



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales – ICADE

**LA SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL DE LA MINERÍA DIGITAL EN
EUROPA**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Autor: Cristina Victoria Ruiz de Velasco Urbina

Tutor: Francisco Javier Rivas Compains

Madrid | Marzo 2023

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. BLOCKCHAIN.....	5
2.1. Breve Historia	5
2.2. Definición de Blockchain.....	5
3. NACIMIENTO DE LAS CRIPTOMONEDAS	7
3.1 Proceso de minería digital	8
3.2 Análisis de las principales criptomonedas en circulación en la actualidad	10
3.2.1. <i>Bitcoin</i>	10
3.2.2. <i>Ethereum</i>	12
3.2.3. <i>Tether</i>	14
3.3. Ventajas y desventajas de la inversión en criptoactivos.....	16
4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LOS CRIPTOACTIVOS	18
4.1. Impacto energético de los criptoactivos	19
4.2. Consecuencias económicas de los criptoactivos	23
4.2.1. Negativas económicas como consecuencia del impacto energético.....	24
4.2.2. Beneficios económicos de los criptoactivos en economías en desarrollo.	26
4.3. Criptomonedas ecológicas.....	28
4.3.1 <i>Chia</i>	30
4.3.2 <i>Cardano</i>	31
4.3.3 <i>Ripple</i>	32
5. REGULACIÓN RELATIVA A LA MINERÍA DIGITAL DE CRIPTOACTIVOS	34
5.1. Regulación Europea: Proyecto de Reglamento MiCA.....	34
5.1.1 Propuestas de mejora al contenido el reglamento	37
6. ANÁLISIS DE MÉTODOS DE TRANSACCIÓN ALTERNATIVOS	38
6.1. VISA vs Crypto.....	38
6.1.1. Marco comparativo de sus principales características.....	38
6.2.2. Comparación de inversiones: Eficiencia energética e impacto medioambiental.	41
7. CONCLUSIONES	45
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49

RESUMEN:

La fama de las criptomonedas ha crecido con una velocidad impresionante durante los últimos, convirtiéndose en unos de los activos más controversiales a nivel global por sus innovaciones y volatilidad. No ha sido hasta más reciente cuando se han empezado a unir al debate de estos temas los impactos ecológicos y la necesidad de proponer nuevas soluciones para el cuidado de la sostenibilidad energética. Ante esta preocupación surgen diversas soluciones por la que la industria de criptoactivos se ha ido convirtiendo en un sector cada vez más sostenible, sin dejar de lado la necesidad de un trabajo constante por la mejora continuada del planeta y la concienciación social.

Palabras clave: Blockchain, Bitcoin, Ethereum, minería, criptomoneda ecológica, MiCA, sostenibilidad

ABSTRACT:

The fame of cryptocurrencies has grown with impressive speed over the last few years, becoming one of the most controversial assets globally due to their innovations and volatility. It has not been until more recently that ecological impacts and the need to propose new solutions for the care of energy sustainability have begun to join the debate on these issues. In the face of this concern, various solutions have emerged through which the cryptoasset industry has been becoming an increasingly sustainable sector, without neglecting the need for constant work and continuous improvement of the planet and social awareness.

Keywords: Blockchain, Bitcoin, Ethereum, mining, green cryptocurrency, MiCA, sustainability.

1. Introducción

Este trabajo trata de llevar a cabo un análisis y examen del impacto medioambiental que tiene la minería digital de criptomonedas en Europa. Para ello se realizará un estudio de las tres criptomonedas más visibles en el mercado con el objetivo de responder dos preguntas:

- ¿Qué impacto energético tienen la creación y transacciones de criptomonedas en Europa?
- ¿Qué tecnologías pueden implementarse para mejorar el desarrollo sostenible de las criptomonedas?

Finalmente se realizará una comparativa ecológica de estas transacciones con otros métodos de inversión tradicionales.

La base para el desarrollo de este trabajo proviene de una combinación de fuentes investigación digitales, entrevistas, y prensa económica y financiera relativa según conviene para el estudio de los diversos objetivos. El proceso de investigación realizado comenzará con un análisis generalizado del concepto de minería de criptomonedas, que, siguiendo un método deductivo, continúa adentrándose en el aspecto de sostenibilidad energética de estos activos digitales para finalmente responder a las dos preguntas planteadas en los objetivos principales .

El auge del blockchain y los criptoactivos en todos sus sentidos crean la necesidad de profundizar en el potencial impacto y desarrollo de esta industria así como sus distintos y múltiples procesos de minería que se presentan, analizando no solo las ventajas económicas que han supuesto estos activos sino el desarrollo sostenible que debe tratar de fomentarse con los mismos.

2. Blockchain

2.1. Breve Historia

El Blockchain es una tecnología fundamental de la cuarta revolución industrial. Comenzó a alzar su popularidad a finales de la década de los 2000 con el lanzamiento de la inversión en criptodivisas. Es interesante observar que, aun habiendo alzado su fama con el *proyecto Bitcoin* de 2008 de Satoshi Nakamoto, los verdaderos orígenes de esta tecnología se remontan a principios de la década de los 90 de manos de Stuart Haber y W. Scott, primeros visionarias de esta tecnología de bloques criptográficas con la intención de que no fuese posible manipular las marcas de tiempo en los documentos. (Rodriguez, 2018)

Bitcoin nace en 2008 como la primera aplicación de la tecnología Blockchain, y durante los últimos años han ido aumentando paulatinamente el número de proyectos que aprovechan el uso de esta tecnología. Inicialmente la visión de esta tecnología tuvo un impacto esperado tan inmenso como aquel de internet, y, años más tarde, vemos como la evolución de sus aplicaciones ha llevado no solo a un giro de acontecimientos como inversión alternativa en los mercados financieros como ya se predijo, sino a un impacto global en la digitalización de las industrias de carácter logístico, energético, sanitario, artístico y muchos más. (Lecuit, 2019)

2.2. Definición de Blockchain

La tecnología Blockchain es un libro de datos inalterable que permite llevar a cabo el registro de transacciones de activos, tangibles e intangibles, guardando las mismas y permitiendo a los usuarios de la red el acceso a esta información sin necesidad de aprobación por parte de un tercero pudiendo además opinar sobre el destino y contenido de la blockchain.

Como indica su nombre, *block chain* o cadena de bloques es una tecnología basada en los bloques de operaciones, totalmente descentralizada de entidades y sincronizada para el acceso a la información común de los usuarios, con una codificación criptográfica que asegura la ausencia de falsificación en las transacciones. En el momento de creación de estos

bloques, los usuarios pueden establecer las distintas normas de funcionamiento de la red, reduciendo los riesgos de seguridad y costes para los individuos involucrados en el proceso. (Solunio, 2021)

El sistema se describe en ocasiones como un libro mayor distribuido, ya que refleja con igual características el registro contable detallado de cada operación que se lleva a cabo dentro de la red, la graba y organiza en la llamada cadena de bloques. Sin embargo, es necesario aclarar la disparidad entre los dos términos, que, aun no siendo completamente opuestos, contienen numerosas diferencias, empezando por el registro contable del blockchain realizado a través del uso de criptografía y vinculado con todos los registros anteriores que crea esa cadena de bloques por la que recibe su nombre. (Maldonado, 2019)

Establecida la definición, es posible y debido a los tecnicismos que esta incurre, que existan complicaciones para entender la manifestación de esta supuesta seguridad y transparencia de las transacciones. El principal manifiesto de la transparencia de esta tecnología se sitúa precisamente en la descentralización de su control. Esto permite que la información distribuida y su autenticidad se logre por consenso de todos los usuarios que deben de validar la cadena de bloques, y, de igual manera, la inhabilitación de uno de los puntos no produce la ruptura en el bloque, por lo que puede seguir funcionando, situación que no se daría en una red centralizada por un mismo organismo. (Campo, 2021). Por otra parte, y resaltando la evidencia de su seguridad, la codificación de la información a través de un algoritmo matemático es única en el almacenamiento de los datos de la transacción permitiendo la localización individualizada de las transacciones con mayor facilidad dentro de la cadena de bloques, y de igual manera se evita la manipulación o registros duplicados de los bloques. (Acharya, 2022)

Aclarado el concepto de blockchain, los avances de esta tecnología durante los últimos años, conllevan la clasificación de cadenas de bloques en distintas tipologías, pudiendo ser estas de carácter público (permiten el acceso a cualquier persona, manifiesta la ausencia de administradores y tanto los usuarios como transacciones tienen son anónimos), privado (requiere autorización para acceder a la cadena de bloques, normalmente caracterizadas por pertenecer a una entidad o empresa que decide crear un blockchain para el manejo de transacciones), federadas (creadas por asociaciones de empresas o sectores donde los

miembros forman parte de las entidades asociadas) y de servicio (ofrecido por algunas empresas como un concepto de nube). (López & Unda, 2018)

2.3. Funcionamiento de la tecnología blockchain

El funcionamiento de la tecnología Bitcoin se puede entender mencionando inicialmente la tecnología de intercambio de datos *peer-to-peer*. En términos simples esta tecnología se crea con el fin de que los usuarios de la misma envíen y reciben información de una o más fuentes, siendo para ello necesario que las partes compartan el acceso a una plataforma común. Con blockchain los usuarios comparten la información en el momento de la transacción, y transmiten un nuevo bloque de datos a la cadena que debe ser validado. (Nakamoto, 2009)

La estructura de los nuevos bloques creados tiene una estructura de datos en árbol, es decir, jerárquica y aplicada sobre un único valor llamado *hash*, que permite codificar los datos y crear una cadena de caracteres única con la que poder operar de forma segura (Llamas, 2022) sirviendo como un método de verificación eficiente de los datos almacenados.

Para poder generar estos bloques es necesario la existencia de los *nodos* que permitan la posibilidad de generar datos válidos. Por *nodo* se entiende los dispositivos electrónicos con dirección IP que se utilizan como puntos finales de comunicación y permiten a los usuarios interactuar con una cadena de bloques (Acharya, 2022). Los usuarios de estos dispositivos quedan regidos por las mismas reglas y operan de igual manera, sin quedar sometidos a ningún sistema de jerarquía, permitiendo distribuir el poder de decisión y validez sobre las transacciones de los bloques. En las mayores redes de blockchain, se observa un aumento de la seguridad con el crecimiento del número de usuarios convirtiendo las decisiones de creación de bloques en más justas.

3. Nacimiento de las criptomonedas.

La primera mención del concepto “criptomoneda” se presenta en el año 2008 por un individuo o grupo de personas que operaban bajo el seudónimo de Satoshi Nakamoto, como una respuesta a la crisis financiera global de 2008 y la falta de confianza en los bancos y monedas tradicionales.

El artículo original titulado *Bitcoin: a Peer-to-Peer Electronic Cash System*, describe el funcionamiento de este nuevo sistema de monedas digitales, ausentes de respaldo por parte de ningún gobierno o institución financiera, y en su contra, basado en un sistema descentralizado y de código abierto que permite a cualquier persona participar en su red, contando sin embargo con las mismas características que aquellas de los sistemas de pago tradicional, de forma que se utilizará para el pago de bienes y servicios provisionados por las autoridades correspondientes. (Nakamoto, 2009)

La primera transacción llevada a cabo con criptomonedas no se produjo hasta un par de años más tarde de la publicación de Nakamoto en 2010. Consistió en la compra de diez mil bitcoins (cifra que vista desde la actualidad supone una inversión millonaria) para la compra de dos pizzas de Papa John's, por parte de Laszlo Hanyecz, teniendo una valoración aproximada de 40 dólares en el momento. Esta anécdota, aún entretenida, resulta poco representativa de la verdadera intención del nacimiento de las criptomonedas de resolver las insatisfacciones del momento generadas por los servicios financieros convencionales. (Decano, 2020)

Antes de adentrarnos más profundamente en las competencias de las criptomonedas, es necesario entender el procedimiento por el cual se realiza la minería de las mismas, indagando sobre la superficie del impacto energético de este proceso, objetivo principal de este trabajo.

3.1 Proceso de minería digital.

La minería es el proceso integral utilizado para la generación, transmisión y validación de transacciones de criptomonedas, garantizando una propagación estable y segura de la moneda del pagador al beneficiario (Krishnan, Saketh, & Vaibhav, 2015). De esta manera el proceso de minería encarga a los agentes la resolución del problema matemático y criptográfico de descodificación por medio del soporte de ordenadores para poder realizar las transacciones requeridas con la criptomoneda como método de pago. (Engineering SYLTEC Making Future, 2021)

Debe entenderse su disparidad con la moneda fiduciaria utilizada comúnmente en el curso de transacciones principalmente debido a la ausencia de las autoridades centralizadas que la controlan como ya se ha mencionado previamente. Las criptomonedas superan la necesidad

de autoridades implementando la minería por medio de usuarios conocidos como ‘‘mineros’’ o ‘‘nodos’’ que monitorean y validan individualmente las transacciones a través de la cadena de bloques.

Para poder llevar a cabo sus cometidos, los mineros utilizan un equipo de ‘‘máquinas de minería’’, que realmente se refiere a las tipologías de métodos utilizados para llevar a cabo la minería de criptomonedas. El uso de la variedad de máquinas permite conseguir una mayor o menor rentabilidad minera, que consolida precisamente la seguridad del proceso. Sin entrar en una infinidad de detalles técnicos, ya que se consideran poco relevantes para el caso, es interesante diferenciar dos tipos de máquinas de minería para entender las consecuencias del uso de cada una a modo de ejemplo.

Por una parte, el proceso más rentable a nivel económico es el *ASIC Mining*. Las iniciales ASIC (application-specific integrated circuit) se refieren al dispositivo especializado que se crea únicamente con el propósito del diseño y extracción de un tipo de criptomoneda específica. En el caso de Bitcoin se considera la opción más poderosa y recomendada para su minería, ya que es verdaderamente el único dispositivo en el que potencialmente se pueden obtener ganancias de la minería de bitcoin.

Al contrario, como método más simple encontramos el *CPU Mining*. Es el proceso más accesible para la minería de criptomonedas ya que el único requisito es disponer de un ordenador, y fue precisamente el método más utilizado durante los comienzos de la minería de Bitcoins. Dicho esto, su sencillez supone que no pueda considerarse altamente competitivo en comparación con otros procesos como el *ASIC* anteriormente mencionado debido a la falta de poder de procesamiento de datos. (Daly, 2022)

Aun existiendo una multitud de sistemas por medio de los cuales se desarrolla la minería de criptomonedas, una de las características esenciales con las que coinciden es el impacto medioambiental debido a su consumo y su creciente efecto durante los últimos años. Aunque se llevará a cabo un estudio más minucioso del impacto energético de estos procesos en secciones más avanzadas del trabajo, introducimos el concepto evidenciando, como puede suponerse, que a mayor complejidad del proceso, más energía se requiere para minar las criptomonedas, comparando la cantidad de energía que se necesita para minar Bitcoins con el equivalente al consumo de energía de países como Dinamarca, Bulgaria o Bielorrusia,

produciendo una cantidad aproximada de 17.000 kilotoneladas de dióxido de carbono al año. (Engineering SYLTEC Making Future, 2021)

3.2 Análisis de las principales criptomonedas en circulación en la actualidad.

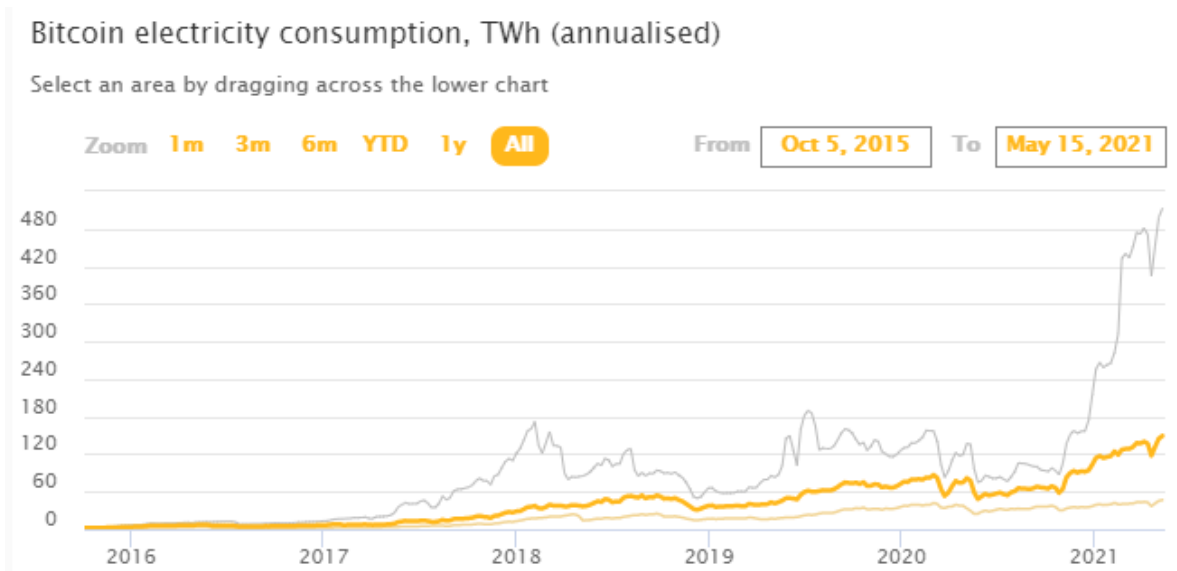


Figura 1: Estimación del consumo eléctrico anual de Bitcoin 2015 – 2021. (Cambridge Center for Alternative Finance, 2022)

Bitcoin es la primera moneda virtual lanzada al mercado, y mayormente conocida por transformar el sistema de pagos de internet en el comercio electrónico. Como todas las criptomonedas, aunque a día de hoy podemos observar una mayor confianza en la permanencia de este sistema, existe la duda sobre la posible desaparición de la misma por el desconocimiento general de la población en cuanto a su funcionamiento, es por ello, que durante el siguiente apartado, se trata de entender la cuestión de fondo sobre su funcionamiento y propósito con la intención de ampliar la exposición del público general al contenido de esta criptomoneda y otras circulantes en el mercado.

3.2.1. Bitcoin

Existe una correlación directa entre el concepto de Bitcoin y el auge de la fama de criptomonedas, ya que como se ha explicado anteriormente, fue la primera en ver la luz tras la publicación del paper *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* que comienza describiendo el funcionamiento de la red de blockchain que la sustentaba, así como sus principales características. Años más tarde, esta primera criptomoneda se ha convertido en

uno de los activos digitales de mayor valor del planeta habiendo llegado a alzas máximas de 50.000 dólares a finales de 2021, un gran cambio desde el inicial precio de 0.00076 dólares en enero de 2009.

Uno de los mayores atractivos de las criptomonedas parece ser la supuesta privacidad perfecta de las transacciones, sin embargo, considero necesario alzar la crítica a esta idea pues no es completamente cierta, sino que la correcta interpretación debería calificar las transacciones de seudonimizadas y no anonimizadas. Es necesario tener en cuenta que las operaciones realizadas quedan principalmente sustentadas en la confianza de los sustentos matemático de las mismas. Continuando esta crítica a la seguridad de Bitcoin es interesante observar la opinión de Rafael Bonilla, profesor de EPSOL al respecto de su encriptación: “*Todos los parámetros matemáticos empleados en el Bitcoin no tienen problema, funcionan, aunque en el intercambio de información corren un gran riesgo. Si un computador es hackeado y se llevan la información encriptada, es simple saber quién es el emisor del mensaje y la clave privada. Matemáticamente el modelo es seguro, pero en la práctica persisten algunos vacíos...*”. (ESPOL, 2016)

Simplificado, y, en otras palabras, las operaciones realizadas en bitcoin conllevan dos ramas de información, una dirección de origen, y una de destino con la cantidad correspondiente de la transferencia. Ambas quedan directamente ligadas a la identidad de la persona debido al registro de cadenas del Blockchain, por el que se permite relacionar al usuario con la respectiva cuenta que le corresponda. Visto de esta forma, el seguimiento de los millones de movimientos y la imposibilidad de eliminar los nodos que los interconectan hacen que el usuario no pueda deshacerse de ningún tipo de información que haya sido grabado durante la transacción, por lo tanto, el uso de esta herramienta puede llegarse a clasificar como un arma de doble filo en cuando a la perspectiva de seguridad. Por una parte, la preservación de la privacidad en las transacciones y la recopilación de información permite llegar al fondo de la búsqueda de información con mayor facilidad en el recorrido de una transacción, pero al mismo tiempo, esa privacidad puede usarse por organizaciones de carácter terrorista con el fin de ocultar transferencias o llevar a cabo otras acciones delictivas como el blanqueo de capitales. Debe mencionarse, sin embargo, que este último aspecto es realmente característico de los múltiples tipos de criptomonedas que utilizan el sistema de generación

de minería de Blockchain, por tanto, no debemos extrapolar estos resultados únicamente al Bitcoin.

3.2.2. Ethereum

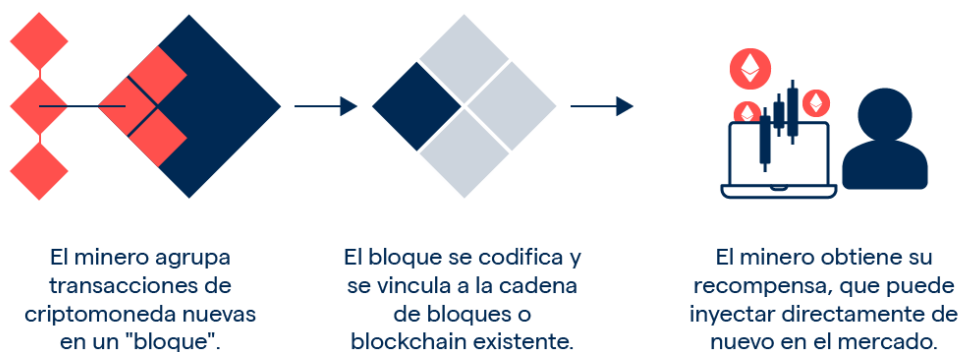
Ethereum suele ser el primer representante de criptomonedas que nos viene a la mente si dejamos de lado las Bitcoin, por lo que para muchos, puede resultar difícil, por falta de documentación, desligar los conceptos entre sí, sin embargo, es necesario comprender la disparidad entre ambas monedas, su funcionamiento y minería, y su recorrido histórico de cara a comprender el impacto energético que diferenciamos entre las inversiones de estas criptomonedas.

Ethereum sale a la luz en 2015 con el “White paper” de Vitalik Buterin *A next generation Smart contract & decentralized application platform* donde se describe la intención de Ethereum como un método de fusión y mejora de protocolos que permite a los desarrolladores de aplicaciones crear aquellas con mayor escalabilidad, estandarización y características completas (Buterin, 2014). Empezando a leer el concepto de Ethereum, ya entran dudas sobre qué hace exactamente esta criptomoneda, qué significan estos tecnicismos, y por qué hay que diferenciarla de Bitcoin. Bien, empezaremos por un resumen de sus funciones en términos más simples.

Tanto Bitcoin como Ethereum permiten llevar a cabo el intercambio on-line de criptomonedas guardadas en *wallets* para realizar las transacciones, son descentralizadas y utiliza la tecnología blockchain para su creación sin quedar bajo la regulación de ningún banco central, sin embargo, su primera diferencia significativa la encontramos precisamente en el motivo de su diseño y creación. Bitcoin fue creada con la intención de desarrollar una moneda como reserva de valor, de igual manera que podemos pensar en el propósito que se le da a un euro, dólar, o yen físico. Ethereum por otra parte tenía su destino inicial servir como un sistema monetario que permita monetizar la operación a través un contrato inteligente por apps a través de la tecnología Blockchain y es utilizado actualmente en áreas como las transacciones de NFTs. (Reiff, 2022)

¿Cómo funciona entonces esta segunda tecnología que presentamos? Ethereum representa una cadena de bloques creada a través del lenguaje de programación conocido como Turing

que permite a cualquier persona escribir contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas con sus propias reglas de propiedad, formato de transacción y funciones, aunque debe puntualizarse que las transacciones se llevan a cabo con la criptomoneda propiamente dicha denominada *Ether* (ETH) . Estos contratos inteligentes solo quedarán desbloqueados bajo el cumplimiento de las condiciones establecidas por sus creadores, y, establecen más poder en la secuencia de seguridad que aquella establecida por el sistema de blockchain de Bitcoin ya que permiten a los desarrolladores crear sus software específicos para la gestión y automatización de transacciones y resultados. (Vujicic, Jagodic, & Randic, 2018) Entendiéndolo en otras palabras, si un contrato físico describe los términos de una relación, un contrato inteligente en Ethereum se asegura que estos términos se cumplan escribiéndolos en código y ejecutan automáticamente el contenido del contrato cuando se cumplen las condiciones predefinidas, eliminando el retraso y coste que se pueda ejecutar con un contrato manual. (IGCommunity, 2022)



IG.COM

Figura 2: Funcionamiento de los ‘‘Smart Contracts’’ en la tecnología Blockchain de Ethereum (IGCommunity, 2022)

En general, para concluir, el funcionamiento de Ethereum se realiza a través de tokens que, podría decirse, tienen tres aplicaciones o usos principales más allá de las transacciones y compras. Una primera categoría sería el establecimiento de aplicaciones financieras, permite a sus usuarios la administración más eficiente de contratos usando su dinero. A modo de ejemplo, existe una actividad muy prolifera en el establecimiento de contratos de subdividas, derivados financieros, contratos de cobertura y carteras de ahorro, e incluso testamentos. La

segunda categoría serían las aplicaciones semi financieras donde existen intercambios monetarios, pero al mismo tiempo se crean soluciones para otro tipo de problemas como recompensas autoimpuestas por soluciones a problemas informáticos. Como última categoría, aunque, tiene menor calibre, se ha utilizado también en aplicaciones de votación y gobiernos descentralizados que no tienen relevancia financiera, pero sirven de gran utilidad a múltiples negocios. (Buterin, 2014)

3.2.3. Tether

Como último punto a destacar dentro de la tipología de criptomonedas antes de adentrarnos en la especificidad de sus ventajas y desventajas como método de inversión, así como el impacto que tienen su minería a nivel energético y sus soluciones, es interesante abordar las resoluciones que se han dado a una de las principales críticas de estos activos, la volatilidad.

Cualquier persona que observe de forma relativamente constante las noticias habrá visto las polémicas que han surgido especialmente durante en los últimos años con relación a las criptomonedas. Para aquellos usuarios de carácter más conservador, la inversión de criptomonedas supone un riesgo evidente a nuestra cartera de valores, viendo claros ejemplos como la caída de Bitcoin desde el record de 2021.

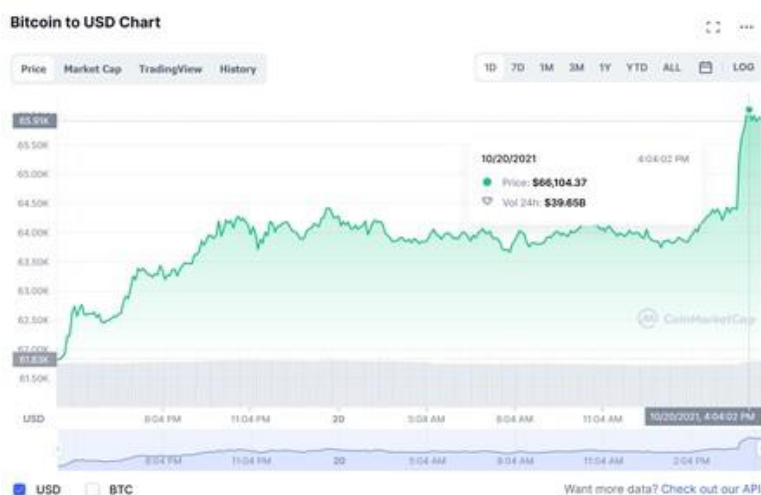


Figura 3: Máximo valor histórico de Bitcoin en 66.000 Dólares en 2021 . (Pastor, Xataka, 2021)

Tether es el ejemplo clave de criptoactivos denominados *stablecoins*. Estos tienen la característica de diseñarse con la función de mantener su precio ligado al de otro activo con una relación de paridad, como puede ser en este caso con dinero fiat como el dólar estadounidense. (Juarros, 2022)

Tether, inicialmente conocida bajo el nombre de Realcoin en 2014 se define como una unidad digital creada a través de herramientas de estabilización que permiten neutralizar las extremas fluctuaciones de precio que puede surgir otro tipo de criptomonedas. Supuso una revolución para los usuarios de criptomonedas al permitir realizar transacciones similares al dólar estadounidense sin necesidad del uso de sistema de pago o servicios bancarios tradicionales. Al comenzar a incursionar en más de 100 mercados de intercambio atrajo el acceso de clientes con carácter más conservador e inicialmente reacios a la inversión en criptoactivos, contando además con el beneficio de su ecosistema de programación que facilitaba las transacciones a aquellos usuarios involucrados en altas cantidades de trading mitigando los riesgos originales. (Lipton, Sardon, Schär, & Schüpbach, 2020)






#	Name	Symbol	Price (USD)	Market Cap	Vol (24H)	Total Vol	Chg (24H)	Chg (7D)
1	 Bitcoin	BTC	22,081.1	\$426.74B	\$24.66B	52.89%	-1.13%	-6.97%
2	 Ethereum	ETH	1,558.79	\$190.67B	\$7.28B	15.60%	-0.23%	-5.78%
3	 Tether	USDT	1.0000	\$71.74B	\$32.90B	70.55%	0%	-0.01%
4	 BNB	BNB	287.90	\$45.42B	\$392.42M	0.84%	+0.90%	-5.34%
5	 USD Coin	USDC	1.0001	\$43.56B	\$3.70B	7.94%	0%	0%

Figura 4: Capitalización Bursátil y precio de los activos líderes del mercado. (Coin Market Cap, 2023)

Concluimos, por tanto, que Tether puede parecer un nuevo activo interesante para los inversores más conservadores por todo lo que se ha expuesto, pero si enfocamos su contenido al centro de la investigación pertinente al trabajo, cabe plantear la siguiente cuestión: ¿Verdaderamente existe alguna ventaja en la creación de estas *stable coins* que pueda contrarrestar el efecto de su malgasto de energía?

Aunque el estudio del impacto energético se muestra más adelante en minucioso detalle, se adelanta parcialmente una mención para el caso de estas criptomonedas con el fin de corroborar la crítica planteada con la anterior pregunta.

Primero debe exponerse de que existe certeza en que el consumo de energía de una stablecoin como Tether es muy bajo en comparación al de otras criptomonedas como Bitcoin o Ethereum, cuyos sistemas de validación de transacciones puede dar lugar a un impacto superior al de Omni Layer, tecnología utilizada por la moneda en cuestión, que se caracteriza por necesitar una cantidad muy pequeña para procesar la recepción y envío de los tokens digitales, e incluso, Tether ha anunciado los trabajos que se están realizando para la creación de una tecnología más eficiente en términos energéticos disponible en el *Tether 2.0*. (Arroyo, 2018)

Toda esta situación sin embargo no deja de lado el hecho de que se ha desarrollado una tipología de criptoactivos que verdaderamente queda sujeta a varias críticas. Por una parte, un malgasto energético, que aun siendo inferior al de otros criptoactivos, sigue siendo completamente innecesario, y ello queda seguido de la falta de una justificación como en las posibles ganancias económicas o la diversificación que podría proporcionar por ejemplo Bitcoin.

La conclusión a plantear con esto último es que estas *stable coins* se pueden ejemplificar como una excusa para tomar un dólar en formato Fiat, y, ponerle otro nombre formato token con el mismo valor y volatilidad, pero con unas características más modernas y tecnológicas y llamarlo una pluralidad de nombres en una cartera de valores donde se sustenta que el impacto más importante que tiene es dentro de las emisiones de carbono y energías que crean los procesos de tokenización del activo.

3.3. Ventajas y desventajas de la inversión en criptoactivos.

Cerrando parcialmente el concepto de los criptoactivos en cuanto a su terminología, funcionamiento y composición, es útil establecer un breve resumen recalando aquellos motivos con carácter más o menos favorable a considerar para aquellos usuarios que planteen lanzarse a la piscina de la inversión en BTC, ETH, u otras alternativas que ofrezca el mercado.

Como se ha explicado reiteradamente, las redes de criptomonedas tienen un carácter eminentemente seguro en cuanto a la codificación, y seudonimización del usuario, algo único y especialmente atractivo de los mismos, pero también habrá que tener en cuenta que esta codificación encriptada supone un riesgo en caso de acceso a la mismas, ya que no caben recursos para la recuperación de activos digitales y no se puede conseguir un simple método de ‘hackeo’ en el caso de perder las contraseña de las carteras. Así es el caso de Stefan Thomas, programador informático de San Diego que perdió su contraseña con acceso a una cartera valorada en 220 millones de Bitcoin en 2021 (El Periodico, 2021), por tanto, aunque parezca, una posibilidad remota, la seguridad de estos activos puede ser considerada como una posible desventaja más allá de lo esperado.

Por otra parte, un aspecto evidentemente ventajoso supone la accesibilidad de la minería de criptomonedas a cualquier persona que cuente con los conocimientos necesarios para entender aspectos como el *CPU Mining* y un ordenador a su cargo. Al no contar con agencias intermediarias y reguladoras las transacciones no son solo más fáciles y accesibles, sino además más baratas que las tradicionales tanto a nivel nacional como internacional. Visto este punto, es evidente mencionar los potenciales riesgos con la ausencia de regulación, ya que puede incitar al uso de las mismas en actividades de carácter ilícito como la evasión de impuestos en determinadas jurisdicciones o el auge de uso de criptoactivos en el mercado negro.

Encontramos además el arma de doble filo evidente de su volatilidad. Una entrada y salida en el momento correcto puede suponer la generación de ganancias inimaginables, normalmente contando con que la inversión será más rentable desde un punto de visto a medio largo plazo, pero suponiendo un ROI generoso en los casos beneficiosos. Dicho esto, también es posible que, como cualquier inversión, las expectativas queden torcidas y se produzca un agujero de gran calibre en nuestras carteras digitales.

Por último, una de las características más importantes a destacar de las criptomonedas es la oferta limitada que existe con carácter definitivo en cada uno de los activos, por ejemplo, considerando que Bitcoin tiene una oferta proyectada fija de 21 millones de unidades, con una reducción cada cuatro años, la tasa de inflación actual es del 1.8%, una comparativa muy diferente al mas de 6% registrado en España en febrero de 2023 (N26, 2022). Incluso para

otros activos como Ether donde la tasa de inflación es variable la tasa de inflación se estima alrededor de 0,5% al año esperándose una evolución negativa en los próximos años a medida que aumente la actividad de la red. Por tanto, el espacio de activos digitales es un fragmento tan pequeño y volátil de la economía que se esperan que los cambios de la oferta de criptoactivos tendrán un impacto mucho menos relevante que los cambios en el IPC, la inflación monetaria y la política. (Skrill, 2023)

4. Impacto medioambiental de los criptoactivos

En este instante, el conocimiento en cuanto a la cuestión de qué es una criptomoneda está suficientemente consolidado en sus aspectos más relevantes, por lo que debemos entrar en la cuestión de fondo del programa respecto al impacto medioambiental que tienen estos activos.

El último siglo ha sido testigo del constante aumento de niveles en los gases de efecto invernadero en la atmósfera de la tierra, creados por combustibles fósiles y cambios en las actividades industriales que han supuesto un aumento de 0.9 grados en la temperatura global desde los años 60. Las temperaturas han aumentado en todo el mundo y se espera que aumenten entre 3 y 5 grados más para el año 2.100 llegando a crear veranos con una duración promedia de 6 meses e inviernos de 2 meses. Desde el año 2015 se ha mostrado un consenso común en 197 países a través de los Acuerdos de Paris que pretende paliar los efectos del cambio climático, aunque debe recalcar la dificultad de estas acciones debido al aumento de población, consumo de energía y la ausencia de políticas favorables medioambientales por parte de muchos de los gobiernos a nivel mundial. (Kohli, Chakravarty, Chambola, Sangwan, & Zeadally, 2022)

Durante la continuación de este trabajo se observará como el proceso de creación de criptomonedas denominado minería no es tan inofensivo a esta causa como muchos pueden pensar, ya que, al contrario, se caracteriza por dejar una huella ambiental de gran importancia debido a la demanda de energía eléctrica que se requiere para llevar a cabo las transacciones. Para crear una imagen más visible debemos imaginar que de igual manera que podemos encontrarnos una montaña de residuos industriales en un vertedero, los criptoactivos son los causantes de una montaña de residuos computacionales en constante crecimiento creados por su hardware.

4.1. Impacto energético de los criptoactivos

De entre las cuestiones de interés relativas a las criptomonedas, el crecimiento de su fama como método de inversión ha ido de la mano con las consecuencias y efectos que produce el consumo energético de su minado y tratamiento por medio de energías renovables.

Para poder entender la magnitud del consumo energético del proceso de minería es útil utilizar referencias que ayuden a dar una visibilidad más sencilla en nuestras mentes a modo de ejemplo. Con datos estimados en enero de 2023, Bitcoin consume un total de 129 TWh (Terwatt-hours) cada año y crea unas emisiones aproximadas de entre 25 y 50 millones de toneladas de CO2 cada año. Los números a simple vista para un individuo que carezca de conocimiento sobre el mundo de energías pueden parecer grandes, pequeños, o irrelevantes. Bien, la realidad de esto es que esos 129 TWh/anuales suponen un 0,6% del consumo de energía mundial y ya superan un gran número de países como Argentina, Países Bajos o Suiza (admin, 2022). Por otro lado, y únicamente para recalcar más el riesgo de la situación las estimaciones de CO2 señaladas equivalen a las emisiones de combustibles diésel utilizados por los ferrocarriles estadounidenses. (Huestis, 2023)



Figura 5: Consumo anual energía en teravatios hora. (Rooks, 2021)

Expresados estos números, es conveniente entender de qué manera se llegan a las conclusiones expuestas, cómo se mide esta exposición de energías y cuál es el procedimiento utilizado por el que se produce el descomunal impacto energético a través de monedas virtuales.

Verdaderamente, el epicentro de esta explotación energética se central en los hash Rates. Ya hemos entendido anteriormente cómo funciona el proceso de minería, algunas de las diferentes formas de minar una criptomoneda, y los distintos pasos que deben seguirse para la creación efectiva de estos activos. El hash rate indica la cantidad de operaciones computacionales de las que requiere un minero o una red de varios mineros actuando en conjunto para ir resolviendo los pequeños puzzles criptográficos que se deben resolver para la creación de un Bitcoin, por ejemplo. El termino hash rate realmente representa una unidad de medida que se refiere a la cantidad de hash realizados por segundo, y ese hash se refiere a los códigos criptográficos que representan cualquier longitud de palabras, mensajes o datos alfanuméricos que se utilizan para minar la creación de los activos.

Una de las claves para entender el estudio de la energía se encuentra en la velocidad con la que se trabaja con el hardware, su eficiencia, y el número de mineros que participan en la red específica de la criptomoneda. Dicho esto, es esperable que aquellos individuos con mayor experiencia y dedicación a la minería de criptomonedas dispondrán de mejores dispositivos para realizar el proceso. En la evolución del hardware durante los últimos años se ha motivado para los mineros la posibilidad de obtención de beneficios fomentando el uso de estructuras más *eco-friendly* que ayuden a la reducción de la huella de carbono y mejoren la eficiencia energética.

Name	Year	Hash Rate	Power Use	Cost
GeForce RTX 3090	2020	GDDR6X - 24GB	290 W	\$2.000
GeForce RTX A5000	2021	GDDR6X - 24GB	222 W	\$1.700
AMD Radeon RX 6800	2020	GDDR6 - 16GB	140 W	\$1.200
AMD Radeon VII	2019	GDDR6 - 12GB	195 W	\$350
GeForce RTX 3080	2020	GDDR6X - 10GB	224 W	\$1.400
GeForce RTX 3060	2020	GDDR6X - 8GB	120 W	\$420
AMD Radeon RX 5700	2019	GDDR6 - 8GB	225 W	\$300

Figura 6: Hash rate, potencia, y eficiencia de diferentes tipos de hardware de minación (Oquendo, 2022)

Como respuesta a la cuestión de cómo se mide esta exposición de energías es interesante, a modo resumen, exponer el estudio de Susanne Köhler y Massimo Pizzol de 2019, pues puede considerarse un análisis de referencia para el entendimiento del consumo.

El estudio evalúa el impacto ambiental de la minería en Bitcoins específicamente utilizando un método conocido como el Análisis de Ciclo e Vida (ACV) dividido en un modelo ‘atribucional’ y otro ‘consecuente’ durante tres etapas de su creación: la producción, el consumo eléctrico y el fin de vida útil. El modelo ‘atribucional’ evalúa el impacto de la red de Bitcoin bajo diferentes supuestos, como el uso de energía hidroeléctrica, carbón y mezcla de ambos, mientras que el modelo ‘consecuente’ evalúa el impacto futuro suponiendo el aumento de la demanda minera eléctrica. El resultado final indica que tanto el consumo como el hash rate influyen directamente en la huella de carbono y muestra una comparativa de cómo debe producirse una mejora en el funcionamiento de los hardware desde 2018 al futuro para la mejora de este impacto energético. (Köhler & Pizzol, 2023)

Dispositivos	Porcentaje utilizado (%)
Antminer S9	79,9
Avalon 841	7,6
Ebang E10	6,7
Otros	5,8

Figura 7 : Tipo de hardware en funcionamiento en 2018 (Oquendo, 2022)

Dispositivos	Porcentaje utilizado (%)
Antminer S15	70
Ebang E11	20
Avalon 1041	10

Figura 8 : Tipo de hardware en funcionamiento en el futuro (Oquendo, 2022)

Dicho lo anterior, un gran factor a tener en cuenta respecto del impacto energético que podemos encontrar a día de hoy es la cantidad de criptomonedas en la actualidad. En circulación se estiman alrededor de unas 20.000 criptomonedas, y, aunque podría decirse que realmente activas habrá unas 11.000 como estimación aproximada, se tiene más y más acceso que nunca por parte de usuarios comunes que quieren adentrarse en este mundo de redes criptográficas. La minería llevada a cabo por procesos como el *CPU mining* permite formar parte de esta comunidad con la simple propiedad de un ordenador. Un gran ejemplo de este caso se encuentra en China, el país con la BSN más grande del planeta, y una red a través de la cual sería necesario cortar el cable de internet del país para poder parar el consumo energético de sus usuarios. (Muñoz, 2023)

location	share
China	53.5%
Inner Mongolia	12.3%
Xinjiang	10.7%
Sichuan	30.5%
Canada	12.8%
Quebec	4.0%
British Columbia	4.1%
Alberta	4.7%
U.S.	13.7%
New York state	7.5%
Washington state	6.2%
Iceland	4%
Georgia	4%
Norway	4%
Sweden	4%
Russia	4%

Figura 9 : Distribución geográfica de Bitcoin Miners utilizada en el modelo ‘atribucional’.

(Oquendo, 2022)

Siguiendo la idea, considero útil plantear la hipótesis de una de las nuevas tendencias más características del momento con la inteligencia artificial. En estos instantes una de las plataformas nuevas más revolucionarias es ChatGTP, la herramienta de inteligencia artificial que responde preguntas de usuarios y tiene una posibilidad infinita de crear modelos y respuestas nuevos y completamente individualizados cuando se le pide. Como ejemplificación en la siguiente imagen, quiero demostrar la posibilidad de pedirle crear un Smart contract para Ethereum escrito en Solidity.

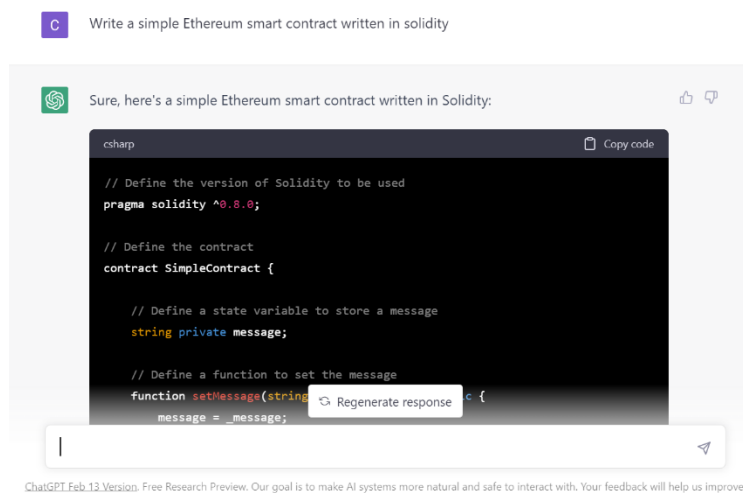


Figura 10: Código para creación de Smart Contract de Ethereum realizado por medio de ChatGTP.

(OpenAI, 2023)

Lo que quiero representar a través de esta última imagen es la posibilidad de que en poco tiempo la minería de criptomonedas o la creación de Smart contracts no va a requerir necesariamente de conocimientos expertos para poder llevar a cabo la creación de estos nuevos activos, y, aunque se puede entender que muchos de ellos no tendrán una funcionalidad y objetivos de utilidad como otras redes creadas por profesionales, pueden suponer una amenaza en cuanto al impacto energético que se comenzará a requerir para su creación, que puede ser usada por usuarios como un pequeño “juego” por desconocimiento e ignorancia de sus consecuencias.

4.2. Consecuencias económicas de los criptoactivos

Durante la siguiente sección, se observa el impacto económico que tienen los criptoactivos desde dos puntos de vista distintos. Primariamente, y como centro de la cuestión, se encuentran las consecuencias económicas que se han producido debido al impacto energético

que supone la inversión en criptomonedas previamente mencionada, pero, por otro lado, es interesante hacer una breve mención a los nuevos beneficiados por la existencia de estos activos como método de inversión y de qué manera actúan como refugio frente a algunos de los problemas planteado en las economías en desarrollo.

4.2.1. Negativas económicas como consecuencia del impacto energético

Un dato a tener en cuenta en la información recopilada es que la estimación de estos daños climáticos y de CO2 dependen en las suposiciones de proporción de fuentes de electricidad renovables utilizadas en la minería de criptomonedas, sin embargo, la naturaleza descentralizada y anónima del proceso de minar supone un desafío para encontrar fuentes de datos primarios. Por tanto, las exposiciones que se presentan están en la mayoría de los casos basadas en investigación exhaustiva a través de diversa literatura expuesta durante el siguiente apartado que se combina de forma complementaria para tratar de llegar a las conclusiones más completas.

Al pensar en la minería de criptomonedas, ha de entenderse que se incurre en un alto número de costes para poder llevarla a cabo, algunos visibles directamente por parte del minero, como sería el coste de los hardware especializados para realizar el proceso, y otros impactos más “indirectos” pero cuyas consecuencias constituyen un efecto negativo para la globalidad del planeta. En este último caso hablamos directamente de los efectos del impacto climático a nivel energético.

Para estimar este coste, se ha tomado un coeficiente \$100 t-1 de daño por cada emisión de CO2 conocido como SCC o *Social Cost of Carbon*, comúnmente usado como método de referencia clave para la observación de beneficios de reducir la huella de carbono del planeta (Rennert, C.Prest, & Co., Brookings.edu, 2021). Tomando como ejemplo el consumo de energía producido por Bitcoins en el año 2022, se establece que cada emisión de BTC supone un total de 11.314 dólares en daños climáticos y por tanto la minería total de Bitcoins en 2022 supuso unos daños globales equivalentes a 3.700 millones de dólares, más de un 30% del total de daños en los que se ha incurrido por el impacto energético de la minería durante los últimos 5 años desde el surgimiento del boom de criptomonedas en 2016. (Jones, Goodking, & Berrens, 2022).

Visto esto, es posible que se ignoren las consecuencias que tiene su impacto energético pues el crecimiento de valor de los activos significa una ganancia considerable en la cartera del inversor, pero si realmente se observa la correlación entre el crecimiento de valor de la moneda virtual y la cuota de costes de daño por energía, la justificación queda fácilmente desmantelada.

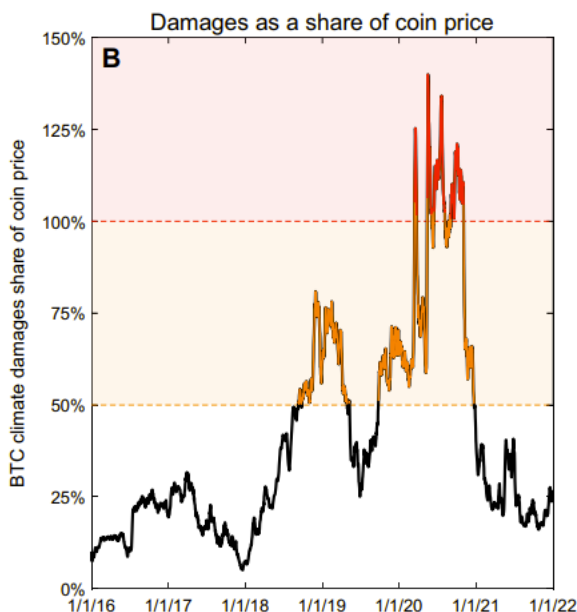


Figura 10 : Daños climáticos por moneda de BTC emitida 2016-2022 (Jones, Goodking, & Berrens, 2022)

Por tanto, observando la gráfica presentada tanto en 2019 y 2020 se puede ver como de media los costes asociados a los daños energéticos suponían una media del 64% de su valor de mercado y durante gran parte del 2020 el coste del minado llegaba incluso a sobrepasar su valor (Goodking, Jones, & Berrens, 2020).

Se plantean múltiples iniciativas cuyo objetivo supone reducir el impacto energético de esta minería. Aunque se desarrollará en mayor profundidad durante próximos apartados, conviene mencionar que alternativas planteadas contra la metodología del *proof of work* como el *proof of stake* por la que el proceso de minación de criptomonedas planteado por Nakamoto que supone necesariamente el uso de tecnología computacional extremadamente cara a nivel energético, pasa a convertirse en un modelo por el que los mineros de transacciones deben bloquear una cierta cantidad de criptoactivos como una forma de garantía para la seguridad

de la red. Este proceso supone que la creación de criptoactivos depende de los mineros que prometen garantías en lugar de la potencia informática y estima un consumo de energía sustancialmente menor, pero con la misma funcionalidad. La Fundación Ethereum estima una reducción del 99.95% del consumo por medio de este modelo, pasando por tanto de equiparar la Blockchain de consumo energético de Ethereum al consumo de Noruega, a aquel equivalente de unos 2.100 hogares en Estados Unidos, medidas igualmente descomunales, pero con un impacto ínfimo en comparación. (Gschossmann, Kraaij, Benoit, & Rocher, 2022)

4.2.2. Beneficios económicos de los criptoactivos en economías en desarrollo.

Habiendo expuesto las posibles consecuencias negativas de la minería de criptomonedas, no puede dejarse de lado los avances y beneficios que han supuesto para múltiples organizaciones e individuos igualmente durante la última década. Para esta sección se utiliza el término de economías en desarrollo tomando como referencia países ejemplificativos en Latinoamérica y África Subsahariana que cuentan con la posibilidad de acceder a nuevas tecnologías e innovación por medio de internet, situación más generalizada en la actualidad, pero teniendo en cuenta que habrá economías que no puedan hacer uso de estos beneficios todavía por la limitación de recursos exhaustiva que sufren.

Una de las ventajas más características del uso de criptomonedas se encuentra en la creación de las *wallets* que funcionan como cuentas bancarias para la realización de transacciones diarias y el mantenimiento de ahorros (Scott, 2016). Estas *wallets* permiten establecer la disminución de costes de transacción para las operaciones realizadas que facilitan el comercio dentro de estos países. El efecto más claro que podría observarse en estas situaciones se encuentra en las transferencias realizadas entre por ejemplo un miembro de la unidad familiar que se encuentre en un país como Estados Unidos, y los familiares que habitan en el país cuya economía se encuentra en desarrollo como puede ser Venezuela. Para estos casos las transacciones llamadas ‘microfinancieras’, es decir, de cantidades muy reducidas de dinero, son actualmente muy costosas debidos a las comisiones del préstamo y el pago de tarifas, que en función de la cantidad, pueden llegar incluso a ser tan caras con la cantidad de la transacción en sí, por lo que la reducción de esos costes puede permitir que facilitar aquellos envíos de dinero que pueden resultar insignificantes para algunos,

verdaderamente cambien la situación económica y muchas veces vital de un individuo. (Ammous, 2015).

En relación con el establecimiento de *wallets* es interesante observar el impacto que se ha producido en economías de carácter Africano, las cuales han podido ver un aumento en la expansión y crecimiento de sus negocios con comerciantes Americanos, Europeos y Asiáticos gracias al establecimiento de negociaciones por medio de criptomonedas y el bajo coste de transacciones que ha fomentado el aumento de participantes en esta industria. El auge de este tipo de actividades se debe a varios factores como la gran cantidad de adultos no bancarizados, el alto desempleo y el aumento de la inflación de sus deudas *fiat*, que en su combinación, crean una alta demanda para el uso de criptomonedas como servicios rápidos fiables y accesibles de transferencia de dinero. De esta manera, las autoridades de muchos países del continente llevan varios años en desarrollo de proyectos de regulación de criptoactivos con el fin de continuar estos avances para el desarrollo económico de su población. Gran ejemplo de esta situación se encuentra en Sudáfrica donde el propio banco central de Sudáfrica considera las criptomonedas como un activo imponible y se encuentran en proceso de emisión de un reglamento por parte de las autoridades reguladoras para tipificar estos procedimientos y transacciones. (Agu, 2020)

Por último, uno de los efectos más importantes a destacar de la inversión de criptomonedas es el uso de las mismas como activos refugio, situación muy prominente en países de Latinoamérica. La inflación en estos países supone una preocupación constante para los ciudadanos debido a la volatilidad que presentan determinadas economías o monedas locales como Venezuela o Argentina afectadas por la devaluación del bolívar y el peso durante los últimos años. (Abad, 2022)

La descentralización de las criptomonedas supone la ausencia de control por parte de gobiernos y entidades centrales, lo cual permite una mayor resistencia a la manipulación política y económica en estos países con un historial relativamente inestable en estos ámbitos. El uso de estos activos como refugio de la inflación ofrece una forma relativamente fácil y accesible para la inversión en activos históricamente considerados mas seguros como el oro, aun no existiendo una correlación perfecta, y, de igual manera, existe una baja correlación con las acciones y los bonos, lo cual brinda la posibilidad a sus inversores de diversificar una

de encontrar clasificaciones dentro de estos criptoactivos que puedan considerarse ecológicos, o cuya energía limpia permita paliar los efectos negativos de su minería con mayor eficacia que la minería ‘‘clásica’’ que desarrolla Bitcoin o Ethereum como se ha mencionado previamente.

Las criptomonedas denominadas ‘‘ecológicas’’ se han desarrollado como modelo alternativo a los criptoactivos originales, estableciendo un impacto medioambiental que mantiene la integridad de la blockchain, pero a su vez permite una mayor eficiencia energética y reducción de la huella de carbono en su proceso de minería. Las criptomonedas que emergen se basan en mecanismos que pueden incluso ser aplicados a aquellas existentes ya contaminantes para ofrecer soluciones de mayor sostenibilidad.

Aquellos métodos con mayor impacto en la creación de las mismas pueden ser:

- Transición a energías renovables: Como respuesta evidente a la corrección de las cifras de emisiones de carbono generadas en la industria.
- Mecanismo de consenso de *proof of stake* por el que los mineros disminuyen el riesgo de transacciones fraudulentas y eliminan el elemento computacional competitivo del *proof of work* anticipando una pequeña cantidad de criptomonedas que se les asignaran para su verificación en el momento de la transacción. Permiten la optimización del consumo de energía a través del trabajo de las maquinas en problemas diferentes.
- Introducción de los bonos de carbono en los criptoactivos: Supone para las empresas de minería de criptomonedas que podría derivar en la compra de créditos de carbono a otras empresas compensando la cantidad de emisiones globales o incluso el cambio a energías más ecológicas para poder vender sus créditos. (Iberdrola, 2022)

La minería de datos de las criptomonedas engloba un conjunto de técnicas en su mayoría comúnmente utilizadas para extraer el conocimiento procesable. Habiendo referenciado las principales criptomonedas en circulación, será interesante echar un vistazo a algunas de las criptomonedas ecológicas más destacadas, así como cuáles son sus principales funciones que las separan del resto en cuestiones de impacto energético.

4.3.1 Chia

La criptomoneda *Chia*, fundada en 2021, se caracteriza por la peculiaridad en su minería, ya que a diferencia de otros activos presentados anteriormente no utiliza un procesador CPU ni ASIC, sino que se mina con un disco duro lo cual permite que se acuñe el proyecto como aquel de una “criptomoneda verde”.

Una de las principales características de esta criptomoneda se basa en el sistema de *Proof-of-Space-and-Time*, como sistema que pretende aprovechar el espacio de discos duros existentes para la creación de los “cultivos” de Chia, así denominados por su creador Brahm Cohen.

Al igual que Bitcoin los *Miners* ahora denominados *farmers* se encargan de la generación de los bloques de blockchain para validar las transacciones en el disco duro donde se almacenan los hash criptográficos destinados a la obtención de la moneda XCH. El uso de unidades de almacenamiento como discos duros permite un acceso más sencillo a los usuarios y un consumo energético muy inferior al de otras criptomonedas. Dispone de mayor accesibilidad, ya que el software para su generación esta disponible en Windows, Linux y MacOS, pero como inconveniente el tiempo de procesar suele ser bastante mas lento que el de otras monedas. (Cohen, 2022)

A primera vista, por tanto, Chia parece hacer honor a sus credenciales ecológicas, ya que no necesita consumir grandes cantidades de electricidad en comparación a otros activos, sin embargo, no queda exenta de críticas siendo una de las principales consecuencias la posible carrera para la compra de discos duros que ya se dispararon en un 60% en China cuando se anunció su lanzamiento, lo cual consecuentemente supuso el que uso de discos duros redujera su vida útil media de una década a 40 días.

Por tanto, como consecuencia directa, puede estimarse que la reducción de impacto energético podría conllevar el aumento de residuos electrónicos desechados e inservibles tras la creación de la criptomoneda, y, teniendo en cuenta que los mismo cuentan con componentes tóxicos como plomo o litio corren riesgo de aumentar la contaminación del medio ambiente en gran proporción. Dicho esto, los propios promotores de la criptomoneda, sin intención de ignorar sus consecuencias, están continuamente tratando de proponer

distintos consejos a sus usuarios y *farmers* para utilizar nuevos equipos más adecuados con el fin de “cultivar” las parcelas de Chia. (Walsh, 2021)

4.3.2 Cardano

Creada en 2015 y lanzada al mercado en 2017 por el cofundador de Ethereum, ADA, la criptomoneda interna a la plataforma de Blockchain Cardano se considera otra de las grandes alternativas ecológicas a los activos presentados anteriormente. Fue diseñada específicamente con un enfoque en la sostenibilidad y eficiencia energética gracias a un proceso de minería alterno al *Proof of work*. Desarrolla un mecanismo alternativo conocido como *Proof of Stake* of prueba de participación que funciona por medio de *Ouroboros*, un algoritmo que se puede determinar como responsable del ahorro energético de esta criptomoneda frente a otras del mercado. (Hoskinson, 2017)

Si recordamos el proceso de minería de Bitcoin, el algoritmo requiere un protocolo por el que para que se agregue un nuevo bloque a la cadena, el nodo que lo intenta debe proporcionar una prueba de trabajo (*proof of work*) a través de la solución del algoritmo matemático, y de esta forma, obtiene el derecho de crear el nuevo bloque y obtener la recompensa por ello, lo cual, supone que los mineros, se encuentren en una “carrera” para obtener la recompensa del nodo y desperdicien mucha potencia y energía computacional. Por el contrario, el proceso de *Ouroboros* establece una complejidad distinta, que se trata de explicar haciendo rehúso de tecnicismos para una mejor visualización.

La red de Cardano está, al igual que otras blockchain, compuesta por un grupo de nodos o usuarios que trabajan juntos para validar y confirmar las transacciones, distribuidos por todo el mundo, y descentralizados, respetando la característica principal de las criptomonedas. Los nodos utilizan el llamado algoritmo de consenso conocido como *Ouroboros* por el que la validación a través del *Proof of stake* establece que los usuarios que cuentan con cierta cantidad de criptomonedas de Cardano, disponen del derecho de validar y confirmar transacciones. Cuando se va a producir la validación de una transacción, el usuario seleccionado, elige aleatoriamente otra cantidad de usuarios que forman un “comité” responsable de validar y confirmar la misma, agregando un nuevo bloque a la cadena si existe un consenso mayoritario por la mayor parte de usuarios del comité.

El uso de esta combinación de pruebas de participación y comités de usuarios para la validación y confirmación de las transacciones permite no solo establecer una red de Blockchain con mayor eficiencia ecológica y ahorro de energía computacional, sino que además destaca por crear una red más resistente a los ataques de doble gasto así como otras formas de manipulación en la red que pueden perjudicar el desarrollo de estos activos. (Davies, 2021)

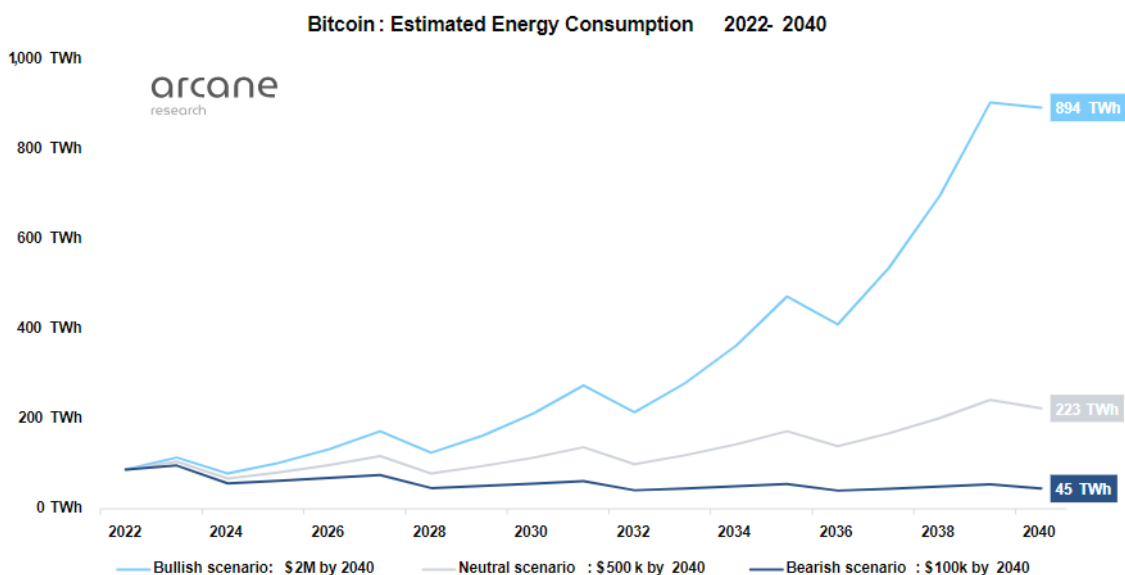
4.3.3 Ripple

Como última presentación de criptoactivos verdes hay que destacar la moneda *Ripple* (XRP). El nacimiento de esta surge en el año 2011 cuando tres ingenieros, David Schwartz, Jed McCaleb y Arthur Britto comienzan a desarrollar el Ledger de la criptomoneda con la intención de proponer una versión mejorada de Bitcoin que supere las limitaciones de la misma como método de pago y el objetivo de crear un activo digital más sostenible, y finalmente queda formalizada en 2012 con la publicación del *White paper* por parte de Ripple Labs Inc (XRP Ledger, 2020). De igual manera que ocurre con Cardano y otras criptomonedas, el objetivo principal para la creación de Ripple es el establecimiento de una red descentralizada para conectar bancos, instituciones financieras y terceros que busquen un método de transmisión de fondos con mayor facilidad, quedando además beneficiado en términos de volatilidad debido a un número de usuarios inferior al número que podríamos encontrar en Bitcoin que disminuye el potencial especulativo que podría afectar negativamente a sus precios en el mercado. (Moretti, 2023)

La red de Ripple funciona a través de un procedimiento llamado *Consensus*, que permite llegar a un acuerdo común en torno a qué transacciones se ejecutan en un determinado orden por medio de un consenso de sus usuarios, como bien indica su propio nombre. Se puede decir que el proceso de minado de Ripple es realmente diferente, puesto que no hay minería involucrada directamente, sino simplemente unos validadores que confirman las transacciones son propiamente seleccionados por Ripple cumpliendo unos ciertos requisitos y criterios de confianza. (Schwartz, Youngs, & Britto, The Ripple Protocol Consensus Algorithm, 2018) La diferencia que se produce con otros procesos como el *Proof of Work* de Bitcoin se encuentra en que el mismo utiliza un sistema de doble gasto que produce un malgasto constante de energía en el proceso, mientras que el consenso creado en las

transacciones de Ripple permiten realizar las transacciones sin necesidad de minar las pruebas de trabajo de sus usuarios reduciendo considerablemente el consumo de estas. Un ejemplo práctico de estos supuestos se ve con la comparativa realizada al consumo de luz de la siguiente manera: Si se producen un millón de transacciones de cada uno de los activos, la energía consumida por XRP podría utilizarse para la carga de 79.000 bombillas, mientras que el mismo número de transacciones de BTC se traduciría en la carga de cuatro mil millones de bombillas aproximadamente, suponiendo de esta manera, que el consumo de energía de las transacciones de XRP es aproximadamente 57.000 veces más eficiente que el de BTC. (Schwartz, Ripple, 2020)

Por otra parte, cabe destacar que toda la oferta de criptomonedas de XRP han sido ya creadas y tokenizadas, combinando una oferta total de cien mil millones, por tanto, aunque la realidad de monedas en circulación acumula un poco menos del 50% del total y se aproxima a 45 mil millones, no se requiere ningún tipo de energía para la puesta en circulación adicional de esta categoría de activos más allá puesto que han sido pre-minadas en su totalidad, mientras que, aunque otros, como Bitcoin y Ethereum, aún habiendo establecido los máximos previamente mencionados de 21 millones (BTC), requieren el paso por todo el proceso de minería hasta que se produzca un ‘fin de existencias’ de la oferta de activos, lo cual se deriva en una estimación de su consumo de energía creciente a un ritmo aproximado de 10x por los TWh por año. (Mellerud, 2022)



5. Regulación relativa a la minería digital de criptoactivos

El impacto medioambiental que se está tratando de exponer a lo largo de este trabajo es uno de los temas representantes de la necesidad y urgencia de regulaciones claras y efectivas por parte de los representantes europeos para tratar de paliar o minimizar estos efectos como parte de la creciente lucha contra el cambio climático de la sociedad.

En respuesta a esta necesidad, la Comisión Europea presentó en septiembre de 2020 la propuesta de reglamento llamada *Markets in Crypto-Assets* o MiCA con el objetivo de establecer un marco regulatorio para los usuarios de criptoactivos en Europa, incluyendo entre la misma, una serie de requisitos y obligaciones para los proveedores de servicios de criptoactivos que incluían a los mineros digitales, estableciendo además medidas de garantía para la adopción de prácticas más sostenibles y eficientes desde el punto de vista energético.

Es importante destacar además la enmarcación de esta propuesta con el compromiso de la Unión Europea con el Tratado de París sobre el cambio climático, con el establecimiento de estos objetivos ambiciosos a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la transición de economía sostenible en el sector de criptoactivos.

Antes de adentrarse en el contenido de esta propuesta, y aún aclamando el trabajo regulatorio llevado a cabo durante los últimos años por los representantes europeos, se podría considerar que la velocidad de los avances con respecto a la tecnología del mercado de criptoactivos crea una desventaja para los responsables de creación del texto, ya que existe una alta probabilidad que haya determinadas materias que hayan quedado fuera del contenido examinado. Por ende, es importante que los reguladores continúen trabajando en estrecha colaboración con los actores del mercado y expertos de tecnología para tratar de abordar estos problemas, y otros que surjan de la manera más efectiva posible.

5.1. Regulación Europea: Proyecto de Reglamento MiCA.

Con el fin de entrar en vigor a principios de 2024, la Comisión Europea lanzó en hace tres años la propuesta del proyecto de reglamento MiCA para la regulación del marco normativo

de criptoactivos, sus emisores y proveedores de servicios. Con el fin de aunar el contenido de este texto al problema del impacto energético de la minería de estos activos, tras una breve contextualización de su contenido, se centrará el análisis de este texto desde el punto de vista de la transición energética.

La propuesta de reglamento del parlamento europeo y del consejo relativo a los mercados de criptoactivos modifica la directiva de la Unión Europea 2019/1937, recogiendo en la exposición de motivos las razones de creación de la misma de la siguiente manera: *‘‘La presente propuesta, que contempla los criptoactivos que quedan fuera de la legislación vigente de la UE en materia de servicios financieros, así como las fichas de dinero electrónico, tiene cuatro objetivos generales, relacionados entre sí.*

El primer objetivo es la seguridad jurídica. Para favorecer el desarrollo de los mercados de criptoactivos en la UE, se necesita un marco jurídico sólido que defina claramente el tratamiento normativo de todos los criptoactivos no contemplados en la legislación vigente en materia de servicios financieros.

El segundo objetivo consiste en apoyar la innovación. A fin de promover el desarrollo de los criptoactivos y un uso más generalizado de la TRD, es preciso establecer un marco seguro y proporcionado que defienda la innovación y la competencia leal.

El tercer objetivo es instaurar unos niveles adecuados de protección de los consumidores e inversores y de integridad del mercado, dado que los criptoactivos no contemplados por la legislación vigente en materia de servicios financieros presentan muchos de los riesgos que ya plantean otros instrumentos financieros más conocidos.

El cuarto objetivo es garantizar la estabilidad financiera. Los criptoactivos están en constante evolución. Algunos tienen un alcance y un uso bastante limitados, mientras que otros, como la categoría emergente de las «criptomonedas estables», podrían llegar a ser ampliamente aceptados y adquirir importancia sistémica. La presente propuesta incluye salvaguardias para hacer frente a los riesgos que podrían derivarse de las «criptomonedas estables» de cara a la estabilidad financiera y una política monetaria ordenada.’’ (Comisión Europea, 2020).

Visto esto, adentrándonos en el contenido jurídico de la problemática energética, con las distintas menciones, y ausencia de las mismas, cuyos efectos podrán considerarse de mayor importancia en el futuro de la minería digital.

El proyecto recoge inicialmente una línea controvertida para determinados partidos sobre la sostenibilidad medioambiental mínima que deben de cumplir los operadores de blockchain durante el proceso de minería. Este cumplimiento supondría la presentación de un plan de despliegue, que, de no ser presentado por los mineros, dará lugar a la prohibición de la actividad, así como del comercio de las monedas minadas en la Unión Europea sin el cumplimiento de estos requisitos. Aunque no queda directamente mencionado en el texto, se puede deducir que las consecuencias de estos supuestos tendrían su efecto más notorio en las primeras monedas mencionadas de la red de Bitcoin y otros criptoactivos sometidos a las cadenas de *Proof of Work*. Aquí es cuando entra uno de los principales problemas con esta regulación, ya que, si nos ponemos a pensar en el funcionamiento de Bitcoin, esta es una red descentralizada, de manera que no se puede emitir este plan de despliegue en su nombre, elimina todo el propósito de la red en si misma donde la minería de los usuarios es individual. Por tanto, la ausencia del mismo plan daría lugar a una prohibición de todas las operaciones de minería de Bitcoin dentro de la Unión Europea, las cuales representan un entre un 12 y 14 por cien de la potencia total de la red. Se puede concluir, por ello, que si se analiza esta iniciativa con una visión puramente centrada en la preocupación del consumo eléctrico y energético de estas inversiones parece una reforma ideal para la situación, pero no podemos dejar de lado el aparejamiento que lleva consigo la preocupación por expulsar el talento e innovación en toda la región Europea si verdaderamente el contenido de la misma se llega a aplicar. (Newar, 2022)

Este plan presentado debe además ir acompañado de una declaración de información sobre la huella ambiental y climática por parte de los agentes de mercados de criptoactivos. Será la Autoridad Europea de Valores y Mercados (AEVM) desarrollará reglamentos técnicos para especificar el contenido, métodos y presentación de la información sobre las principales consecuencias negativas en términos medioambientales y climáticos. Además, la Comisión Europea tendrá que presentar un informe dentro de dos años que evalúe el impacto

medioambiental de los criptoactivos e incluya normas mínimas de sostenibilidad obligatorias para los mecanismos de consenso.

5.1.1 Propuestas de mejora al contenido el reglamento

Si bien la propuesta del reglamento MiCA muestra un paso importante hacia la regulación, quisiera enunciar algunas posibilidades de mejora sobre determinados aspectos que no han quedado cubiertos en su contenido. Ciertamente es que la motivación detrás de la misma es principalmente abordar la falta de regulación dentro del mercado de criptoactivos, así como garantizar la protección e integridad de los inversores, pero hay una gran ausencia con respecto a la necesaria sostenibilidad que acechan estos criptoactivos.

Algunas de las soluciones planteadas son las siguientes:

- **Requerimiento de uso de energías renovables:** A la vista queda que la minería de criptomonedas utiliza grandes cantidades de energía eléctrica, la cual proviene, en la mayoría de los casos, de combustibles fósiles. Se propone fomentar el uso de energía solar o eólica como alternativa para el consumo energético a través de nuevas regulaciones o incentivos fiscales. De igual manera, el uso de estas energías para la creación de criptomonedas más sostenibles podrá ser estimulado con subvenciones o premios por parte de las respectivas autoridades como programas de financiación o promoción de los proyectos.
- **Establecimiento de límites en emisiones de carbono:** Muchas de las industrias más contaminantes durante los últimos años han quedado sometidas a la imposición de límites de emisiones. Las mismas podrían medirse por medio de un estándar de contabilidad abierto en la industria, propuesta que ya ha sido recogida en el Acuerdo Cripto Climático, iniciativa respaldada por la ONU con el fin de abordar los problemas climáticos de la industria criptográfica. (World Energy Trade, 2021)
- **Mecanismos de compensación de emisiones:** Los proyectos de criptomonedas podrán aparejar consigo la plantación de árboles, o inversión en proyectos de energía renovable tras la producción de un determinado número de transacciones para paliar los efectos negativos que pueden resurgir por las operaciones realizadas.

6. Análisis de métodos de transacción alternativos.

Antes de la llegada de Nakamoto y la sacudida del mercado de criptomonedas, los sistemas de pago estaban compuestos por lo que reconocemos a día de hoy como opciones más “tradicionales”, estos son, los pagos en efectivo, las transferencias bancarias y las tarjetas de crédito y débito.

Durante este último apartado se tratará de analizar como la revolución de la tecnología Blockchain ha supuesto un terremoto de cambios a estos sistemas de pago tradicional en términos de eficiencia, rapidez, seguridad y costes.

Se concluirá con una de las comparativas más interesantes en el caso de Visa contra Bitcoin como criptomoneda ejemplificativa del sistema en cuanto al impacto energético que suponen ambos sistemas, y, de igual manera, se observará este sistema contra las criptomonedas ecológicas que se han presentado anteriormente, tras el cual se presentarán las conclusiones del trabajo.

6.1. VISA vs Crypto.

Actualmente, más de 2.500 millones de usuarios utilizan tarjetas VISA en todo el mundo, convirtiéndolo en el sistema de transacciones y sus tarjetas en el más popular del mundo, pero, en los últimos años las criptomonedas se han convertido en uno de los competidores más notorios de las mismas. Planteamos aquí una simple pregunta, ¿Qué es mejor VISA o las criptomonedas?

6.1.1. Marco comparativo de sus principales características.

Primero y ante todo debe clarificarse que el concepto de Visa, aunque quede directamente ligado a una tarjeta, no se refiere a una compañía financiera ni un banco, sino una empresas tecnológica de pago. Esta red global permite y garantizan el uso de las tarjetas en distintos países estableciendo las condiciones de contrato y términos con sus clientes, los bancos. Estas condiciones pueden llegar a incluir las tasas de interés, las comisiones que te cobran por obtener efectivo en otro país o incluso el ocasional premio o beneficio que ofrece el banco

por contratar una tarjeta con ellos, y mientras tanto, la compañía obtiene sus ganancias cobrando una tarifa a los comercios por aceptar sus tarjetas como forma de pago.

Para dar respuesta a la pregunta de cuál es mejor observamos varias áreas de comparación antes de observar su impacto energético e implicación medioambiental.

En cuanto a sus velocidades, actualmente una transacción de VISA tarda meros segundos, considerándose que la misma procesa alrededor de 1.700 transacciones por segundo, mientras que Bitcoin por otra parte tan solo tiene la capacidad de procesar 4,6 transacciones por segundo, por lo que inicialmente parece que es VISA quien gana la carrera de velocidad. (Rees, 2022). Esta idea se quedaría así si no se hubiera presentado la existencia de las nuevas criptomonedas ecológicas de mayor notoriedad que se han presentado anteriormente, como Ripple, que se acerca mucho a la red con 1.500 transacciones por segundo con un tiempo medio de aprobación de 3 a 5 segundos y Cardano con una impresionante velocidad de 1 millón de transacciones por segundo. (Marinov, 2022)

Comparando su facilidad de disposición para uso, es evidente que VISA cuenta con una mayor aceptación por parte de los comercios para el pago de transacciones, en parte debido por el poco tiempo que llevan las criptomonedas en circulación y por su falta de regulación por los gobiernos, dando lugar a que los comercios sean más reacios para aceptar estos métodos de pago. Dicho esto, debe puntualizarse que muchos países muestran cada vez un mayor auge del uso de Bitcoin y otras criptomonedas para sus transacciones por razones de carácter político y económico, como ya se mencionó en su momento en el caso de Argentina. Por tanto, aunque la disposición de VISA quede más extendida, podríamos esperar un aumento en la aceptación de criptomonedas durante los próximos años.

En cuanto a seguridad, recordemos que este es precisamente uno de los componentes clave de la tecnología Blockchain y razón por la que la misma comienza a saltar a la fama con las criptomonedas por la protección que puede ofrecer a los usuarios. La dificultad de piratear las cadenas de bloques, así como la alteración de sus contenidos por la naturaleza descentralizada y criptográfica comienzan registrando un mayor valor en la seguridad de las criptomonedas en comparación con los sistemas de transacción de VISA. Además de contar con factores de autenticación múltiple, prácticamente todos los sistemas de la tecnología Blockchain que se utilizan para la generación informática de las múltiples criptomonedas, ya

sean PoW, PoS, PoSaT, Consensus etc. cuentan con una cantidad extremadamente alta de validadores cuyas recompensas quedan basadas en la correcta creación de la moneda manteniendo el cumplimiento de esos requisitos de seguridad, por tanto, a primera vista, puede ser que las criptomonedas ofrezcan una tecnología de transacción más segura. (Colomer, 2022)

Conviene observar también la seguridad desde el punto de vista legal, ya que, como con cualquier activo, no es imposible que un individuo consiga hackear un monedero de criptodivisas, y de echo se han dado numerosos casos durante la última década. En estos supuestos debe plantearse que al ser estos criptoactivos monedas que no quedan reconocidas como nacionales por la mayoría de los gobiernos del mundo, carecen de protección legal, que podrá suponer la imposibilidad de apertura de investigaciones o procedimiento ante la jurisdicción competente para solucionarlo, por ausencia de la misma. Visa por otra parte cuenta con una gran cantidad de precauciones de seguridad que ayudan al mantenimiento de los fondos de los clientes, aseguran la verificación de los pagos y la protección frente a fraude o robos.

Respecto a la seguridad, personalmente abogo por una ventaja comparable por parte de las criptomonedas, pero no debe de olvidarse la ausencia de derechos y protección legal mencionada.

Por último, dentro del marco general de comparación, se observa el coste por transacción para los clientes de ambas inversiones. Por parte de Visa, durante los últimos años, con la proliferación del uso de tarjetas de crédito y débito, se ha ido de la mano con un aumento de las tasas por transacciones en línea. (Young, 2020). Bitcoin sin embargo ha mantenido las tarifas relativamente estables y en la baja comparando con las tarjetas de crédito, ofreciendo ventajas particularmente en las transacciones internacionales que han creado una reacción positiva por los usuarios, y se espera que continúen con el uso de la plataforma, en comparación con los aumentos en los cargos que pueden esperarse de VISA.

Vistos los últimos puntos, tanto la inversión en VISA como los criptoactivos se caracterizan por ostentar una gran cantidad de ventajas, aunque en algunos aspectos se pueda considerar que haya más ganancias por parte de un activo u otro. La conclusión para la pregunta inicial

se observa por el último punto del trabajo en el que se discutirá el verdadero análisis ecológico y energético de estos dos activos en nuestras carteras.

6.2.2. Comparación de inversiones: Eficiencia energética e impacto medioambiental.

A medida que surge la adopción de criptomonedas de todos los tipos, hay un auge en el crecimiento de la preocupación por su impacto. Ya se ha presentado anteriormente los riesgos energéticos del proceso de transacciones de varias criptomonedas, así como aquellas otras creadas, o bien con intención de paliar los efectos del consumo energético, o con fines lucrativos, pero con una alta concienciación por el problema de emisiones que conllevan los procesadores originales del *Proof of Work* de Bitcoin entre otros.

La intención de este último punto es observar la comparativa de las inversiones desde dos puntos de vista que irán parcialmente de la mano. Por un lado, se tratará de demostrar numéricamente como varían los niveles de energía que consumen las transacciones entre Visa, Ethereum y Ripple. Y, por último, se analizará el mismo supuesto con Bitcoin, adelantando en este caso, que al ser la criptomoneda más criticado por su impacto energético, se planteará una crítica a la totalidad del proceso de transacciones de VISA contra el de Bitcoin, ya que considero que muchos autores dejan de lado parte de la realidad al comparar los casos.

Cuando nos adentramos en el consumo de transacciones de VISA, estas se estima que consumen alrededor de 0.01 kWh por transacción, lo cual puede equivaler a la energía necesaria para encender una bombilla de 100 vatios durante unos 10 minutos. (Pastor, Xataka, 2018). Teniendo esto en cuenta, se sabe que VISA tiene capacidad para soportar alrededor de unas 56.000 transacciones por segundo, aunque de media procesará unas 2.000. (Pastor, bit2me Academy, 2016). Por tanto, si tomamos esos números, calculamos un consumo medio de y sabiendo que se estima de media unas 120.000 transacciones de VISA por minuto, se consumen 1.200 kWh por minuto, y 72.000 kWh por hora. Añadimos a esto la infraestructura necesaria para el funcionamiento de los bancos emisores y procesadores de pagos de visa, que deben de tratar de mantenerse constantes para la continuación de las transacciones en cualquier momento. Este último supuesto, hace que se deba añadir a los

datos numéricos el gasto de combustibles fósiles para el mantenimiento de infraestructuras que contribuyen a la contaminación directa de gases de efecto invernadero.

En comparación con VISA, las criptomonedas de Ripple y Ethereum¹ muestran un consumo significativamente parecido o incluso menor en el caso de, alrededor de 0.03 kWh por transacción para Ethereum, equivalente a la energía de ver dos horas de videos en Youtube, pero limitado en una estimación media de consumo de 13 transacciones por segundo, aunque podría llegar a realizar hasta 100.000. (Sarkar, 2022). Tomando los mismos datos que anteriormente encontramos ya un beneficio a nivel energético únicamente observando el consumo por minuto de Ethereum, equivalente a 23,4 kWh y apenas superando el consumo por minuto de VISA en una hora, consumiendo aproximadamente 1400 kWh. En la misma línea, Ripple consume 0.0079 kWh, convirtiéndolo en una de las criptomonedas más ecológicamente favorables de todo el sistema. (Schwartz, Youngs, & Britto, The Ripple Protocol Consensus Algorithm, 2018). Cuenta con la capacidad de realizar entre 1.500 y 2.000 transacciones por segundo. Para compararlo, si tomásemos una media de esas transacciones, como 1.700 por segundo, su consumo igualmente seguiría sin acercarse el impacto de VISA, con un gasto de 805,8 kWh por minuto y 48.400 en una hora. En este último caso, el motivo del ínfimo impacto viene, como se ha demostrado en explicaciones anteriores, por el uso de la tecnología de *Consensus* de XRP Ledger que no requiere la necesidad de mineros, y por ende, consume significativamente menos energía que otros activos. Ambas criptomonedas carecen de la necesidad que tiene VISA del requerimiento de una infraestructura costosa y compleja para la realización de las transacciones, al producirse las mismas directamente por la Blockchain correspondiente, por lo que la ausencia de un servidor central para procesar y almacenar los datos supone un ahorro en las emisiones de gases y energía adicionales que impactan por las infraestructuras de VISA.

¹ El concepto de Ethereum planteado se refiere a Ethereum 2.0. la nueva criptomoneda con tecnología de uso *Proof of Stake*.



Figura 13: Huella de Carbono anualizada de las principales criptomonedas del mercado.
(Fernández, 2022)

Por último, y antes de presentar las conclusiones de este trabajo, Bitcoin abre veda a un tema polémico por la crítica necesaria a la metodología con la cual se realiza la comparativa del impacto energético de ambos activos, y, cuya solución propuesta, afecta también a la diferenciación del consumo que se hace con las anteriormente planteadas. Bitcoin, como bien se presenta anteriormente en el trabajo, el consumo de Bitcoin en 2023 se aproxima a los 129 tWh por transacción, un poco más alto de lo que muestra la figura 13, una cifra descomunalmente alta comparándola al 0.01 tWh de VISA previamente mencionados.

A primera vista, un individuo, concienciado por el consumo energética de sus inversiones, jamás escogería tomar su dinero y unirse al contaminante mundo de las transacciones criptográficas de Bitcoin, independientemente de ventajas como una mayor seguridad que se demostraron en el anterior epígrafe. Este individuo escogería VISA como el método más favorecedor en todos los aspectos. Pero aquí es donde debemos de puntualizar las falacias que se han cometido a la hora de comparar los activos de una posible inversión, porque, a nivel general, el impacto energético que se observa sería equivalente a comparar peras con manzanas. La razón de ello se encuentra en que la comparación se esta haciendo respecto de los costes de la transacción de VISA y Bitcoin, pero, tomando la totalidad de energía que

trata Bitcoin como sistema monetario completo en cada operación individualizada, sin tener en cuenta que, de igual manera, VISA necesita de un sistema bancario para su funcionamiento cuyo consumo eléctrico debería por tanto contabilizarse. (D-Central, 2020)

Para ponerlo en contexto, sin entrar en los detalles de toda la transacción de VISA, tomemos el ejemplo de un pago realizado por medio de Apple Pay. Los datos del teléfono se mandan a un procesador conocido como *front-end* que gestiona la información de pago en nombre del comercio y del banco adquirente donde se depositan los recibos de sus ventas. Además, estos procesadores envían la información de las tarjetas de crédito a la asociación pertinente, VISA en este caso, para que averiguase de cuál de todos sus bancos clientes procede esa tarjeta. Tras ello se envía a un procesador de pago y por último llega el momento de que la transacción vuelva del banco al procesador, a la asociación de tarjetas de crédito, al procesador frontal, al comerciante y al banco adquirente para que se produzca realmente la transacción. A estas alturas, la información de su tarjeta de crédito ha pasado por varias bases de datos y servidores, de los cuales VISA es sólo una pieza en toda la cadena de la transacción.

Si estimamos este proceso teniendo en cuenta la electricidad que consume cada banco participante, la que corresponda a los servidores que utilice cada uno, sus redes de cajeros automáticos, y el número de sucursales que tenga cada uno de estos bancos, teniendo en cuenta que el funcionamiento de las mismas incluye variables como su tamaño, número de empleados, apertura 24 horas y otros más, probablemente el consumo energético total que le estimemos a estos bancos desencadenen unas reacciones inesperadas al público en comparación con las ideas de consumo energético inicialmente presentadas.

7. Conclusiones

Llegados al final de la exposición y tras la realización de una exhaustiva investigación, este último apartado recoge las respuestas encontradas a dos de las preguntas planteadas inicialmente.

¿Qué impacto energético tienen la creación y transacciones de criptomonedas en Europa?

Como se ha demostrado, el factor clave en la creación de las criptomonedas y el funcionamiento de sus transacciones se encuentra en el procedimiento de la minería digital. Ya sea por medio del *Proof of Work*, *Proof of Stake*, *Consensus* u otros muchos existentes, todos ellos crean un efecto irreparable en el consumo energético europeo. Siguiendo los informes de la Agencia Internacional de Energía se ha estimado que en relación con la minería de criptomonedas, el consumo energético en Europa ha aumentado un 450% en los últimos años, esperando un aumento paulatino en el futuro.

Si se trata de buscar uno o varios centros para establecer un epicentro en el impacto de estos malgastos energéticos elegiría principalmente dos: El protagonista por definición de las redes de Blockchain de todo el mundo, Bitcoin; y el que puedo considerar un “falso ecologista” de las criptomonedas verdes, Chia.

La motivación para la selección de Bitcoin es evidente. Bitcoin es el principal causante del impacto energético con un total de 129 TWh cada año y crea unas emisiones aproximadas de entre 25 y 50 millones de toneladas de CO₂ cada año. Recordamos que estos datos no son ya a nivel Europeo, sino global, pero, por ende, se puede entender que proliferar como la criptomoneda de circulación más extendida y notoria, convierte a Bitcoin en el causante de las principales preocupaciones de consumo energético a nivel Europeo. Estos números quedan respaldados por los daños contabilizados que ha producido la moneda con cada transacción rondando los 12.000 en daños para la emisión de una BTC, y habiendo equiparado al 30% del total de daños económicos producidos por contaminación energética que la totalidad de las criptomonedas en circulación durante los últimos 5 años. Dicho de otra manera, Bitcoin no solamente se supera a sí mismo en condiciones erosivas energéticas anualmente, sino que toma las riendas de otras criptomonedas, como Ethereum, que en su contra, ha centrado gran parte de sus iniciativas en la modificación de sistemas de minería

(*Proof of work* → *Proof of stake*) para paliar los efectos negativos que producían sus emisiones de ETH.

Por otra parte, la conclusión para la elección de Chia proviene precisamente de la alternativa errónea que se ha dado a la minería de criptomonedas. Aunque públicamente se demuestra que no requiere un alto consumo de energía para sus transacciones en comparación con el presentado por Bitcoin, la necesidad de almacenamiento de discos duros para su funcionamiento deja de lado la idea de innovación tecnológica que rodea a muchas de las criptomonedas. Los discos duros para Chia necesitan una alta cantidad de recursos materiales y metales contaminantes para su producción y mantenimiento, lo cual crea un impacto medioambiental negativo desde una doble vertiente. Aunque su consumo de energía en las transacciones de los “farmers” sea menor, este va aunado al impacto de la producción del hardware que requiere la extracción de materiales y generación de residuos y emisiones de gases de efecto invernadero, seguido además de la obsolescencia en al que se quedan los discos duros una vez que los mismos han cumplido su función en la transacción, ya que no podrán ser reutilizados y contrario a su intención inicial. En lugar de enfocarse en la reducción del consumo de energía, esta criptomoneda incentiva el uso de recursos naturales y generación de beneficios a costa del medio ambiente, eliminando por tanto la construcción de una economía más justa y sostenible.

¿Qué tecnologías pueden implementarse para mejorar el desarrollo sostenible de las criptomonedas?

Dejando de lado las iniciativas ya planteadas respecto de las normativas europeas que se han presentado para la regulación del mercado de criptoactivos, existen varias alternativas tecnológicas y sociales que podrán implementarse para el desarrollo sostenible de criptomonedas.

- El *Proof of stake* como alternativa a otros sistemas de minado. El uso de las criptomonedas en posesión del validador en el procedimiento de minado en vez de la capacidad de energía computacional que tenga el usuario permite no solamente reducir las emisiones que se producen durante las transacciones, limitando la competición y carreras entre los validadores, como pasaba con el caso de Bitcoin,

sino que además contiene una huella de carbono mucho menor que aquella de los sistemas más “clásicos” por la reducción del consumo de energía necesaria para la resolución de los algoritmos matemáticos en la validación.

- Establecimiento de sistemas de compensación energética: Con esto, se trata de invertir en dos áreas. Por una lado la compensación en inversión de proyectos alternativos de energía renovable, no necesariamente dentro del sector de criptoactivos, sino con la intención de que la validación y la energía consumida perjudicial puedan tratar de paliarse a través de otros proyectos, donde al mismo tiempo se invierte en innovación y avances tecnológicos con concienciación social y medioambiental. Por otra parte, fomentar la investigación de criptomonedas ecológicas como Ripple, estableciendo mecanismos alternativos que demuestren eficiencia ecológica y económica para la sociedad. Esto último no se plantea con la intención de crear cientos de nuevas criptomonedas ecológicas, puesto que los resultados de ello podrían ser perjudiciales si verdaderamente los proyectos no salen en adelante, lo cual tiene gran dificultad, sino que se refiere a la financiación de proyectos dentro de corporaciones ya actuales que se dediquen a buscar nuevas soluciones de impacto en la inversión de sus activos ya existentes y comercializados.
- Limitación del número de transacciones: De igual manera que con la creación de Bitcoin se estableció un número limitado de criptomonedas que serían minadas para hacer frente a posibles efectos inflacionarios, se propone limitar el número de transacciones para la reducción del consumo de energía de los mineros. De igual manera se propone el uso de algoritmos de comprensión de datos que puedan reducir información innecesaria que se transmite con cada transacción, disminuyendo de esta forma la huella de carbono de las transacciones de criptomonedas.

Para finalizar, aun no siendo una iniciativa directamente tecnológica en el sentido estricto de la palabra, el aspecto clave para poder mejorar la sostenibilidad de estos activos se encuentra en la educación y concienciación de la sociedad. Los usuarios y desarrolladores deben aprender a tomar decisiones más sostenibles, como la elección de criptomonedas y tecnologías más eficientes y sustento de proyectos de energía renovable que lo apoyen. Este

ultimo concepto resulta la clave fundamental para el cuidado del impacto medioambiental mejorando la adopción de prácticas sostenibles en la industria.

8. Bibliografía

- Abad, J. (2022, Noviembre 10). *Cointelegraph*. Retrieved from Cointelegraph.com: <https://es.cointelegraph.com/news/cryptocurrencies-a-shelter-against-the-inflation-suffered-by-latin-america>
- Acharya, D. P. (2022, Diciembre 8). *Geekflare*. Retrieved from Geekflare.com: <https://geekflare.com/es/blockchain-nodes-guide/>
- admin. (2022, Julio 25). *ahorreluz*. Retrieved from ahorreluz.es: <https://www.ahorreluz.es/blog/cuanta-energia-consume-bitcoin/#:~:text=La%20red%20bitcoin%20genera%20129,Espa%C3%B1a%20est%C3%A1%20en%20el%2016>
- Agu, C. J. (2020). *Impact of cryptocurrency on Africa's economy*. Dorset, United Kingdom: Computing Department of Bournemouth University poole. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Chima-Agu/publication/347089003_Impact_of_cryptocurrency_on_Africa's_economy/links/5fd7dcea6fdccdb8c9b4d1/Impact-of-cryptocurrency-on-Africas-economy.pdf
- Ammous, S. (2015). Economics beyond Financial Intermediation: Digital Currencies' Possibilities for Growth, Poverty Alleviation and International Development. *The Journal of Private Enterprise*, 19-50.
- Arroyo, M. (2018, Septiembre 15). *Cripto Noticias*. Retrieved from criptonoticias.com: <https://www.criptonoticias.com/tutoriales-guias/omni-plataforma-tokens-blockchain/>
- Buterin, V. (2014). *A Next Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform*. Retrieved from https://ethereum.org/669c9e2e2027310b6b3cdce6e1c52962/Ethereum_Whitepaper_-_Buterin_2014.pdf
- Cambridge Center for Alternative Finance. (2022). *Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index*. Cambridge: University of Cambridge: Judge Business School. Retrieved from <https://ccaf.io/cbeci/index>
- Campo, H. (2021, Diciembre). *Price Waterhouse Cooper*. Retrieved from pwc.com: <https://www.pwc.com/ia/es/publicaciones/perspectivas-pwc/Blockchain-brindando-confianza-y-transparencia.html>
- Cohen, B. (2022). *Chia Network Version 2.0*. Chia Network Inc.
- Coin Market Cap. (2023, March). Cryptocurrencies Market Capitalization. Retrieved from <https://coinmarketcap.com/es/>

- Colomer, R. (2022, Abril 24). *Lemming At Work*. Retrieved from lemingatwork.com: <https://www.lemmingatwork.com/inversiones/criptomonedas/visa-vs-criptomonedas-cual-es-mejor/>
- Comisión Europea. (2020). *Propuesta de reglamento del parlamento Europeo y del Consejo relativo a los mercados de criptoactivos y por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937*. Bruselas: Parlamento Europeo y Consejo. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52020PC0593>
- Daly, L. (2022, Junio 28). *The Motley Fool*. Retrieved from fool.com: <https://www.fool.com/investing/stock-market/market-sectors/financials/cryptocurrency-stocks/bitcoin-mining/>
- Davies, P. (2021, Agosto 24). *Euronews*. Retrieved from es.euronews.com: <https://es.euronews.com/next/2021/08/24/la-criptomoneda-verde-cardano-ada-puede-superar-a-bitcoin-y-ethereum>
- D-Central. (2020, Abril 1). *D - Central*. Retrieved from d-central.tech: <https://d-central.tech/bitcoin-vs-visa-electricity-consumption-fallacy/>
- Decano, L. (2020, Febrero). Las burbujas financieras y el nacimiento del mercado de las criptomonedas. *Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)*, p. 10. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Laura-Decaro/publication/339433698_Las_burbujas_financieras_y_el_nacimiento_del_mercado_de_las_criptomonedas_The_financial_bubbles_and_the_birth_of_the_crypto_currency_market/links/5e514b93a6fdcc2f8f58bc47/Las-burbujas-
- Decaro, L. (n.d.). Las burbujas financieras y el nacimiento del mercado de las criptomonedas. *Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)*, p. 10.
- El Periodico. (2021, Enero 15). Un programador, a punto de perder 220 millones de euros por no recordar la contraseña de Bitcoin.
- Engineering SYLTEC Making Future. (2021, Julio 1). *SYLTEC Making Future*. Retrieved from syltec.es: <https://syltec.es/blog/2021/07/01/las-criptomonedas-y-el-consumo-de-energia/>
- ESPOL. (2016). *Bitcoin: La criptomoneda que nadie controla*. 10: Octubre.
- Fernández, M. (2022, Septiembre). *Bit Finanzas*. Retrieved from bitfinanzas.com: <https://bitfinanzas.com/cuanta-energia-consumen-los-nfts-y-las-criptomonedas-es-verdad-que-perjudican-al-medio-ambiente/>
- Fuenmayor, C. d. (2022, Mayo 23). *Citywire*. Retrieved from Citiwire.com: <https://citywire.com/es/news/criptomonedas-e-inflacion-mitos-y-realidades/a2388106>
- Goodking, A. L., Jones, B. A., & Berrens, R. P. (2020). *Cryptodamanges: Monetary value estimates of the air pollution and health impacts of cryptocurrency mining*. New

- Mexico: University of New Mexico, Albuquerque. Retrieved from <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214629619302701?token=E43B31DDC131EF28573534EC2ABAD87DCFBB8A616B3FCB4D2C4FB2A010EA029BA6276A4433C22CDF00A4D58860B5248C&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230313114737>
- Gschossmann, I., Kraaij, A. V., Benoit, P.-L., & Rocher, E. (2022). *Mining the environment – is climate risk priced into crypto-assets?* European Central Bank - Eurosystem. Retrieved from https://www.ecb.europa.eu/pub/financial-stability/macprudential-bulletin/html/ecb.mpbu202207_3~d9614ea8e6.en.html
- Hoskinson, C. (2017). *Cardano Whitepaper: Why we are building Cardano*. Input Output.
- Huestis, S. (2023, Enero 9). *reglobal*. Retrieved from [reglobal.co: https://reglobal.co/cryptocurrencys-energy-consumption-problem/](https://reglobal.co/cryptocurrencys-energy-consumption-problem/)
- Iberdrola. (2022). Qué son las criptomonedas ecológicas y por qué son importantes. Retrieved from <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/criptomonedas-ecologicas>
- IGCommunity. (2022). ¿Qué es Ethereum y Cómo funciona. *IGCommunity*. Retrieved from IG.com: <https://www.ig.com/es/ethereum-trading/que-es-ether-y-como-funciona>
- IPC de Argentina. (2023). Retrieved from <https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/argentina>
- Jones, B. A., Goodking, A. L., & Berrens, R. P. (2022). *Economic estimation of Bitcoin mining's climate damages demonstrates closer resemblance to digital crude than digital gold*. nature.com. Retrieved from Nature.com/scientificreports: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-18686-8.pdf>
- Juarros, S. (2022, Noviembre 7). *Ripio*. Retrieved from [launchpad.ripio.com: https://launchpad.ripio.com/blog/que-son-las-stablecoins#:~:text=USD%20Tether%2C%20USD%20Coin%2C%20Binance,un%20token%20en%20el%20ecosistema](https://launchpad.ripio.com/blog/que-son-las-stablecoins#:~:text=USD%20Tether%2C%20USD%20Coin%2C%20Binance,un%20token%20en%20el%20ecosistema)
- Köhler, S., & Pizzol, M. (2023). *Life Cycle Assesment of Bitcoin Mining*. Aalborg: Department of Planning, Aalborg University.
- Kohli, V., Chakravarty, S., Chambola, V., Sangwan, K. S., & Zeadally, S. (2022). <https://www.skrill.com/en/skrill-news/crypto/what-is-the-relationship-between-crypto-and-inflation/>. Singapore: Department of Electrical and Computer Engineering, National University of Singapore.
- Krishnan, H., Saketh, S., & Vaibhav, V. T. (2015, September). Cryptocurrency Mining - Transisition to the Cloud. *International Journal of Advanced Computer Science and Application (IJACSA)*, p. 11. Retrieved from <https://www.proquest.com/docview/2656507869/fulltextPDF/FCE87DB0A57442CAPQ/1?accountid=34207>

- Lecuit, J. A. (2019, Noviembre 12). *Real Instituto El Cano*. Retrieved from [media.realinstitutoelcano.com: https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2021/11/ari106-2019-alonsolecuit-seguridad-y-privacidad-del-blockchain-mas-alla-de-tecnologia-y-criptomonedas.pdf](https://media.realinstitutoelcano.org/wp-content/uploads/2021/11/ari106-2019-alonsolecuit-seguridad-y-privacidad-del-blockchain-mas-alla-de-tecnologia-y-criptomonedas.pdf)
- Lipton, A., Sardon, A., Schär, F., & Schüpbach, C. (2020). *From Tether to Libra: Stablecoins, Digital Currency and the Future of Money*. Sila, The Hebrew University of Jerusalem; Massachusetts Institut of Technology; Swisscom; Center for Innovative Finance, University of Bazel.
- Llamas, J. (2022, Septiembre 8). *economipedia*. Retrieved from [economipedia.com: https://economipedia.com/definiciones/hash-criptomonedas.html](https://economipedia.com/definiciones/hash-criptomonedas.html)
- López, M. A., & Unda, V. C. (2018, Junio 18). *BID*. Retrieved from [Blogs.iadb.org: https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/tipos-de-blockchain/](https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/tipos-de-blockchain/)
- Maldonado, J. (2019, Julio 11). *bit2me Academy*. Retrieved from [academic.bit2me: https://academy.bit2me.com/que-es-ledger-distribuido-libro-mayor/](https://academy.bit2me.com/que-es-ledger-distribuido-libro-mayor/)
- Marinov, Á. (2022). *Velocidad de las transacciones de criptodivisas en 2022*. ESCRYPTO. Retrieved from <https://www.escrypto.com/es/blog/cryptocurrency-transaction-speed-2022>
- Mellerud, J. (2022, Agosto 22). *K33 Research*. Retrieved from [k33.com: https://k33.com/research/archive/articles/how-much-energy-will-bitcoin-consume-in-the-future](https://k33.com/research/archive/articles/how-much-energy-will-bitcoin-consume-in-the-future)
- Moretti, J. (2023). What Does Ripple And Cardano Have In Common? *California Business Journal*.
- Muñoz, D. A. (2023, Marzo 8). Primera ley de la UE sobre Criptoactivos: Proyecto de Reglamento MiCA.
- N26. (2022, September 14). *N26*. Retrieved from [n26.com: https://n26.com/en-eu/blog/pros-and-cons-of-cryptocurrency](https://n26.com/en-eu/blog/pros-and-cons-of-cryptocurrency)
- Nakamoto, S. (2009). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Satoshi Nakamoto. Retrieved from <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Newar, B. (2022, Marzo 22). *Coin Telegraph*. Retrieved from [es.cointelegraph.com: https://es.cointelegraph.com/news/environmental-sustainability-key-sticking-point-in-eu-mica-bill](https://es.cointelegraph.com/news/environmental-sustainability-key-sticking-point-in-eu-mica-bill)
- Oquendo, A. (2022, abril 12). *criptonoticias*. Retrieved from [criptonoticias.com: https://www.criptonoticias.com/tutoriales-guias/mejores-tarjetas-graficas-gpu-minar-criptomonedas-ethereum-2020/](https://www.criptonoticias.com/tutoriales-guias/mejores-tarjetas-graficas-gpu-minar-criptomonedas-ethereum-2020/)
- Pastor, J. (2016, Octubre 20). *bit2me Academy*. Retrieved from [academy.bit2me.com: https://academy.bit2me.com/que-es-escalabilidad-de-](https://academy.bit2me.com/que-es-escalabilidad-de-)

- Scott, B. (2016). How can cryptocurrency and blockchain technology play a role in building social and solidarity finance. *United Nations Research Institute for Social Development (UNRISD), Geneva, Working Paper.*
- Skrill. (2023, Enero 17). *Skrill*. Retrieved from Skrill.com: <https://www.skrill.com/en/skrill-news/crypto/what-is-the-relationship-between-crypto-and-inflation/>
- Solé, R. (2021, Mayo 15). *Profesional Review*. Retrieved from profesionalreview.com: <https://www.profesionalreview.com/2021/05/15/que-es-chia-coin/>
- Solunion. (2021, Agosto 26). *solunion*. Retrieved from solunion.com: <https://www.solunion.cl/blog/que-es-y-para-que-sirve-la-tecnologia-blockchain/>
- Vujicic, D., Jagodic, D., & Randic, S. (2018). *Blockchain Technology, Bitcoin and Ethereum: A Brief Overview*. 21: March. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8345547&tag=1>
- Walsh, D. (2021, mayo 13). *euronews*. Retrieved from es.euronews.com: <https://es.euronews.com/next/2021/05/13/que-es-la-criptomoneda-verde-chia-y-hasta-que-punto-es-ecologica#:~:text=A1%20menos%20a%20primera%20vista,ni%20de%20un%20coste%20medioambiental.>
- World Energy Trade. (2021, Abril 11). *World Energy Trade*. Retrieved from worldenergytrade.com: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/general/que-es-el-nuevo-acuerdo-cripto-climatico-respaldado-por-la-onu>
- XRP Ledger. (2020). *XRP Ledger*. Retrieved from xrpl.org: <https://xrpl.org/history.html>
- Young, M. (2020, Febrero 12). *Beincrypto*. Retrieved from beincrypto.com: <https://es.beincrypto.com/comisiones-visa-aumentan-mientras-comisiones-bitcoin-btc-permanecen-estables/>