



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Comillas ICADE

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS CRIPTOMONEDAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Autora: Cristina Hermoso Rodríguez

Tutor: José Luis Fernández Fernández

Madrid / Marzo, 2023

RESUMEN:

Desde su aparición, las criptomonedas han experimentado un rápido crecimiento y en la actualidad gozan de una fuerte presencia internacional. Estas monedas virtuales y su tecnología subyacente, blockchain, presentan unas expectativas a futuro muy interesantes. No obstante, la crisis climática que atravesamos nos lleva a preguntarnos qué efecto tienen estos activos sobre el medioambiente. El gran consumo de energía y de recursos, así como su efecto contaminante son realmente preocupantes. Por ello, han surgido diversas soluciones para garantizar la sostenibilidad de las criptomonedas y aprovechar su potencial futuro sin amenazar nuestro planeta.

Al tratarse de una tecnología novedosa, debemos cuestionarnos en qué medida la sociedad conoce el impacto medioambiental de las criptomonedas. Para averiguar la concienciación social que existe sobre este tema se llevará a cabo una encuesta.

PALABRAS CLAVE: Blockchain, criptomonedas, Bitcoin, minería, PoW, consumo de energía, huella de carbono, PoS, criptomonedas ecológicas y energías renovables.

ABSTRACT:

Since their emergence, cryptocurrencies have experienced rapid growth and now enjoy a strong international presence. These virtual currencies and their underlying technology, blockchain, have exciting prospects for the future. However, the current climate crisis raises the question of what effect these assets have on the environment. The high consumption of energy and resources, as well as their polluting effect, are of real concern. For this reason, various solutions have emerged to ensure the sustainability of cryptocurrencies and to take advantage of their future potential without threatening our planet.

As a novel technology, we must question the extent to which society is aware of the environmental impact of cryptocurrencies. A survey will be conducted to find out the social awareness of this issue.

KEYWORDS: Blockchain, cryptocurrencies, Bitcoin, mining, PoW, energy consumption, carbon footprint, PoS, green cryptocurrencies and renewable energies.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN	7
2.1. Definición y funcionamiento	7
2.2. Beneficios de blockchain	8
3. LAS CRIPTOMONEDAS	10
3.1. Definición	10
3.2. Causas y origen de las criptomonedas	12
3.3. Minería de criptomonedas	13
3.4. Proof of Work (PoW)	13
3.5. Ventajas e inconvenientes	14
3.6. Principales criptomonedas	17
4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS CRIPTOMONEDAS.	21
4.1. Uso de recursos	21
4.2. Generación de residuos electrónicos	22
4.3. Consumo de energía	24
4.4. Huella de carbono	26
4.5. Aspectos sociales relacionados con el medioambiente	27
5. SOLUCIONES SOSTENIBLES	29
5.1. Métodos de consenso alternativos	29
5.2. Criptomonedas verdes	32
5.3. Uso de energías renovables	37
5.4. Impuesto a las criptomonedas PoW	42
5.5. Sensibilización ciudadana	44
6. ENCUESTA	46
7. CONCLUSIONES	56
8. BIBLIOGRAFÍA	58

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el uso de las criptomonedas ha experimentado un crecimiento sin precedentes en todo el mundo, convirtiéndose en una herramienta de inversión y medio de pago cada vez más popular. No obstante, Bitcoin y otras criptomonedas tienen serias implicaciones medioambientales que representan un obstáculo importante en la lucha contra el cambio climático.

Este trabajo tiene como objetivo analizar el impacto medioambiental de las criptomonedas y proponer posibles soluciones que pudieran ayudar a minimizarlo, como pueden ser, el uso de fuentes de energía renovables o la implementación de algoritmos más eficientes desde el punto de vista energético. Las posibles soluciones son muy variadas y, probablemente, habrá de acudir a todas ellas.

La metodología empleada para la elaboración de este trabajo es principalmente cualitativa, puesto que se han utilizado fuentes fiables de información para conocer el funcionamiento y características de las criptomonedas y así poder analizar el cómo y el porqué de su impacto medioambiental.

Al final del trabajo se ha empleado un enfoque cuantitativo para evaluar e interpretar los resultados obtenidos a través de un cuestionario diseñado para conocer la concienciación social que existe en torno al impacto medioambiental de las criptomonedas.

En conclusión, el auge de las criptomonedas hace necesario profundizar en el impacto de esta industria en el desarrollo sostenible, la necesidad de darlo a conocer y el fomento de las posibles soluciones.

2. LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN

2.1. Definición y funcionamiento

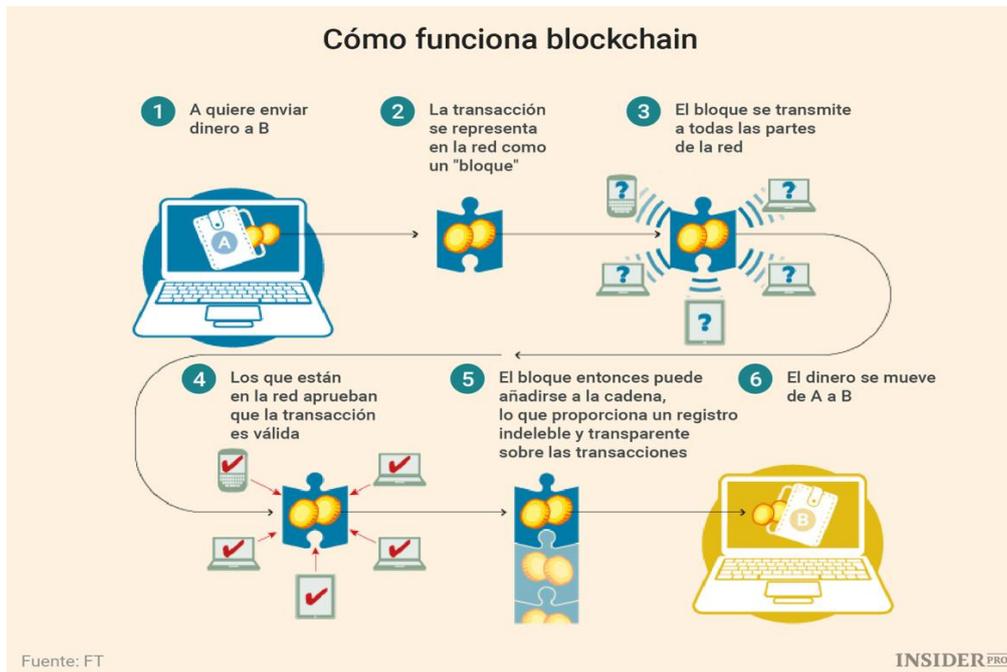
El blockchain o cadena de bloques es la tecnología que se encuentra detrás de las criptomonedas. Pero ¿Qué es realmente el blockchain? y ¿Cómo funciona?

Blockchain es una tecnología DLT (Distributed Ledger Technology) que registra bloques de información en la red de la cadena y que está respaldada por los usuarios que la integran. Para ilustrar esta idea, podemos imaginarnos un gran libro de contabilidad cuyos registros individuales de información (bloques) pasan a ser parte del libro (cadena de bloques) tras haber obtenido la aprobación de los demás usuarios del sistema. Cada nuevo bloque posee una identificación numérica, semejante a una firma digital, que lo hace correlativo al bloque anterior (Zocaro, 2020).

Se puede pensar también como un enorme libro electrónico de actas en el que se registran sucesos u operaciones, pero en lugar de ser un escribano el que certifica esas actas una por una, la validación la realizan determinados usuarios del sistema (mineros), sin que sea necesario recurrir a intermediarios o agentes externos. Una vez que la información queda registrada en la blockchain, no se puede borrar ni modificar (Zocaro, 2020).

Pongamos un ejemplo para comprender mejor el funcionamiento del blockchain o cadena de bloques. Supongamos que A quiere realizar a través de blockchain una transferencia a B. Ambos son miembros de un gran grupo o red de usuarios que comprueban que él se ha realizado correctamente. Por lo tanto, para que A pueda sacar una criptomoneda de su cuenta y enviársela a B, tendrá que enviar una petición al resto de usuarios que conforman la red. Los usuarios comprobarán que la cartera de A dispone de cantidad suficiente para poder hacer el envío a la cartera de B y de ser así, la transacción se completará y pasará a ser parte del bloque. Conforme se van completando más transacciones, estas van pasando a formar parte del bloque. Este bloque al igual que todos los demás, tiene una capacidad limitada. La capacidad de un bloque depende del tamaño de la transacción y de la estructura de la cadena. Cuando un bloque alcanza el límite de su capacidad de transacciones, los usuarios tienen que validarlo y sellarlo. Este proceso se conoce con el nombre de **minería** (Pastor, 2018).

Figura 1: Funcionamiento blockchain.



Fuente: Insider. Pro I Financial Times (2019)

2.2. Beneficios de blockchain

Las principales ventajas que ofrece esta tecnología son:

1. **Transparencia:** al tratarse de una base de datos compartida, la información de las transacciones es común para todos los usuarios.
2. **Integridad:** las transacciones solo se pueden realizar conforme a lo establecido en el protocolo y éste no se puede manipular.
3. **Seguridad:** se necesita un consenso acerca de la precisión de los datos. Todas las transacciones que hayan sido validadas son registradas de forma permanente y nadie, ni siquiera un administrador del sistema, podrá eliminar una transacción.
4. **Eficiencia:** gracias a la cadena de bloques se eliminan los tiempos perdidos en acciones de conciliación de registros y se reducen costes.
5. **Confianza:** se trata de una red privada a la que solo tienen acceso sus miembros. Esto garantiza a sus usuarios obtener datos oportunos y precisos.

Aunque al oír la palabra blockchain se nos vengan a la cabeza las criptomonedas, la cadena de bloques va mucho más allá de sus aplicaciones en el sector financiero. El blockchain es aplicable a múltiples sectores como el de seguros, el agrícola, el jurídico o el sanitario.

En el ámbito de los seguros, la tecnología blockchain nos permitiría verificar la autenticidad de los documentos y la identidad de los asegurados, lo que reduciría el riesgo de fraudes o estafas. En el sector agrícola haría posible que pudiéramos disponer de información sobre los cultivos y sus necesidades en tiempo real de manera que pudiéramos prevenir problemas de forma más eficaz. En el campo sanitario, abriría la puerta a la creación de una base de datos descentralizada de información médica que pudiera ser utilizada por investigadores de todo el mundo. Esto aceleraría el desarrollo de nuevos tratamientos y permitiría una mayor colaboración en la comunidad científica. Por último, en el ámbito jurídico el blockchain se podría utilizar para crear contratos inteligentes que se ejecutarían al cumplirse ciertas condiciones predefinidas. Esto además de suprimir la necesidad de intermediarios, reduciría las posibilidades de que se cometieran errores o se produjeran conflictos.

3. LAS CRIPTOMONEDAS

3.1. Definición

Antes de dar una definición de las criptomonedas, debemos distinguir los términos de dinero electrónico, dinero digital y dinero virtual.

El *dinero electrónico* es cualquier medio de intercambio monetario que se realiza mediante un medio electrónico. Algunos ejemplos son pagar en un comercio con una tarjeta de crédito o realizar una transferencia de dinero desde la cuenta de un banco a la cuenta de otro banco distinto. Podemos decir que prácticamente todo el dinero que existe es electrónico. El dinero en efectivo, es decir, en monedas y billetes físicos, sólo representa un 8% del total (Valero, s. f.).

El *dinero digital*, conocido como CBDC (Central Bank Digital Currency) o monedas digitales emitidas por los bancos centrales, son monedas emitidas y controladas por los bancos centrales de los distintos países que emulan la moneda fiduciaria del país en el que circulan. Como ejemplo el euro digital, del que el Banco Central Europeo afirmó que no nació con el objetivo de reemplazar a las monedas y billetes físicos sino de ser una alternativa. Además, estableció que se retiraría de la circulación un euro físico por cada digital que se emitiera. De esta manera, un euro digital seguiría siendo lo mismo que un euro físico (Valero, s. f.).

El *dinero virtual* a diferencia del digital no se emite por una autoridad monetaria. En 2012 el Banco Central Europeo lo definió como “un tipo de dinero digital no regulado, que es emitido y generalmente controlado por sus desarrolladores, y usado y aceptado entre los miembros de una determinada comunidad virtual”. Un ejemplo son las recompensas económicas que se otorgan en los videojuegos y que permiten comprar servicios en el propio juego (Valero, s. f.).

Las criptodivisas o criptomonedas son monedas virtuales que intercambiamos a través de la red. La propiedad que caracteriza las criptomonedas y las distingue del resto de monedas virtuales es su descentralización. Este concepto implica que las criptomonedas no están controladas por autoridades centrales monetarias, como bancos o instituciones,

sino que son los propios usuarios los que tienen el control absoluto de todos sus activos. Los participantes pueden gestionar, almacenar y enviar su dinero sin depender de nadie. Deja de haber un punto central que controle el funcionamiento de la red y son los usuarios que se dedican a extraer y crear esta tecnología los que gestionan sus datos. Este sistema permite que las decisiones sean tomadas por los participantes mediante métodos de consenso (Darlington et al., 2022).

El Banco de España las define como *“instrumentos de pago que amparadas en una de las tecnologías más innovadoras del momento -la blockchain o cadena de bloques- permiten compras, ventas y otras transacciones financieras”* además señala que *“ni las tocamos con las manos ni las podemos llevar en el bolsillo, ya que no tienen soporte físico”* (Banco de España, s. f.).

El Banco Central Europeo establece que Bitcoin, la principal criptomoneda, *“se trata esencialmente de una unidad de valor digital que puede intercambiarse electrónicamente y que no existe en forma física. En lugar de una única autoridad u organización, una red de ordenadores crea y rastrea los Bitcoins utilizando fórmulas matemáticas complejas”*. También afirma que Bitcoin es *“un activo especulativo. Dicho de otra manera, es una apuesta para obtener un beneficio, pero con riesgo de perder lo invertido”*. Además, no las cataloga de moneda de curso legal y, por lo tanto, *“no es competente, ni para regular ni prohibir el Bitcoin y otras criptomonedas”* (Banco Central Europeo, 2021).

Un concepto muy importante que da nombre a las criptomonedas es la criptografía. El prefijo cripto significa oculto o secreto. La criptografía es un método que se utiliza para proteger las comunicaciones y la información mediante el uso de códigos, lo que garantiza que solo las personas autorizadas pueden leer y procesar la información (Simões, 2022).

En el ámbito de la informática, la criptografía hace referencia a técnicas seguras de comunicación e información derivadas de conceptos matemáticos y un conjunto de cálculos regidos por reglas conocidos como algoritmos. Los algoritmos se utilizan para transformar los mensajes con el fin de hacerlos más difíciles de descifrar (Simões, 2022).

Las criptomonedas utilizan la criptografía para asegurar la confidencialidad, seguridad y fiabilidad de las transacciones sin la necesidad de la intervención de terceros. Esto implica que no se necesita conocer ninguna información personal de las partes involucradas para

garantizar la seguridad de las transacciones y además tampoco se requiere de la intermediación de un gobierno, banco o tercero. En las criptomonedas, las transacciones son validadas y verificadas a través de la resolución de complejos algoritmos matemáticos. (Coinbase, s. f.).

Esto lo veremos con una mayor profundidad en el punto 3.3 de minería de criptomonedas

3.2. Causas y origen de las criptomonedas

Para comprender los motivos por los que surgieron las criptomonedas, debemos remontarnos al año 2008. La quiebra del banco de inversión estadounidense Lehman Brothers condujo a una grave recesión económica en la que predominaba la incertidumbre, el miedo y la desconfianza de los clientes en las instituciones financieras. Además, el estallido de la burbuja de las hipotecas subprime en Estados Unidos puso a los bancos en el punto de mira y derivó en una falta de créditos y liquidez. Con el paso de los meses, la crisis se extendió por todo el mundo (Torres, 2020).

Esta coyuntura económica impulsó la concepción de una moneda descentralizada que suprimiera la figura de los bancos y permitiera a los usuarios ser dueños de su propio dinero sin tener que recurrir a terceros (Torres, 2020). En octubre de ese mismo año, una persona o grupo de personas de identidad desconocida que se presentaron bajo el seudónimo Satoshi Nakamoto, publicaron un artículo científico titulado «Bitcoin: un sistema de efectivo electrónico peer-to-peer», en el que se explicaban los fundamentos y el funcionamiento de Bitcoin. Este documento es popularmente conocido como el <<whitepaper de Satoshi>> y en él se presentó el Bitcoin como una forma de dinero peer to peer (de persona a persona) que permitía realizar pagos online entre las partes sin la intervención de un tercero (Jiménez Bermejo & Sevilla Arias, 2022).

Desde la llegada del Bitcoin, el mercado de criptoactivos ha crecido de forma vertiginosa dando lugar a otras muchas criptomonedas como Litecoin, Ethereum o Ripple.

3.3. Minería de criptomonedas

La minería de criptomonedas es el proceso de validación y verificación de transacciones de una red blockchain. A través de esta actividad también se crean nuevas unidades de criptomonedas (Academy, 2022).

La minería es un elemento clave para que la blockchain de Bitcoin pueda funcionar como un libro de registros distribuido. Todas las transacciones quedan registradas en una red entre iguales o red peer-to-peer (P2P) en la que todos los usuarios participan como iguales sin que sea necesaria una autoridad central (Academy, 2022).

Las nuevas transacciones que se van realizando en la blockchain, se envían a un pool llamado memory pool. La tarea del minero consiste en verificar la validez de estas transacciones pendientes y organizarlas en bloques. Explicado de manera más concreta, un nodo minero recopila transacciones no confirmadas del memory pool y las reúne en un bloque candidato. Después, el minero intenta convertir este bloque candidato en un bloque válido y confirmado mediante la solución de un problema matemático complejo. Este proceso requiere una gran cantidad de recursos computacionales, no obstante, por cada bloque minado con éxito se otorgará al minero una recompensa en forma de criptomonedas recién creadas y comisiones de transacción (Academy, 2022).

Bitcoin es el ejemplo más conocido y consolidado de criptomoneda minable. Sin embargo, es importante destacar que no todas las criptomonedas son minables. La minería de Bitcoin y otras criptomonedas como Litecoin o Nano se llevan a cabo utilizando un mecanismo de consenso llamado prueba de trabajo o Proof of Work (PoW).

3.4. Proof of Work (PoW)

El mecanismo de consenso conocido como Prueba de Trabajo (PoW) se utiliza para validar transacciones y agregar el siguiente bloque a la cadena de bloques. Los mineros compiten para calcular códigos alfanuméricos válidos denominados hashes (Rosic, 2020). Aunque este mecanismo está disponible para cualquier persona con conexión a Internet y un mínimo de hardware, se recompensa al que posee mayor potencial computacional.

Hay un límite máximo de transacciones que se pueden realizar simultáneamente, pero cualquier minero puede participar en la carrera para validar y minar un bloque. El sistema está diseñado de tal manera que la acción de minar conlleve siempre más o menos el mismo tiempo. Por lo tanto, cuanto más mineros haya, más difícil será resolver los problemas criptográficos. En el caso del Bitcoin, existe un límite programado en el número máximo de unidades producidas, después del cual no se podrán extraer más a través de la minería. Este límite fue establecido por los creadores de esta criptomoneda (Nakamoto, 2008).

El hecho de que la potencia computacional determine la probabilidad de minar bloques ha dado lugar a la construcción de las granjas mineras, instalaciones en las que se almacenan grandes cantidades de hardware destinados exclusivamente a la minería de criptomonedas (Stoll et al., 2019). Al necesitar grandes cantidades de energía, estas granjas se suelen construir en centrales de carbón en desuso o hidráulicas, así como en nuevas naves industriales dedicadas únicamente a la minería.

3.5. Ventajas e inconvenientes

Las principales **ventajas** de las criptomonedas son (Al Mashhour & Abd Aziz, 2019):

- **Descentralización:** uno de los principios fundamentales que ha aportado la criptomoneda es el principio de descentralización, en el que no existe una autoridad central que supervise o controle las transacciones.
- **Transparencia y privacidad:** aunque pueda parecer contradictorio la transparencia y privacidad son dos de las principales características de las criptomonedas. Por un lado, la transparencia se refiere a la posibilidad de ver todas las transacciones realizadas. Como hemos explicado anteriormente, en la red de criptomonedas, todas las transacciones quedan registradas en la cadena de bloques, lo que significa que pueden ser comprobadas y rastreadas por cualquier persona. Por otro lado, la privacidad hace referencia a la posibilidad de los usuarios de mantener su identidad oculta. Las criptomonedas utilizan técnicas criptográficas para mantener oculta información del usuario como su dirección de cartera o el monto de las transacciones. Además, el hecho de que todos los

participantes designados en la red sean los que la gestionan, imparte además de transparencia, confianza y autenticidad a las transacciones de criptomonedas.

- **Ahorro de tiempo y dinero:** las criptomonedas nos permiten realizar tantas transacciones como queramos. No hay ningún límite ni en el número de transacciones que podemos realizar ni en la cantidad de dinero que podemos enviar siempre y cuando la billetera tenga suficiente saldo en ella. Además, las transacciones de criptomonedas son más rápidas que las transacciones tradicionales gracias a la eliminación de intermediarios y a la tecnología blockchain que utilizan. Otra característica importante es que las tarifas de transacción de las criptomonedas son considerablemente menores que las tasas o comisiones proporcionadas por las instituciones financieras.
- **Accesibilidad y facilidad para abrir un monedero:** para abrir una cuenta en un banco es necesario proporcionar cierta documentación y cumplir con determinados requisitos. Los bancos se pueden negar a abrir una cuenta si el solicitante tiene un historial crediticio negativo o si sospechan que podría estar involucrado en actividades ilegales. Sin embargo, las criptomonedas sólo requieren un ordenador con acceso a Internet para abrir un monedero. Además, el uso del monedero de criptomonedas está permitido a cualquier persona sin limitación de tiempo e independientemente de su ubicación.

Los principales **riesgos** de utilizar criptomonedas son (Al Mashhour & Abd Aziz, 2019).:

- **Anonimato:** el rápido crecimiento de las criptodivisas y su anonimato han creado grandes desafíos regulatorios y de supervisión para los gobiernos. El anonimato proporcionado por las criptomonedas ha permitido que las personas, actúen en la red de criptomonedas sin tener que exponer su identidad a terceros o a gobiernos en virtud de las políticas contra el blanqueo de capitales y de información existentes. Esto puede motivar que personas que tengan intenciones ilegales utilicen las criptomonedas para cometer actividades delictivas graves.
- **Gran volatilidad:** las criptodivisas se encuentran todavía en sus primeras etapas. Los precios de las criptodivisas fluctúan a diario. Cada declaración o acontecimiento relacionado con el uso de criptodivisas puede tener un enorme impacto en la demanda de criptodivisas, lo cual podría reflejarse negativamente más adelante en su valor en el mercado. Por lo tanto, invertir en criptodivisas

conlleve un elevado nivel de riesgos, especialmente en la inversión a medio y largo plazo.

- **Actividad delictiva y ciberseguridad:** el anonimato en las criptodivisas proporciona a los delincuentes una vía para llevar a cabo diversos tipos de actividades delictivas como la evasión fiscal, el blanqueo de capitales o el comercio ilícito. Un ejemplo de cómo las criptomonedas pueden usarse para cometer actividades ilegales fue el sitio web Silk Road. Entre los años 2011 y 2013, Silk Road operó como un mercado ilegal que permitía el intercambio anónimo de bienes y servicios ilícitos, tales como drogas, piratería informática y lavado de dinero. Este mercado garantizaba la confidencialidad de compradores y vendedores y el método de pago empleado habitualmente era Bitcoin (Ghimiray, 2022). Un estudio realizado en 2018 mostró que uno de cada cuatro usuarios de bitcoin y la mitad de las transacciones de bitcoin están vinculadas con algún tipo de actividad ilegal.
- **Falta de regulación:** aunque el mercado de las criptodivisas está creciendo significativamente, la ausencia de regulación de las criptomonedas y el problema de su reconocimiento representan también un inconveniente importante. Los gobiernos de todo el mundo y organizaciones internacionales tienen distintas definiciones, opiniones y enfoques legales para tratar las criptodivisas.
- **Inflación:** en el caso de las criptodivisas con una oferta máxima, como Bitcoin, la inflación no es un problema. No obstante, hay muchas criptomonedas, como Ethereum, Ripple o Dogecoin, que pueden producirse sin límites. En estos casos, habrá inflación cuando la oferta y la generación de estas criptomonedas sea muy superior a su demanda.
- **La posibilidad de perder criptodivisas:** Debido a la falta de una autoridad central, la responsabilidad de proteger la cartera de criptodivisas recae únicamente en cada usuario. Cada monedero o cuenta de criptodivisas está protegido por una clave privada y otra pública, ambas otorgadas al propietario del monedero. La pérdida de la clave privada provocará la pérdida de la criptodivisa para siempre. No existe una autoridad central que nos pueda ayudar a recuperar el dinero perdido, ni una autoridad financiera que lo garantice.
- **No hay forma de revertir el pago:** si el titular de una cuenta de criptomonedas ha realizado por error un pago a otra persona, esta transacción será irreversible. Es imposible revertir la transacción una vez que ésta ha sido confirmada y añadida

a la cadena de bloques. Sin embargo, en el sector bancario, la reversión de una transacción es posible en varias situaciones (Al Mashhour & Abd Aziz, 2019).

- **Fiscalidad de las criptomonedas:** en los últimos años, las autoridades fiscales de todo el mundo han empezado a prestar atención y a emitir directrices sobre la fiscalidad de las criptomonedas. No obstante, la fiscalidad de las criptomonedas puede variar según el país y la legislación local. Mientras que algunos países tienen normas fiscales muy sólidas con disposiciones específicas que establecen cuándo el uso de criptomonedas está sujeto a tributación, otros no han establecido ningún impuesto sobre ellas. Hay incluso países que ni siquiera se han pronunciado al respecto. Estas diferencias en los enfoques fiscales permiten a los evasores fiscales aprovechar las lagunas legales existentes.
- **Consumo de electricidad:** el proceso de verificar las transacciones y añadirlas al libro de contabilidad blockchain requiere una gran potencia de cálculo, lo que consume enormes cantidades de energía. Esta desventaja la analizaremos con más detalle en el punto 4 al hablar sobre el impacto medioambiental de las criptomonedas.

3.6. Principales criptomonedas

1. *Bitcoin (BTC)*

Es la primera y más popular de las criptomonedas. Fue creada en 2009 en un momento de crisis financiera global ante la desconfianza en el sistema financiero tradicional. Por este motivo, se basa en la tecnología blockchain. A diferencia de las monedas tradicionales, como el euro o el dólar, Bitcoin no está respaldada por ningún gobierno o entidad financiera. En su lugar, la red Bitcoin es mantenida por una comunidad global de usuarios que procesan las transacciones y verifican la integridad de la cadena de bloques de Bitcoin, que es un registro público de todas las transacciones que se han realizado en la red.

El número máximo de Bitcoins que se pueden crear está limitado a 21 millones de unidades. Por esta razón, muchas personas se refieren a él como el "oro digital" o el "oro de los millennials". La escasez de oferta de Bitcoin, como pasa con el oro, es lo que le otorga valor (Espallargas, 2022).

2. *Ether (ETH)*

Es la criptomoneda de Ethereum (ETH), una plataforma descentralizada de código abierto que también se basa en la tecnología blockchain. Fue creada en 2015 por el programador ruso-canadiense Vitalik Buterin. A diferencia de Bitcoin que se centra fundamentalmente en ser una moneda digital y un medio de pago, Ethereum se centra en ser una plataforma para aplicaciones descentralizadas (DApps) y contratos inteligentes (¿Qué es Ethereum y cómo funciona?, s. f.). Los contratos inteligentes son programas informáticos que se ejecutan automáticamente al cumplirse una serie de condiciones (CriptoNoticias, 2023).

El objetivo principal de Ethereum es crear un conjunto de productos financieros descentralizados a los que cualquier persona pueda acceder libremente, independientemente de su etnia o nacionalidad. Esta criptomoneda es un gran avance para las personas que viven en países sin infraestructuras estatales puesto que les permite acceder a servicios financieros básicos como cuentas bancarias, préstamos, transferencias o seguros.

Ethereum, a diferencia de Bitcoin, no tiene un límite máximo en la cantidad de unidades que pueden existir en circulación.

3. *Tether (USDT)*

Tether (USDT) fue una de las primeras stablecoins, que son el grupo de criptomonedas que vinculan su valor de mercado a una moneda fiduciaria, como puede ser el euro, el dólar estadounidense o el yen japonés. En su caso, cada unidad de Tether tiene el valor de un dólar estadounidense (Espallargas, 2022).

Las stablecoins son una opción popular para aquellos que quieren realizar transacciones en cryptoactivos sin la incertidumbre de los cambios de precios que son frecuentes en otras criptomonedas como Bitcoin y Ethereum (Espallargas, 2022).

4. Binance Coin (BNB)

Es una criptomoneda lanzada en 2017 por la plataforma de intercambio de criptomonedas Binance, que es una de las plataformas de intercambio de criptomonedas más grande y popular del mundo. BNB se utiliza como medio de pago en las plataformas de Binance y su principal ventaja es que ofrece comisiones más bajas a los usuarios que paguen con ella (Espallargas, 2022).

5. USD Coin (USDC)

Al igual que Tether, es una stablecoin vinculada al dólar estadounidense, lo que significa que su precio debe mantenerse cerca de 1 USD en todo momento (Espallargas, 2022).

6. Ripple (XRP)

Es una criptomoneda creada en el 2012 por la empresa Ripple Labs para mejorar la eficiencia de los pagos transfronterizos en el sistema bancario. Una de sus principales características es su capacidad de confirmar transacciones en cuestión de segundos (tarda aproximadamente entre 3 y 5 segundos), siendo mucho más rápido que Bitcoin que tarda 10 minutos en confirmar una transacción o que métodos de pago tradicionales como las transferencias bancarias. Esto es posible gracias a la tecnología subyacente a la red Ripple, que utiliza una tecnología de libro mayor distribuido en vez de la tecnología blockchain (Kriptomat, s. f.).

7. Cardano (ADA)

Es una plataforma de blockchain que tiene su propia moneda, ADA. Tiene como objetivo proporcionar una infraestructura más segura y sostenible para aplicaciones descentralizadas y contratos inteligentes. En este sentido, Cardano es una plataforma parecida a Ethereum y de hecho fue creada por uno de sus cofundadores para intentar mejorar su funcionalidad (Espallargas, 2022).

8. Dogecoin (DOGE)

Dogecoin es una criptomoneda descentralizada lanzada en 2013 por dos ingenieros de software, Billy Markus y Jackson Palmer, que la crearon inicialmente como una broma. Sin embargo, su simpático y divertido logotipo hizo que rápidamente ganara popularidad. Su principal característica es su bajo precio y su oferta ilimitada (Leal, 2022). Dogecoin utiliza un algoritmo de consenso de prueba de trabajo (PoW) similar al de Bitcoin (Leal, 2022).

9. Polkadot (DOT)

Esta criptomoneda se ha ganado la atención de la comunidad cripto en los últimos años debido a sus características únicas y prometedoras. Polkadot sirve para conectar diferentes blockchains en una red interoperable, permitiendo la transferencia de datos o activos entre distintas blockchains o aplicaciones descentralizadas. Otra de sus principales características es que los titulares de unidades DOT tienen derecho a participar en la toma de decisiones de la red, pudiendo votar sobre actuaciones de protocolo o mejoras en la red (Espallargas, 2022).

Figura 2 : Capitalización criptomonedas 18 de febrero 2023

#	Nombre	Precio	1h %	24h %	7d %	Cap. de Mercado	Volumen (24h)	Acciones en circulación	Últimos 7 días
1	Bitcoin BTC	\$24,516.83	-0.21%	+3.32%	+13.00%	\$473,044,938,861	\$36,474,595,332 1,486,194 BTC	19,294,700 BTC	
2	Ethereum ETH	\$1,690.87	-0.21%	+1.60%	+11.17%	\$206,918,170,433	\$8,598,115,308 5,079,291 ETH	122,373,866 ETH	
3	Tether USDT	\$1.00	+0.01%	+0.00%	+0.01%	\$70,310,297,362	\$48,346,458,464 48,334,866,270 USDT	70,293,941,012 USDT	
4	BNB BNB	\$315.31	+0.37%	+1.71%	+2.23%	\$49,787,067,078	\$640,224,998 2,026,647 BNB	157,897,691 BNB	
5	USD Coin USDC	\$0.9999	-0.01%	-0.01%	-0.00%	\$41,837,482,610	\$4,161,198,904 4,161,429,314 USDC	41,841,573,421 USDC	
6	XRP XRP	\$0.3933	-0.15%	+1.07%	+2.89%	\$19,978,264,572	\$796,361,639 2,024,086,443 XRP	50,799,084,881 XRP	
7	Cardano ADA	\$0.4004	+0.49%	+1.41%	+11.12%	\$13,870,567,227	\$359,214,425 895,280,745 ADA	34,641,793,212 ADA	
8	Binance USD BUSD	\$1.00	-0.01%	+0.00%	+0.01%	\$13,576,721,004	\$9,528,051,557 9,528,272,499 BUSD	13,574,559,443 BUSD	
9	Polygon MATIC	\$1.52	+0.64%	+5.74%	+23.14%	\$13,266,536,414	\$1,210,125,133 796,927,356 MATIC	8,734,317,475 MATIC	
10	Dogecoin DOGE	\$0.08737	+0.23%	+0.82%	+7.26%	\$11,591,961,422	\$390,928,536 4,464,626,001 DOGE	132,670,764,300 DOGE	

Fuente: Coin Market Cap, s.f.

4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS CRIPTOMONEDAS.

Las criptomonedas son una tecnología innovadora con potencial para transformar muchas áreas de la economía y la sociedad. Sin embargo, es importante que su desarrollo no se haga a expensas del medioambiente.

La minería de criptomonedas, prueba de trabajo (PoW), se ha convertido en un tema de gran preocupación debido a su impacto medioambiental. Es una tecnología que lleva a una creciente demanda de energía eléctrica, un uso intensivo de recursos, una generación de grandes cantidades de residuos electrónicos y a la liberación de gases de efecto invernadero.

A continuación, vamos a analizar las cinco razones por las que las criptomonedas tienen un impacto negativo en el medioambiente:

4.1. Uso de recursos

La minería actual de criptomonedas utiliza grandes cantidades de recursos que pueden imposibilitar y encarecer la fabricación de otros productos.

Para minar una criptomoneda, se necesita un hardware adecuado para extraerla. En los últimos años los mineros han experimentado con diverso hardware para aumentar la potencia de cálculo. Durante los primeros años se utilizaron las unidades centrales de procesamiento (CPU) y las unidades de procesamiento gráfico (GPU) pero éstas fueron posteriormente sustituidas por las matrices de puertas programables (FPGA). Desde el 2013 se utilizan los circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) que fueron diseñados únicamente para la minería y que no son reutilizables (Wendl et al., 2023).

Los mineros obtienen una ventaja competitiva actualizando sus equipos y aumentando la eficiencia y capacidad de cálculo de estos. Esto da lugar a una carrera por fabricar y desarrollar máquinas mineras cada vez más eficientes. En enero de 2011, una unidad de procesamiento gráfico (GPU) con una potencia de procesamiento de 2 GHz tenía la posibilidad de encontrar más de dos bloques al día. En noviembre de 2018, el mismo minero solo podía esperar encontrar un nuevo bloque cada 472.339 años como

consecuencia del aumento de competencia en la minería. Esto da lugar a un rompecabezas criptográfico cada vez más complejo de resolver y provoca un aumento del hashrate, es decir, aumenta la cantidad de operaciones computacionales que un minero o red de mineros en su conjunto, deben realizar con el fin de resolver los acertijos criptográficos necesarios para crear nuevas criptomonedas. Lo anterior provoca que los mineros tengan un incentivo para comprar hardware actualizado y que los fabricantes produzcan máquinas de minería cada vez más rápidas (Wendl et al., 2023).

Hoy en día, millones de máquinas que utilizan ASIC operan en todo el mundo para la minería de criptomonedas. Las máquinas de minería suelen estar desplegadas en las granjas mineras. Aunque es imposible determinar el número exacto de máquinas que están activas en la red, de Vries y Stoll estimaron que en mayo de 2021 había alrededor de 2,9 millones de máquinas mineras de criptomoneda activas.

Por ejemplo, para fabricar un millón de unidades del dispositivo de minería más eficiente en 2021, el Antminer S19 Pro, se necesitaban 149.476 láminas de silicio, lo que requiere enormes capacidades de los fabricantes de semiconductores y cantidades masivas de metales preciosos (Wendl et al., 2023).

Además, los dispositivos de minería desprenden una cantidad considerable de calor que provoca la necesidad de contar con ventiladores, acondicionadores de aire y equipos adicionales de refrigeración (Wendl et al., 2023).

4.2. Generación de residuos electrónicos

Como actualmente la minería de criptomonedas se produce en hardware altamente especializado concentrado en granjas o pools de minería a gran escala, estas máquinas no tienen otra tarea que la función singular para la que fueron creadas y se convierten en residuos electrónicos después de su uso para la minería (Wendl et al., 2023).

Los dispositivos utilizados para la minería de criptomonedas PoW tienen una vida útil muy corta. Los mineros reemplazan constantemente sus equipos porque los nuevos dispositivos les ofrecen una mayor eficiencia. En el caso del Bitcoin, partiendo de que los

equipos mineros que se utilizan para su obtención se quedan obsoletos en aproximadamente 1,5 años, permaneciendo únicamente aquellos que demuestran ser económicamente viables, se genera una cantidad de residuos electrónicos que es comparable a la que se produce anualmente en países como Luxemburgo (12kt) (Wendl et al., 2023).

Un estudio publicado en septiembre de 2021 por la revista *Resources, Conservation and Recycling* afirmó que Bitcoin circulaba a través de 30,7 kilotonnes métricos de equipos por año. Como 1 kilotón es 1000 toneladas, Bitcoin genera anualmente 30.700 toneladas de residuos electrónicos. Según el estudio, este dato equivalía a los desechos de los equipos de telecomunicaciones y TI que generaban algunos países como los Países Bajos (Holgado, 2021).

Para ser más concretos, los investigadores detallaron que cada transacción de Bitcoin generaba como mínimo 272 gramos de residuos. Esta cifra, según *The Guardian*, es equiparable a los desechos electrónicos de dos iPhone 12 Mini (Holgado, 2021).

Los residuos electrónicos constituyen una amenaza para el medio ambiente al contener sustancias que pueden ser tóxicas y metales pesados, como el cadmio, plomo, níquel o mercurio, que, si se reciclan de forma inadecuada, pueden contaminar el suelo, el aire o el agua.

Generalmente los fabricantes no cuentan con programas de reciclaje y, por tanto, los residuos electrónicos que se generan en países, como Kazajstán, Irán o Malasia, que no cuentan con una regulación ni control en este sentido. Esto provoca graves daños en la salud y en el medioambiente (Wendl et al., 2023).

Los ventiladores y los sistemas de refrigeración, utilizados para regular el calor de los equipos mineros agravan aún más el problema de los residuos electrónicos (Wendl et al., 2023).

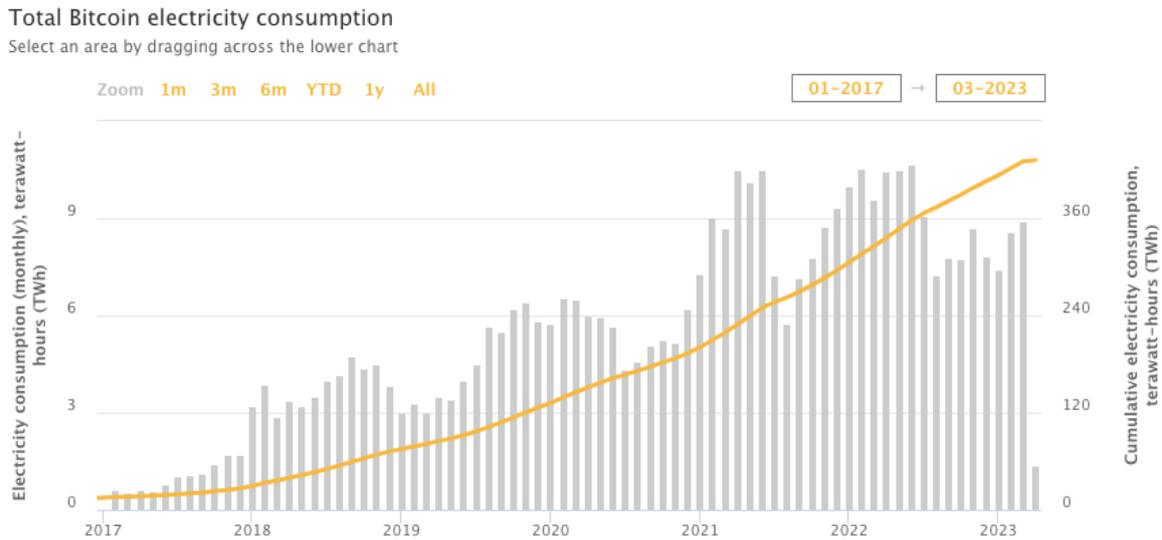
4.3. Consumo de energía

A medida que el valor de las criptomonedas ha ido aumentando, también lo ha hecho la cantidad de energía que se necesita para producir nuevas monedas y validar transacciones. Como ya hemos explicado anteriormente, para minar criptomonedas que emplean el mecanismo de prueba de trabajo (PoW) hay que resolver complejos algoritmos matemáticos utilizando potentes computadoras que están en constante funcionamiento y requieren grandes cantidades de energía.

Bitcoin, la principal criptomoneda PoW, tiene un importante impacto medioambiental debido a su elevado consumo energético. Bill Gates (2021) aseguró que “Bitcoin usa más electricidad por transacción que cualquier otro método conocido por la humanidad” (Ponciano, 2021) y el profesor del Trinity College Dublin, Brian Lucey (2021), afirmó que “Bitcoin por sí solo consume tanta electricidad como un país europeo de tamaño medio” y calificó a las criptomonedas como un negocio y moneda sucia (Nauman, 2021).

Actualmente la herramienta que se utiliza para obtener estimaciones en tiempo real sobre el consumo eléctrico de la red Bitcoin es el Índice de Consumo de Electricidad de Cambridge Bitcoin (CBECI), desarrollado por la Universidad de Cambridge. Tal y como observamos en la figura 3 el consumo de electricidad de Bitcoin ha experimentado un constante crecimiento en los últimos años (Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI, s. f.).

Figura 3: Evolución del consumo anual de energía de Bitcoin

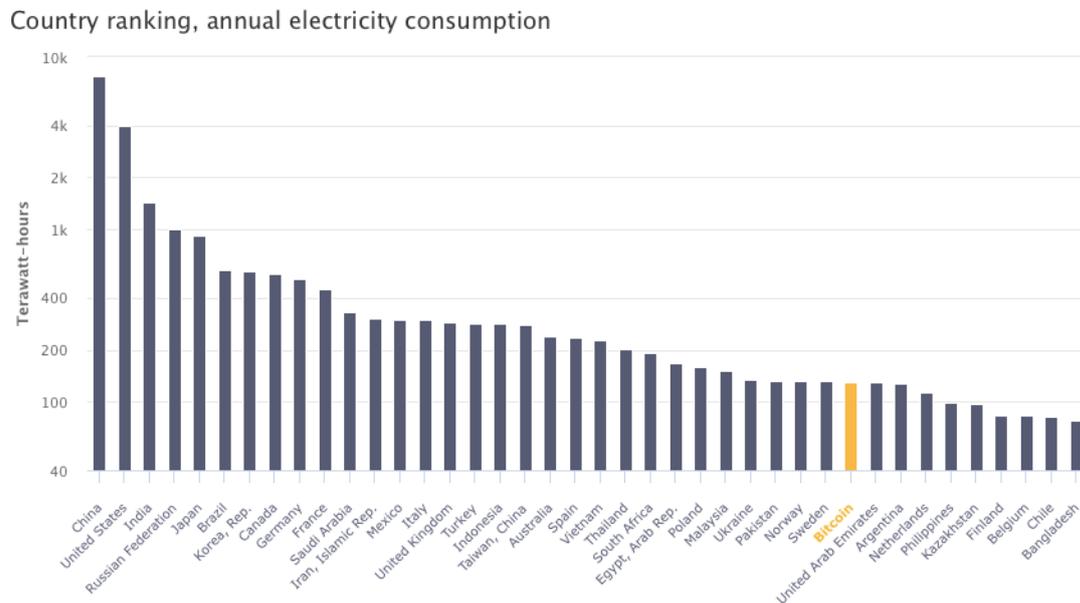


Fuente: University of Cambridge (2023)

Además, este índice estima que la electricidad que utiliza Bitcoin para su minería es de aproximadamente 130 teravatios-hora (TWh) al año, lo que significa que la minería de esta criptomoneda representa más del 0,5% de la energía que se produce en todo el mundo. Aunque esta cifra pueda no parecerse extraordinaria, el consumo de energía anual de la minería de Bitcoin supera al de Argentina que consume 127 TWh al año y cuenta con 45 millones de habitantes o Kazajistán que consume 97 TWh y tiene una población de 19 millones de habitantes (Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI), s. f.).

Como podemos ver en el gráfico de abajo, el consumo energético de Bitcoin supera al de países como Emiratos Árabes Unidos, Países Bajos, Filipinas, Finlandia, Bélgica, Chile o Bangladesh.

Figura 4: Consumo eléctrico anual de Bitcoin en comparación con los países que más energía consumen al año



Fuente: University of Cambridge (2023)

4.4. Huella de carbono

Las cifras que acompañan a las transacciones de criptomonedas PoW son preocupantes no sólo desde el punto de vista del consumo de electricidad, sino también de la emisión de gases de efecto invernadero. Las criptodivisas podrían suponer una gran amenaza para el compromiso global de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en el marco del Acuerdo de París, especialmente en el contexto de las previsiones que establecen que las emisiones de Bitcoin por sí solas podrían empujar el calentamiento global por encima de los 2°C (Zhang et al., 2023).

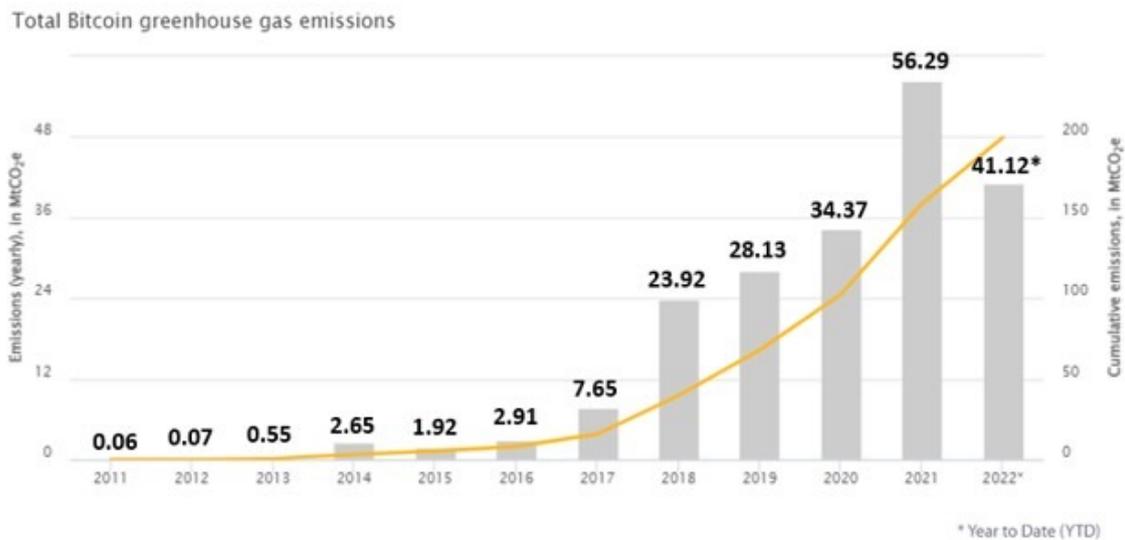
Según el estudio "A deep dive into Bitcoin's environmental impact" realizado por el Centro de Finanzas Alternativas (CCAF) de la Universidad de Cambridge, las emisiones de gases de efecto invernadero atribuidas a Bitcoin en 2022 alcanzaron la cifra de 48,35 toneladas métrica equivalente de dióxido de carbono (MtCO₂e), que equivale al 0,1% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (Romero, 2020).

El estudio señala que esta cifra equivale a las emisiones de gases de efecto invernadero de países como Nepal, que emitió 48,37 MtCO₂e o la República Centroafricana, que

adoptó Bitcoin como moneda de curso legal en abril y produjo 46,58 MtCO₂e. Además, esta cifra representaría aproximadamente la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero que produce la minería de oro (100,4 MtCO₂e) (Romero, 2020).

Además, establece que, desde la creación de Bitcoin en 2008, esta criptomoneda ha producido aproximadamente 199,65 MtCO₂e y el 92% de ellas se han generado desde el año 2018. Esto significa que la emisión de gases de efecto invernadero ha aumentado considerablemente en los últimos años. No obstante, según este informe las emisiones en 2022 fueron un 14,1% inferior a los 56,3 MtCO₂e de 2021, resultado que los investigadores atribuyen a la mejora de hardware (Romero, 2020).

Figura 5: Emisiones totales de gases de efecto invernadero de Bitcoin



Fuente: "A deep dive into Bitcoin's environmental impact" del Centro de Finanzas Alternativas (CCAF) de la Universidad de Cambridge

4.5. Aspectos sociales relacionados con el medioambiente

Las criptomonedas tienen efectos indirectos en el acceso a bienes y servicios y la salud como consecuencia de su impacto medioambiental.

Como hemos explicado anteriormente se requiere una gran parte de la capacidad de los fabricantes de semiconductores para la producción de los equipos de minería. Por lo que la producción de equipos de criptomonedas PoW está aumentando la escasez mundial de

barcos y retrasando el acceso a una movilidad limpia, al dificultar la fabricación de vehículos eléctricos (Wendl et al., 2023).

En cuanto a la salud, basándose en el hecho de que 4434 toneladas métricas de CO₂ podrían matar a una persona, Truby et al. (2022) afirma que el impacto medioambiental de Bitcoin en 2021 podrá provocar la muerte de 19.000 personas en el futuro como consecuencia de las emisiones anuales producidas por la minería de esta criptomoneda (Wendl et al., 2023).

Goodkind et al. (2020) estimaron que, en 2018, por cada dólar de valor de Bitcoin creado, se produjeron daños sanitarios y climáticos de 0,49 \$ en EEUU o 0,37 \$ en China. Las diferencias en las estimaciones se deben a los distintos valores de la esperanza de vida estadística en EEUU y China (Wendl et al., 2023).

5. SOLUCIONES SOSTENIBLES

El impacto medioambiental de las criptomonedas que utilizan el mecanismo de prueba de trabajo (PoW) hace necesario desarrollar soluciones más sostenibles.

A continuación, se analizan cinco posibles soluciones para abordar este problema, que van desde la búsqueda de métodos que conlleven un menor gasto energético al uso de fuentes de energía renovables. Entre las soluciones destacamos la mayor sensibilización de la población.

5.1. Métodos de consenso alternativos

Como ya hemos visto, el algoritmo de consenso de Prueba de Trabajo (PoW) que utilizan la mayoría de las criptomonedas, incluyendo Bitcoin, requiere una gran cantidad de energía y poder de procesamiento para validar transacciones y crear nuevos bloques.

No obstante, existen otros mecanismos de consenso que se podrían utilizar como alternativa al PoW por requerir una menor cantidad de energía o poder de procesamiento y además brindar niveles de seguridad equiparables. Expondremos algunos de ellos a continuación.

La **prueba de participación o Proof-of-Stake (PoS)** se introdujo en 2012 para resolver el problema del alto consumo del mecanismo de consenso de PoW y que actualmente, es considerado como su principal alternativa.

En este mecanismo, la probabilidad de recibir una recompensa por validar transacciones no está vinculada a la potencia de cálculo proporcionada, sino al capital propio apostado dentro del sistema (Morales et al., 2020). Criptomonedas muy populares como Cardano, Polkadot, Solana o Binance Coin lo utilizan.

A pesar de que su funcionamiento es parecido a PoW, en este mecanismo no hay mineros que tengan que resolver problemas matemáticos complejos para validar transacciones y crear nuevos bloques, sino que aleatoriamente se selecciona a un nodo para que se encargue de resolver el siguiente bloque. Este nodo recibe el nombre de falsificador

(Fairley, 2017) y es elegido de forma determinista, conforme a su participación proporcional en la red de criptomonedas. Cuantas más monedas tenga un usuario, mayor será su poder (Morales et al., 2020).

Es un mecanismo de consenso de ahorro de energía porque aprovecha un incentivo monetario en lugar de utilizar altos recursos computacionales. Su principal diferencia con respecto al protocolo PoW es que, al no existir la minería, las criptomonedas están disponibles en la red desde el primer día. Los validadores obtienen como recompensa una tarifa de transacción (Morales et al., 2020).

Además, dado que las criptomonedas PoS no requieren equipos tan especializados para poder tomar parte en el proceso de validación y cualquier dispositivo con conexión a internet, como ordenadores, smartphones o tablets, puede participar, no se esperan residuos electrónicos adicionales derivados de estas criptomonedas (Wendl et al., 2023).

En una entrevista con Financial Times, Erik Thedéen, el vicepresidente de la Autoridad Europea de Valores y Mercados (ESMA) advirtió que las criptomonedas representaban un peligro para cumplir los objetivos adoptados en el acuerdo de París y solicitó que se prohibiera en toda la Unión Europea la minería de criptomonedas basada en prueba de trabajo. Señaló que, en su lugar, se debía de promover el modelo de prueba de participación, como medida para reducir el consumo de energía (Cotizalia, 2022).

El 15 de septiembre de 2022, tuvo lugar un proceso conocido con el nombre de The Merge, que consistió en reemplazar el mecanismo de consenso de prueba de trabajo (PoW) de Ethereum por el de prueba de participación (PoS). Como resultado de este cambio se estima que la red de Ethereum ha reducido su demanda de energía entre un 99,84% y un 99,9996%. En términos absolutos, la disminución de la demanda de energía podría equipararse al consumo de energía eléctrica de un país como Irlanda o incluso Austria. Aunque todavía es pronto para que la comunidad de Ethereum proclame una victoria total sobre los problemas de sostenibilidad que enfrentan las criptomonedas, los factores que han contribuido al éxito de The Merge podrían servir como una guía para conducir a una transición de la prueba de trabajo a la prueba de participación en Bitcoin y otras criptomonedas que todavía dependen del mecanismo de prueba de trabajo (De Vries, 2023)

Este mecanismo ha sido criticado por las desigualdades que genera al favorecer a los usuarios que más criptomonedas tienen. Los usuarios con más monedas y, por lo tanto, con una mayor participación, tienen una mayor probabilidad de ser elegidos para validar transacciones y crear nuevos bloques. Esto significa que poseen un mayor poder en la red (Wendl et al., 2023).

La **prueba de Participación Delegada (DPoS)** es un algoritmo de consenso en el que todos los usuarios votan para elegir nodos testigos y nodos delegados. Los primeros son los encargados de crear nuevos bloques y obtienen una recompensa a cambio, mientras que los segundos son los responsables de mantener la red y proponer cambios como las tarifas de transacciones o el tamaño de los bloques (Salimitari & Chatterjee, 2019). En el caso de que los testigos no fuesen capaces de generar bloques, éstos serán despedidos y sustituidos (Zhang & Lee, 2019). Los votos de los usuarios se ponderan en función del número de monedas que poseen, lo que significa que los usuarios con más monedas tienen más influencia en la elección de los testigos. Algunas de las criptomonedas que lo utilizan son Bitshares o EOS.

La **prueba de Tiempo Transcurrido (PoT)** que funciona de manera parecida a PoW pero con un consumo de energía mucho menor. Los mineros también tienen que resolver un hash como en el mecanismo PoW, pero en lugar de basarse en la competencia entre mineros por resolver el próximo bloque, el minero ganador se selecciona aleatoriamente basándose en un tiempo de espera obligatorio. El nodo cuyo temporizador expire primero se convertirá en líder (Salimitari & Chatterjee, 2019). Seleccionado el líder, éste deberá demostrar que ha llevado a cabo correctamente el "paso de espera" para extender la cadena de bloques, es decir, deberá probar que ha pasado una cierta cantidad de tiempo en línea y activo en la red.

La **prueba de Capacidad (PoC)** que se basa en el espacio de almacenamiento disponible en el disco duro de un dispositivo (Porta, 2019). Los nodos de la red guardan grandes conjuntos de datos, llamados parcelas, para ser elegidos para minar el próximo bloque. Por lo tanto, cuantas más parcelas tenga un minero, más posibilidades tendrá de extraer el siguiente bloque (Debus, 2017). Algunas de las criptomonedas que lo utilizan son Chia Network o Burstcoin.

La **prueba de quemado (PoB)** que funciona mediante la quema o destrucción de cierta cantidad de criptomonedas. En la PoB los validadores de la red tienen que quemar una cantidad determinada de criptomonedas para demostrar que están comprometidos con la integridad y seguridad de la red. Esto se realiza mediante la transferencia de monedas a una dirección de la red que no puede ser recuperada, lo que significa que las monedas son “quemadas” y retiradas de la circulación (Prasanna, 2019). Los mineros tienen prioridad para extraer el siguiente bloque en función de la cantidad de monedas que hayan quemado (Debus, 2017).

El objetivo del mecanismo PoB es fomentar la participación en la validación de transacciones y recompensar a los validadores que están dispuestos a invertir y comprometer recursos significativos en la red. Algunas de las criptomonedas que la utilizan son Counterparty, Slimcoin y Factom.

5.2. Criptomonedas verdes

Se han creado alternativas con un menor impacto medioambiental que son conocidas como criptomonedas ecológicas o criptomonedas verdes.

Cuando una criptomoneda disminuye su consumo de energía y reduce las emisiones de dióxido de carbono por cada transacción en su cadena de bloques, se considera que se vuelve más sostenible o "verde". Con el tiempo, esta disminución del consumo de energía contribuye a la sostenibilidad del medio ambiente para próximas generaciones (Ndweni, 2022).

Si queremos valorar la eficiencia energética de una criptomoneda en particular, debemos mirar cómo se ha construido su cadena de bloques, es decir, en qué algoritmo de consenso se basa. A pesar de que la mayoría de las criptomonedas utilizan el mecanismo original de Bitcoin de prueba de trabajo (PoW), hay algunas que utilizan métodos alternativos que son más eficientes desde el punto de vista energético.

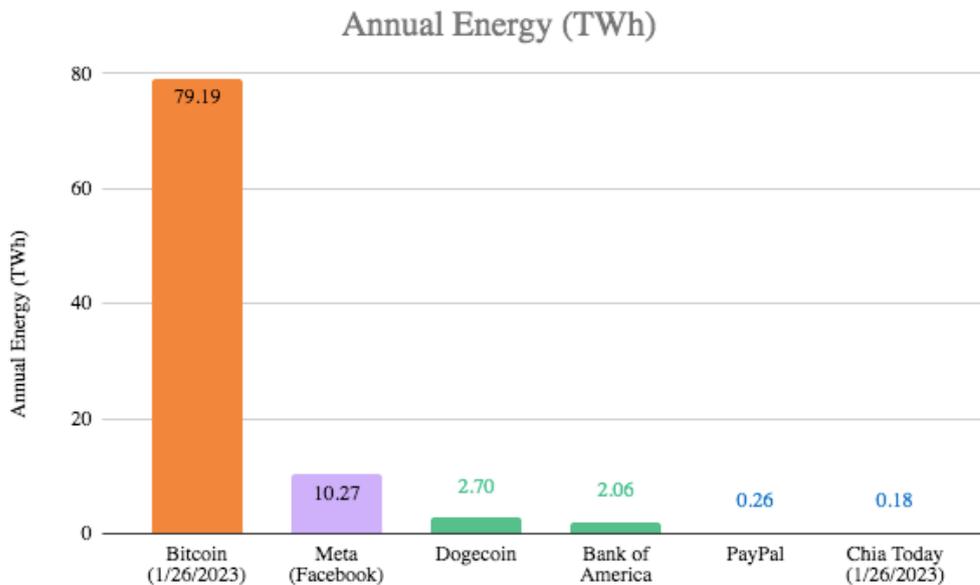
Las criptomonedas ecológicas han logrado realizar importantes avances en el campo de la sostenibilidad y están haciéndose muy populares. Algunos de estas criptomonedas son:

- **Chia (XCH):** es una criptomoneda que fue lanzada en 2021 por Bram Cohen, el creador del protocolo de intercambio de archivos BitTorrent. Su objetivo es mejorar Bitcoin, aplicando los principios fundamentales de esta criptomoneda pero incorporando innovaciones tecnológicas que la hagan más respetuosa con el medioambiente (Graves, 2021).

A diferencia de otras criptomonedas que utilizan el algoritmo de prueba de trabajo (PoW), Chia utiliza el mecanismo de prueba de capacidad (PoC), lo que significa que se basa en el espacio de almacenamiento disponible en el disco duro en lugar de en el poder de procesamiento de los ordenadores. Esto reduce significativamente la cantidad de energía necesaria para la minería de criptomonedas, lo que la convierte en una alternativa más sostenible y respetuosa con el medioambiente. Además, al utilizar una cantidad fija de energía para validar transacciones evita que el consumo de ésta aumente conforme se van procesando más transacciones (Graves, 2021).

La descentralización de Chia también contribuye a su naturaleza ecológica puesto que permite que cualquier persona que tenga un dispositivo de almacenamiento de alta capacidad pueda minar esta criptomoneda. El proceso de minería es más accesible y no está controlado por unos pocos actores importantes en el mercado (Graves, 2021).

Figura 6: Consumo eléctrico anual de Bitcoin en comparación con Chia



Fuente: Chiapower (2023)

- **Cardano (ADA):** el mecanismo de prueba de participación (PoS) que utiliza Cardano, llamado Ouroboros, requiere mucha menos energía que el algoritmo de prueba de trabajo (PoW), convirtiendo a ADA en una criptomoneda sostenible.

El fundador de Cardano, Charles Hoskinson, afirmó que la red consume sólo 6 GWh de energía, lo que la convierte en un "ecosistema equilibrado y sostenible". Conforme a este dato, Cardano podría ser 37.500 veces más eficiente energéticamente que Bitcoin. (Hackernoon, 2021)

La Fundación Cardano se centra en políticas muy progresistas que abarcan el cambio climático y la ayuda a las poblaciones no bancarizadas de países en vía de desarrollo. Además, la Fundación ha emprendido diversas iniciativas para promover la sostenibilidad, como la colaboración que realizó con Veritree para plantar un millón de árboles en una campaña de reforestación. (Williams, 2023)

La Fundación también se ha propuesto convertir a África en el líder de la adopción de Web3, lo que implica la promoción de la tecnología blockchain en la región y el fomento de su uso para apoyar el desarrollo social y económico. Por lo tanto, la Fundación Cardano

está comprometida con la sostenibilidad y el progreso, tanto en términos ambientales como sociales. (Williams, 2023)

- **Nano (NANO):** Nano no opera bajo el mecanismo de prueba de trabajo (PoW) sino que utiliza un mecanismo de consenso llamado Open Representative Voting (ORV). En este sistema los usuarios que poseen una determinada cantidad de Nano pueden votar por su representante elegido, que posteriormente trabajará para validar transacciones en la red.

Una de las características principales de esta criptomoneda es que utiliza una tecnología llamada "Block Lattice", que se diferencia de la cadena de bloques tradicional en que, en lugar de tener una sola cadena de bloques en la que se registren todas las transacciones, cada cuenta en la red de Nano tiene su propia cadena. Esto permite un procesamiento de transacciones mucho más rápido (Di Matteo, 2021).

- **Iota (MIOTA):** es una criptomoneda diseñada para ser altamente ecológica puesto que su huella de carbono es de solo 0.00011 kWh por transacción. Iota utiliza un protocolo de consenso llamado "Tangle" muy eficiente desde el punto de vista energético gracias a su sistema de grafo acíclico dirigido (DAG), en el que cada transacción se verifica mediante la confirmación de otras transacciones (Learn, 2022).

- **Stellar (XLM):** esta criptomoneda utiliza el algoritmo de acuerdo bizantino federado que verifica las transacciones mediante un conjunto de nodos de confianza. Este mecanismo es más eficiente energéticamente ya que mientras que Bitcoin consume 1575 kWh por cada transacción, Stellar solo usa 0,0002kWh. (Ndeweni, 2022)

- **Algorand (ALGO):** esta criptomoneda contribuye a la protección del medioambiente mediante su mecanismo de consenso "Pure Proof-of-Stake" que permite que el gasto de energía por transacción disminuya con el tiempo, mientras la cantidad de transacciones por segundo aumenta.

Algorand se ha unido a ClimateTrade, empresa de tecnología financiera española, para patrocinar proyectos de cambio climático y ayudar a reducir las emisiones de carbono. Además, colabora con organizaciones que tienen como objetivo la protección de la selva tropical y promover la reforestación. La plataforma incluso compensa su uso de carbono

mediante la compra directa de créditos de carbono a través de contratos inteligentes. Con todo esto busca garantizar que la red siga teniendo una huella de carbono negativa (Jiménez, 2021).

- **SolarCoin (SLR):** desde que fue creada en 2014 ha tenido como objetivo promover la transición a la generación de energía solar y para ello distribuye recompensas de SLR a aquellos que han completado instalaciones solares (EDP Energía, 2022).

La idea detrás del proyecto es conseguir que la energía solar sea gratuita y, esto solo será posible, si el valor de SLR supera al coste de producción de la energía solar. Actualmente se otorga una moneda por cada megavatio hora generado utilizando tecnología solar. (EDP Energía, 2022).

A pesar de que SolarCoin no es una de las criptomonedas más populares debido a que no se puede utilizar para adquirir bienes o servicios en ningún lugar importante, SolarCoin es la criptomoneda vinculada a la energía solar. Por lo tanto, es probable que los inversores preocupados por el medio ambiente la sigan demandando.

- **BitGreen (BITG):** es una moneda y una comunidad de personas comprometidas con el medioambiente. BitGreen es ideal para personas que busquen reducir su huella de carbono.

Su plataforma permite ser un agente de cambio, participando en actuaciones de impacto como, el uso de programas de bicicletas compartidas, el voluntariado o el reciclaje. Cuando participamos en estas actividades BitGreen nos recompensa y nos permite gastar nuestros BITG en negocios sostenibles asociados a esta criptomoneda (Learn, 2022).

Esta criptomoneda se ejecuta en BitGreen blockchain y utiliza el mecanismo de consenso de prueba de participación (Learn, 2022).

5.3. Uso de energías renovables

Como ya hemos mencionado anteriormente la contaminación que provocan las criptomonedas proviene del elevado consumo energético que requiere su creación y transacción. Pero ¿De dónde proviene esta energía?

Un estudio llevado a cabo por El Centro de Finanzas Alternativas de la Universidad de Cambridge (CAF) en septiembre de 2022, mostró que aproximadamente el 62% del consumo total de energía de Bitcoin se había generado a partir de combustibles fósiles y, por tanto, sólo el 38% de la energía restante provenía de energías renovables.

Las energías renovables son una fuente de energía limpia, inagotable y crecientemente competitiva. Se distinguen de los combustibles fósiles en su abundancia, diversidad y potencial de aprovechamiento en cualquier lugar del planeta, pero fundamentalmente en que no emiten gases de efecto invernadero ni contaminantes. Es necesario promover el desarrollo de energías renovables para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores (Acciona, 2023).

La industria de las criptomonedas ha comenzado una transición hacia las energías renovables con el objetivo de reducir su huella de carbono. En este marco, surgió el Acuerdo Cripto Climático (CCA) que busca descarbonizar la tecnología blockchain y la industria de las criptomonedas en tiempo récord.

Esta iniciativa está inspirado en el Acuerdo Climático de París y tiene 2 objetivos. En primer lugar, busca que los firmantes del CCA logren reducir a cero sus emisiones netas de gases de efecto invernadero para el año 2030. Para ello, los firmantes tendrán que recurrir a electricidad que provenga de fuentes de energía renovable. En segundo lugar, busca acelerar el desarrollo de normas, tecnologías y herramientas #ProofOfGreen para promover el progreso hacia cadenas de bloques totalmente renovables para la conferencia COP30 de la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) en 2025 (CCA, 2021).

Más de 250 empresas y particulares de los sectores de criptomonedas, tecnología, finanzas, ONGS, clima y energía se han unido al CCA. Algunos ejemplos serían las empresas CoinShares, Ripple, ConsenSys, Polygon o Argo Blockchain.

Pero ¿Qué fuentes de energía renovables podemos utilizar para la minería de criptomonedas?

-La energía hidráulica: también conocida como energía hidroeléctrica, aprovecha el movimiento del agua para generar energía. Su funcionamiento se basa en convertir la energía cinética del agua en energía eléctrica mediante el uso de generadores y turbinas. Es una de las energías renovables más baratas que existen. Su principal ventaja es que, a diferencia de otras fuentes de energía, como la eólica o la solar, la energía hidroeléctrica puede generar energía de forma constante y predecible (BBVA, 2023).

Un ejemplo de empresa que se sirva de energía hidroeléctrica para la minería de criptomonedas es la compañía británica Argo Blockchain que en mayo de 2021 compró dos centros de datos ubicados en la ciudad de Québec, en Canadá, que funcionan prácticamente en su totalidad con energía hidráulica. (Chipolina, 2021). Otro ejemplo serían las represas hidroeléctricas de las ciudades de Wenatchee, en Washington y Nueva York, que están siendo restauradas y mejoradas con el objetivo de suministrar energía eléctrica de bajo costo a la industria minera de criptomonedas (Esparragoza, 2018).

Países como Suecia o Noruega que cuentan con grandes masas de agua también tienen centrales de minería que aprovechan la energía hidráulica disponible (Bit2Me, 2022).

Venezuela es el país más barato para la minería de criptomonedas porque un 64% de su electricidad proviene de la energía hidroeléctrica (Bit2Me, 2022).

- La energía geotérmica: se obtiene a partir del calor del interior de la Tierra, así como de la que se produce por el magma, que se filtra mediante las grietas de la corteza terrestre, o la actividad volcánica (Bit2Me, 2022).

Su principal ventaja es que no requiere que la fuente de la que procede se encuentre en una ubicación específica, sino que podemos acceder a ella en cualquier parte del mundo,

simplemente tenemos que excavar bajo la superficie terrestre. Además, al igual que la energía hidráulica, no tiene el problema de la intermitencia puesto que permite generar energía de manera permanente. Su principal desventaja es el elevado precio de las infraestructuras que se necesitan para extraerla (Bit2Me, 2022).

Países como Islandia y Kazajistán han empezado a aprovechar esta forma de energía renovable e Islandia ha sido la pionera en la creación de granjas mineras que utilizan esta energía verde. Además, Islandia cuenta con una ventaja adicional y es que, al tener muy bajas temperaturas durante gran parte del año, los equipos de minería se mantienen frescos y la inversión requerida en sistemas de refrigeración es menor (Bit2Me, 2022).

Tras la aprobación en el Salvador de la Ley Bitcoin, que convirtió a la criptomoneda en moneda oficial, su presidente, Nayib Bukele, anunció que se utilizarían las centrales geotérmicas que había en el país para la minería de Bitcoin. De esta manera, El Salvador se suma a otros países que apuestan por la energía geotérmica como fuente de energía sostenible para minar criptomonedas (Bit2Me, 2022).

- **La energía nuclear:** La Comisión Europea declaró que la energía nuclear es una fuente de energía renovable, por lo menos hasta el año 2045. Según Green Pact, la energía nuclear apenas produce emisiones de dióxido de carbono, es fiable y funciona constantemente (Bit2Me, 2022).

John Kotek, vicepresidente senior de desarrollo de políticas y asuntos públicos del Instituto de Energía Nuclear, afirmó que es una fuente de energía excelente para la minería de criptomonedas porque al estar disponible los 7 días de la semana, las 24 horas del día, permite una utilización más eficiente de la energía que producen las centrales nucleares (Bit2Me, 2022).

Compass Mining, un servicio que permite a cualquier persona comprar una máquina de minería de Bitcoin y ubicarla en cualquier parte del mundo, se asoció con la empresa de energía nuclear Oklo en julio de 2021. Colaborar con Oklo permitió a la comunidad de Compass a acceder a energía nuclear "limpia". Esto fue posible gracias al proyecto de Oklo de comercializar "mini-reactores nucleares". En vez de construir grandes centrales de generación de energía, Oklo planea construir conjuntos más pequeños y autónomos que

puedan suministrar energía a campus universitarios, grandes empresas o, en este caso, a granjas de minería de criptomonedas. (Asmakov, 2021)

Las empresas estadounidenses TeraWulf y Talen Energy Corporation también se han unido para minar Bitcoin usando energía nuclear. Juntas, han creado Nautilus Cryptomine, una nueva compañía cuyo propósito es desarrollar hasta 300 megavatios de capacidad de minería de Bitcoins sin generar emisiones de carbono (Ibarra, 2021).

- **El gas natural:** es uno de los subproductos que se generan habitualmente en el proceso de extracción del petróleo. Las plataformas petroleras a menudo queman este gas porque su tratamiento o venta no resulta rentable. Está práctica además de generar pérdidas para las compañías petroleras, es dañina para el medio ambiente (Bit2Me, 2022).

ConocoPhillips, una de las empresas de petróleo y gas más importantes del mundo, tiene un proyecto piloto en Bakken, una región de Dakota del Norte, conocida por ser una de las principales cuencas de petróleo de Estados Unidos. Su negocio consiste en vender el gas natural que de otra manera se habría quemado a una empresa de minería de Bitcoin. La promoción de la minería de Bitcoin se alinea con la iniciativa principal de esta empresa de eliminar por completo la quema rutinaria, o la quema de gas extra para el año 2030 (CNBC, 2022).

Los veinteañeros Brent Whitehead y Matt Lohstroh, recién graduados de la Universidad de Texas A&M, ganaron 4 millones de dólares transformando los pozos de petróleo de Texas en minas de Bitcoin. Crearon la empresa Giga Energy Solutions que transporta ordenadores de minería de Bitcoin cerca de los pozos de petróleo para aprovechar el exceso de gas natural que habitualmente se quema. Así, desvían el gas hacia unos generadores que producen electricidad para alimentar los equipos de minería (Millan, 2022).

- **La energía eólica y solar:** aunque son energías económicas y limpias, presentan algunos desafíos que las hacen menos atractivas para la minería de criptoactivos.

En primer lugar, las instalaciones eólicas y solares tienen que ubicarse en entornos rurales alejados que por lo general no cuentan con buenas infraestructuras de conexión a la red,

algo fundamental para poder minar criptomonedas. Además, el viento y el sol son intermitentes puesto que no funcionan todo el tiempo. Este problema provoca la necesidad de instalar grandes baterías para almacenar la energía y garantizar un suministro constante. Por este motivo no suelen ser la opción preferida por los mineros.

No obstante, estas energías se siguen utilizando debido a su bajo coste y escalabilidad. Un ejemplo es la empresa de minería de Bitcoin Aspen Creek Digital Corporation que en junio de 2022 estableció su primera granja minera en Colorado. Las instalaciones se alimentan con energía solar para ser más eficientes energéticamente y reducir la huella de carbono que provoca la minería de criptomonedas. Su capacidad operativa es de 64 MW (Maldonado, 2022).

- Residuos sólidos como fuente de energía: Ibrahim AlHusseini, fundador de FullCycle Energy, propuso utilizar las tecnologías de conversión de residuos en energía en lugar de usar fuentes de energía renovables para minar criptomonedas. AlHusseini afirmó que los métodos actuales de eliminación de residuos en los países desarrollados, como la incineración o el vertido, son costosos, obsoletos e ineficientes. Además, señaló que esta situación es aún peor en los países en vías de desarrollo puesto que los residuos o bien se queman o bien terminan dispuestos de forma inadecuada sobre la superficie terrestre o en cuerpos de agua (Faria, 2020).

Cryptogranjas es una empresa que ideó un modelo para convertir la basura en dinero. Este innovador proyecto implica transformar la biomasa generada por los desechos de granjas bovinas, aviares y porcinas en criptoactivos. Varios individuos y empresas trabajan juntos para transformar los residuos tóxicos en criptoactivos a través de cuatro procesos: uno químico, uno mecánico, uno criptográfico y uno informático (Martino, 2022).

En noviembre de 2022 la empresa abrió en Argentina la primera bio-cryptogranja que tiene una capacidad de generar 24.000 KWH de biogás al mes, lo que permite producir Bitcoins con energía totalmente renovable (Ensinck, 2022).

5.4. Impuesto a las criptomonedas PoW

Como ya hemos visto no todas las criptomonedas son altamente contaminantes, de hecho, existen algunas cuyas emisiones son prácticamente cero. Con el objetivo de incentivar a las criptomonedas que generan daños medioambientales a reducir su huella de carbono, podríamos imponer impuestos a sus compradores. Así, estarían obligados a asumir su responsabilidad ambiental y se fomentaría el desarrollo de criptomonedas más sostenibles (Porios & Schneier, 2022).

Aunque algunas criptomonedas como Ethereum, Cardano o Binance Coin ya han optado por el mecanismo de prueba de participación (PoS) por su mayor sostenibilidad y eficiencia energética, otras criptomonedas, como Bitcoin no seguirán su ejemplo a menos que se vean obligadas a ello. Esto se debe a que el mecanismo de prueba de trabajo (PoW) ofrece grandes beneficios a los mineros, que son los que poseen el control en el sistema. Para lograr un cambio, podríamos recurrir a diversas herramientas legislativas (Porios & Schneier, 2022):

La primera opción y la más radical sería la prohibición total de la minería de criptomonedas. No obstante, la implementación de esta medida no es sencilla y muestra de ello es lo que ocurrió en 2018 en China cuando se prohibió la minería. Esta decisión en vez de solucionar el problema, lo empeoró. Los mineros se trasladaron a otros países cuya generación de energía era aún menos eficiente provocando un aumento aún mayor en las emisiones de carbono. Para reducir verdaderamente las emisiones de carbono, la prohibición de la minería se tendría que adoptar en todos los países del mundo. Actualmente, lograr un consenso internacional de tal magnitud es muy difícil por no decir imposible.

La segunda alternativa sería prohibir la compraventa de criptomonedas basadas en el mecanismo de prueba de trabajo (PoW). En marzo de 2022 la Comisión de Asuntos Económicos y Monetarios del Parlamento Europeo se planteó presentar una propuesta en este sentido, pero el temor a ser acusados de paternalistas y la dificultad que entraña implementar esta medida, hizo que finalmente votaran en contra.

La tercera opción y la más efectiva sería aplicar un impuesto sobre las criptomonedas. Al igual que ocurre con los impuestos sobre el tabaco, la gasolina, el alcohol o los plásticos, el impuesto sobre las criptomonedas podría disminuir su impacto medioambiental al hacer que sus consumidores pagasen por ello.

Prácticamente todos los métodos que se podrían aplicar para gravar criptomonedas resultarían ineficaces debido a que son difíciles de aplicar y fáciles de eludir. El único método efectivo sería recaudar el impuesto como un porcentaje fijo de cada compraventa de criptomonedas de prueba de trabajo. Los responsables de recaudar dicho impuesto serían las bolsas de criptomonedas.

Para evitar la evasión fiscal, el impuesto se debería aplicar con independencia de cómo se hubiera intercambiado la criptomoneda, es decir, independientemente de que se hubiera cambiado por otra criptomoneda o por una moneda fiduciaria. Además, los Estados que decidieran aplicar este impuesto deberían hacerlo a todas las compras de sus ciudadanos, incluso si las transacciones se hubieran realizado mediante intercambios sin presencia legal en el país.

Con que algunos países aplicasen el impuesto, la preferencia por las criptomonedas prueba de trabajo (PoW) disminuiría significativamente en todo el mundo. Como ya hemos visto, una de las principales características de las criptomonedas es su valor especulativo. Los especuladores ante este nuevo impuesto reducirían su demanda de criptomonedas PoW y, por lo tanto, sus precios bajarían. Por otro lado, muchas de las personas que ya tuvieran en su poder estas criptomonedas tratarían de venderlas, provocando un aumento de la oferta que disminuiría aún más los precios. Ante esta bajada de precios, las criptomonedas se verían obligadas a abandonar el mecanismo de consenso de prueba de trabajo.

Además, este impuesto en lugar de bloquear la innovación en blockchain, la orientaría hacia criptomonedas más respetuosas con el medioambiente y llevaría a una mayor investigación sobre este tema. Por otro lado, este impuesto beneficiaría también al gobierno e incluso a los máximos defensores de Bitcoin u otras criptomonedas PoW. Por un lado, favorecería al Gobierno porque le proporcionaría unos ingresos adicionales que podría utilizar para financiar proyectos medioambientales u otros programas públicos.

Y, por otro lado, los defensores del Bitcoin u otras criptomonedas PoW podrían aprovechar esta oportunidad para probar que son capaces de sobrevivir al impuesto y de prosperar de manera sostenible.

El presupuesto de Joe Biden para el 2024 propone un impuesto del 30% sobre los costes de electricidad para los mineros de criptomonedas en Estados Unidos. Conforme a un documento explicativo del presupuesto suplementario del Departamento del Tesoro publicado el 9 de marzo, “cualquier empresa que utilice recursos, ya sean propios o alquiladas, estaría sujeta a un impuesto especial equivalente al 30% de los costes de electricidad utilizada en la minería de activos digitales” (Bolsamania, 2023).

Además, las empresas mineras deberían declarar cuánta energía consumen y que tipo de electricidad utilizan, independientemente de si están o no en la red. El impuesto se implementaría gradualmente durante los próximos tres años, aumentando un 10% anualmente (Bolsamania, 2023).

Con este impuesto el presidente de Estados Unidos busca disminuir la actividad minera de su país y promover el mecanismo de validación de transacciones de Prueba de Participación (PoS) en lugar del modelo de Prueba de Trabajo (PoW). Esta propuesta de Biden refleja la creciente preocupación sobre el impacto ambiental de la minería de criptomonedas (Bolsamania, 2023).

5.5. Sensibilización ciudadana

La concienciación ciudadana sobre los efectos negativos que tienen las criptomonedas PoW en el medioambiente es fundamental para reducir sus emisiones de carbono y contribuir a la lucha contra el cambio climático.

La mayoría de las personas no son conscientes del impacto medioambiental que tienen sus transacciones en línea y mucho menos del efecto que tiene la minería de criptomonedas en la emisión de gases de efecto invernadero. Por ello, se debería explicar a los ciudadanos cómo funciona la minería de criptomonedas y cómo su consumo de energía contribuye al cambio climático. Esta formación se podría realizar mediante campañas de educación y concienciación a la población. Los Gobiernos podrían

organizar talleres, charlas o eventos en los que se informara a la población sobre la repercusión medioambiental de las criptomonedas y las alternativas sostenibles que existen en la actualidad.

Además, las empresas y organizaciones involucradas en el mundo de las criptomonedas deberían asumir su responsabilidad y promover prácticas más sostenibles. Las empresas pueden optar por usar criptomonedas más ecológicas, por mejorar la eficiencia energética de sus operaciones de minería o por apoyar la investigación y desarrollo de tecnologías más sostenibles para la validación de transacciones de criptomonedas.

6. ENCUESTA

Se ha realizado una encuesta con el propósito de determinar el grado de conocimiento que existe en nuestra sociedad sobre el impacto medioambiental de las criptomonedas.

Para crear el cuestionario se ha utilizado Google Forms y hemos compartido su enlace a través de WhatsApp a nuestros contactos.

En total se han obtenido un total de 130 respuestas.

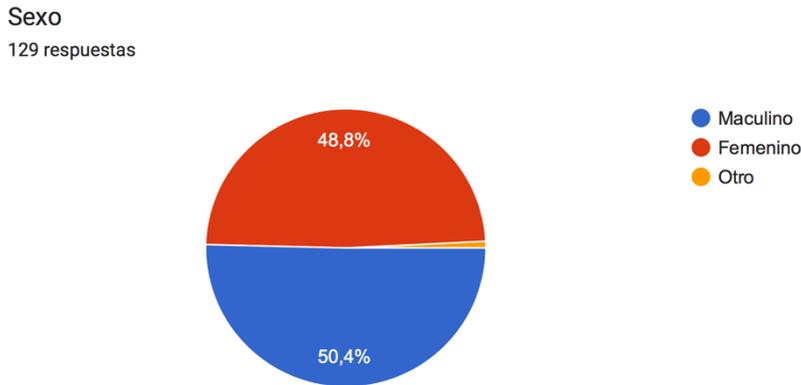
El formulario se compone de 11 preguntas de carácter cerrado en las que se solicita al encuestado que seleccione una respuesta entre un conjunto de opciones.

En la primera parte de la encuesta las preguntas son más genéricas y tienen como fin averiguar el conocimiento y la relación de los encuestados con las criptomonedas.

En la segunda parte las preguntas son más específicas y persiguen conocer en qué medida nuestra muestra es consciente del impacto medioambiental de las criptomonedas y que importancia le dan a la sostenibilidad a la hora de invertir en ellas.

La primera pregunta es sobre el género de los encuestados. Como se muestra en el gráfico han participado 63 mujeres (48,8%) y 65 hombres (50,4%). También ha participado una persona que se identifica como otro (0,8%). A partir de estos resultados, podemos confirmar que hay igualdad de género en términos de cantidad.

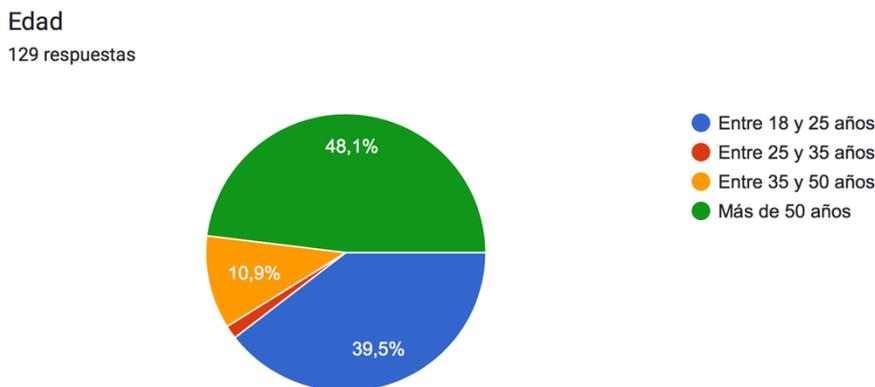
Gráfico 1: Sexo de los encuestados



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

La segunda pregunta de la encuesta categoriza a los encuestados en función de su edad. El 48,1% son mayores de 50 años, el 39,5 tiene entre 18 y 25 años, el 10,9 % entre 25 y 35 años y el 1,6% entre 35 y 50 años.

Gráfico 2: Edad de los encuestados



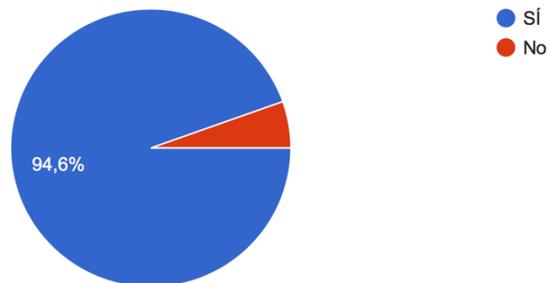
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

En la tercera se plantea si conocen las criptomonedas. El 94,6% de los encuestados han respondido que sí las conocen y solo un 5,4% han contestado que no. Esto refleja su gran popularidad, incluso entre los adultos mayores de 50 años que como ya hemos visto anteriormente, son prácticamente la mitad de los encuestados.

Gráfico 3: Conocimiento de los encuestados sobre las criptomonedas

¿Conoces las criptomonedas?

129 respuestas



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

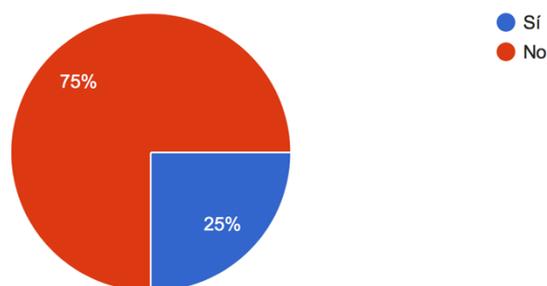
En la cuarta se pretende averiguar si los encuestados han invertido alguna vez en criptomonedas y se trata de una pregunta dicotómica puesto que sólo hay dos respuestas posibles, sí o no.

El 25% de los encuestados ha invertido alguna vez, frente a un 75% que nunca lo ha hecho. Invertir en ello implica que la persona tiene cierto interés y conocimientos sobre esta tecnología.

Gráfico 4: Inversión en criptomonedas

¿Has invertido alguna vez en criptomonedas?

128 respuestas



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

En la quinta pregunta los encuestados tenían que seleccionar de las 5 criptomonedas propuestas aquellas que conocieran.

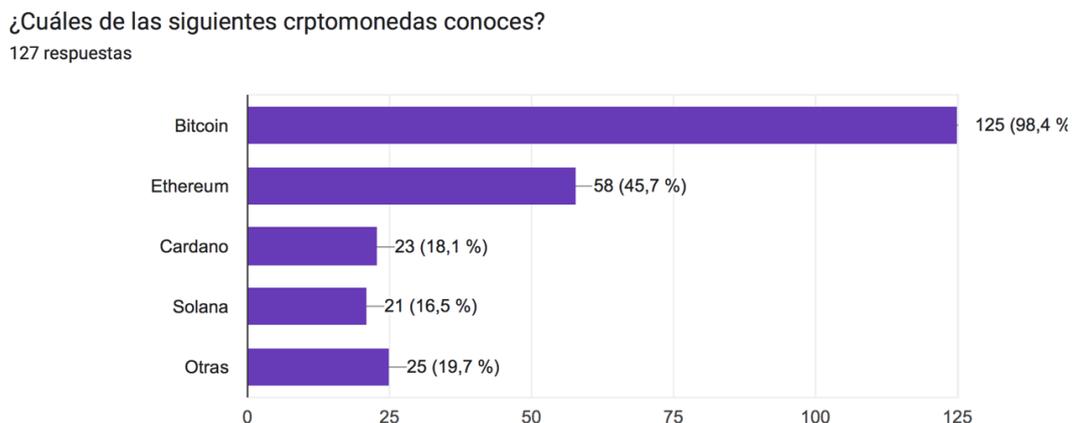
Se trata de una pregunta de opción múltiple puesto que se permite a los encuestados elegir una o varias opciones de la lista de posibles respuestas.

Las distintas opciones son Bitcoin, que es la criptomoneda más popular y también la más contaminante, Ethereum, la segunda criptomoneda más conocida que recientemente se pasó al mecanismo de prueba de participación (PoS) para ser más sostenible y las criptomonedas ecológicas Cardano y Solana. Por último, figura la opción de “otras” para aquellos encuestados que conocieran algunas distintas de las que aparecían en la lista.

Un 98,4% de los encuestados conoce Bitcoin, seguida de Ethereum con un 45,7%. Sin embargo, las criptomonedas ecológicas Cardano y Solana han obtenido porcentajes mucho menores, Cardano sólo la conocen un 18,1% de los encuestados y Solana un 16,5%. Un 19,7% de los encuestados afirmaron que conocían otras criptomonedas.

En conclusión, casi todos los encuestados conocen Bitcoin, y prácticamente la mitad conocen Ethereum. No obstante, las criptomonedas que se caracterizan por su sostenibilidad, como Cardano o Solana, son mucho menos populares. A pesar de que Bitcoin tiene efectos muy negativos sobre el medioambiente sigue siendo mucho más popular que otras criptomonedas más sostenibles.

Gráfico 5: Conocimiento de los encuestados sobre distintas criptomonedas.



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

La pregunta número seis es de opción múltiple y permite seleccionar hasta dos respuestas. Se pregunta a los encuestado qué priorizan a la hora de invertir en criptomonedas, y la respuesta más elegida ha sido la rentabilidad (84,4%), seguida de la seguridad (49%). La tercera opción más popular ha sido la volatilidad con un porcentaje significativamente menor (26,4%). Las dos opciones menos elegidas son la sostenibilidad (7,3%) y la popularidad (4,2%).

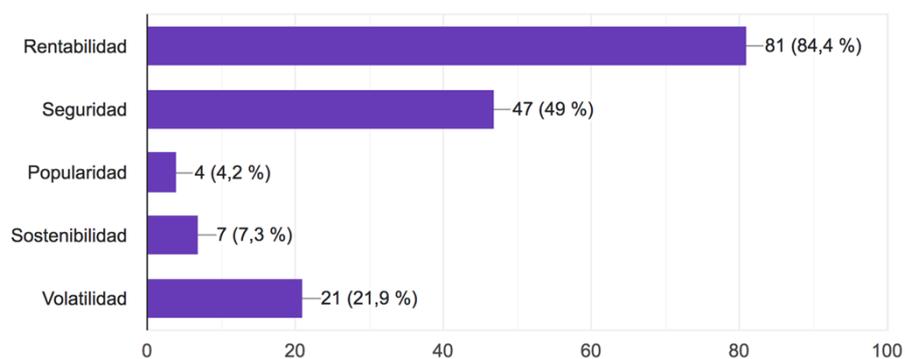
Es importante tener en cuenta los aspectos más valorados a la hora elegir otra.

A partir de los resultados obtenidos podemos concluir que para la mayoría de los encuestados, la sostenibilidad de una criptomoneda no es un factor relevante a la hora de decidir.

Esta encuesta respaldaría la creencia del director de inversiones de Horizon Wealth Advisors, Owen Murray, de que la mayoría de los inversores de criptomonedas no son conscientes ni les preocupa el impacto medioambiental de esta tecnología (Murray, 2022).

Gráfico 6: Características que valoran los encuestados a la hora de invertir en criptomonedas.

¿Qué valoras cuando inviertes en criptomonedas? (2 Máx)
96 respuestas



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

Con la pregunta número siete buscábamos averiguar el grado de conocimiento de los encuestados sobre el impacto medioambiental de las criptomonedas. Un 45,8% creen que

no tienen ningún impacto sobre el medioambiente frente a un 43,2% que opinan que tienen un efecto negativo en éste.

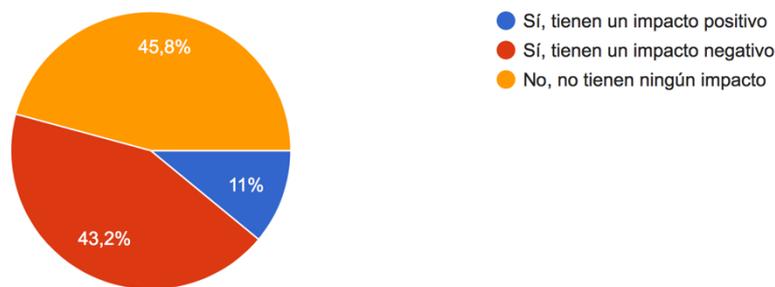
Por otro lado, un 11% de los encuestados piensan que las criptomonedas tienen un efecto positivo sobre el medioambiente.

Por tanto menos de la mitad de los encuestados conocen el problema medioambiental derivado de la tecnología blockchain.

Gráfico 7: Percepción de los encuestados sobre el impacto medioambiental de las criptomonedas.

¿Crees que las criptomonedas tienen algún efecto en el medioambiente?

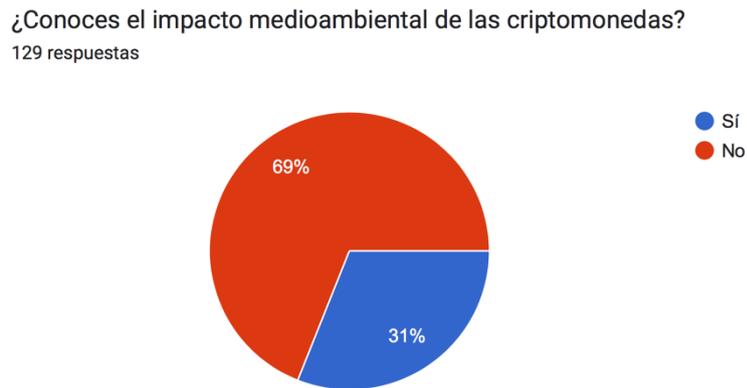
118 respuestas



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

Con la octava pregunta en relación a los que conocían que existía un efecto negativo en queríamos conocer el número de encuestados que efectivamente conocían el impacto medioambiental de las criptomonedas . Un 69% de los encuestados no conocen los efectos nocivos de las criptomonedas sobre el medioambiente frente a un 31% que sí los conocen.

Gráfico 8: Conocimiento de los encuestados a cerca del impacto medioambiental de las criptomonedas.



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

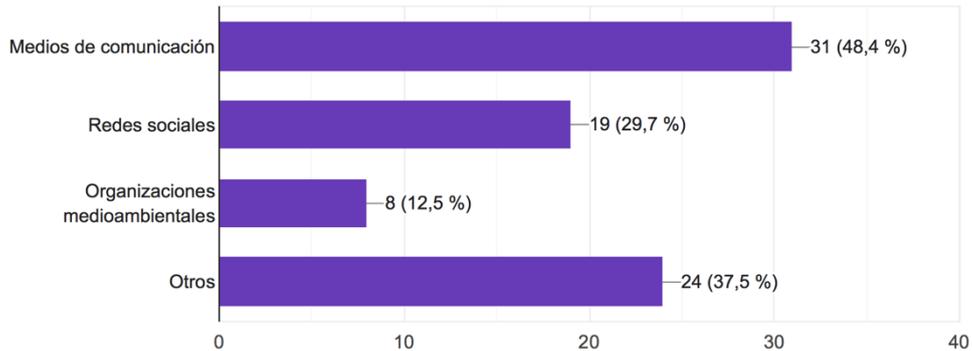
En la novena pregunta los encuestados deben elegir el medio través de la cual han conocido el impacto medioambiental de las criptomonedas. Un 48,4% de los encuestados, es decir, prácticamente la mitad de los encuestados afirman haber conocido su impacto medioambiental a través de los medios de comunicación, un 29,7% mediante las redes sociales y un 37,5% a través de otros medios distintos a los que figuran en la encuesta. Sólo un 29,7% de los encuestados han conocido los efectos que tiene esta tecnología en el medioambiente a través de organizaciones medioambientales.

Por lo tanto, la mayoría de los encuestados que conocen el impacto medioambiental de las criptomonedas, accedieron a esta información a través de los medios de comunicación.

Gráfico 9: Vías a través de las cuales los encuestados han conocido el impacto medioambiental de las criptomonedas.

En caso de conocer el impacto medioambiental de las criptomonedas, a través de que vías lo has conocido?

64 respuestas



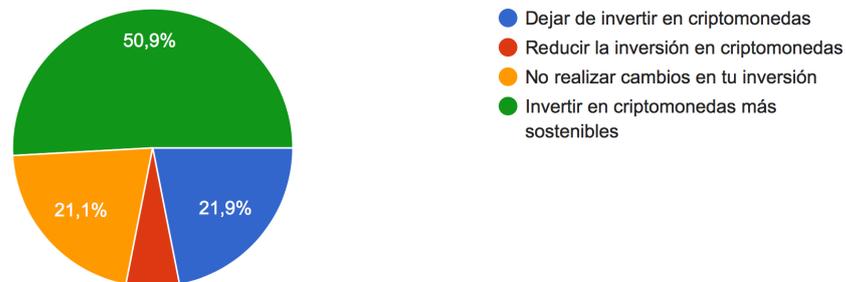
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

La décima pregunta la pueden contestar tanto los encuestados que ya conocían el impacto medioambiental de las criptomonedas como aquellos que no lo conocían. Esta pregunta busca averiguar cómo actuaría un inversor de criptomonedas que conoce el elevado consumo energético y la huella de carbono que provocan las criptomonedas. Un 50,9% establece que cambiaría su inversión a monedas más sostenibles, un 21,9% afirma que dejaría de invertir en criptomonedas y un 21,1% establece que no realizaría cambios en su inversión. Un porcentaje muy bajo (6,1%) sostiene que reduciría su inversión en criptomonedas.

Gráfico 10: Actuación de los encuestados una vez conocido el impacto medioambiental de las criptomonedas.

Conocido el elevado consumo energético y la huella de carbono que provocan ciertas criptomonedas, ¿Tomarías alguna de estas decisiones?

114 respuestas



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

Con la última pregunta se pretende conocer la importancia que dan los inversores a la sostenibilidad de las criptomonedas. Para averiguarlo, los encuestados tenían que valorar la importancia que le dan la sostenibilidad de una criptomoneda en una escala del 1 al 10. Un 16,7% de los encuestados valoraron con un 5 la relevancia que le dan a la sostenibilidad de las criptomonedas a la hora de invertir en ellas, un 15,8% la valoraron con un 3, un 14,9% con un 7, un 14% con un 1 y un 12,3 % con un 10. Por lo tanto, los valores más repetidos son, en primer lugar, un 5, en segundo lugar, un 3, en tercer lugar, un 7, en cuarto lugar, un 1 y en quinto lugar un 10.

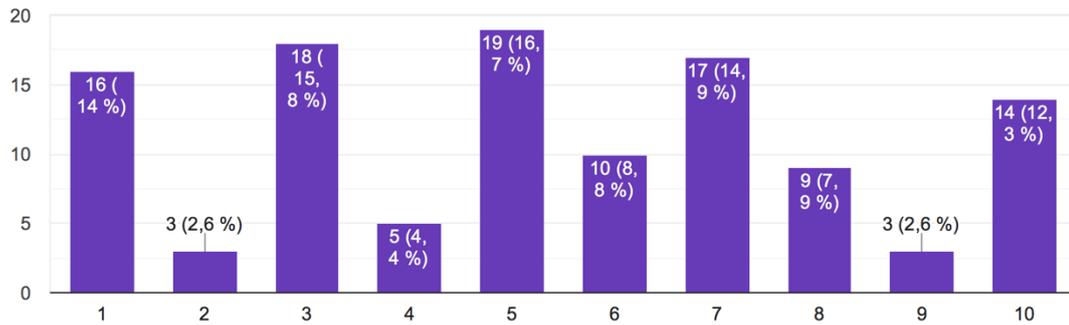
De 114 personas que respondieron a la encuesta, 61 personas dan una importancia a la sostenibilidad de las criptomonedas menor o igual que 5 y 53 personas le dan una relevancia mayor que 5. Por lo tanto, en términos generales podríamos afirmar que la mitad de la encuesta está poco preocupada por el impacto medioambiental de las criptomonedas mientras que la otra mitad está concienciada con su sostenibilidad.

Me ha sorprendido mucho los resultados tan extremos obtenidos en esta pregunta. Los valores 1 y 10 han sido elegidos por un porcentaje relativamente elevado de personas. Esto significa que ciertas personas cuando invierten en criptomonedas su sostenibilidad

les es completamente indiferente mientras que para otras personas es de suma importancia.

Gráfico 11: En una escala del 1 al 10 qué importancia le dan los encuestados a la sostenibilidad de las criptomonedas a la hora de invertir en ellas.

¿ A la hora de invertir en criptomonedas cuánto valoras su sostenibilidad?
114 respuestas



Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la encuesta

7. CONCLUSIONES

Las principales ventajas que proporciona blockchain, tecnología subyacente de las criptomonedas, son la seguridad, la transparencia, la mayor eficiencia y la confianza. Blockchain tiene un gran potencial futuro puesto que hay muchos sectores, como el agrícola, el sanitario o el jurídico, en los que sería de gran utilidad implementar esta tecnología.

Las criptomonedas son monedas virtuales que intercambiamos a través de la red y que se caracterizan y diferencian del resto de monedas virtuales por su descentralización. Esto significa que las criptomonedas no están controladas por autoridades centrales monetarias, como bancos o instituciones, sino que son los propios usuarios los que tienen el control absoluto de todos sus activos.

Las principales ventajas que ofrece esta tecnología son la posibilidad de realizar transacciones desde cualquier lugar del mundo con un dispositivo conectado a Internet, lo que conlleva una reducción en costes y una mayor rapidez en las operaciones. Además, su sistema basado en la tecnología blockchain ofrece una gran seguridad y privacidad. Por último, supone una inclusión financiera para todos aquellos que no tienen acceso a servicios bancarios o cuyo acceso a éstos es insuficiente.

Los mayores inconvenientes de las criptomonedas son su valor altamente volátil que puede fluctuar significativamente en un corto período de tiempo, el hecho de que al no estar reguladas pueden emplearse para fines ilícitos y el elevado impacto medioambiental que provoca la minería de estos activos. El elevado consumo de energía eléctrica, el uso intensivo de recursos, la generación de grandes cantidades de residuos electrónicos y la liberación de gases de efecto invernadero que provoca la minería de criptomonedas PoW, como Bitcoin, tiene efectos muy perjudiciales sobre el medioambiente.

Existen diversas soluciones para mitigar el impacto medioambiental de las criptomonedas. Entre las que destacan, emplear mecanismos de consenso, como el de prueba de participación (PoW), que requieren una menor cantidad de energía, invertir en criptomonedas más sostenibles, como Ethereum o Cardano, utilizar fuentes de energía renovable, como la hidráulica o la geotérmica o concienciar a la sociedad sobre el impacto de estos activos en el medioambiente.

En cuanto a la encuesta, los resultados más destacables son que pese a que prácticamente la totalidad de los encuestados, un 95%, conoce las criptomonedas, sólo un 25% afirma haber invertido alguna vez en esta tecnología. Bitcoin, la criptomoneda más popular y también la más contaminante, es conocida por un 98,4% de los encuestados, sin embargo, criptomonedas caracterizadas por su sostenibilidad, como Solana o Cardano, son conocidas por menos del 20% de los encuestados. La encuesta muestra que al invertir en criptomonedas solo un 7,3% de los encuestados valora la sostenibilidad, frente a un 84,4% que valora la rentabilidad y un 49% la seguridad. Además, solo un 31% conoce el impacto medioambiental de las criptomonedas.

No obstante, si los encuestados conocieran el elevado consumo energético y la huella de carbono de las criptomonedas, un 50,9% invertiría en criptomonedas más sostenibles y un 21,9% dejaría de invertir en criptomonedas. Esto muestra que más de la mitad de los encuestados modificarían sus hábitos de inversión en criptomonedas en caso de conocer su impacto medioambiental. Por este motivo, es muy importante informar a los ciudadanos sobre el funcionamiento de la minería de criptomonedas y sobre cómo su consumo de energía y huella de carbono contribuyen al cambio climático.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Academy, B. (2022, 12 diciembre). ¿Qué es la minería de criptomonedas? Binance Academy. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://academy.binance.com/es/articles/what-is-cryptocurrency-mining>
- Al Mashhour, O., & Abd Aziz, A. (2019). The Era of Cryptocurrencies: A Study About the Advantages and Disadvantages. In The Proceeding of The First Sois Conference on Arts and Humanities (Sicah) 2019 reshaping sustainable development agenda through arts & humanities (pp. 10-20). Recuperado el 30 de marzo de 2023 de https://www.researchgate.net/profile/Nor-Azura-A-Rahman/publication/350546124_SICAH_AZURA_RODZIAH_PAGE_55_61/links/606596ff458515614d27b13f/SICAH-AZURA-RODZIAH-PAGE-55-61.pdf#page=16
- Asmakov, A. (2021, 14 julio). Compass Mining Minará Bitcoin Con Energía Nuclear Tras Convenio con Oklo.Decrypt. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://decrypt.co/es/75936/compass-mineria-bitcoin-energia-nuclear-oklo>
- Banco Central Europeo. (2021, 18 noviembre). ¿Qué es el bitc on? Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me/html/what-is-bitcoin.es.html>
- Banco de España (s. f.). Política monetaria - Preguntas y respuestas frecuentes sobre la política monetaria - Definición y funciones del dinero. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.bde.es/bde/es/areas/polimone/Preguntas-y-respuestas-frecuentes-sobre-la-politica-monetaria/definicion-y-funciones-del-dinero/que-son-las-criptomonedas.html>
- BBVA. (2023, 27 febrero). Descubre qué es la energía hidráulica y cómo se genera. BBVA noticias. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/descubre-que-es-la-energia-hidraulica-y-como-se-genera/>
- Bit2Me (2022, 26 mayo). Siete fuentes de energía renovables que cambiarán el futuro de la minería de criptomonedas. Bit2Me Blog. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://blog.bit2me.com/test/7-fuentes-de-energia-renovables-que-cambiaran-el-futuro-de-la-mineria-de-criptomonedas/>
- Bitcoin, blockchains. CriptoNoticias - Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de

<https://www.criptonoticias.com/criptopedia-old/que-son-contratos-inteligentes-blockchain-criptomonedas/>

Bolsamania (2023, 10 marzo). Biden propone un impuesto especial del 30% para las mineras de «criptos». Bolsamania.com. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.bolsamania.com/noticias/criptodivisas/biden-impuesto-especial-30-mineras-criptomonedas--12631952.html>

Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI). (s. f.). Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://ccaf.io/cbeci/index>

Chipolina, S. (2021, 15 mayo). Empresa de Minería de Bitcoin Argo compró dos centros de datos impulsados con energía hidroeléctrica. Decrypt. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://decrypt.co/es/70999/empresa-de-mineria-de-bitcoin-argo-compro-dos-centros-de-datos-impulsados-con-energia-hidroelectrica>

CNBC (2022b, febrero 16). ConocoPhillips está vendiendo gas excedente a los mineros de bitcoin en Dakota del Norte Please enable JavaScr. World Energy Trade. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.worldenergytrade.com/innovacion/blockchain/conocophillips-esta-vendiendo-gas-excedente-a-los-mineros-de-bitcoin-en-dakota-del-norte>

Coinbase. (s. f.). *¿Qué es la criptografía?* Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.coinbase.com/es-LA/learn/crypto-basics/what-is-cryptography#:~:text=Las%20criptomonedas%20usan%20la%20criptograf%C3%A9a,transacciones%20con%20ella%20sean%20seguras.>

Coin Market Cap. (s.f.) *Precios, gráficos y capitalizaciones de mercado de criptomonedas* Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://coinmarketcap.com/es/>

Coney, P. (2022, 27 septiembre). A deep dive into Bitcoin's environmental impact. Cambridge Judge Business School. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.jbs.cam.ac.uk/insight/2022/a-deep-dive-into-bitcoins-environmental-impact/>

Cotizalia (2022, 19 enero). El regulador europeo pide que se prohíba la principal forma de minado de bitcoin. Elconfidencial.com. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de https://www.elconfidencial.com/mercados/2022-01-19/regulador-europeo-minado-bitcoin_3360863/

Darlington, N., Rosic, A., Rosic, A., Rosic, A., Rosic, A., & Zapotochny, A. (2022, 19 octubre). Blockchain For Beginners: What Is Blockchain Technology? A Step-

- by-Step Guide. Blockgeeks. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://blockgeeks.com/guides/what-is-blockchain-technology/>
- De Vries, A. (2023). Cryptocurrencies on the road to sustainability: Ethereum paving the way for Bitcoin. *Patterns*. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de [https://www.cell.com/patterns/pdf/S2666-3899\(22\)00265-3.pdf](https://www.cell.com/patterns/pdf/S2666-3899(22)00265-3.pdf)
- Debus, J. (2017). Consensus methods in blockchain systems. Frankfurt School of Finance & Management.
- Di Matteo, A. (2021b, mayo 11). 5 datos de interés sobre Nano, la moneda digital que permite transacciones sin ningún costo. DiarioBitcoin. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.diariobitcoin.com/criptomonedas/5-datos-de-interes-sobre-nano-la-moneda-digital-que-permite-transacciones-sin-ningun-costo/>
- EDP Energía. (2022, 7 marzo). *SolarCoin: ¿Qué es y Cómo Funciona?* EDP Blog. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/solarcoin/>
- Energías renovables*. (s. f.). Acciona. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=0896444253
- Ensinck, G. (2022, 24 noviembre). Esta Pyme argentina transforma basura en Bitcoins, ¿cómo lo hace? Economía Sustentable. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://economiasustentable.com/noticias/esta-pyme-argentina-transforma-basura-en-bitcoin-como-lo-hace>
- Espallargas, A. (2022, 16 septiembre). Cuáles son las 18 criptomonedas más importantes y para qué sirven. GQ España. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.revistagq.com/noticias/articulo/cuales-son-criptomonedas-mas-importantes>
- Esparragoza, L. (2018, 30 agosto). Hidroeléctrica de Nueva York será restaurada para suplir energía a la minería de criptomonedas. CriptoNoticias - Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.criptonoticias.com/mineria/hidroelectrica-nueva-york-restaurada-suplir-energia-mineria-criptomonedas/>
- Faria, E. (2020, 13 julio). Las fuentes de energía renovable, claves para la sostenibilidad de la minería de Bitcoin. CriptoNoticias - Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.criptonoticias.com/mineria/fuentes-energia-renovable-claves-sostenibilidad-mineria-bitcoin/>

- Ghimiray, D. (2022, 19 agosto). Guía sobre la web oscura Silk Road. Avast Academy. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.avast.com/es-es/c-silk-road-dark-web-market>
- Graves, S. (2021, 5 junio). ¿Qué es Chia (XCH)? La Criptomoneda Que Se «Mina» Con Disco Duro. Decrypt. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://decrypt.co/es/resources/que-es-chia-xch-como-cultivarla-disco-duro>
- Holgado, R. (2021, 20 septiembre). *Una transacción de Bitcoin genera la misma cantidad de desechos electrónicos que tirar dos iPhone a la basura*. 20bits. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.20minutos.es/tecnologia/actualidad/una-sola-transaccion-de-bitcoin-genera-la-misma-cantidad-de-basura-electronica-que-tirar-dos-iphone-a-la-basura-4826785/>
- Ibarra, J. (2021, 10 agosto). Empresas estadounidenses minarán bitcoin con energía nuclear. CriptoNoticias - Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.criptonoticias.com/mineria/empresas-estadounidenses-minaran-bitcoin-energia-nuclear/>
- Intro| Chiapower. (s. f.). Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://chiapower.org/>
- Jiménez Bermejo, D., & Sevilla Arias, A. (2022, 24 noviembre). *Bitcoin*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/bitcoin.html?nab=0>
- Kriptomat. (s. f.). ¿Qué es XRP y Cómo funciona XRP? (Edición 2023). Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://kriptomat.io/es/criptomonedas/xrp/que-es-xrp/>
- Leal, A. (2022, 3 diciembre). ¿Qué es y cómo funciona Dogecoin (DOGE)? CriptoNoticias - Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.criptonoticias.com/criptopedia/que-es-como-funciona-dogecoin-doge/>
- Learn, B. (2022, 6 junio). 19 criptomonedas ecológicas que salvarán el planeta. Bybit Learn. <https://learn.bybit.com/es/altcoins/environmentally-friendly-cryptocurrency/>
- Make crypto green. (2021, 16 noviembre). Crypto Climate Accord. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://cryptoclimate.org>
- Millan, P. (2022, 19 febrero). Estos veinteañeros se han forrado convirtiendo pozos de petróleo en minas de bitcoins. La Vanguardia. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20220219/8065080/millonarios-pozo-petroleo-minas-bitcoins-pmv.html>

- Nauman., M. K. (2021, 21 mayo). El bitcoin, la 'moneda sucia' EXPANSION. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.expansion.com/mercados/2021/05/20/60a6999ae5fdeafe4c8b4610.html>
- Ndweni, B. (2022, 9 diciembre). *Las 5 mejores criptomonedas ecológicas*. IG. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.ig.com/es/estrategias-de-trading/las-5-mejores-criptomonedas-ecologicas-221206>
- Pastor, J. (2018, 23 septiembre). *Qué es blockchain: la explicación definitiva para la tecnología más de moda*. Xataka. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda>
- Pérez, I. (2023, 9 enero). Qué son los contratos inteligentes. CriptoNoticias- Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.criptonoticias.com/criptopedia-old/que-son-contratos-inteligentes-blockchain-criptomonedas/>
- Ponciano, J. (2021, 10 marzo). Por qué las cripto son malas para el cambio climático según Bill Gates. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.forbesargentina.com/millonarios/por-cripto-son-malas-cambio-climatico-bill-gates-n5277>
- Porios, C., & Schneier, B. (2022, 21 diciembre). How to Reduce the Environmental Impact of Crypto. The Atlantic. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.theatlantic.com/ideas/archive/2022/12/cryptocurrency-mining-environmental-impact-solution/672360/>
- Porta, M. (2019, 9 agosto). *Proof of Capacity (PoC): consensus algorithm that uses hard disk drives*. The Cryptonomist. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://en.cryptonomist.ch/2019/08/17/proof-of-capacity-poc-consensus-algorithm/>
- Prasanna (2019, 25 septiembre). *What is Proof of Burn?* CryptoTicker. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://cryptoticker.io/en/proof-of-burn/>
- Rosic, A. (noviembre 25, 2020). What is cryptocurrency? Everything you need to know!. Blockgeeks. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de https://blockgeeks.com/guides/what-is-cryptocurrency/#What_is_cryptocurrency

- Salimitari, M., & Chatterjee, M. (2019, 19 junio). A Survey on Consensus Protocols in Blockchain for IoT Networks. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://arxiv.org/abs/1809.05613>
- Simões, C. (2022, 24 marzo). ¿Qué es la criptografía? ¿Cuál es su papel en Blockchain? Blog ITDO - Agencia de desarrollo Web, APPs y Marketing en Barcelona. Recuperado el 30 de marzo de 2023 de <https://www.itdo.com/blog/que-es-la-criptografia-cual-es-su-papel-en-blockchain/>
- Stoll, C., Klaaßen, L., & Gallersdörfer, U. (2019, 17 julio). The Carbon Footprint of Bitcoin. Joule. Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435119302557?via%3Dihub>
- Subirats García, M. (2022). Impacto ambiental de las criptomonedas (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/370047/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, R. G. (2020, 20 marzo). *La crisis del 2008 que dio origen a bitcoin vuelve magnificada en 2020*. CriptoNoticias - Noticias de Bitcoin, Ethereum y criptomonedas. Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.criptonoticias.com/opinion/crisis-2008-origen-bitcoin-2020/>
- Valero, S. (s. f.). Dinero electrónico, digital, virtual y criptomonedas. . . ¿Todavía los confundes? abogacia.es. Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.abogacia.es/publicaciones/blogs/blog-de-derecho-de-los-los-consumidores/dinero-electronico-digital-virtual-y-criptomonedas-todavia-los-confundes/>
- Wendl, M., Doan, M. H., & Sassen, R. (2023). The environmental impact of cryptocurrencies using proof of work and proof of stake consensus algorithms: A systematic review. *Journal of Environmental Management*, Volume 326, Part A (116530). Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972202103X>
- Zhang, D., Chen, X. H., Lau, C. K. M., & Xu, B. (2023). Implications of cryptocurrency energy usage on climate change. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, (122219). Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162522007405?casa>

[_token=O5LjB5uKaNMAAAAA:V2edsue2uRc3z1y_Mrvq9iqW3T7Y8ITXBc
QgjBDbDHy8nrfPrQDtOkGS1eGg1R4h0kuXbpmAA](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240595951930164X)

Zhang, S., & Lee, J.-H. (2019). Analysis of the main consensus protocols of blockchain. The Korean Institute of Communications and Information Sciences. Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240595951930164X>

Zocaró, M. (2020). El marco regulatorio de las criptomonedas en Argentina. CEAT- Universidad de Buenos Aires-Facultad de Ciencias Económicas. Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2020/07/El-marco-regulatorio-de-las-criptomonedas-en-Argentina.pdf>

¿Qué es Ethereum y cómo funciona? (s. f.). IG. Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://www.ig.com/es/ethereum-trading/que-es-ether-y-como-funciona>