



# ¿Puede realmente blockchain ser sostenible y verde?



## CLAUDIA NEGRI RIBALTA

Máster en Ciencias de la Computación mención Medios Digitales Interactivos por el Trinity College Dublin y candidata a doctora en Informática de la Universidad París 1 Panthéon-Sorbonne. Investiga sobre ingeniería de requerimientos y protección de datos personales desde una perspectiva interdisciplinaria. Es parte del directorio de la ONG Observatorio para la Transparencia Algorítmica (OptIA).

✉ claudia-sofia.negri-ribalta@univ-paris1.fr

🐦 @csnegri



## MARIUS LOMBARD-PLATET

Doctor en Seguridad de la Información por la École Normale Supérieure (ENS) París, postdoctorante en la Universidad de Luxemburgo en criptografía asimétrica. Sus áreas de investigación son: seguridad, estructura de datos y protocolos de criptografía.

✉ marius.lombard-platet@uni.lu



**RESUMEN.** *Blockchain* es una tecnología que ha sido criticada por su impacto medioambiental y falta de sostenibilidad. No es de extrañar que los sistemas de *blockchain* tengan un alto impacto ambiental, ya que utilizan algoritmos altamente intensivos en computación para abordar temas fundamentales, tales como la confianza o la seguridad. Uno de los ejemplos más famosos de este impacto es Proof of Work, el algoritmo de minería utilizado por Bitcoin y otras. Sin embargo, debido al diseño de *blockchain*, hay otros temas como la chatarra electrónica o el boom de las criptomonedas, que lo hacen contradictorio con *green computing*. Aunque se ha argumentado que *blockchain* podría ayudar a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, al permitir la transparencia y la trazabilidad, estas afirmaciones están por verse en el mundo real. Hoy en día *blockchain* parece ser contradictoria con *green computing*, pero no descartamos el desarrollo futuro de la tecnología y los cambios en componentes esenciales que la podrían hacer más sustentable.

## Introducción

Hoy en día es imposible no leer u oír sobre *blockchain* o criptomonedas. O bien aparece en las noticias, ya sea por el precio de una criptomoneda o una estafa, o en el mundo de las finanzas, con el nacimiento de DeFi (Decentralized Finance), o simplemente porque Meta se aventuró a la posibilidad de tener una criptomoneda (Diem). Sea cual sea el caso, la tecnología *blockchain* está aquí, con todo lo bueno y lo malo que ello conlleva.

*Blockchain* ha recibido considerables críticas por sus problemas de sostenibilidad.

## Las emisiones [de CO<sub>2</sub> originadas por Bitcoin] provocarían un calentamiento global de más de 2°C para 2050.

Hay numerosos ejemplos de artículos que destacan los impactos de *blockchain* en el medio ambiente, como [12, 5]. La mayor parte de las críticas –aunque no las únicas– se deben a las altas cantidades de energía que *blockchain* consume debido a un algoritmo de minería muy popular, Proof of Work (PoW). Sin embargo, hay otras preocupaciones sobre esta tecnología, como el uso de hardware y la duplicación de cálculo (*double computing*) que nos gustaría resaltar.

En los siguientes párrafos, pretendemos discutir algunos de los principales problemas que tiene *blockchain* con *green computing*. Debido a razones de seguridad y la descentralización, a menudo se requiere de algoritmos altamente intensivos en computación para asegurar la red. Sin embargo, hay otros retos como el uso de hardware, que también son asuntos que *blockchain* deberá abordar para la sustentabilidad y *green computing*.

## ¿Qué es *blockchain*?

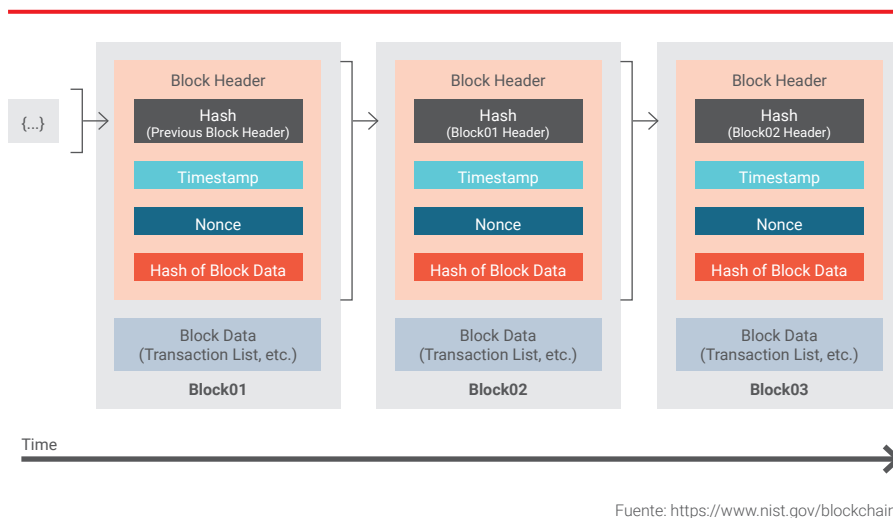
Para entender la relación entre *blockchain* y *green computing*, es necesario comprender los principales componentes de esta tecnología. *Blockchain* como tecnología apareció por primera vez en 2008, con la publicación del *whitepaper* de Nakamoto, que proponía Bitcoin [17]. El *whitepaper* de Bitcoin resolvía el histórico problema del doble gasto en las monedas digitales descentralizadas [10], diseñando un sistema sin autoridad central (como un banco) en el que la gente podría intercambiar dinero. Es así como Bitcoin fue la primera instancia de la

tecnología *blockchain*, que se conoce generalmente como la primera generación de *blockchain*.

En 2014, Buterin [9] publicó el *whitepaper* de Ethereum. El principal aporte y diferencia de Ethereum con respecto a Bitcoin, fue la implementación de contratos inteligentes (*smart contracts*). Un contrato inteligente es una aplicación o código, que permite automatizar las transacciones entre los actores. Aunque Bitcoin puede automatizar ciertas actividades a través de *scripts* [8], los contratos inteligentes de Ethereum son más flexibles y pueden manejar bucles [9]. Este tipo de *blockchain* se conoce como segunda generación de *blockchain*.

Los sistemas *blockchains* pueden dividirse en varias taxonomías. Una de las formas más populares de dividir las distintas *blockchain* es en función de su modelo de gobernanza, público o privado. Las *blockchains* públicas son aquellas que permiten que cualquiera pueda participar en la red y en las que no existe ningún usuario privilegiado, como Bitcoin o Ethereum. Por el contrario, las *blockchain* privadas están limitadas a aquellos que tienen derechos a participar en la red, como Hyperledger [4].

Los sistemas *blockchain* son más que criptomonedas y contratos inteligentes. De hecho, las criptomonedas son el caso más conocido de la tecnología, pero no son el único; hay múltiples iniciativas que tratan de encontrar otros usos. Por otra parte, los contratos inteligentes no son necesariamente contratos legales aunque su nombre diga “contrato”. Son simplemente aplicaciones que permiten automatizar ciertas acciones en la red.



Fuente: <https://www.nist.gov/blockchain>.

**Figura 1.** Estructura de una *blockchain*.

### Una base de datos distribuida

Aunque hay varias definiciones de *blockchain*, en este documento definiremos *blockchain* como –en su núcleo– una base de datos (BD). En detalle, es una base de datos distribuida y resistente a la manipulación, que guarda una cantidad limitada de información en bloques, que están unidos a través de una primitiva criptográfica, un *hash*, vinculándolos entre sí. Por eso se llama *blockchain*, pues los bloques (*block*) generan una cadena (*chain*) (ver Figura 1).

Como se ha mencionado anteriormente, las *blockchains* públicas son descentralizadas, ya que ningún participante tiene más autoridad que otro. Sin embargo, las *blockchains* privadas están distribuidas pero no descentralizadas, ya que el acceso está controlado por unas autoridades (normalmente llamadas CA o *central authority*).

Debido a las características en el diseño de las *blockchain*, estas son resistentes a la manipulación pero no son inmutables. Existen vulnerabilidades que permiten el cambio de los datos, como el ataque Sybil y el ataque 51% [22].

### Algoritmos de consenso y de minería

Si las *blockchain* están distribuidas y descentralizadas, ¿cómo se ponen de acuerdo sobre cómo actualizar la BD? La respuesta es a través de los algoritmos de minería y consenso. El algoritmo de minado se refiere a cuando los diferentes participantes (nodos mineros) pueden “construir” (minar) un bloque de información, el cual después proponen y propagan en la red y este es aceptado o no a través del consenso. Existen distintos algoritmos de minado y consenso, que se definirán en base a distintos requerimientos de la red, como seguridad, *liveness* y si los actores se conocen

entre ellos (como las *blockchains* privadas), es decir el nivel de confianza.

Debido a que muchas criptomonedas son públicas, como Bitcoin y Ethereum, no se puede confiar en que todos los actores de la red serán honestos y no vayan a realizar doble gasto. Por consiguiente, estas *blockchains* requieren que para minar un nuevo bloque, uno tenga que resolver un rompecabezas criptográfico difícil. Por ejemplo, el algoritmo de PoW de Bitcoin, Hashcash, es un puzzle que requiere gran capacidad de cálculo (*computing power*) por parte del nodo minero. Estas limitaciones impiden que un atacante pueda inundar la red: para poder reescribir una transacción, necesitaría más potencia de cálculo que el resto de la red, es decir, más del 50% de la potencia de cálculo (*computing power*) total de la red.

## The elephant in the room: *blockchain* y contaminación<sup>1</sup>

En la actualidad, si tomamos el valor de mercado de las distintas criptomonedas, las dos más importantes son Bitcoin [17] y Ethereum [9]. Por el momento, ambas criptomonedas utilizan PoW como algoritmo de minería, que –debido a la popularidad de ambas– requiere una enorme cantidad de energía.<sup>2</sup> Consecuentemente, a medida que las monedas se valorizan, minarlas se vuelve más rentable económicamente. Este fenómeno provoca que el desafío criptográfico de PoW sea más difícil, lo que conlleva que los nodos mineros deben gastar más energía para encontrar un nuevo bloque válido.

1 En inglés, *elephant in the room* es una expresión metafórica que hace referencia a una verdad evidente, pero que al mismo tiempo es ignorada por todos/as porque discutirla puede resultar controversial o (personal, política o socialmente) embarazoso. Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Elephant\\_in\\_the\\_room](https://en.wikipedia.org/wiki/Elephant_in_the_room).

2 No todas las criptomonedas utilizan PoW como algoritmo de minado, y como discutiremos más adelante, hay otros algoritmos de minado que son más sustentables.



Como consecuencia, el consumo de electricidad para minar un bloque en Bitcoin se ha estimado entre 0,88-4,38 TWh para el año 2017 [26], 87-134 TWh para 2021 (el mismo consumo energético que Argentina) pasando a 100-200 TWh en 2022 [1, 2]. Del mismo modo, se estima que Ethereum consume alrededor de 112 TWh al año [3], y se ha calculado que Bitcoin y Ethereum combinadas liberan alrededor de 150 MT de CO<sub>2</sub> al año [3]. De hecho, si asumimos un crecimiento continuo de Bitcoin, [16] ha estimado que las emisiones de Bitcoin por sí solas provocarían un calentamiento global de más de 2°C para 2050.

Si bien las emisiones de CO<sub>2</sub> son uno de los principales problemas del PoW en muchas *blockchains*, otro problema para la sustentabilidad es la chatarra electrónica o los residuos provocados por los equipos utilizados para minar. Los equipos usados para los algoritmos de minería en *blockchain* tienen una vida útil limitada, y según [12] se ha estimado que la chatarra electrónica provocada por Bitcoin –suponiendo una esperanza de vida de 1,5 años para los equipos<sup>3</sup>– es alrededor de 11.000 toneladas métricas al año. Similarmente, otro algoritmo de minería llamado Proof of Space, que se basa en el almacenamiento en disco, ha sido acusado de provocar escasez de discos duros en todo el mundo.<sup>4</sup>

Por lo tanto, las *blockchains* que usan PoW no solo consumen mucha electricidad, sino que también generan problemas de chatarra electrónica. El gran uso de energía y la chatarra electrónica proviene principalmente como una consecuencia de la competencia que genera PoW, aunque Proof of Space también generaría problemas con los residuos. Sin embargo, son consecuencias más bien por el uso de PoW, que por la descentralización u otros componentes de *blockchain*.

Ahora bien, podríamos argumentar que este impacto ambiental se justifica en base a la eficiencia de las *blockchains* u otros beneficios que ellas traerían. Si comparamos la criptomoneda más popular (Bitcoin) con sistemas que ya están implementados, como lo es con el dinero *fiat*, vemos que los sistemas *blockchain* tampoco son necesariamente más eficientes. VISA/Mastercard pueden realizar 4.400 transacciones por segundo, y se estima que una transacción de VISA consume 1 millón de veces menos energía que una transacción de Bitcoin [1]. En comparación, Bitcoin tiene una capacidad de procesar 7 transacciones por segundo, lo cual además crea un problema de escalabilidad [15]. Es decir, VISA/Mastercard son 600 veces más eficientes que Bitcoin en su capacidad de procesar transacciones.

Las tasa de transacciones que puede manejar una *blockchain* por segundo son fijas, no aumentan, pues están definidas por su diseño. Independientemente de la potencia de minado (*mining power*) total en la red, el número total de mineros, en Bitcoin, Ethereum u otras *blockchains*, tiene un tope de cuántas transacciones puede manejar por segundo (a pesar de que el rendimiento se puede aumentar a través de protocolos en la *Layer 2* como lo es Lightning para Bitcoin, o mejores algoritmos de consenso [15]). Sin embargo, la valorización de Bitcoin como activo o moneda provoca un aumento de la cantidad total de potencia de minado en la red [14], que provoca mayor uso de energía.

---

## Diseño versus sustentabilidad

---

Ahora bien, ¿por qué las tecnologías *blockchain* utilizan habitualmente estos

**Otro problema [de Proof of Work] es la chatarra electrónica [...] provocada por los equipos utilizados para minar, [estimadas en] alrededor de 11.000 toneladas métricas al año.**

algoritmos altamente intensivos? Debido a una decisión de diseño, más precisamente, para resolver temas como el doble gasto, la seguridad de la red y la confianza entre los actores. Por eso se ha sugerido que la tecnología *blockchain* puede ser contradictoria con la sustentabilidad.

### Haciendo la tecnología sustentable

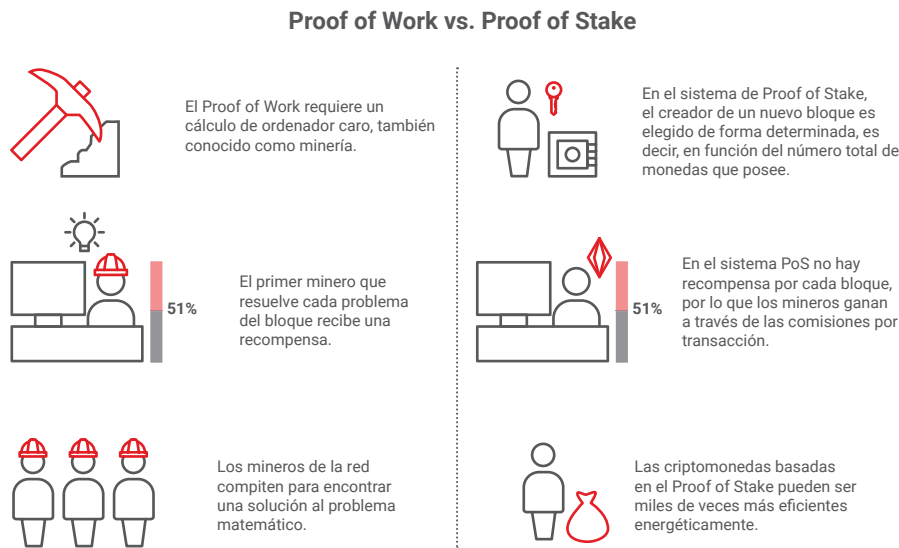
Aunque por temas de diseño parece ser que las *blockchains* más populares consumen altos niveles de energía, como también generan problemas con la chatarra electrónica, se ha argumentado que podría contribuir a la sostenibilidad y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible [7, 25]. Algunos de los argumentos expuestos sostienen que *blockchain* podría ayudar con la sostenibilidad al proveer trazabilidad y transparencia a los consumidores, si el sistema es adecuadamente diseñado [7, 25]. En detalle, el argumento sostiene que *blockchain* puede proveer trazabilidad de un producto –como por ejemplo el origen del mismo– como también mejorar los niveles de transparencia de la información –como por ejemplo, qué tipo de pesticida se usó– lo cual permitiría que los consumidores puedan tomar decisiones informadas y preferir productos sustentables. Asimismo, se reconoce que PoW

3 Las estimaciones más optimistas dan una esperanza de tres a cinco años; ver <https://compassmining.io/education/how-long-do-asics-last/>.

4 <https://foreignpolicy.com/2021/05/23/cryptocurrency-chia-waste-resources-bitcoin/>.



## Antes de implementar un sistema blockchain, hay que hacer la pregunta: ¿necesito un sistema blockchain?



Fuente: <https://es.ihodl.com/tutorials/2017-07-21/proof-work-vs-proof-stake-cambio-en-el-ethereum/>.

**Figura 2.** Comparación entre las técnicas Proof of Work (PoW) y Proof of Stake (PoS).

es un algoritmo de minado que no es sustentable, y se recomienda usar otros que tengan un menor impacto. Hasta donde sabemos hoy, no hay ningún proyecto –o al menos muy pocos– ampliamente adoptado que utilice *blockchain* y que sea utilizado de forma efectiva para la sustentabilidad.

Debido a los costes energéticos del PoW y su impacto ecológico, para que las *blockchains* sean más sostenibles se han propuesto otros algoritmos de minado, y existe amplia investigación sobre el tema. Una de estas soluciones es abandonar el PoW y migrar a Proof of Stake (PoS) [18]. PoS en lugar de basarse en el cálculo de una puzle criptográfico difícil, requiere –como explicación

general– que los mineros apuesten su dinero/activo en qué bloque se añadirá. Es decir, es una apuesta y por eso su nombre, *stake*. Ethereum tiene previsto pasar de PoW a PoS en el tercer o cuarto trimestre de 2022 [13], y se ha estimado que el consumo de energía de la red se reducirá en un 99,95%, con una capacidad de procesamiento de hasta 100.000 transacciones por segundo (ver Figura 2). Ciertamente una mejora.

PoS es uno de los muchos algoritmos de minado que existen y que tienen menos impacto ambiental que PoW. Por ejemplo, *blockchain* privadas como Hyperledger se basan en algoritmos de consenso bizantino, que también son más eficientes energéticamente. Igual-

mente, *blockchain* privadas no tienen necesariamente problemas de confianza y pueden usar otros tipos de minado o consenso que son eficientes energéticamente pero no necesariamente son tolerantes a la falta bizantinas, como lo es Raft [20].

Otras mejoras en la tecnología pueden reducir drásticamente la huella de carbono de una transacción. Por ejemplo, en Bitcoin la red Lightning permite multiplicar por mil su rendimiento, con un aumento insignificante de cálculos [21], aunque la escalabilidad de la red sigue siendo un tema [24].

### ¿Puede realmente ser sostenible?

Debido a la gran huella de carbono que tiene Bitcoin por su consumo de energía, las críticas al respecto han crecido en los últimos años. Se ha argumentado que las *blockchains* podrían depender, total o parcialmente, de fuentes de energía renovables o verdes [19, 6], lo que debería reducir la huella de carbono; mientras que otros argumentan que las energías renovables no harán que Bitcoin sea verde [11]. En la actualidad, se estima que entre el 30% y el 70% de la minería de Bitcoin<sup>5</sup> depende de las energías renovables [1]. Sin embargo, se ha observado que para hacer frente al aumento de la demanda de esta energía a causa de la minería de las criptomonedas, los proveedores podrían tener que reabrir fuentes de energía no renovables para proporcionar electricidad al público general [23]. De modo que, habría que ser cuidadoso con hacer afirmaciones que digan que *blockchain* podría disminuir su huella de carbono, ya que usan energías renovables o verdes.

Como dice un refrán, “la energía más verde es la que no se usa”. En el contexto de la computación verde (*green*

<sup>5</sup> La estimación del 70% es del año 2019, antes de la prohibición de la minería de Bitcoin en China, que provocó una disminución de las energías renovables en dicha red.



## Cada vez que alguien lanza la ejecución de un contrato inteligente, 9.800 nodos realizan la misma ejecución en paralelo.

computing), para nosotros esto significa que la redundancia y la especulación, entre otras cosas, deben ser llevadas a su mínimo vital. Otro problema para las *blockchains*.

¿Por qué es un problema? Porque cada nodo de una *blockchain* tiene una copia de todo el *ledger*, pero lo más importante, en las *blockchains* que utilizan contratos inteligentes como Ethereum, todos tienen una copia del contrato inteligente. La idea central de la ejecución de los contratos inteligentes, es que el mismo código debe ser ejecutado por todos los nodos en la red, lo cual es un

poco contrario con el refrán que acabamos de comentar. Al momento de escribir este artículo, por ejemplo, Etherscan<sup>6</sup> estima que la cantidad de nodos de Ethereum es de unos 9.800, lo que significa que cada vez que alguien lanza la ejecución de un contrato inteligente, 9.800 nodos realizan la misma ejecución en paralelo. ¿Es necesaria esta redundancia, cuando en muchos casos un único servidor central podría haber hecho el trabajo? Dejamos abierta la pregunta a discusión.

## Conclusiones

Los sistemas *blockchain* que dependen de PoW tienen problemas con la computación verde. Si se utilizan otros algoritmos de minería, el impacto que tienen los sistemas *blockchain* podría reducirse. Sin embargo, y como hemos intentado transmitir en este artículo, hay

otros problemas que surgen con el uso de *blockchain* para *green computing*, como la duplicación de cálculo (*double computing*), la eficiencia de la red, o la chatarra electrónica.

Una última cosa que nos gustaría destacar es que, antes de implementar un sistema *blockchain*, hay que hacer la pregunta: ¿necesito un sistema *blockchain*? Las *blockchains* son difíciles de implantar y mantener, y cumplen una lista muy específica de requerimientos que no siempre son necesarios. Aunque no se puede descartar que las *blockchains* puedan utilizarse para *green computing*, hay otros temas importantes a tener en cuenta. Por ejemplo, si un sistema requiere de un CA que defina quién puede participar y cómo, ¿por qué sería necesario usar *blockchain* en ese contexto, si el sistema es centralizado? Por lo mismo, recomendamos el artículo “Do you need a *blockchain*?” de [27] y revisar el diagrama, para analizar si se necesita una *blockchain*. ■

## REFERENCIAS

- [1] Bitcoin energy consumption index - digiconomist. <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption/>.
- [2] Cambridge bitcoin electricity consumption index (cbeci). <https://ccaf.io/cbeci/index>.
- [3] Ethereum energy consumption — ethereum.org. <https://ethereum.org/en/energy-consumption>.
- [4] Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., Enyeart, D., Ferris, C., Laventman, G., Manevich, Y., et al.: Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains. In: Proceedings of the thirteenth EuroSys conference. pp. 1–15 (2018)
- [5] Badea, L., Mungiu-Pupăzan, M.C.: The economic and environmental impact of bitcoin. IEEE Access 9, pp. 48091–48104 (2021).
- [6] Bastian-Pinto, C.L., de S. Araujo, F.V., Brandão, L.E., Gomes, L.L.: Hedging renewable energy investments with bitcoin mining. Renewable and Sustainable Energy Reviews 138, 110520 (2021).
- [7] Boucher, P., Nascimento, S., Kritikos, M.: How blockchain technology could change our lives. Tech. rep., European Parliamentary Research Service (2017). [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/581948/EPRS\\_IDA\(2017\)581948\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/581948/EPRS_IDA(2017)581948_EN.pdf).
- [8] Brakmić, H.: Bitcoin Script, pp. 201–224. Apress, Berkeley, CA (2019).
- [9] Buterin, V.: Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform (2014). White-Paper. <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/>.
- [10] Chohan, U.W.: The double spending problem and cryptocurrencies. Available at SSRN 3090174 (2021).

6 <https://etherscan.io/nodetracker>.



- [11] De Vries, A.: Bitcoin's growing energy problem. *Joule* 2(5), pp. 801–805 (2018).
- [12] De Vries, A.: Renewable energy will not solve bitcoin's sustainability problem. *Joule* 3(4), pp. 893–898 (2019).
- [13] Ethereum Foundation: The merge – ethereum.org. <https://ethereum.org/en/upgrades/merge/>.
- [14] Fantazzini, D., Kolodin, N.: Does the hashrate affect the bitcoin price? *Journal of Risk and Financial Management* 13(11), 263 (2020).
- [15] Li, C., Li, P., Xu, W., Long, F., Yao, A.C.: Scaling Nakamoto consensus to thousands of transactions per second. CoRR abs/1805.03870 (2018).
- [16] Mora, C., Rollins, R.L., Taladay, K., Kantar, M.B., Chock, M.K., Shimada, M., Franklin, E.C.: Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change* 8(11), pp. 931–933 (Nov 2018).
- [17] Nakamoto, S.: Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system (Dec 2008), <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [18] Nguyen, C.T., Hoang, D.T., Nguyen, D.N., Niyato, D., Nguyen, H.T., Dutkiewicz, E.: Proof-of-stake consensus mechanisms for future blockchain networks: Fundamentals, applications and opportunities. *IEEE Access* 7, pp. 85727–85745 (2019).
- [19] Niaz, H., Shams, M.H., Liu, J.J., You, F.: Mining bitcoins with carbon capture and renewable energy for carbon neutrality across states in the USA. *Energy Environ. Sci.* (2022).
- [20] Ongaro, D., Ousterhout, J.: In search of an understandable consensus algorithm. In: 2014 USENIX Annual Technical Conference (UseNix ATC 14). pp. 305–319 (2014).
- [21] Poon, J., Dryja, T.: The bitcoin lightning network: Scalable off-chain instant payments. (2016).
- [22] Saad, M., Spaulding, J., Njilla, L., Kamhoua, C., Shetty, S., Nyang, D., Mohaisen, D.: Exploring the attack surface of blockchain: A comprehensive survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 22(3), pp. 1977–2008. (2020).
- [23] Schinckus, C.: Proof-of-work based blockchain technology and anthropocene: An undermined situation? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 152, 111682 (2021).
- [24] Tikhomirov, S., Moreno-Sánchez, P., Maffei, M.: A quantitative analysis of security, anonymity and scalability for the lightning network. In: 2020 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops (EuroS&PW). pp. 387–396 (2020).
- [25] UNCTAD team: Harnessing blockchain for sustainable development: prospects and challenges. Tech. rep., United Nations Conference on Trade and Development (2021). [https://unctad.org/system/files/official-document/dtlstict2021d3\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/dtlstict2021d3_en.pdf).
- [26] Vranken, H.: Sustainability of bitcoin and blockchains. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 28, pp. 1–9 (2017).
- [27] Wüst, K., Gervais, A.: Do you need a blockchain? In: 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT). pp. 45–54 (2018).