

67/2019

11 de julio de 2019

*Mireya Bilbao Barbero**

Blockchain, transparencia para el
desarrollo sostenible

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

Blockchain, transparencia para el desarrollo sostenible

Resumen:

Blockchain es una de las tecnologías fundamentales de la Cuarta Revolución Industrial, cuyas características esenciales —descentralización, seguridad y consenso— proporcionan transparencia y confianza en cualquier ámbito. Si bien las aplicaciones primigenias de esta tecnología estaban enfocadas hacia el sector financiero, a medida que ha ido evolucionando sus usos se han extendido a otros ámbitos como el campo de la sostenibilidad, concerniente a este análisis. Este estudio presenta las oportunidades que brinda *blockchain* para abordar los desafíos ambientales más apremiantes ocasionados por el cambio climático, desde la pérdida de la biodiversidad o el deterioro de la salud oceánica, hasta la contaminación del aire o la escasez de agua.

Palabras clave:

Sostenibilidad, cambio climático, blockchain, Cuarta Revolución Industrial, tecnología, gestión de recursos.

***NOTA:** Las ideas contenidas en los **Documentos de Opinión** son responsabilidad de sus autores, sin que reflejen, necesariamente, el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

Blockchain, transparency for sustainable development

Abstract:

Blockchain is one of the fundamental technologies of the Fourth Industrial Revolution, whose elementary characteristics —decentralization, security and consensus— provide transparency and trust in any area. While the original applications of this technology focused on the financial sector, as it has evolved its uses have been extended to other areas such as the field of sustainability, which this analysis addresses. This study presents the opportunities offered by blockchain to address the most pressing environmental challenges caused by climate change, from biodiversity loss or ocean-health deterioration, to air pollution or water scarcity.

Keywords:

Sustainability, climate change, blockchain, Fourth Industrial Revolution, technology, resource management.

Cómo citar este documento:

BILBAO BARBERO, Mireya. *Blockchain, transparencia para el desarrollo sostenible*. Documento de Opinión IEEE 67/2019. [enlace web IEEE](#) y/o [enlace bie³](#) (consultado día/mes/año)

Introducción

Las innovaciones que brinda la Cuarta Revolución Industrial, término empleado por primera vez en 2016 por Klaus Schwab, presidente ejecutivo del Foro Económico Mundial, son cada vez más rápidas, eficientes y accesibles. Además, la tecnología está cada vez más conectada, lo que deviene en la convergencia de los entornos digitales, físicos y biológicos. Sin embargo, si no se controla, la Cuarta Revolución Industrial podría ocasionar consecuencias negativas inintencionadas, como acelerar el agotamiento de recursos.

Las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial o el Internet de las Cosas, están generando cambios que afectan a la economía y a las posibilidades de las generaciones futuras. Estas innovaciones brindan una oportunidad única para ayudar a abordar los problemas ambientales y transformar la forma en que gestionamos nuestro entorno.

El objetivo de este análisis es presentar descripciones generales sobre cómo una de las tecnologías emergentes de esta nueva revolución industrial, el *blockchain*, podría desempeñar un importante papel en los esfuerzos globales para construir economías ambientales sostenibles.

La tecnología *blockchain* o de cadena de bloques hace referencia a un protocolo de software que facilita la transferencia segura de dinero, activos e información a través de Internet sin la necesidad de un tercer intermediario como son los bancos u otras instituciones financieras¹. O lo que es lo mismo, se trata de un sistema de contabilidad electrónica descentralizado que registra cualquier transacción —fondos, bienes, propiedad o votos— a través de una red de pares. Los datos se almacenan de forma inmutable en una lista de registros interconectados que se encuentra en continua expansión.

¹ WRIGHT, Aaron & DE FILIPPI, Primavera, “Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia”, marzo de 2015. Disponible en: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2580664

Las transacciones se almacenan en bloques, que se conectan a otros bloques creados con anterioridad al incluir el *hash*² del bloque anterior en el nuevo. Esta estructura implica que realizar un cambio sin alterar los registros posteriores en la cadena, sea extremadamente difícil, proporcionando seguridad a los registros.

Asimismo, cada participante con acceso puede ver simultáneamente la información, proporcionando confianza en el sistema como un todo.

La verificación de las transacciones se logra cuando los participantes confirman los cambios entre sí, reemplazando la necesidad de que un tercero autorice las transacciones. Este consenso descentralizado está diseñado para proteger las plataformas del dominio de la red por parte de un individuo o de un grupo de sujetos.

Dos de las aplicaciones más conocidas de esta tecnología son las criptomonedas y los *smart contracts*, protocolos informáticos que facilitan, verifican o ejecutan automáticamente un contrato sin requerir la participación de un tercero o intermediario.

Aunque el sector financiero es la aplicación primigenia de esta tecnología, *blockchain* tiene un potencial significativo en otros sectores, al ofrecer soluciones descentralizadas y más limpias. Por ejemplo, ofrece la posibilidad de mitigar los desafíos que se presentan con respecto al medio ambiente, donde los retos de valor no financiero y bienes comunes globales prevalecen.

El potencial que brinda esta tecnología para redefinir los modelos actuales ha generado un gran despliegue publicitario y una expectación desmesurada dentro de la sociedad. A pesar de ello, se trata de una tecnología incipiente que presenta obstáculos que han de ser superados, incluido el consumo actual de energía o los desafíos legales y normativos.

En definitiva, a medida que la tecnología madure las oportunidades para aprovechar el potencial que presenta se podrán implementar para abordar el cambio climático.

² Un *hash* es una función (criptográfica) que convierte una entrada de letras y números en una salida cifrada de una longitud física.

Acciones para abordar desafíos medioambientales

Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta la humanidad en las próximas décadas es alimentar, proporcionar agua y energía para los 3 000 millones más de personas que habrá para 2050. Para lograr hacer frente a este reto será necesario cambiar las prácticas del uso de la tierra, las preferencias y demanda del consumidor o asegurar el suministro energético.

Las empresas están haciendo frente a un incremento de la presión de inversores y consumidores para abordar los riesgos que las cadenas de suministros generan, tales como las violaciones de derechos humanos, el trabajo forzado, nuevas formas de esclavitud modernas o la degradación medioambiental, entre otros. Como respuesta, muchas compañías están asumiendo compromisos públicos —políticas de cero deforestación, empleo de materiales reciclados, etc.—.

Sin embargo, los procesos de las cadenas de suministro suelen ser complejos y opacos, lo cual dificulta la implementación de dichos compromisos y la exposición de los logros alcanzados.

Los datos que se generan a lo largo de la cadena de suministro, desde la procedencia del producto hasta el punto de venta, pueden ser registrados a través de la cadena de bloques, almacenando la información generada de forma inmutable. De este modo, se proporcionaría una total transparencia, debido a la trazabilidad completa de los datos de todo el proceso³.

Facilitar tal transparencia al consumidor le ayudaría a conocer cómo sus hábitos de consumo y decisiones de adquisición están afectando al medioambiente o cuáles son las condiciones de trabajo y de vida alrededor de dicha cadena de suministro. Es decir, el uso de herramientas de cadena de bloques permitiría hacer un seguimiento de los productos desde la procedencia hasta el punto de venta, contribuyendo en la toma de decisiones del consumidor final o minorista.

³ Foro Económico Mundial, PWC & Stanford Woods Institute for the Environment “Building Block(chain)s for a Better Planet” Fourth Industrial Revolution for the Earth Series, Septiembre de 2018. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf

Por consiguiente, se generaría confianza en los procesos de producción al verificar las cadenas de suministros y al exponer las prácticas deshonestas o ilegales.

Por ejemplo, la aplicación de la cadena de bloques podría emplearse para hacer frente al reto global del aumento de la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, consecuencia del crecimiento de la demanda. Como resultado, dos tercios de las reservas pesqueras están sobreexplotadas⁴, con previsiones proclives al auge de la tendencia.

La tecnología de la cadena de bloques podría hacer un seguimiento de esas especies, proporcionando una información transparente sobre su origen. Asimismo, los *smart contracts* podrían respaldar nuevos acuerdos que otorguen derechos de recursos específicos a comunidades o pescadores.

Como consecuencia, al gestionar de manera sostenible los ecosistemas marinos y costeros y el mercado ictícola y, al limitar la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, se conservarían y utilizarían los océanos, mares y recursos marinos de forma más sostenible.

En esta línea, se podría recopilar, monitorizar y administrar una gran cantidad de datos para contribuir a la gestión de la biodiversidad —incluyendo la catalogación de las especies y hábitats— para facilitar los procesos de conservación de especies a través de un registro digital geoespacial inmutable.

El trámite de dicha información, además, posibilitaría la implementación de mecanismos de mercado que protejan los sistemas globales, los cuales, actualmente, se encuentran sometidos a unos niveles de estrés sin precedentes y cuyos límites han sido sobrepasados.

Por otra parte, la introducción de estas aplicaciones del *blockchain* en los usos de la tierra proporcionaría seguridad en los derechos de propiedad, lo que tendría implicaciones, por un lado, en el bienestar humano; y por otro, en la conservación. De este modo, se evitaría la apropiación y explotación de los recursos de áreas protegidas que conllevan a la extinción de especies, degradación del suelo, etc.

⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, “El estado mundial de la pesca y la agricultura. Contribución a la seguridad alimentaria y nutrición para todos” 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>

La degradación medioambiental representa un riesgo para muchas cadenas de suministro, ya que según el informe de CDP, 941 billones de dólares⁵ de ventas globales provienen de productos relacionados con la deforestación (soja, aceite de palma, ganado o madera) y alrededor del 32 % de esas compañías están experimentando impactos en sus negocios debido a estos riesgos.

El empleo de la tecnología de *blockchain*, gracias al fortalecimiento de los derechos de propiedad, podría ayudar a paralizar los procesos de deforestación fruto de la producción de estos bienes, al proporcionar transparencia en los procesos de las cadenas de suministro y al abordar conflictos derivados del uso de la tierra.

Tratar la deforestación es clave para frenar el cambio climático, puesto que hasta el 33 % de los esfuerzos de la mitigación del clima dependen de la conservación de los bosques y hasta un 15 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero son causadas directamente por esta práctica⁶.

Optimizar los mercados de carbono

En el campo de las emisiones de gases de efecto invernadero también han surgido varias iniciativas para aplicar la tecnología de la cadena de bloques.

El Protocolo de Kioto estableció objetivos de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero para los Estados parte, además de un sistema internacional de comercio de carbono.

El objetivo de los mercados de carbono, de cumplimiento regulado o voluntarios, es la reducción de las emisiones de CO₂. Para ello, el regulador emite los límites que se aplican a cada compañía de forma particular en determinadas industrias a través de un certificado. Los emisores deben controlar las emisiones y remitirlas a la autoridad competente, que encarga a un intermediario independiente revisar los informes.

Las compañías pueden exceder legalmente los límites establecidos en sus certificados adquiriendo más derechos de otras entidades, que no hayan alcanzado sus límites, creando un mercado de carbono donde se comercializa con los derechos de emisión.

⁵ Carbon Disclosure Project “Global Forest Report” 2017. Disponible en: <https://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-forests-report-2017>

⁶ *Ibidem*.

Este complejo sistema deviene en una falta de transparencia que reduce su efectividad. La información que se genera y registra en una estructura de gobierno puede no estar disponible para otros actores que trabajen en otra estructura o para los reguladores. Por otro lado, el funcionamiento de los mercados de carbono implica que son los propios emisores quienes facilitan la información, en lugar de derivar directamente de los registros de producción primarios, lo que en muchas ocasiones conlleva errores o fraudes, consecuencia de la asimetría de información. Este sistema genera, por lo tanto, problemas de confianza tanto en el productor como en el regulador.

Esta dependencia en flujos de información precisos refleja el importante papel de la transparencia y de la exactitud de los informes de datos en los mercados de carbono.

Como alternativa al modelo actual, la cadena de bloques puede mejorar el esquema de los mercados de carbono. Un sistema de cadena de bloques diseñado adecuadamente recogería toda la información relevante, incluyendo el historial de transacciones, la almacenaría de forma inmutable y facilitaría el acceso a todos los actores interesados.

De este modo, se evitaría también la falsificación de certificados y las ventas fraudulentas de créditos que dan lugar a un doble contado, es decir, a la venta repetida del mismo crédito de carbono a varios compradores. Al registrar un certificado o crédito en la cadena de bloques se hace único, puesto que la encriptación solo permite que se cree o transfiera mediante la firma digital única de una persona autorizada. Esa transacción quedaría registrada y solo la firma del titular podría efectuar una transacción, lo que conlleva a que, si el sistema está diseñado correctamente, sea imposible efectuar una doble contabilización o duplicar un crédito, garantizando así seguridad.

Gracias a la cadena de bloques, por lo tanto, se maximiza el acceso a la información — almacenada de forma inmutable— y se permite hacer un seguimiento global de la misma. Estos datos quedan disponibles para informar e influir en la toma de decisiones del mercado.

Descarbonización del sector eléctrico

El sector eléctrico es una de las áreas donde el objetivo de reducción de gases de efecto invernadero se mantiene, a pesar de las inestables condiciones políticas globales.

El Acuerdo de París, firmado durante la celebración de la COP21, estableció objetivos de descarbonización con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, una de las causas del cambio climático.

La descarbonización supone la disminución de la cantidad de carbono en la energía primaria a lo largo del tiempo gracias a la explotación de nuevas fuentes de energía limpias.

Sin embargo, incrementar el porcentaje de energía generada por fuentes renovables puede presentar desafíos para la estabilidad y previsibilidad. Para facilitar la generación y distribución de este tipo de energía son necesarias una serie de tecnologías que permitan el almacenamiento de electricidad, el comercio de energía y la previsión y gestión de la demanda. Es aquí donde entra en juego la fusión del *blockchain* y los *microgrids*.

Cabe destacar que un *microgrid* es un grupo de cargas interconectadas y recursos energéticos distribuidos dentro de los límites eléctricos definidos que actúan como una única entidad con respecto a la red⁷. La singularidad de esta tecnología es que puede desconectarse de la red principal para operar de manera autónoma, puesto que son capaces de actuar mientras la red principal está inactiva. En la cadena de bloques, cada bloque contiene una o más transacciones. Con respecto al sector energético, los bloques se pueden organizar en tablas con detalles como la fuente, el destino, la cantidad de energía transferida, las presuntas pérdidas asociadas o los servicios auxiliares empleados. Si alguno de estos bloques se manipula, el hash cambia y ese bloque no se considera válido, lo que proporciona seguridad.

En la figura se muestra la disposición del mercado de energía basado en la unión de *microgrids* y *blockchain*. La particularidad más evidente es la simplificación de la estructura con respecto al modelo actual.

⁷ HIRSCH, Adam; PARAG, Yael & GUERRERO Josep "Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues" Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 90, Julio 2018, Pages 402-411, Elsevier. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211830128X>

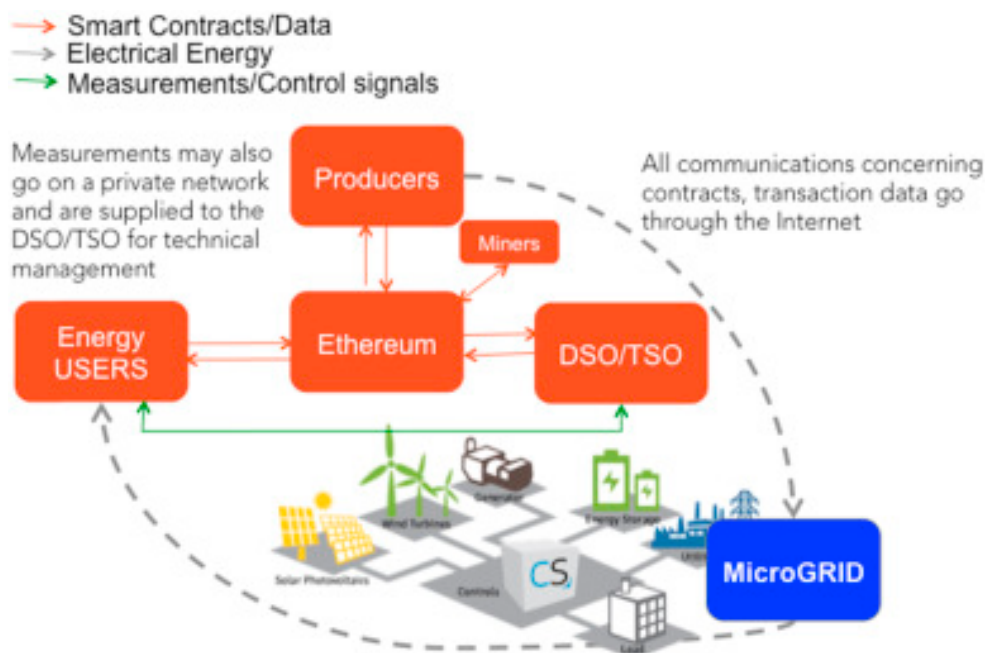


Figura 1: Modelo del mercado de energía basado en *blockchain*. Fuente: DI SILVESTRE, María Luisa; FAVUZZA, Salvatore; RIVA SANSEVERINO, Eleonora & ZIZZO, Gaetano “How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volumen 93, Octubre 2018, Páginas 483-498, Elsevier.

El sistema pasaría de operar en una infraestructura a ejecutarse a través de Internet. Por ende, aparecerían nuevos actores, los cuales soportarían la carga computacional de ejecutar la tecnología de la cadena de bloques (aprobar y verificar bloques).

Los productores o *prosumers* (consumidores involucrados en el diseño, fabricación y desarrollo de un producto o servicio), generan su propia energía a través del *microgrid*, que se comercializa casi a tiempo real con los consumidores, quienes normalmente residen en un área limítrofe.

Los datos generados se almacenan en la cadena de bloques y están a disposición de todas las partes involucradas, incluido el DSO⁸, que será el encargado de controlar todo el proceso que se ha generado a través de Internet.

⁸ DIRECTIVA 2009/72/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 13 de julio de 2009 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se deroga la Directiva 2003/54/CE. Artículo 2.6 sobre el Gestor de la Red de Distribución (*Distribution System Operator - DSO*) “toda persona física o jurídica responsable de la explotación, el mantenimiento y, en caso necesario, el desarrollo de la red de distribución en una zona determinada, así como, en su caso, de sus interconexiones con otras

Al tratarse de una red que puede operar de forma autónoma, en el caso de un ataque a una red principal o de una desconexión consecuencia de un desastre natural, la infraestructura afectada sería la única inactiva, mientras que el resto de *microgrids* funcionarían con normalidad. Asimismo, existe la posibilidad de redirigir energía hacia hospitales o centros comunitarios en caso de catástrofe, o a áreas del mundo donde prevalece la escasez energética, reduciendo la necesidad de almacenar dicha energía. Por tanto, este modelo tiene la capacidad de crear resiliencia energética en ciudades o áreas urbanas.

Es por ello que las redes de energía descentralizada tienen el potencial de reducir costos al mismo tiempo que aumentan la eficiencia energética, respaldan la integración de la energía renovable y proporcionan resiliencia.

Gestión sostenible del agua

La demanda global de agua ha crecido en torno al 1 % anualmente, en función del aumento de la población y el desarrollo económico, entre otros factores, y seguirá aumentando de forma significativa. Se estima que casi la mitad de la población mundial, 3,6 billones, viven en zonas con riesgo de sufrir escasez de agua y, aproximadamente para 1,9 billones de personas, la escasez de agua ya es una realidad. Se espera que este número aumente a 3 billones para 2050⁹.

Simultáneamente, a causa del cambio climático, el ciclo del agua está sufriendo variaciones que llevan a que las regiones más húmedas se vuelvan aún más húmedas y a que la sequía se intensifique en las zonas más afectadas.

Por otro lado, el estado del agua no ha hecho más que empeorar. Según el informe de ORB, *Con plástico*¹⁰, se han descubierto microplásticos en el 83 % de las muestras de agua de grifo y en el 90 % del agua embotellada. Se espera que la calidad se vaya

redes, y de garantizar que la red tiene capacidad para asumir, a largo plazo, una demanda razonable de distribución de electricidad”.

⁹ GILBERT F., HOUNGBO. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) “The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water” 2018. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>

¹⁰ TYREE, Chris & MORRISON, Dan. “Con plástico. Se encuentran microplásticos en el agua embotellada de todo el mundo” Disponible en: <https://orbmedia.org/stories/con-plástico/multimedia>

deteriorando aún más, lo que amenaza para la salud humana, el desarrollo sostenible y el medio ambiente.

Para 2050, cerca del 70 % de la población mundial residirá en ciudades y más del 90 % de ese crecimiento urbano ocurrirá en regiones emergentes donde la infraestructura hidráulica puede no ser viable, debido a restricciones financieras, desafíos en la gobernabilidad o la variabilidad climática¹¹.

Los sistemas descentralizados pueden ampliar el acceso a servicios de agua potable y al saneamiento en estas áreas. Al proporcionar transparencia en los registros de transacciones entre partes, la tecnología basada en cadenas de bloques podría transformar y optimizar la manera en que los recursos hídricos se gestionan y comercializan.

Los medidores inteligentes de agua suponen la integración y comunicación remota de información a través de tecnologías habilitadoras como sensores, medidores y controles automatizados, que monitorizan de forma continua el sistema de distribución de agua. Algunos de los parámetros que contabilizan son la presión, calidad, caudales, temperatura y fugas.

Estos medidores estarían disponibles en cada hogar o entidad, y permitirían gestionar los recursos de forma sostenible, en base a las necesidades de cada familia, cada compañía o cada agricultor.

Por consiguiente, la cadena de bloques permitiría que todos los actores involucrados (incluidos los consumidores) pudieran acceder a los mismos datos sobre la calidad y cantidad del agua para tomar decisiones más informadas, como cuándo conservar o usar el agua.

Del mismo modo, podría prevenir un comportamiento corrupto en situaciones en las que las autoridades locales estimulan la manipulación o retención de datos sobre la calidad del agua.

¹¹ STINSON, Callie “5 ways the Fourth Industrial Revolution could end water insecurity” World Economic Forum, Marzo 2018. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2018/03/5-ways-the-fourth-industrial-revolution-could-make-water-insecurity-a-thing-of-the-past/>

Favorecer el intercambio de los derechos de agua entre pares en cualquier momento a fin de permitir a los usuarios que deseen o dispongan de suficientes recursos compartirlos, es otra oportunidad que genera esta tecnología. De este modo, los agricultores que trabajan en la misma cuenca de agua podrían intercambiar sus asignaciones en función de los datos meteorológicos, precios de los cultivos, tendencias del mercado y de las previsiones climáticas a largo plazo.

En todo el mundo las cuencas hidrográficas se enfrentan a un estrés cada vez mayor debido a impulsores de la inseguridad hídrica como el crecimiento de la población o el uso industrial. Las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial han incrementado la capacidad para rastrear y mitigar los riegos a través de, por ejemplo, la combinación de satélites con sensores remotos. De esta forma, se podría monitorizar la salud de las cuencas hidrográficas para cuantificar el riesgo y, consecuentemente, identificar y ejecutar soluciones. La implementación de este sistema podría evitar situaciones como las que enfrenta Ciudad del Cabo¹², entre otras localidades.

En definitiva, al democratizar el acceso a esta información y evitar la manipulación de los datos se mitigarían en gran medida las tensiones que experimentan ciertas regiones al solventar una causa potenciadora de conflictos.

El desafío del consumo de energía

Una de las barreras concerniente a la implementación de la cadena de bloques es el consumo de energía que deviene de su uso. El diseño de muchas de estas tecnologías conlleva un gasto elevado de energía que representa una amenaza para el compromiso global del Acuerdo de París de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Actualmente, la aplicación de la cadena de bloques más empleada son las criptomonedas, concretamente, la más popular es *bitcoin*, cuyo sistema de minado y

¹² Ciudad del Cabo sufrió una sequía prolongada desde 2015, la cual evitó que se recuperasen las reservas, ocasionando una disminución constante de las tasas de almacenamiento de agua. Esta situación provocó que en enero de 2018 las autoridades comunicasen que en abril de ese mismo año la ciudad se quedaría sin agua, lo que se conoce como «Día Cero». Finalmente, gracias a la llegada de lluvias y a las políticas de ahorro impuestas, la crisis logró mitigarse.

comercio requiere un consumo de electricidad tan grande que es equivalente al de muchos Estados¹³.

El protocolo de *bitcoin* está diseñado intencionalmente para que emplee un uso intensivo de recursos energéticos. El número de bloques de *bitcoin* es finito y el procedimiento de aceptación de un bloque se produce cada diez minutos aproximadamente. Cuantos más mineros operan en la red, más complicado es para los individuos resolver los problemas matemáticos, por lo que necesitan emplear más tiempo y energía. Por ende, la naturaleza del proceso de minado conlleva unas grandes tasas de consumo energético que puede ocasionar daños medioambientales.

El principio de «quien contamina paga»¹⁴ se recoge en el artículo 191.2 del TFUE. Este no está motivado por incentivos económicos, sino medioambientales; con el propósito de hacer financieramente responsables del daño causado a aquellos que contaminan y, por consiguiente, fomentar el desarrollo de prácticas más sostenibles.

Con respecto al Acuerdo de París, se recoge que la tecnología debería emplearse para lograr la mitigación de los gases de efecto invernadero, debido a lo cual un uso altamente contaminante de la misma iría en contra del espíritu del Tratado.

Una posibilidad es la regulación de esta tecnología, lo que conllevaría la introducción de herramientas fiscales, para incorporar las externalidades medioambientales en el diseño de esta. El propósito no sería frenar este creciente sector, sino obligar a la industria a tener en cuenta los impactos ambientales negativos y motivar el cambio a modelos que empleen menos energía.

Sin embargo, para poder regular las criptomonedas e introducir cargos sobre las transacciones en función de su consumo de energía, tendrían que ser consideradas legalmente dinero. Esta es una traba que enfrentan legisladores y reguladores en todo el mundo.

¹³ Entre el 1 de enero de 2018 y el 30 de junio de 2018, la red de *bitcoin* empleó la misma energía que el consumo de Dinamarca en un año. KRAUSE J., Max & TOLAYMAT, Thabet “Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies” *Nature Sustainability*; Noviembre de 2018. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41893-018-0152-7>

¹⁴ Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea Título XX Medio Ambiente. Art. 191. 2 “La política de la Unión en el ámbito del medio ambiente tendrá como objetivo alcanzar un nivel de protección elevado, teniendo presente la diversidad de situaciones existentes en las distintas regiones de la Unión. Se basará en los principios de cautela y de acción preventiva, en el principio de corrección de los atentados al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma, y en el principio de quien contamina paga”.

La naturaleza descentralizada y la falta de control gubernamental de las criptomonedas conllevan que, hasta el momento, ningún Banco Central u otra autoridad haya certificado legalmente que sean consideradas como monedas o divisas.

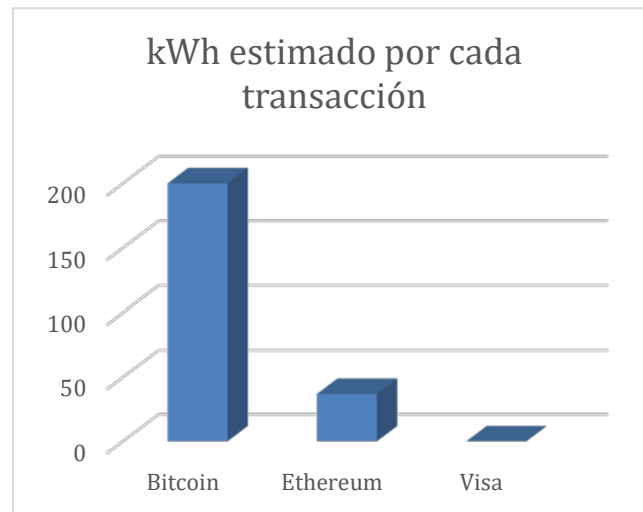


Figura 2. Consumo comparativo de energía. Fuente: TRUBY, Jon “Descarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies” *Energy Research & Social Science*, Volumen 44, Octubre de 2018, Páginas 399-410, Elsevier.

La primera generación de plataformas de *blockchain*, entre las que se encuentra *bitcoin*, emplea un protocolo denominado Sistema de prueba de trabajo (PoW, por sus siglas en inglés) para operar, lo que implica que requieren un mayor consumo de energía.

No obstante, la segunda generación que incluye a Ethereum, por ejemplo, usa distintos Protocolos de verificación (PoS, por sus siglas en inglés), los cuales consumen mucha menos energía. También se están desarrollando protocolos llamados *Proof of Importance* (PoI), que se espera que consuman aún menos energía gracias a su proceso de validación simplificado y más accesible.

Por consiguiente, hay muchas formas de construir y operar en redes de *blockchain*. Asimismo, el proceso de minado no es siempre necesario en todas las aplicaciones de la cadena de bloques.

Sin embargo, comprender el impacto de la tecnología de la cadena de bloques en el sistema de energía es complejo. Es importante adoptar una perspectiva de todo el conjunto y tener en cuenta el impacto energético relativo a las soluciones de *blockchain*, en comparación con los modelos existentes. Por ejemplo, la administración de la energía es un área donde, como se ha expuesto con anterioridad, la cadena de bloques puede incentivar el uso de energía renovable y un uso más sostenible de la misma.

La implementación de estas soluciones podría respaldar y acelerar la descarbonización del sistema asistiendo los esfuerzos mundiales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se espera, por lo tanto, que a medida que *blockchain* evolucione, su consumo de energía se reduzca y que las oportunidades que la cadena de bloques ofrece para mitigar el cambio climático superen sus limitaciones de uso de energía.

Conclusiones

La tecnología de la cadena de bloques crea, por lo tanto, oportunidades para hacer las cosas de forma distinta. El campo de la sostenibilidad es una de las áreas donde los esfuerzos de la comunidad internacional son escasos y deficientes. Por ello, *blockchain* podría implementarse para mejorar y avanzar en la consecución de los objetivos globales.

La ruta explorada en el documento contempla de qué manera emplear esta tecnología para administrar las cadenas de suministro, los ecosistemas marinos, las cadenas de valor de energía global, etc. de forma más sostenible gracias al incremento de la transparencia. El objetivo es utilizar esta transparencia para incentivar un comportamiento más sostenible por parte de todos los actores involucrados (productores, proveedores, consumidores, etc.).

No obstante, el propósito de este análisis no es dar a entender que la cadena de bloques es la panacea que resolverá todos los problemas expuestos con anterioridad. *Blockchain* puede ser implementado de diversas maneras; es por ello que el diseño técnico del sistema debe ser adecuado para optimizar la sostenibilidad.

En primer lugar, es necesario elegir si la cadena de bloques será abierta o cerrada, puesto que la visibilidad del registro en una cadena de bloques abierta permitiría a cualquier persona ver las transacciones. No obstante, este nivel de transparencia también presenta amenazas con respecto a la confidencialidad en ciertos sectores.

Por otro lado, hay que considerar cuál es el mecanismo de consenso que se va a emplear. En el apartado concerniente al consumo de energía de esta tecnología, se exponen los diversos protocolos y el costo que conlleva cada uno. En el caso de *bitcoin*, por ejemplo, el PoW requiere una inversión de recursos demasiado elevada como para que la deshonestidad sea rentable, sin embargo, es costoso e ineficiente, por lo que ese sistema no puede ampliarse para manejar grandes volúmenes de transacciones. Por consiguiente, la elección del mecanismo de consenso es clave para considerar los costos, pero también el nivel de confianza que se otorgará al proceso.

Asimismo, hay que tener en cuenta los roles y responsabilidades de la administración del sistema, determinar los permisos o quién puede realizar cambios en el código o corregir posibles errores en el sistema.

Pese a ello, *blockchain* no es una solución completa en sí misma, sino que se obtendrían mayores beneficios si se combina con otras tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial como la Inteligencia Artificial o el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés). Por consiguiente, es necesario integrar la cadena de bloques con otras soluciones para abordar los desafíos ambientales globales.

La oportunidad generada por *blockchain* para beneficiar a nuestro entorno es sustancial, pero la tecnología en sí misma se encuentra en una etapa relativamente temprana. Lejos de suponer un obstáculo, esto representa una oportunidad para que las partes aseguren que el desarrollo de la tecnología de la cadena de bloques se va a efectuar de forma sostenible.

Si este reto se logra, implicaría que *blockchain* jugará un importante papel al permitir que las nuevas soluciones tecnológicas afronten desafíos ambientales apremiantes como la salud de los océanos, la gestión del agua o la contaminación atmosférica.

Mireya Bilbao Barbero*
Grado en Relaciones Internacionales URJC