2017, pp. 2).

Para crear una criptomoneda bitcoin se requiere una gran cantidad de energía, además una alta capacidad informática. El minado de criptomonedas requiere de computadoras conectadas a la red, que en conjunto consumen una enorme cantidad de energía por día, tan sólo lo que consume la red que mina el bitcoin es comparable al consumo de energía eléctrica de un país mediano y para el minado de una moneda bitcoin se requiere, la electricidad equivalente al consumo para un hogar estadounidense durante dos años (Morgan Stanley y Alex Vries en *Digiconomist*, 2018).

El consumo de energía de estos sistemas ha aumentado debido a que los precios de las monedas virtuales se dispararon, y por ser más atractivos se ha elevado su demanda, esto conduce a un mayor consumo de energía en el tiempo por cada criptomoneda y por cada bitcoin minado. Y sobre todo porque esto crece exponencialmente con un mayor minado de criptomonedas, ya que actualmente existen más de 700 criptomonedas circulando en el mundo, cuyo consumo de energía podría causar fuertes efectos en el calentamiento global y el consumo sostenible de energía (Investigación y desarrollo ID, 2018). El uso de electricidad para el minado es esencial. Sin grandes cantidades de energía eléctrica, el minado y las criptomonedas no podrían existir.

Además de la energía el minado requiere de sistemas complejos, en los que todas las computadoras que minan buscan respuestas particulares y aleatorias a un algoritmo matemático. El algoritmo tiene una alta complicación y para encontrar la respuesta se hace un sinnúmero de suposiciones para tener más oportunidades de ganar. Y este proceso conlleva al consumo de una gran capacidad de procesamiento y una gran cantidad de energía eléctrica.

A nivel teórico, otra cuestión relevante, es sobre el verdadero valor de uso de una criptomoneda y la red que la respalda. Esto se confronta a otra cuestión como el valor de la aportación económica, frente a la falta de sostenibilidad de su creación o minado. Pasando de la teoría económica a la práctica monetaria virtual, en cuanto a su valor de uso Caijiao y Fonseca (2016)¹ citan al teórico San Bernardino de Siena que habla del concepto de valor de uso como algo subjetivo, puesto que está medido por la necesidad o apreciación dada a un bien y tiene tres propiedades que lo determinan:

¹ A su vez referenciado por (Cachanosky, 1994 en Caijiao y Fonseca, 2016).

1. *Virtuositas*: calidad intrínseca del bien
2. *Complacibilitas*: estimación común de un bien
3. *Raritas*: la escasez de ese bien

Las *virtuositas* son explicadas como la calidad del bien, sin embargo, un solo producto puede tener más de una calidad por lo que el valor no puede estar implícito sólo en eso, de esta forma, se entiende que el valor cualitativo y el valor dado por el hombre no pueden ser separados al momento de definir el precio de un activo. Y para que un bien sea útil en la sociedad debe poseer cualidades que permitan satisfacer las necesidades de las personas físicas o morales y si su utilidad disminuyera así también lo hará su valor. Del mismo modo, las *complacibilitas* se refieren a la estimación común que se le hace a un bien por los individuos pertenecientes a una sociedad. Las *raritas*, están ligadas a la escasez del producto en algún contexto del mercado, y al encontrar dicha escasez el precio de los activos aumenta o disminuye con la abundancia, dependiendo también del lugar en el que se encuentre y las necesidades que se quieran suplir (*Ibidem*, 2016).

(Caijiao y Fonseca, 2016, pp. 12) relacionan la anterior teoría con los bitcoins, “damos cuenta que el valor que obtiene un bien dentro de la sociedad según San Bernardino, depende de tres propiedades, en cuanto a las *virtuositas* que indican que un bien debe poseer una o varias cualidades, que tengan como fin la satisfacción de las necesidades humanas. En comparación con los bitcoins, posee la cualidad de ser intercambiable por bienes de la sociedad, lo que le permite adquirir la propiedad de moneda al momento de realizar la transacción. Para las *complacibilitas*, la sociedad le da una estimación a el bitcoin, al otorgar confianza en el sistema y la moneda. Por otro lado, las *raritas* refieren a la escasez del producto, para las bitcoins representa la oferta y demanda de la moneda en el mercado virtual. En tal caso, si la moneda presenta una alta demanda y la oferta disminuye, aumentará su valor, caso contrario cuando la demanda sea baja y la oferta aumente”.

Así mismo, Adam Smith (1776 editado en 2011) hace una distinción entre el valor de uso y de cambio, dando a entender que el primero es la utilidad que se le da a un objeto y el segundo el poder de compra o intercambio que tiene ese bien para adquirir otros bienes. También, explica la función inversa entre estos dos valores, De la misma forma, esclarece que el valor de cambio no puede existir sin el valor de uso, debido a que un objeto sin utilidad no tendrá ningún precio en el mercado, pero si lo tuviera el precio se regularía con respecto a la demanda que genere y la cantidad de oferta que haya de

este mismo bien. Cabe resaltar que para el valor de uso y valor de cambio la moneda bitcoin puede tomarse como un bien que debe tener una utilidad para las personas y a su vez un valor de cambio que permita adquirir bienes y servicios a través transacciones para su intercambio.

David Ricardo (1817) sobre el valor de cambio, es mucho más explícito que Adam Smith, al aclarar que la utilidad de un bien hace parte de la base que determina el precio, pero nunca el grado de utilidad decidirá el valor real. Además, especifica que determinan el valor de dos formas: de la escasez y la cantidad de trabajo requerido para producirse, por esta razón, un bien que requiera menos tiempo y menos esfuerzo en la producción valdrá menos que uno que requiera de más tiempo y dedicación, independiente de su utilidad. Desde esta teoría Caijiao y Fonseca (2016) logran evidenciar, que el trabajo tiene una inferencia en el valor final del bien, para el caso de los bitcoins se relaciona con los mineros quienes se encargan de (minar) obtener los bitcoins y dependiendo de la resolución del algoritmo usado se define la cantidad de bitcoins que se darán al público.

Karl Marx (1867) afirma que el valor de uso se deriva de la satisfacción de necesidades humanas a través de un bien, pero se encuentra estrechamente ligado a las cualidades materiales que tenga el bien, por esta razón, el valor está implícito en el valor de cambio, pues el bien, no puede existir si éste no tiene ningún uso para la sociedad. De igual forma, el valor de cambio guarda una relación con el trabajo, dado que este trabajo define el precio en el mercado, pero con la diferencia que este trabajo es el “socialmente necesario”. Con lo anterior, se logra relacionar el valor que los bitcoins tienen en el mercado actual, dado que no existe un tipo de cambio que defina su valor exacto (de hecho, el primer valor de cambio fue dado con la compra de pizza en 2010). Se puede ver que existen dos tipos de valores a los que se puede atribuir el precio de un bien; en el caso de los mineros, son recompensados con la cantidad de bitcoins que hayan logrado obtener con el trabajo y la explotación de sus computadoras, ya que los mineros obtienen un porcentaje de ganancia del bitcoin generado; y el valor de su producto o bien depende puramente de la oferta y la demanda que hay en el mercado, haciendo énfasis en una de las fuentes de valor de cambio, la energía utilizada y el trabajo requerido para tenerlo.

En cuanto a la ley de la oferta y la demanda, que explicaremos más adelante con mayor profundidad, podemos ahora mencionar que la oferta y la demanda tienen una relación directa con el precio del bien y además el

mercado es limitado, pues existe un número máximo de bitcoins que pueden ser minadas y el resultado será, un mercado viable regulado por la escasez y la oferta y demanda de este bien electrónico y sin otras regulaciones que la ley misma. Por último, Caijiao y Fonseca (2016) al unir las teorías expuestas, concluyen que el valor de los bitcoins está dado por la utilidad que se le da (valor de uso) y por el trabajo que lleva minarlas y el poder de intercambio que tiene la moneda en el mercado (valor de cambio) y a esto debemos agregar que también debe ser tomado en cuenta el valor necesario de energía para minarlos. Su límite lo da, el número limitado de bitcoins que se encuentran en la economía. De este modo, se aplican las teorías expuestas para la explicación del origen del valor real de la moneda, que lo hacen una moneda virtual real y con un valor de uso percibido por la sociedad y sus propiedades no reguladas por autoridades gubernamentales ni centralizadas, que lo hacen atractivo como valor de uso y de cambio por los capitales de dudosa procedencia o por la población dentro de las economías en crisis.

“El dinero, en cuanto valor de cambio, existe junto a todas las mercancías y fuera de ellas. Es en primer lugar la materia general por la que las mercancías deben cambiarse, convertirse en oro y en plata, para cobrar su libre existencia como valores de cambio” y “Por tanto el dinero se postula aquí como la medida de los valores de cambio medidos en dinero”² (Marx, 1867: 92-94). Con estas reflexiones marxistas podemos fundamentar que lo cierto es que ese valor de cambio se presenta como una parte inseparable del precio, y es este último la medida de valor que expresa el valor de cambio. Siendo que estos dos términos valor de cambio y precio muchas veces se fusionan perdiéndose el uno en el otro y volviéndose sinónimos, es entonces que la criptomonedas ahora funciona como valor de cambio cobrando una existencia independiente y su precio es el valor de cambio materializado en dinero. Separando su valor de cambio para llegar a tener ahora una función como medio de cambio. No obstante que actualmente ese valor de cambio llamado precio es sujeto de múltiples factores que lo influyen actualmente para adquirir ese determinado valor que suele ser a veces tan volátil como lo permite su oferta, su demanda, la especulación de la que es sujeto, entre otros factores, así como su nivel de aceptación como nuevo método de cambio (valor de cambio).

² Por esta razón y con este fundamento marxista muchas veces es utilizado como sinónimo valor de cambio y precio, no obstante que, en este caso, el precio es la materialización del valor de cambio de la criptomoneda en dinero.

Por otra parte a nadie le cabe la menor duda que las criptomonedas son productos electrónicos innovadores. Y en cuanto a la innovación Enrique Gea (2016, p. 17) nos dice que hoy en día el concepto de innovación está fuertemente ligado al de competitividad, el hecho de decir que un producto dado tendrá éxito equivale a decir que es innovador y por lo tanto competitivo en el mercado. Además, realizar la gestión correcta de un producto innovador, suele ser una tarea compleja, debido que en la fase de gestación de un nuevo producto, los resultados son difícilmente cuantificables. Ya que no cuenta:

1. Con un plazo bien definido,
2. Presenta dificultades técnicas que han de resolverse,
3. Ya que al inicio supone un alto coste. Todo ello hace que la gestión de la innovación, además de ser en muchos casos difícil, representa un reto económico para la organización. Pero sigue siendo la innovación la llave de las organizaciones a los constantes cambios del mercado).

Abordando el punto de la teoría de la innovación podemos obtener la reflexión que para procesar cada transacción del bitcoin requiere 80 000 veces más electricidad que para una transacción de tarjeta de crédito visa (De Vries, *Digiconomist*, 2018). Ante ello esta investigación considera que es de vital importancia recomendar continuar innovando para que las monedas virtuales, evolucionen a un minado que no necesite electricidad, o ésta sea mínima; esto daría a las criptomonedas una evolución al siguiente nivel de desarrollo de su mercado, con una alta potenciación del mismo.

3. El bitcoin, costos operacionales y su consumo de energía eléctrica como primer fundamento de valor de cambio-precio

La divisa digital está disponible desde 2008-2009. Creció cada vez más en su vertiginosa apreciación y se convirtió en una de las inversiones más rentables hasta 2017, siendo muy utilizada como reserva de valor. Y a medida que los bitcoins se vuelven más valiosos, más máquinas se encienden para dedicarse exclusivamente a la tarea de fabricarlos. La minería genera alrededor de 3 600 nuevos bitcoins cada día, a través de un software especializado que procesa complicadas ecuaciones matemáticas. Miles de

máquinas alrededor del mundo trabajan día y noche en estos procesos lo que implica un muy elevado consumo de electricidad cuya demanda crece de forma exponencial. Esto plantea una de las primeras cuestiones trascendentales de este documento “las criptomonedas se convierten en un dilema economía versus sostenibilidad”.

En economía, la ley de la oferta y la demanda nos indica que a mayor valor y precio de un bien, mayor incentivo de oferta tiene, ante esto podemos afirmar que el aumento exponencial del valor del bitcoin genera fuertes incentivos de mayor producción de éstos a través del minado. Y a mayor minado, mayor consumo de energía. “Satoshi Nakamoto, como se conoce al inventor anónimo del bitcoin, decía que la criptomoneda iba a terminar siendo tan útil que el único desperdicio era no usar esa electricidad” y “El problema es que no estamos viendo que su uso justifique ese gasto de energía eléctrica” (Pearson en BBC, 2017a); tal vez Nakamoto nunca imaginó el enorme crecimiento de su criptomoneda y la demanda exponencial de energía que consumiría a lo largo del tiempo. Mulligan (en BBC 2017a) estima que en estos momentos la producción de bitcoins consume tanta energía como Dinamarca y para el año 2020 va a estar consumiendo tanta energía como Estados Unidos.³ Lo que nos lleva al análisis y plantearnos varias cuestiones, ¿puede algo tan virtual consumir tanta energía y electricidad como un país entero?, ¿es el consumo exponencial de energía el talón de Aquiles de las criptomonedas?

El número de bitcoins en circulación al 12 de diciembre de 2017 fue de 16 700 millones, y va a continuar creciendo hasta alcanzar los 21 000 millones: el total establecido en las reglas de la misma criptomoneda, es por esta misma regla que usuarios y conocedores expresan que las personas deben entender que este gran *boom* es sólo una etapa y no deben pensar que es para siempre. Y mientras siga habiendo electricidad disponible y barata, acceso a la tecnología, y el valor de la moneda siga siendo lo suficientemente alto para cubrir los costos de producción, el bitcoin va a seguir creciendo hasta que alcance su máxima circulación (BBC, 2017a).

Es importante mencionar que el valor de uso y de cambio del bitcoin ha sido fuertemente aceptado y valorado en algunos países en crisis como ha ocurrido en Argentina y Zimbabue, el bitcoin ha sido un refugio

³ Entrevista hecha por la BBCa la doctora Catherine Mulligan, de la universidad imperial College de Londres.

más estable que la moneda local⁴ y en otros países con economías estables el bitcoin ha incentivado la nueva creación empresas e inversiones (*El Financiero*, 2018). Sin embargo, analistas y expertos han hecho advertencias de los riesgos de invertir en bitcoins, sobre todo por la falta de garantías a largo plazo, la falta de regulación y la posibilidad de que caiga con un sólo clic. Inversionistas de Goldman Sachs dicen que es una burbuja a punto de reventar y los bancos tradicionales no confían en el (BBC, 2017b).

Cochevelou⁵ (en BBC, 2017a), director de operaciones digitales de la Petrolera Total, destaca que el consumo de energía del bitcoin no es sostenible, y ya excede los 30 teravatios por hora, más que Irlanda o Dinamarca y en año y medio llegará a consumir tanta electricidad como los Estados Unidos de Norteamérica (Holthaus,⁶ 2017). Y como sucede con cualquier producto, físico o digital, su futuro dependerá de la eficiencia de su producción y el alto consumo de energía puede ser contraproducente al final.

Es sumamente difícil encontrar datos del consumo de energía de las criptomonedas, dado que cada vez surgen más y más computadoras que realizan minería para crearlas, generándose un crecimiento constante de la minería y del consumo de energía que éstas van añadiendo, día a día. Una fórmula utilizada para calcular el consumo de energía es la del sitio dedicado a criptomonedas *Digiconomist*, la que se basa en las especificaciones de desempeño de la tecnología más empleada para la minería. Como punto de partida toma todos los ingresos de la minería, estima los costos operacionales de los mineros como un porcentaje de sus ingresos y los convierte en gasto por consumo de energía basado en los precios promedios de la electricidad.

En el último estudio informan que aunque es fácil calcular la tasa de cálculo total de la red (el llamado *hashrate*), es muy difícil saber cuál es el consumo real de energía, ya que no hay un registro central que indique qué máquinas están activas minando y qué consumo tiene cada una. Para lograr una estimación razonable, en estudios como este, se tienen en cuenta los ingresos y costes de los mineros. No es una medida perfecta, pero sí más razonable que tratar de estimar el número de vatios consumido por Gigahash/s (*Digiconomist*, 2018).

⁴ Para consulta de este dato se puede acceder a: <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/bitcoin-una-opcion-para-paises-en-crisis-como-zimbabwe-o-venezuela>.

⁵ Giles Cochevelou de Petrolera Total director de operaciones digitales.

⁶ Eric Holthaus es meteorólogo comprometido con el cambio climático global.

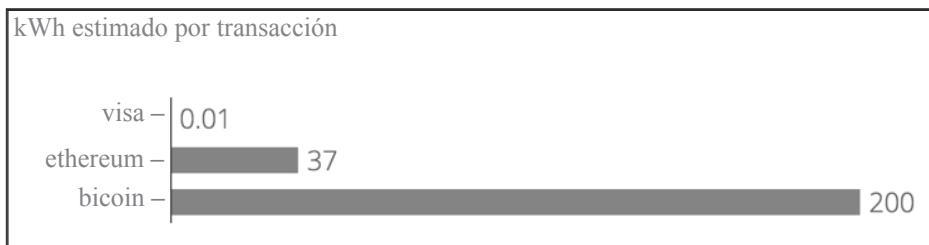
La criptomoneda que es más estudiada por tener más tiempo en el mercado es el bitcoin y esta metodología arroja un consumo anual de electricidad para la producción de bitcoins que actualmente equivale a 32.56 tervatios por hora (TWh), mientras que las cifras de Eurostat demuestran que en 2015 Dinamarca consumió 30.7 TWh de electricidad y la república de Irlanda 25.07 TWh (*Digiconomist*, 2018). Esto quiere decir que utilizando esta medida las comparaciones que están circulando, son correctas en términos generales. También nos muestra que comparativamente en la producción de bitcoins se utiliza más energía que la consumida por más de 13 países diferentes de América Latina: Bolivia (7.71 TWh), Costa Rica (9.55), Cuba (17.15), Ecuador (23.02), El Salvador (6.21), Guatemala (9.84), Haití (0.43), Honduras (7.81), Nicaragua (3.75), Panamá (8.77), Paraguay (11.03), República Dominicana (16.18) y Uruguay (0.43) según las cifras para 2015 de la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2017).

El minado de criptomonedas ha sido visto como un modelo de negocio, y de ahí la proliferación de plantas de minado. La cadena de bloques, la tecnología que sustenta a las criptomonedas, funciona a través de nodos que forman la red descentralizada, operada por mineros quienes tienen grandes beneficios al recibir parte de las criptomonedas que generan. Esto incentiva cada vez más la proliferación de plantas de minado en varias partes del mundo, al grado que en Islandia los centros de minado han excedido la demanda de electricidad de todos los hogares de país, y ello conlleva a una problemática creciente por la demanda de energía⁷ (Sigurbergsson en Yubal, 2018). El crecimiento exponencial de la demanda de energía espera que las operaciones de minado de bitcoins en las nuevas plantas proyectadas lleguen a usar alrededor de 840 gigavatios hora (GWh) de electricidad para abastecer las computadoras de los centros de datos y los sistemas de refrigeración. Mientras que el consumo estimado por la población Islandesa durante el mismo año para abastecer sus hogares es de 700 gigavatios hora, 140 gigavatios hora menor que la demanda de energía para el minado. En 2015 la producción anual de energía en Islandia fue de 18 700 GWh de electricidad. La mayoría de esta energía sigue siendo utilizada en la industria, pero ahora se suma la cada vez más creciente demanda de energía necesaria para el minado. Y a la producción de energía hay que añadirle el problema medioambiental que provocaría generar más electricidad para el bitcoin

⁷ Johann Snorri Sigurbergsson, Director de Desarrollo de Negocios de HS Orka.

en países como Islandia donde la mayor parte de su energía es producida con energía renovable, con alrededor del 70% proveniente de la energía hidroeléctrica y el resto proveniente de la geotérmica. "Los políticos del país recuerdan que las plantas hidroeléctricas alteran el ecosistema acuático, y las geotérmicas enfrián el terreno de alrededor. Todos esos sacrificios serían para casi nada, ya que el valor para Islandia de estas plantas de minado es virtualmente inexistente. Otro que ha hablado de ello es Smári McCarthy, quien ha afirmado que "La minería de criptomonedas casi no requiere personal, muy poco en inversiones de capital y, en general, no deja impuestos" por lo que, el valor que deja el minado para Islandia, es virtualmente cero (BBC, 2017c).

La minería del bitcoin impone un coste energético cada vez mayor: El banco ING,⁹ ha publicado un estudio afirmando que el minado de un bitcoin en la cadena de bloques impone un coste energético que ronda los 200 kWh, energía con la cual se podría mantener un hogar medio durante todo un mes en Holanda, y es precisamente este alto costo energético de la minería de bitcoins lo que permite garantizar la integridad de la red, para vulnerar el sistema de minado se tendría que asumir un altísimo coste energético. "Ese coste es grande en comparación con otras criptodivisas, pero es aún más grande si lo comparamos con el coste de las transacciones económicas tradicionales: así, una transacción con visa tiene un consumo estimado de 001 kWh, lo que supone 20 000 veces menos consumo de energía" (Bronsens en Pastor, 2018), figura 1.

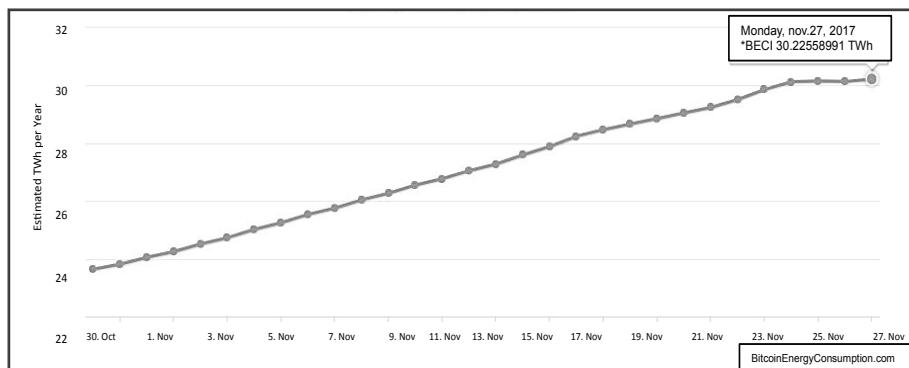


Fuente: ING (2017) obtenida en: <https://www.brinknews.com/how-bitcoin-eats-the-worlds-energy/>.

Figura 1
Estimación de la comparativa del consumo en kWh
por transacción del bitcoin, ethereum y visa

⁷ El responsable de este estudio es Teunis Bronsens del Banco ING.

Dentro del grupo de expertos y estudiosos del consumo energético del sistema de minado está *Digiconomist*, quien indica que al 30 de noviembre de 2017 ese consumo anual del bitcoin, rondaba los 30 22 TWh, figura 2.



Fuente: *Digiconomist*. Obtenida de Tech explore (2017) en: <https://techxplore.com/news/2017-11-spotlight-glare-bitcoin-energy.html>.

Figura 2
Índice de consumo de energía del bitcoin a noviembre de 2017

En cuanto al precio del bitcoin, el primer récord en aumento del precio logró alcanzar los 7 146 dólares el 2 de noviembre de 2017, después en el mismo año logró otra cifra record hasta llegar la cotización a alrededor de 10 000 dólares por unidad en noviembre 30 (Tovar, 2018). El furor de los inversionistas se expresa cuando se muestra una alta apreciación de la criptomoneda, ¿pero qué significa esta apreciación en datos energéticos y en la ley de la oferta y la demanda?, se incrementa la oferta lo que también genera un mayor consumo de electricidad del que pocos hablan, ya que la demanda de la criptomoneda se eleva por las ganancias obtenidas y ante ello personas que realizan el minado tienen más incentivos de seguir produciendo bitcoin, y seguir obteniendo ganancias con la explotación de la moneda digital (De Vries en Malmo, 2017a). Y dados los precios actuales, obtener un bitcoin, o minarlo, requiere tener unos potentísimos ordenadores de alto rendimiento capaces de solucionar los logaritmos matemáticos que dan lugar a la obtención de más monedas. Estos ordenadores, o rigs, están ya especializados en hardware y software para esta tarea concreta.

“Un índice del analista de criptomonedas Alex de Vries, alias digiconomist, estima que con los precios altos, sería rentable para los mineros del bitcoin emplear más de 24 teravatio-hora de electricidad anualmente mientras compiten

por resolver acertijos criptográficos cada vez más difíciles para explotar la moneda. Esa es casi la misma cantidad de energía que usa Nigeria, un país de 186 millones de personas, en un año” (De Vries en Malmo, 2017b).

“Expresar el uso de energía del Bitcoin con base en las transacciones es una abstracción útil. El Bitcoin usa x energía en total, y esta energía garantiza/asegura aproximadamente 300 mil transacciones por día. Así, esta medida muestra el valor que obtenemos por toda esa electricidad, ya que la transacción verificada (y nuestra confianza en ella) es, en última instancia, el producto final” (De Vries en Malmo, 2017a). Yendo a los datos de *Digiconomist*, la cita textual se traduce en el uso de 215 kilovatios/hora (kWh) por cada transacción de bitcoin y actualmente⁹ hay alrededor de 300 000 transacciones por día. Un hogar estadounidense promedio consume 901 kWh por mes, por lo que cada transferencia de bitcoin emplea la energía suficiente para satisfacer las necesidades de una casa cómoda, y toda la electricidad consumida en ella, durante casi una semana. A una escala mayor, el índice de De Vries demuestra que los mineros de bitcoins de todo el mundo en determinado momento podrían estar usando suficiente electricidad como para alimentar a aproximadamente 2.26 millones de hogares estadounidenses (De Vries en Malmo, 2017b).

4. El bitcoin: sostenibilidad *versus* economía

En comparación con los métodos de pago digital convencionales, el consumo de electricidad del bitcoin ha sido muy alto desde su creación, y aún más alto a partir del aumento de su valor; esto se debe a que el precio en dólares del bitcoin es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que se puede usar de manera rentable para explotarlo. A medida que el precio de una criptomoneda aumenta, también se eleva la demanda y se incentiva la oferta y los mineros agregan más computadoras para conseguir nuevos bitcoins y tarifas de transacción.

Hasta el momento no se tienen datos exactos de cuánta electricidad usa la red bitcoin, sin embargo hay estimaciones cercanas. Hay varios cercanos al bitcoin que realizan cálculos y estimaciones serias. Brosens (en Pastor 2018) realiza un cálculo rápido de la energía mínima que el bitcoin podría

⁹ Al 2 de noviembre de 2017.

utilizar, asumiendo que todos los mineros ejecutan el hardware más eficiente sin pérdidas de eficiencia debido al calor residual. Para hacer esto, utilizan una metodología simple que ya presentaron en una cobertura previa de Motherboard.

Lo cual nos daría un factor de explotación total constante de poco más de un gigavatio. Eso significa que, como mínimo, la minería mundial del bitcoin podría satisfacer las necesidades diarias de 821 940 hogares estadounidenses promedio. Dicho de otra manera, la minería global del bitcoin representa un mínimo de 77 KWh de energía consumida por cada transacción de bitcoin. Incluso aunque fuera un mínimo poco realista, esta cifra es suficientemente alta para preguntarnos por su sostenibilidad: el economista senior Teunis Brosens del banco holandés ING (ya antes mencionado), ya indicaba que esa energía utilizada es suficiente para satisfacer todas las necesidades eléctricas de su propia casa en los Países Bajos durante casi dos semanas.

Existe también la estimación seria pero menos optimista de Alex de Vries quien tiene cálculos y según sus datos, ahora mismo serían necesarios alrededor de 24 teravatios-hora de energía al año para competir de forma rentable en el negocio de la minería de bitcoins. Eso equivale más o menos a 215 kilovatios-hora de electricidad por cada transacción (*Digiconomist*, 2017). Eso es más que suficiente para llenar dos baterías Tesla, hacer funcionar una nevera/congelador eficiente durante un año completo o hervir 1 872 litros de agua en una caldera De Vries (2017). Otro estudio hace comparaciones y nos da datos que con la cantidad de energía necesaria para realizar una sola transacción de bitcoin se podría cubrir el consumo energético de un hogar español durante toda una semana. En España, un hogar consume de media al año 9.922 kilovatios-hora (kWh) de energía, es decir, 826 kWh al mes (El Confidencial, 2017).

Malmo (2017a) hace las reflexiones necesarias indicando que es importante recordar que el modelo de De Vries no es exacto. Ya que hace suposiciones sobre los incentivos económicos disponibles para los mineros a un nivel de precios dado, y presenta una predicción prospectiva de hasta dónde podría llegar el consumo de electricidad de los mineros. A pesar de esto, está bastante claro que incluso en el nivel mínimo de consumo de 77 KWh por transacción, ya tenemos un problema y al nivel de 215 KWh, tenemos un problema de sostenibilidad aún mayor. Ya que a medida que sube el precio del bitcoin, también lo hace su consumo de electricidad y, por lo tanto, sus emisiones globales de carbono, lo que representa una problemática real.

De Vries (2017) ha llegado a algunas estimaciones al revisar los datos disponibles sobre una mina bitcoin propulsada por carbón en Mongolia. Concluyó que sólo esta mina es responsable de 13 000 kg de emisiones de CO₂ por cada bitcoin que extrae, y de 40 000 kg de CO₂ por hora. Pero como las criptomonedas son algo que todavía no está regulado y empieza a ser escasamente estudiado, puede pasar algún tiempo para que se tomen medidas para este tipo de emisiones de carbono. Matthias Bartosik (en Malmo 2017b) tiene algunas estimaciones similares, el auto europeo promedio emite 0.1181 kg de CO₂ por kilómetro conducido. Entonces, por cada hora que opera la mina mongol de bitcoin, es responsable de (al menos) el equivalente en CO₂ a más de 203 000 kilómetros recorridos en auto. Pues bien, ahora analicemos que estos datos son solo estimaciones para las transacciones del bitcoin, y ahora sumémosle las transacciones de todas las demás criptomonedas y nos darán datos aún más sorprendentes, mostrando que efectivamente este consumo de energía tiene una lógica irracional en el aspecto ecológico, medioambiental y tal vez hasta económico.

Además se estima que del 70% del minado de bitcoins se encuentra en China, un país altamente dependiente del carbón para generar electricidad, y quien tiene grandes industrias contaminantes de CO₂ a las cuales se suma el minado (BBC, 2017c). Y aunque el país ciertamente hace esfuerzos por diversificar su matriz energética, al ser un gran devorador de energía esto no ha sido suficiente para cubrir su gran y creciente demanda de electricidad.

De Vries afirma que el bitcoin es un problema sin salida ya que "blockchain es una tecnología ineficiente por diseño, que crea confianza mediante la construcción de un sistema basado en la desconfianza. Si sólo confías en ti mismo y en un conjunto de reglas (el software), tienes que validar contra esas reglas todo lo que sucede por ti mismo. Ésa es la vida de un nódulo blockchain" (De Vries, 2017). Para lograr un sistema de pago descentralizado funcional y confiable, bitcoin impone algunas ineficiencias muy costosas a los participantes, entre ellos el consumo eléctrico voraz y una baja capacidad de transacción. Las mejoras propuestas, como SegWit2x, prometen aumentar el número de transacciones que bitcoin puede manejar al menos al doble y reducir la congestión de la red, pero no se habla de una mejora en el consumo de energía, al parecer esto no les preocupa, pues ellos piensan que están utilizando una energía que es sobrante y nadie más utiliza y ése es el problema que no están resolviendo y pudiera llegar a ser el talón de Aquiles

del sistema en un momento dado. Y además la afirmación de Malmo (2017a) es cierta, bitcoin es miles de veces menos eficiente por transacción que una red de tarjeta crediticia, y entonces para sustituirla tendría que volverse miles de veces mejor.

Toda esta reflexión hace énfasis entonces en la cuestión que ocupa esta investigación, “El bitcoin y su demanda exponencial de energía eléctrica: economía versus sostenibilidad”. ¿La creación de una nueva moneda virtual es suficiente justificación económica *versus* el contexto medioambiental del planeta y la cuestión del cambio climático?

En el contexto del cambio climático, tenemos problemáticas graves principalmente con el aumento de las temperaturas en el planeta; lo que genera los incendios descontrolados y al elevar la temperatura del mar tenemos los huracanes que rompen récords, vale la pena hacernos preguntas sobre la huella ambiental que deja el bitcoin, para qué queremos utilizar la criptomonedas y si vale la pena su existencia tal como ha sido creada. ¿La mayoría de las transacciones realmente necesitan eludir a terceros de confianza como bancos y compañías de tarjetas de crédito, que pueden operar de manera mucho más eficiente que la red descentralizada del bitcoin? Por imperfectas que sean estas instituciones financieras, para la mayoría de nosotros, es muy probable que la respuesta sea no. Pero para los capitales que desean pasar desapercibidos como los recursos de procedencia ilícita, quizás si sea eficiente porque se encuentra fuera de toda norma y de todo rigor legal y entonces el cambio climático y la huella de carbono es algo que no importa, importa sólo el dinero de la forma que venga, “economía *versus* sostenibilidad”.

5. Los riesgos del dinero tecnológico fácil y la pérdida de valor-precio del bitcoin

El bitcoin, después de llegar la cotización a alrededor de 10 mil dólares por unidad en noviembre de 2017, registró una baja hasta los seis mil y ahora se encuentra en ocho mil. Un fuerte ajuste, en el que muchos inversionistas que entraron en la racha de crecimiento y que ahora están perdiendo algunos dos tercios partes y otros más de la mitad de sus recursos. Las búsquedas globales en internet han caído más de 80%, comparado con diciembre de 2017. También se evidencia que el volumen

de compra-venta es 70% menor que en las jornadas más activas del año pasado (Wall Street Journal, en Tovar 2018).¹⁰



Fuente: Bloomberg al 29 de noviembre en BBC (2017).

Figura 3

El precio del bitcoin en 2017: aumento exponencial del precio

Tovar (2018) nos da algunas de las causas de esta pérdida de interés por el bitcoin:

1. Surgen una infinidad de criptomonedas y provocan que la demanda se diluya entre las diferentes opciones. Mayor competencia entre las criptomonedas
2. China prohibió su uso y estiman que ahí se realizan 23% de las transacciones y dos terceras partes de la minería de datos para generarlas. Otros países e instituciones financieras se han unido al bloqueo.
3. Si bien tiene un sentido de utilidad para hacer intercambios por internet, el principal motivo de compra es la especulación y no existe una razón de peso para que tengan una demanda constante.

¹⁰ Según un artículo publicado recientemente por el *Wall Street Journal* titulado 'Desaparece furor por el bitcoin: estamos en la fase aburrida'.

4. Hay registro de innumerables casos de fraudes a través de páginas que prometen vender estos activos y resulta un engaño.
5. El mercado ha servido para el manejo de fondos del crimen organizado y ese desprecio ahuyenta a quienes honradamente desean participar.
6. Las redes sociales como Facebook, Twitter y Google manifestaron la prohibición de anuncios de venta de criptomonedas por considerar que podrían estar fomentando las estafas y el lavado de dinero.
7. La tecnología utilizada en la minería de datos se complica por el consumo desmedido de la energía del planeta.
8. Intermediarios financieros y especialistas reconocidos se han sumado en la advertencia de que el bitcoin, como otras criptomonedas, fue una burbuja que ya se está desinflando (Tovar, en *El Financiero*, 2018).

Si bien muchos inversores individuales expertos en tecnología han incursionado durante mucho tiempo en las criptomonedas, los fondos de cobertura generaron mayor interés en los últimos años. Y a pesar de las advertencias; hasta ahora se han abierto alrededor de 226 fondos, la mayoría de ellos en el último año, los que administran hasta cinco mil millones de dólares en capital, de acuerdo con Autonomous Research. Siendo el bitcoin, el líder de todo el mercado, retrocedió de los niveles máximos del año pasado, lo que hizo que los rendimientos de los fondos de criptomonedas perdieran hasta 48% en el primer trimestre, según el índice Eurekahedge Crypto-Currency Hedge Fund. Por ello se esperaría que muchos fondos no sobrevivan por mucho tiempo, y algunos ya han cerrado (Bloomberg, 2018).

Sin embargo existe una cierta población, los *millenniums* que sigue abriendo más fondos, algunos dirigidos por personas de entre 20 y 30 años "Si las criptomonedas son un juego de los *millenniums* o de la generación Z, le permite beneficiarse de la reflexividad en los mercados" (Bloomberg, 2018). Una reciente encuesta en línea realizada por Harris Poll en nombre de Blockchain Capital, fue aplicada a cerca de dos mil adultos y mostró que el 4% de los *millenniums* –personas de entre 18 y 34 años, ha tenido bitcoins, el doble de la población en general. Y el 16% de los *millenniums* dijeron que planean comprar bitcoins en los próximos cinco años.

De esta forma, la facilidad tecnológica, continúa con la apuesta por las criptomonedas a pesar de las pérdidas y "los fondos de criptomonedas emergentes consideran que éste es un momento oportuno para poner en marcha la infraestructura que se necesita para establecer un fondo. Lo que eso

significa es que al menos los administradores de fondos están muy optimistas sobre los aspectos a largo plazo de la criptomoneda en distintas estrategias de inversión" (Bloomberg, 2018). Además es dinero obtenido con base en la tecnología y sin gran esfuerzo para los millenniums, no obstante representa un gran riesgo por su inexperiencia y por la gran competencia que se desarrolla dentro del mercado de las criptomonedas actualmente.

4. Conclusiones

El precio de bitcoin funciona en conjunto con el interés de extraer la criptomoneda, pero no sin sus problemas añadidos. La mayor preocupación puede no depender de la volatilidad de la criptomoneda, ni su facilidad de uso, sino las enormes cantidades de energía que necesita para producirse y que el sistema funcione. Los datos recopilados por la Agencia Internacional de Energía compararon la energía consumida a través de la producción de un bitcoin como aproximadamente el equivalente al consumo de todo el país de Nigeria. Por otra parte, el valor de los bitcoins está dado por la utilidad que se le da, por el trabajo que lleva minarlas, el poder de intercambio que tiene la moneda en el mercado y por el valor necesario de energía para minarlos.

Para procesar cada transacción del bitcoin se requiere 80 000 veces más electricidad que para una transacción de tarjeta de crédito visa, lo que la hace carente de sostenibilidad energética, y tal vez hasta económica. Esta investigación confronta el valor de creación y protección de la criptomoneda, frente a su alto consumo de energía. Ante ello esta investigación recomienda continuar perfeccionando e innovando para que las monedas virtuales, evolucionen de tal forma que utilicen electricidad sostenible, o ésta sea mínima; esto daría a las criptomonedas una evolución al siguiente nivel de desarrollo de su mercado, con una alta potenciación del mismo.

Mientras siga habiendo electricidad disponible y barata, acceso a la tecnología, y el valor de la moneda siga siendo lo suficientemente alto para cubrir los costos de producción, el bitcoin va a seguir creciendo hasta que alcance su máxima circulación. Sin embargo, el consumo de energía del bitcoin no es sostenible, la metodología de medición, arroja un consumo anual de electricidad para la producción de bitcoins que actualmente equivale a 32.56 tervatios por hora (TWh) esto es mayor que el consumo agregado de

Irlanda o Dinamarca y se estima que para 2020 la producción de bitcoin podría a estar consumiendo tanta energía como Estados Unidos. Y si consideramos que aparte del bitcoin, hay más de 1 400 tipos criptomonedas en el mercado y cada día siguen creciendo, esto nos lleva a predecir la insostenibilidad energética de este mercado a lo largo del tiempo. Lo que nos lleva a plantear que el consumo exponencial de energía de las criptomonedas es su talón de aquiles.

Retomando el dilema economía *versus* sostenibilidad relacionado a las criptomonedas, por una parte, el consumo de electricidad del bitcoin ha sido muy alto, en comparación con los métodos de pago digital convencionales, y aún más alto a partir del aumento de su valor; esto se debe a que el precio en dólares del bitcoin es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que se puede usar de manera rentable para explotarlo. A medida que el precio de una criptomoneda aumenta, también se eleva la demanda y se incentiva la oferta y los mineros agregan más computadoras para conseguir nuevos bitcoins y tarifas de transacción. A esto se le suma el punto de vista de la rentabilidad, y que el costo para realizar una transacción sin un tercero de confianza es fuertemente riesgoso y además los altos costos de mantenimiento de servicio eléctrico de las criptomonedas son lamentablemente, una realidad ineludible. Por otra parte es lamentable la falta de regulaciones en cuanto a la producción de bitcoin con energía altamente contaminante, tan sólo con el ejemplo del estudio realizado a la mina bitcoin propulsada por carbón en Mongolia se concluyó que sólo esta mina es responsable de 13 000 kg de emisiones de CO₂ por cada bitcoin que extrae, y de 40 000 kg de CO₂ por hora.

Toda vez que esta investigación analizó el caso del bitcoin por ser el más antiguo y de mayor circulación en el mercado, pero si agregaramos las transacciones de todas las demás criptomonedas, es muy probable que obtendremos la evidencia de que el consumo de energía, para el desarrollo integral de sus procesos y actividades, tiene una lógica irracional en el aspecto ecológico, medioambiental y tal vez hasta económico. Derivando en una dicotomía entre la innovación y eficiencia que el uso de criptomonedas genera en el sentido económico y financiero, y que comparado con la afectación medioambiental, con el incremento exacerbado de energía como su principal insumo, nos damos cuenta de que ambos factores, tienen irremediables impactos en términos económicos, lo que debe obligarnos a realizar la correcta evaluación de las ventajas y desventajas de este tipo de medio de intercambio.

Referencias

- BBC (2018). "Bitcoin energy use in Iceland set to overtake homes, says local firm". Chris Baraniuk publicado y consultado el 12 February en: <http://www.bbc.com/news/technology-43030677>.
- BBC (2017a). "Por qué se gasta tanta electricidad para producir bitcoins (y qué tan cierto es que consume tanta energía como Dinamarca)". Publicado y consultado el 12 de diciembre en: consultado en: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-42323617>.
- BBC (2017b). "Cómo los gemelos Winklevoss, que demandaron a Mark Zuckerberg", 'por haberles robado Facebook', se convirtieron en los primeros millonarios del bitcoin publicado y consultado el 5 diciembre en: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-42237712>.
- BBC (2017c). "Bitcoin: does it really use more electricity than Ireland?" Publicado y consultado el 12 december, 2017, en: <http://www.bbc.com/news/technology-42265728>.
- BBC (2016). "We looked inside a secret Chinese bitcoin mine". Danny Vincent: <http://www.bbc.com/future/story/20160504-we-looked-inside-a-secret-chinese-bitcoin-mine>.
- Bevand, Marc (2017). "Op Ed: Bitcoin miners consume a reasonable amount of Energy -And It's All Worth It". Publicado y consultado en abril 10, 2017 en: <https://bitcoincmagazine.com/articles/op-ed-bitcoin-miners-consume-reasonable-amount-energy-and-its-all-worth-it/>.
- CONDUSEF (2017). "Criptomonedas, cinco cosas que debes saber de ellas". Obtenido en: <http://www.condusef.gob.mx/Revista/PDF-s/2017/208/cripto.pdf>.
- Crypto-economy (2017). "El consumo de energía: gran desventaja de minería de bitcoin. Publicado y consultado el 8 noviembre, 2017 en: <https://www.crypto-economy.net/el-consumo-de-energia-gran-desventaja-de-mineria-de-bitcoin/>.
- Contreras, Manu (2018). "El gasto de energía para minar bitcoin superará al de consumo humano en Islandia". Publicado y obtenido el 19 de marzo en: <https://clipset.20minutos.es/el-gasto-de-energia-para-minar-bitcoin-superara-al-de-consumo-humano-en-islandia/>.
- Cajiao, Hoyos-María Andrea & Fonseca-Medellín Daniela(2006). "Análisis de la implementación de las Bitcoins como método de pago en Colombia". Una tesis presentada para obtener el título de financiero y comerciante internacional. Universidad de La Salle, Bogotá.

- Digiconomist (2018). "Bitcoin Energy Consumption Index". Consultado el 15 de abril de 2018 en: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>.
- Digiconomist (2018b). "Bitcoin energy consumption index", consultado el 12 de mayo de 2018 en: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>.
- El Financiero* (2017). "Bitcoin, una opción para países en crisis como Zimbabwe o Venezuela. Rob Urban. BLOOMBERG". Publicado y consultado el 17 de noviembre, 2017 en: <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/bitcoin-una-opcion-para-paises-en-crisis-como-zimbabwe-o-venezuela>.
- (2018). "Transacciones en bitcoin, un elevado costo energético", consultado el 3 de diciembre, 2017 en: <http://www.elfinanciero.com.mx/mercados/transacciones-en-bitcoin-un-elevado-costo-energetico>.
- (2017). "Bitcoin, una opción para países en crisis como Zimbabwe o Venezuela". Rob Urban, Bloomberg. Publicado y consultado el 17 de noviembre de 2017 en: <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/bitcoin-una-opcion-para-paises-en-crisis-como-zimbabwe-o-venezuela>.
- (2018). "Alumnos de Harvard incursionan en el mundo de las criptomonedas. Bloomberg por Olga Kharif". Publicado y consultado el 20 de abril en: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/alumnos-de-harvard-incursionan-en-el-mundo-de-las-criptomonedas>.
- El Confidencial* (2017). "El coste oculto del bitcoin: por qué esta moneda está cargándose el medio ambiente". Méndez, M. A. Consultado el 3 de diciembre del 2017 en: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-11-02/bitcoin-criptomonedas-medio-ambiente-co2_1471408/.
- Gea, Enrique (2016). *Gestión de la I+D*. 1^a ed., por Ecuador Hojas y signos. Quito Ecuador.
- Holthaus, Eric (2017). "Bitcoin could cost us our clean-energy future". On Dec. 5, 2017. Consultado y descargado 5 de diciembre en: <https://grist.org/article/bitcoin-could-cost-us-our-clean-energy-future/>.
- International Energy Agency (IEA) (2017). "Digitalization and Energy". Obtained 6 February 2018 in: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/DigitalizationandEnergy3.pdf>.
- Malmo, Christopher (2017a). "The Amount of Energy from a bitcoin transaction. motherboard November 4, 2017". Consultado el 3 de Diciembre, 2017 en: https://www.realclearmarkets.com/2017/11/04/the_amount_of_energy_from_a_bitcoin_transaction_209178.htm.
- (2017b). "El aumento en el precio del bitcoin ha elevado su consumo de electricidad". traducido por Laura Castro el 3 de noviembre, 2017 <https://www.infobae.com>.

- com/america/vice/2018/01/15/una-transaccion-de-bitcoin-ahora-usa-tanta-energia-como-tu-casa-en-una-semana/.
- Marx, K. (1867). *El capital, crítica a la economía política*. FCE. 20a., reimpresión 1985. México
- Popper, Nathaniel (2018). El consumo de energía que requiere bitcoin no es nada virtual. Publicado y consultado el 24 de enero, 2018 en: <https://www.nytimes.com/es/2018/01/24/consumo-energia-bitcoin-tecnologia/>.
- Pastor, Javier. "Mitos y realidades sobre el consumo energético de la minería del Bitcoin". Publicado el 9 octubre, 2017 - actualizado 27 abril 2018, consultado el 2 de mayo, 2018, en: <https://www.xataka.com/criptomonedas/la-energia-necesaria-para-minar-un-bitcoin-es-la-misma-que-gasta-un-hogar-en-un-mes>.
- Ricardo, David (1817). "On the principles of political economy and taxation". Ba toche Books Canada. Consultado el 27 de noviembre de 2017 en: <https://socialsciences.mcmaster.ca/econ/ugcm/3ll3/ricardo/Principles.pdf>.
- Satoshi, Nakamoto. "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, history of bitcoin". Consultado en: de <http://historyofbitcoin.org/>.
- Sierra, Marcos (2017). "Habla un minero de bitcoin: se pueden ganar 3 600 euros mensuales". Publicado y consultado el 23 de agosto en: consultado en: https://www.vozpopuli.com/altavoz/tecnologia/cuanto-puedo-ganar-bitcoin-minando-mineros_0_1055894659.html.
- Smith, Adam (1776). *La riqueza de las naciones*. Traducción de Carlos Rodríguez Braun. Consultado el 13 de diciembre, 2017 en: <http://ceiphistorica.com/wp-content/uploads/2016/04/Smith-Adam-La-Riqueza-de-las-Naciones.pdf>.
- Soto, J. H. (2000). "La esencia de la escuela austriaca y su concepto de eficiencia dinámica, ICE Nuevas corrientes de pensamiento Económico", marzo-abril, 2012 número 865. Consultado el 15 de enero de 2018 en: http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_865_5570__CF94DC59198AE5EF7A1F08A27F3D4322.pdf.
- The Guardian* (2018). "Power consumption related to #bitcoin mining is huge and may not be sustainable: today, it exceeds 30 TWh, more than Ireland's #electricity needs". Alex Horn. Published 27 november 2017. Last modified on Wed 14 feb 2018. Consulted on march 12 2018 in: <http://ow.ly/G4fy30gQ6DF> #digital #energy #cryptocurrency.
- Uribe, J. D. (2015). *Informe de inflación 2015*. Bogotá: Banco de la República. "monedas virtuales". Bogotá: Superintendencia Financiera de Colombia .
- Tsukerman, M. (2015). "The block is hot: a survey of the state of bitcoin regulation and suggestions for the future". Publicado y consultado en: <https://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=edf25798a416-46ae-b335-f67ce4538a5d%40sessionmgr120&vid=6&hid=123>.

- Tovar, Alberto (2018a). "¿Perdió el bitcoin la magia?" Actualización de 19 de abril, 2018. Consultado el 21 de abril del 2018 en: <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/alberto-tovar/perdio-el-bitcoin-la-magia>.
- (2017b). "¿Perdió el bitcoin la magia?" Publicado y consultado el 19 de abril del 2018 en: <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/alberto-tovar/perdio-el-bitcoin-la-magia>.
- UNCTAD, Naciones Unidas y COMPAL (2017). "Criptomonedas: guía básica para agencias de protección al consumidor". William Taborda, oficial asociado de información UNCTAD. Publicado y obtenido el 19 de septiembre y obtenido: https://unctadcompal.org/wp-content/uploads/2017/09/Criptomonedas-guia-basica-para-agencias-de-proteccion-al-consumidor_19Sep2017.pdf.
- Villarreal, Antonio (2017). "Los mineros del ethereum: así se gana dinero con la criptomoneda de moda". Publicado y consultado el 20 de julio del 2017. en: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-07-20/mineros-ethereum-criptomoneda-moda_1417728.
- Yubal, F. M. (2018). "El consumo eléctrico del Bitcoin superará al de los hogares en Islandia, según la eléctrica HS Orka". Publicado el 12 febrero, 2018, actualizado 13 febrero, 2018. Consultado el 17 de abril, 2018, en: <https://www.xataka.com/criptomonedas/el-consumo-electrico-del-bitcoin-podria-superar-al-de-todos-los-hogares-en-islandia-segun-una-empresa-local>.
- Zaera, G. (2014). "Bitcoin: bases, comportamiento como moneda e inversión", tesis de maestría. Universidade da Coruña. Coruña, España.