



BLOCKCHAIN EN EDUCACIÓN: INTRODUCCIÓN Y CRÍTICA AL ESTADO DE LA CUESTIÓN

BLOCKCHAIN IN EDUCATION: INTRODUCTION AND REVIEW OF THE STATE OF THE ART

Antonio Ramón Bartolomé Pina; abartolomepina@gmail.com
Universidad de Barcelona

Carles Bellver Torlà; bellverc@uji.es
Universitat Jaume I

Linda Castañeda Quintero; lindacq@um.es
Universidad de Murcia

Jordi Adell Segura; jordi@uji.es
Universitat Jaume I

RESUMEN

La tecnología de las cadenas de bloques (*blockchain*) abandonan el terreno de la moneda digital para invadir otros campos. También en Educación, aunque muy tímidamente, aparecen aplicaciones todavía con un carácter piloto. Pero las expectativas que están levantando llevan a plantearse qué es esa tecnología, para qué se usa, cómo podría aprovecharse en Educación y qué oportunidades y qué amenazas puede suponer. El análisis del estado de la cuestión aprovecha para proporcionar numerosas referencias y enlaces que deben llevar a conocer y reflexionar sobre esta nueva tecnología.

PALABRAS CLAVE: *Cadenas de bloque, Contratos inteligentes, aprendizaje adaptativo, Curriculum, certificación, acreditación.*

ABSTRACT

The Blockchain is spreading its influence beyond the field of digital currency to other areas. Also in education, although shyly, appear some applications of it, even if the majority of them have a pilot character. Nevertheless, those piloting and -some big - expectations around them, are raising the lead to some questions regarding what exactly is that technology, what is it used for, how would this be used in education as well as, what opportunities, challenges and risks, represents. This state of art attempts to provide references and links that help to know better and reflect about this new technology, as well as to contribute starting the indispensable debate about how education would implement this, and in what terms.

KEYWORDS: *Blockchains, Smart contracts, Adaptive learning, Curriculum, Certification.*

1. INTRODUCCIÓN

La digitalización de aquellos asuntos que subyacen más fundamentalmente a cómo son nuestras sociedades resulta ser el rasgo más característico de nuestra era. De entre esos asuntos, el dinero, y el mercado soportado por él, ha sido uno de los retos principales, pues moneda y mercado descansan en los supuestos más básicos de nuestras transacciones sociales: confianza, seguridad y equivalencia.

Inicialmente, el concepto de “dinero digital” se basaba en un servidor central que -supuestamente- aseguraría un uso no fraudulento (Chaum, 1983); sin embargo, tres décadas más tarde y a pesar de los avances en criptografía, centralización, anonimato y prevención del fraude, siguen sin ser compatibles. En contraste, *Bitcoin* se ha consolidado como la moneda digital más conocida y que funciona. Un sistema descentralizado, anonimizado y basado en pruebas que quedan registradas por todos los usuarios (Back et al, 2014; Wright & De Filippi, 2015).

La tecnología que funciona detrás del *Bitcoin* son las “cadenas de bloques” (*Blockchain*), una tecnología compleja, en evolución, con un tremendo potencial y no menos nivel de riesgo asociado (Pilkington, 2016), cuya principal promesa es un mundo sin intermediarios (Gupta, 2017). El problema es que la interpretación de esa no intermediación oscila entre dos polos con igual carga de complejidad: un mundo sin intermediarios dependiendo todos de unos pocos centros de poder, o un mundo solidario y horizontal. Es decir, y utilizando el inglés por su brevedad, el mundo sin intermediarios puede ser U2D (*Up to Down*) o P2P (*Peer to Peer*).

Ahora bien, una vez esa tecnología que digitaliza un asunto tan complejo y crítico como la moneda y el mercado se ha consolidado, la pregunta evidente es si los mecanismos que la soportan serían capaces de intervenir o funcionar en otros contextos igualmente complejos y cruciales como el de la educación. Realmente no se trata de una única pregunta, son muchas y muy importantes.

A continuación, intentaremos abordar someramente los fundamentos y desarrollos de esa tecnología -incluidos algunos en el sector específico de la educación-, y probaremos a insinuar una reflexión y un debate que debería ocuparnos en el futuro inmediato respecto del impacto, o no, de *Blockchain* en la educación.

2. LA TECNOLOGÍA

2.1 Cadenas de bloques (*blockchain*): qué es y cómo funciona.

Blockchain (en adelante BC) es el nombre de una tecnología que permite mantener registros descentralizados y distribuidos de transacciones digitales. La primera implementación tuvo lugar en 2009 en el contexto de la moneda digital *Bitcoin*, y aunque la tecnología de BC ya no se encuentra sólo en *Bitcoin*, es el ejemplo que usaremos como paradigmático de BC.

En *Bitcoin*, las transacciones se producen entre usuarios anónimos (su identidad no consta en ningún lugar) mediante criptografía de clave pública, es decir, cada usuario posee una clave privada, que solo él conoce, y una clave pública, que es la que comparte con los demás usuarios.

Todas las transacciones se comunican a todos los nodos de la red. Los nodos verifican las transacciones y las van agrupando en bloques. Cada bloque se identifica por medio de un *hash*: un valor único calculado criptográficamente a partir del contenido del bloque, e incluye una referencia al hash del bloque anterior, de modo que los bloques quedan enlazados. Esta cadena de bloques es pues un registro de transacciones o libro contable (*ledger*) público, compartido por todos los nodos de la red (Dwyer, 2014).

De esta forma, todos los nodos pueden comprobar que las claves utilizadas son correctas y que los *bitcoins* transferidos proceden de una transacción anterior y no se habían gastado ya. Pero una transacción sólo se considera confirmada cuando forma parte de un bloque añadido a la cadena. Para añadir un bloque hace falta minarlo, o lo que es lo mismo, calcular su *hash*, lo cual requiere resolver un problema matemático único de gran dificultad que consume unos recursos informáticos muy considerables, máxime cuando sabemos que la dificultad de resolución del *hash* se reajusta periódicamente para adaptarse a la capacidad de proceso de la red: a medida que aumenta la potencia de los ordenadores conectados, la dificultad del problema crece.

En consecuencia, alterar el contenido de un bloque modificaría su *hash*, con lo que fallaría el enlace con el bloque siguiente y se rompería la cadena, lo que, unido a la dificultad de repararla y al hecho de que el resto de nodos tiene una copia de la cadena original, hace prácticamente inalterable la información contenida en los bloques.

2.2 Aplicaciones de *blockchain*

Aunque, como hemos dicho, la tecnología de BC se hace famosa vinculada a *Bitcoin*, en los dos últimos años se está extendiendo su aplicación.

Como era de esperar, el mundo financiero ha sido el primero en acercarse. Ejemplo de ello son sistemas híbridos como el Banco de Inglaterra (Allison, 2015), Visa (Arnold, 2016), Santander, UBS, BNY Mellon, Deutsche Bank (Gallen, 2016); sistemas de agilización y mejora de la seguridad de transacciones inmobiliarias, como el registro de la propiedad sueco (Rodríguez, 2016); o aplicaciones para la mejora la transparencia en las cuentas públicas (Goswami, 2016).

Muchas son las aplicaciones de sus posibilidades para certificar la autenticidad de todo tipo de objetos y actos. Es el caso de Estonia, que lo utilizará para los actos legales incluido el matrimonio (aunque de hecho el primer matrimonio legalizado bajo *Ethereum* esta formalizado en Williamsburg, Brooklyn (Woods, 2015)); o de la alianza entre Everledger y Allianz para combatir el fraude (Imtiaz, 2015); o el de *Provenance* que pretende controlar la vida e historia de sus vinos para permitir al consumidor conocer todo el recorrido hasta llegar a su mesa (Parker, 2015) o el caso concreto de Ujo Music que intenta asegurar la gestión de los derechos de autor musicales (Capps, 2016); o el de la fiabilidad de los registros médicos (Pérez, 2016). Incluso a nivel privado es posible certificar un documento en la cadena de bloques de *Bitcoin*, eso sí, pagando el equivalente a unos pocos euros (<https://proofofexistence.com>)

La tecnología BC se está utilizando para proporcionar una identidad digital no falsificable a inmigrantes o refugiados que han perdido o les ha sido sustraído su documentación (<https://refugees.bitnation.co/blockchain-emergency-id-be-id/>), a la vez que la ONU está

utilizando las cadenas de bloques de *Ethereum* (una alternativa a *Bitcoin*) para enviar dinero a los refugiados de Siria (HIPERTEXTUAL, 2017).

Otra tecnología clave para ciertas aplicaciones de las BC son los contratos inteligentes (*smart contracts*). Estos se ejecutan de modo automático (el registro de BC) cuando se cumplen las condiciones especificadas y consensuadas en el contrato.

En un ámbito general, las posibilidades crecen exponencialmente si se vincula a la Internet de las cosas. Por ejemplo, si adquirimos un producto, el pago sólo se realizaría automáticamente cuando el paquete entrase en casa, o fuese instalado y funcionase, ahorrando tiempo, trabajo burocrático y costes. Lo mismo se está aplicando al alquiler de coches o al leasing, donde el control del coche queda vinculado automáticamente al pago, lo que a la vez reduce a niveles discutiblemente recomendables, la flexibilidad y personalización de esos contratos. Imaginemos por ejemplo el bloqueo inmediato de la entrada a un despacho una vez finalizado el contrato de un empleado, o a una casa si se deja de pagar una cuota de la hipoteca.

3. BLOCKCHAIN EN EDUCACIÓN

3.1 Promesas: solución a qué problemas

La educación se enfrenta a importantes retos que superan la mera optimización de los procesos de enseñanza-aprendizaje (Bartolomé, 2011; Bartolomé y Grané, 2013), y pasan por responder a los cambios producidos por unas tecnologías para el conocimiento que, como señala el síndrome de Frankenstein (Postman, 1991), cambian no sólo nuestras costumbres sino también nuestra manera de pensar.

Ahora bien, ¿puede la tecnología de BC aportar solución a algunos de los problemas derivados de estos cambios? Intentemos analizar dos con algo de detenimiento.

El aprendizaje ya no es fundamentalmente una actividad que se realiza durante un periodo inicial de modo formal, y que se enriquece con la experiencia en la práctica profesional y vital. El aprendizaje a lo largo de la vida se ha convertido en una necesidad laboral (Longworth, 2005), acorde al modo de aprender humano (Bruer, 1999), un requerimiento de la ciudadanía del siglo XXI (Martin Ortega, 2008), que afecta tanto al marco social en que nos movemos, como al aprendizaje social biográfico (Alheit & Dausien, 2002).

El aprendizaje supera los límites de un tiempo y un lugar. Aparecen nuevos conceptos como el aprendizaje móvil (M-learning) y el aprendizaje ubicuo (Cope & Kalantzis, 2010; Burbules, 2014) generando una amplia bibliografía durante los años que llevamos del siglo XXI (Hwang & Tsai, 2011).

Los sistemas formales de enseñanza traspasaron pronto parte de sus programas al espacio temporal "post-formal"; postgrados y cursos de perfeccionamiento pasaron a convertirse en programas de actualización y de especialización. Aparecen otros sistemas alternativos y complementarios de esa formación: *boot camps* (Smith & Bickford, 2004), MOOC (Breslow, *et al.*, 2013), los vídeos de la Academia Khan (Thompson, 2011) o simplemente Youtube (Das, 2011), entre otros; y todos ellos con la vocación de complementar las competencias y habilidades de las personas.

Lo que se plantea desde hace años es la superación de la distinción entre educación formal -y por ende con una acreditación regulada- por un lado, y la educación no-formal e informal -ambas carentes de esa acreditación- por otro (La Belle, 1982; Tuijnman & Boström, 2002) y para ello es obvia la necesidad de acreditar las competencias (habilidades, conocimientos, incluso actitudes) de los sujetos más allá del ámbito formal, si bien los sistemas presentan serias limitaciones.

Pero la acreditación de los aprendizajes no sólo se complica por la diversificación de ámbitos desde los que se oferta la formación (formales, no formales e informales), sino que viene aumentado por elementos específicamente didácticos y curriculares que se materializan en un ideal perseguido durante mucho tiempo por la didáctica: el aprendizaje personalizado. Cada una de las formas de personalización introducidos en los itinerarios (enseñanza programada, máquinas de enseñar de Skinner, educación personalizada, escuela sin grados, tutoriales, tutoriales inteligentes, agentes docentes inteligentes... hasta el aprendizaje adaptativo actual basado en la minería de datos), exacerbado, además, por la irrupción masiva de nuevos sujetos propiciada por los procesos de democratización del sistema educativo, multiplica la cantidad de posibles itinerarios de aprendizaje (incluidos posibles competencias y habilidades adquiridas) y dificulta la acreditación pública y estandarizada de esos conocimientos.

En este contexto, los títulos académicos formales (grados, postgrados), incluso con los suplementos implementados en procesos como el Espacio Europeo de Educación Superior, se muestran insuficientes para describir la capacidad y los conocimientos de los sujetos. Los aprendizajes obtenidos en condiciones de "informalidad/no-formalidad", o en itinerarios alternativos y personalizados, no sólo son necesarios y apreciados en la industria o la vida cotidiana, sino que hoy por hoy son reconocidos en instancias "formales", como los procesos de contratación de las empresas, aunque a veces a través de mecanismos más o menos artesanales de comprobación *in-situ*.

Es frecuente solicitar un Currículum Vitae elaborado por el propio sujeto, sin que este documento por sí solo acredite la veracidad de lo que expone. Y si se complementa con los correspondientes certificados, el proceso de compilación por parte del sujeto y de comprobación por parte de quien lo revisa, resulta oneroso y complejo. Se trata de dos problemas: por un lado, la garantía de que la información que se incluye en el CV sea veraz (que se tengan los títulos o las experiencias detalladas) y, por el otro, el registro de acreditación de competencias complejas y personalizadas.

La solución tradicional para el primero de esos problemas pasa por establecer una autoridad central que da fe de los datos. Identificadores institucionales (como el sistema GREC de la Universitat de Barcelona) que acreditan la veracidad del dato, suponen un sistema razonablemente fiable pero que obviamente no soluciona el problema de las competencias y saberes adquiridos fuera de los programas de Educación formal.

Sistemas alternativos, como el caso de Google Scholar (GS), para acreditación de la producción científica (publicaciones) de un sujeto, o el OrcID, el Researcher ID, o redes como Research Gate, Academia.edu, o Mendeley, entre otros, dan pasos en el camino de la automatización de la recolección de esos datos, si bien no son infrecuentes los errores,

algunos de bulto, causados por la herramienta, y otros incluso intencionados, introducidos por los propios sujetos.

En teoría, BC permitiría acreditar los elementos de un CV elaborado por el usuario, impidiendo la manipulación o alteración de datos, diseminados través de un sistema distribuido sin guardar los datos en un centro sujeto a ataques o violaciones de su integridad. Funcionaría como una “prueba de trabajo intelectual” y, yendo más lejos, como una “moneda intelectual”. Siendo una tecnología que puede asegurar “registros educativos acreditados fielmente combinados con un sistema de reputación negociable” y el primer beneficio es obviamente un sistema de acreditación transinstitucional (Sharples & Dominique, 2016). Un cambio que tendrá un alto impacto en el sistema educativo, pero también que, según algunos autores, tardará más de 4 años para que comience a implantarse (Sharples et al., 2016).

Posiblemente el primer intento de trabajar en esta solución lo haya puesto en marcha el MIT Media Lab en 2015, cuando comenzó a distribuir certificados a los participantes en su programa de becas ajuntas a la dirección (*Director's Fellows program*) autenticados mediante la tecnología BC (Raths, 2016). Devine (2015) lo define como una posible transferencia universal de créditos entre instituciones.

Sin embargo, aunque esta solución facilita el movimiento de los estudiantes entre instituciones y el traslado de información fidedigna a los empleadores, sigue sin avanzar en la garantía de los contenidos (competencias y habilidades), cuya validación sigue centralizada en instituciones con una reputación igualmente ratificada de forma centralizada por autoridades nacionales o transnacionales. La cuestión es si BC se configura como una tecnología que permitiría conservar un registro del itinerario que seguiría un estudiante en su aprendizaje y pormenorizando esas competencias y conocimientos que ha adquirido de forma individual.

4. REALIDADES: APLICACIONES DE BC EN EDUCACIÓN

Al revisar la aplicación de las BC en educación, lo primero que observamos es que se trata de aplicaciones puntuales y recientes. El punto de partida es la acreditación del *curriculum vitae*, si bien existen otras aplicaciones a portafolios, evidencias de aprendizaje, insignias (*badges*) en aplicaciones gamificadas, etc. Posiblemente han de pasar años hasta que se produzca una implementación relevante en educación. Pero tampoco hay que engañarse: los cambios se están produciendo muy rápidamente y posiblemente la velocidad de implementación va a estar más condicionada por la rápida adopción social de la tecnología que por el éxito de estas experiencias.

4.1 Interoperabilidad de la certificación

El dinamismo del campo hace que resulte difícil presentar una relación actualizada de organizaciones que están experimentando con BC.

En Chipre, la Universidad de Nikosia ya ha ofrecido cursos acreditados mediante certificados verificables con BC (<http://digitalcurrency.unic.ac.cy/free-introductory-mooc/academic-certificates-on-the-blockchain/>) y otras instituciones no oficiales, como *The Holberton School* (dedicada principalmente a la formación de ingenieros), les ofrece acreditaciones provenientes de empresas de software, pero sin acreditarse como institución de educación

superior (<http://www.networkworld.com/article/2997220/careers/software-engineering-school-uses-bitcoin-blockchain-to-authenticate-graduates.html>)

De momento existe, a nuestro juicio, solo un caso remarcable como iniciativa basada en BC para la certificación: el proyecto *Blockcerts*.

Blockcerts, proyecto del Medialab del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (Schmidt, 2016), se materializa en una plataforma y unos estándares que permiten a instituciones implementar BC en programas educativos certificados (<http://www.blockcerts.org/guide/>).

Blockcerts incluye cuatro componentes básicos:

- **Distribuidor** o la institución que crea certificados digitales.
- **Certificados** ajustados a los requisitos de la iniciativa Open Badges de la Fundación Mozilla, que contienen un amplio rango de afirmaciones sobre las destrezas, logros o características del estudiante, todo registrado en una cadena de bloques.
- **Verificador**, esto es, alguien que, sin necesidad de depender del “distribuidor”, verifica que el certificado no ha sido alterado, que lo ha emitido una determinada institución y que corresponde a un determinado individuo.
- **Cartera** de cada estudiante en la que almacena sus certificados compartiéndolos con otros, por ejemplo, con los empleadores.

Algunos ejemplos de eventos que han certificado a sus participantes con *Blockcerts* son:

- El Media Lab del MIT en su curso “Lab’s 30th anniversary” de 2015.
- El Laboratorio para la Ciudad, en México, en su taller de septiembre de 2015.
- *Learning Machine*, que ha proporcionado certificados en Recursos Humanos a su personal.
- El campo de trabajo Emprendeduría Global (*Global Entrepreneurship Bootcamp*) realizado en Seúl en marzo de 2016.

4.2 Acreditación de aprendizajes diversificados

El *Knowledge Media Institute* (KMi) de la *Open University* (OU) de Reino Unido, por su parte, ha puesto en marcha el proyecto *OpenBlockchain*. Si bien en su web (<http://blockchain.open.ac.uk>) encontramos ideas, publicaciones, vídeos y actos que han organizado en su escaso año de vida, no muestran experiencias concretas sino únicamente demos.

En este caso, no se trata de una apuesta por la operabilidad de la certificación, como la apuesta del MIT, sino que hay una mayor reflexión y discusión de aplicaciones que responden al problema de la personalización de la certificación, o lo que es lo mismo, la acreditación de los aprendizajes personalizados.

Una plataforma que abunda en este tipo de soluciones y plantea un futuro basado en BC es “*Learning is earning 2026*” (<http://www.learningisearning2026.org>). El modelo básico de diseño curricular responde a una fragmentación del programa en pequeños bloques (léase actividades, unidades, lecciones...) que el estudiante recorre según sus propias necesidades y aptitudes. Cada unidad se traduce en un contrato inteligente (*Smart contract*) que se resolverá cuando el sujeto haya adquirido los conocimientos o destrezas (¿o actitudes?) de modo satisfactorio.

Pero la aplicación va más lejos. Devine (2015) explica cómo la trayectoria del estudiante (y del profesor) puede exponerse de un modo transparente, favoreciendo, por ejemplo, la movilidad de los estudiantes al ofrecerles un sistema abierto y verificable de mostrar sus logros académicos en forma de “moneda” o unidad de intercambio. Devine también pone el ejemplo del reconocimiento de aprendizajes en una red entre pares (*peer-to-peer learning network*).

La OU también está trabajando en la aplicación de las BC a la acreditación de sus estudios, aplicando sus insignias de aprendizaje abierto (*OpenLearn Badges*). Pero debe entenderse no como un mero registro de titulaciones formales sino como un auténtico registro de aprendizajes acreditados (Sharples & Domingue, 2016).

5. UNA VISIÓN CRÍTICA

Sería un error pensar que estamos tratando con una tecnología de inmediata aplicación o que los cambios puedan implementarse en los próximos años. Estamos más bien en un periodo exploratorio previo y, ciertamente, podría ser que nunca se desarrollara, o no lo hiciera con estas tecnologías o en esta dirección. El fervor con el que algunos sectores del sistema educativo se están volcando ha despertado las alarmas, tanto por la procedencia de los entusiasmos como por las consecuencias que una aplicación literal de la tecnología tal como la conocemos podría tener.

En este momento, hablar de las consecuencias de una implementación es moverse en el campo de las especulaciones tanto como la literatura que lo está promoviendo. Pese a ello, no está de más hacerse preguntas sobre la ideología y la agenda de las instituciones, empresas, iniciativas o proyectos que pretenden basarse en BC en educación.

No faltan críticas a la ideología que subyace tanto a la retórica como al diseño y funcionalidad de las criptomonedas. Golumbia (2015), por ejemplo, las ha calificado directamente de “extremismo de derechas distribuido”. Dicha ideología, coincide perfectamente, según Watters (2016), con la “narrativa de Silicon Valley”, esto es, libertarismo, neoliberalismo y capitalismo global basado en la “nueva economía” (Selwyn, 2013).

Watters (2016) cita tres elementos fundamentales del futuro imaginado en el discurso sobre BC en educación que merecen especial atención:

- El talante anti-institucional del BC;
- Su dependencia de la descentralización (como tecnología y como metáfora) que no implica necesariamente democratizar, sino que en ocasiones significa dismantelar el sector público;

- La invocación a la confianza (y la desconfianza) como conducta social clave mediada por la tecnología.

Bellver (2017), por su parte, ha resumido las críticas al uso de BC en educación en los siguientes puntos:

- Habitual relación con la certificación.
- Tienen interés como repositorios compartidos estatales, internacionales o globales, pero limitada a una institución no ofrece ventajas respecto a los certificados electrónicos actuales.
- Es una tecnología en fase experimental. La única implementación consolidada es la de *Bitcoin*.
- Es una tecnología con una implementación excesivamente compleja, basada en la implementación social de asuntos terriblemente problemáticos (como el uso de la criptografía de clave pública) y con un costo económico y energético considerable.
- Asegura la validez de las transacciones, pero quedaría por resolver el problema de la reputación y la certificación pormenorizada de los aprendizajes personalizados.
- Si el registro de transacciones es público e inalterable, el usuario pierde el derecho a la privacidad y a la definición de su propio *curriculum vitae*. No puede decidir qué partes prefiere mostrar u ocultar.
- Exagerar el potencial de BC para transformar la educación implica reducir una vez más la educación a evaluación, y la evaluación a certificación de competencias.
- La ideología subyacente a BC es el libertarismo o liberalismo libertario. Trasladado a la educación daría soporte a una utopía certificadora global con participación de todos en el mismo plano que las instituciones educativas actuales.

De entre estas críticas podemos encontrar algunas que recogen el prematuro estado de desarrollo de la tecnología. Su evolución en los próximos años mostrará si avanzamos hacia sistemas más económicos y sencillos de utilizar. Otras se refieren al uso de BC para resolver el primer problema: la certificación académica. Otras se plantean algunos retos complejos como el respeto a la privacidad del sujeto respecto a elementos de su currículum o la necesidad de validar la acreditación que recoge la cadena. Y, finalmente, también encontramos referencias a la ideología subyacente o presuntamente subyacente a esta tecnología.

Ignorando aquellas que no pueden ser reflexionadas suficientemente con el actual estado de desarrollo tecnológico, creemos que es posible resumir los grandes retos que plantea la BC en cuatro puntos:

- No es de implementación sencilla e inmediata por motivos sociales, tecnológicos y económicos
- Puede llevar a consecuencias inaceptables según la dirección en que se trabaje o la intencionalidad con que se haga.
- Plantea retos en áreas como la privacidad, la transparencia, la función y el valor de las certificaciones e instituciones "oficiales" y públicas.

- Inquieta a unos ciudadanos que han visto en estos años cómo algunos cambios tecnológicos generan otros cambios no siempre deseables.

6. CONCLUSIÓN

BC es una tecnología disruptiva que, tras unos años de aplicación casi exclusiva como base de la moneda digital, se está mostrando como un recurso abierto con posibilidades en campos cada vez más diferentes.

La clave de ese interés por esta tecnología radica en su capacidad de pasar de un sistema de registro de datos centralizado a un sistema distribuido que asegure la no alteración de la información y el mantenimiento de la privacidad.

Desde hace casi dos años, en el MIT están tratando de aplicar las cadenas de bloque a la certificación académica. Si tenemos en cuenta que en el MIT comenzó el proyecto *OpenCourseware* y que se ha incorporado al movimiento de los MOOC, debemos entender esta aplicación como un paso más hacia un sistema abierto y global de la formación, lo que, entre otras cosas, pondría en discusión la exclusividad certificadora de que gozan hoy en día las instituciones de educación superior.

Pero el concepto de certificación de los aprendizajes también puede aplicarse en relación a proyectos de formación que potencien los itinerarios personalizados para cada estudiante, y que, al tiempo, traten de resolver algunos problemas básicos como una calificación justa y equitativa o la acreditación del camino recorrido.

Es probable que en los próximos años veamos un interés creciente por esta tecnología. Para que ese interés se convierta en aportaciones a la mejora de la educación serán necesarias mentes abiertas pero críticas y una evolución de la tecnología o quizás su sustitución por otras alternativas. Y por supuesto habrá que superar las voces que reaparecen insistiendo en viejos paradigmas didácticos como el del maestro que guía a los estudiantes transmitiéndoles su saber.

7. REFERENCIAS

- Alheit, P. & Dausien, B. (2002). The 'double face' of lifelong learning: Two analytical perspectives on a 'silent revolution'. *Studies in the Education of Adults*, 34(1), 3-22. doi:10.1080/02660830.2002.11661458
- Allison, I. (2015). Bank of England: Central banks looking at 'hybrid systems' using Bitcoin's blockchain technology. *International Business Time*. July 16. Recuperado de <http://www.ibtimes.co.uk/bank-england-central-banks-looking-hybrid-systems-using-bitcoins-blockchain-technology-1511195>
- Arnold, M. (2016). Visa invita a las entidades a probar su nuevo sistema de pagos bancarios basado en la tecnología del 'bitcoin'. *Expansion* (15/9/2016). Recuperado de <http://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2016/09/15/57d190a322601d456d8b45cb.html>

- Back, A, Corallo, M., Dashjr, L., Friedenback, M., Maxwell, G., Miller, A., Poelstra, A., Timon, J., & Wuille, P. (2014). *Enabling Blockchain Innovations with Pegged Sidechains*. Recuperado de <http://www.blockstream.com/sidechains.pdf>
- Bartolomé, A. y Grané, M. (2013). Interrogantes educativos desde la sociedad del conocimiento. *Aloma. Revista de Psicología, Ciències de l'Educació i de l'Esport*, 31 (1), pp.73-82. Recuperado de <http://www.revistaaloma.net/index.php/aloma/article/view/173/115>
- Bartolomé, A. (2011). Comunicación y aprendizaje en la Sociedad del Conocimiento. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 2 (2), 9-46. Recuperado de <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/viewFile/332/331>
- Bellver, C. (2017). Blockchain en educació? Per a qué? [Fichero de video]. Seminario del Centro de Educación y Nuevas Tecnologías (CENT). Universitat Jaume I. . Recuperado de <http://cent.uji.es/pub/seminari-blockchain>
- Breslow, L., Pritchard, D. E., DeBoer, J., Stump, G. S., Ho, A. D., & Seaton, D. T. (2013). Studying learning in the worldwide classroom: Research into edX's first MOOC. *Research & Practice in Assessment*, 8. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1062850.pdf>
- Bruer, J. T. (1999). *The myth of the first three years: A new understanding of early brain development and lifelong learning*. New York: The Free Press.
- Burbules, N. C. (2014). Meanings of “ubiquitous learning”. *Education policy analysis archives*, 22, 104. doi:10.14507/epaa.v22.1880
- Capps, M. (2016). ConsenSys Anticipates Moving Ujo Music Blockchain Rights Management Offering to Beta. *Bitcoin Magazine* (8/11/2016). Recuperado de <https://bitcoinmagazine.com/articles/consensys-anticipates-moving-ujo-music-blockchain-rights-management-offering-to-beta-1478637677/>
- Chaum, D. (1983). Blind signatures for untraceable payments. En Chaum, D., Rivest, R.L, & Sherman, A.T. (eds), *Advances in Cryptology*, pp.199-203. New York: Springer.
- Cope, B., & Kalantzis, M. (Eds.). (2010). *Ubiquitous learning*. Chicago: University of Illinois press. Recuperado de <http://manchesterleap.pbworks.com/f/Ubiquitous+Learning+Book+Review.docx>
- Das, A. K. (2011). Emergence of open educational resources (OER) in India and its impact on lifelong learning. *Library Hi Tech News*, 28(5), 10-15. doi:10.1108/07419051111163848
- Devine, P.M. (2015). Blockchain learning: can crypto-currency methods be appropriated to enhance online learning? En *Proceedings of ALT Online Winter Conference 2015*, 7-10 December 2015. Recuperado de <http://oro.open.ac.uk/44966/>

- Dinevski, D., & Kokol, P. (2004). ICT and lifelong learning. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 7(2). Recuperado de <http://www.eurodl.org/?p=archives&year=2004&halfyear=2&..&article=136>
- Dwyer, G. (2014). *The Economics of Bitcoin and Similar Private Digital Currencies*. July 8. doi:10.2139/ssrn.2434628
- Gallen, P. (2016). ¿Por qué están creando los bancos su propio 'bitcoin'? *El Mundo* (24/8/2016). Recuperado de <http://www.elmundo.es/economia/2016/08/24/57bdc58746163fca1b8b457c.html>
- Golumbia, D. (2015). Bitcoin as Politics: Distributed Right-Wing Extremism. En Lovink, G., Tkacz, N., & de Vries, P. (eds.), *MoneyLab Reader: An Intervention in Digital Economy*, Amsterdam: Institute of Network Cultures. ISBN: 978-90-822345-5-8. Accesible en <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2589890>
- Goswami, D (2016). Unchaining Blockchain: The Ultimate Transparency Tool? *Blog of Government Innovators Network, Harvard Kennedy School, Ash Center for Democratic Governance and Innovation*. (8/6/2016). Recuperado de <https://www.innovations.harvard.edu/blog/unchaining-blockchain-ultimate-transparency-tool>
- Gupta, V. (2017). The Promise of Blockchain Is a World Without Middlemen. *Harvard Business Review* (6/3/2017). Recuperado de <https://hbr.org/2017/03/the-promise-of-blockchain-is-a-world-without-middlemen?>
- Hall, M. (2016). The blockchain revolution: will universities use it, or abuse it? *THE* (28/11/2016). Recuperado de <https://www.timeshighereducation.com/blog/blockchain-revolution-will-universities-use-it-or-abuse-it>
- HIPERTEXTUAL (2017). La ONU usa Ethereum para enviar dinero a los refugiados sirios. *Hipertextual* (13/6/2017). Recuperado de <https://hipertextual.com/2017/06/ethereum-refugiados>
- Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2011). Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 42(4), E65-E70. doi:10.1111/j.1467-8535.2011.01183.x
- Imtiaz, A. (2015). Everledger Joined Allianz Accelerator To Help Find New Application Of The Blockchain. *Paymentweek* (23/12/2015). Recuperado de <https://paymentweek.com/2015-12-23-everledger-joined-allianz-accelerator-to-help-find-new-application-of-the-blockchain-9219/>
- La Belle, T. J. (1982). Formal, nonformal and informal education: A holistic perspective on lifelong learning. *International Review of Education*, 28(2), 159-175. doi:10.1007/BF00598444

- Longworth, N. (2005). *El aprendizaje a lo largo de la vida en la práctica. Transformar la educación en el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- Martin Ortega, E. (2008). Aprender a aprender: clave para el aprendizaje a lo largo de la vida. *Estudios-Investigaciones*, 72. Recuperado de http://fapaes.net/pdf/web_participacion_educativa_09.pdf#page=72
- Parker, L. (2015). Provenance to restore consumer trust with the blockchain. Brave New Coin (5/12/2015). Recuperado de <https://bravenewcoin.com/news/provenance-to-restore-consumer-trust-with-the-blockchain/>
- Pilkington, M. (2016). Blockchain Technology: Principles and Applications. En F. Xavier Olleros & Majlinda Zhegu (Eds.), *Research Handbook on Digital Transformations* (pp. 225-253). Northampton (MA): Edward Elgar.
- Postman, N. (1991). *Divertirse hasta morir*. Barcelona: Editorial de la Tempestad.
- Pérez, I. (2016). Así puede ser el futuro del Blockchain en la salud según las grandes empresas. *Criptonoticias* (29/8/2016). Recuperado de <http://criptonoticias.com/aplicaciones/futuro-blockchain-salud-grandes-empresas>
- Raths, D. (2016). How Blockchain Will Disrupt the Higher Education Transcript. *Campus technology* (16/05/2016). <http://oro.open.ac.uk/44966/>
- Rodríguez, M. (2016). Suecia prueba un nuevo sistema de contratos inteligentes y tecnología blockchain para el registro de la propiedad. *FinTech Observatorio*. Recuperado de <https://fin-tech.es/2016/07/suecia-blockchain-para-el-registro-de-la-propiedad.html>
- Schmidt, P. (2016). Blockcerts— An Open Infrastructure for Academic Credentials on the Blockchain. *MLLearning* (24/10/2016).
- Selwyn, N. (2013). *Distrusting Educational Technology Critical Questions for Changing Times*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Sharples, M. & Domingue, J. (2016). The Blockchain and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward. En Verbert, K., Sharples, M., and Klobučar, T. (eds.) *Adaptive and Adaptable Learning: Proceedings of 11th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2015)*, Lyon, France, 13 - 16 September 2016. *Lecture Notes in Computer Science*. Switzerland: Springer, pp. 490–496. doi:10.1007/978-3-319-45153-4_48
- Smith, K., & Bickford, C. J. (2004). Lifelong learning, professional development, and informatics certification. *Computers Informatics Nursing*, 22(3), 172-178.
- Srinivisan, B.S. (2015). A bitcoin miner in every device and in every hand. *Medium blog post*, May 18. Recuperado de <https://medium.com/@21dotco/a-bitcoin-miner-in-every-device-and-in-every-hand-e315b40f2821>
- Thompson, C. (2011). How Khan Academy is changing the rules of education. *Wired Magazine*, 126, 1-5. Recuperado de https://www.wired.com/2011/07/ff_khan/

Tuijnman, A., & Boström, A. K. (2002). Changing notions of lifelong education and lifelong learning. *International Review of Education*, 48(1-2), 93-110. doi:10.1023/A:1015601909731

Watters, A. (2016, 14 de abril). The Ideology of the Blockchain (for Education). [Entrada de Weblog]. Accesible en <http://hackeducation.com/2016/04/14/blockchain-ideology>

Woods, T. (2015). This couple got married on the blockchain. Technically Brooklyn (11/11/2015). Recuperado de <https://technical.ly/brooklyn/2015/11/11/couple-got-married-blockchain/>

Wright, A. & De Filippi, P., (2015). Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia. *SSRN site* (10/3/2015). Recuperado de <http://ssrn.com/abstract=2580664>

Para referenciar este artículo:

Bartolomé, A.R., Bellver, C., Castañeda, L. Adell, J. (2017). Blockchain en educación: introducción y crítica al estado de la cuestión. *EDUtec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 61. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2018.61>