

Análisis crítico de la inclusión educativa trabajada desde la perspectiva de la tecnología *blockchain*

Raúl Jaime Maestre

Profesor asociado en ESIC Business & Marketing School (Barcelona, España)

raul.jaime@esic.edu | <https://orcid.org/0000-0003-3669-8992>

Extracto

La inclusión educativa se ha consolidado como un pilar esencial en las políticas y reformas del sistema educativo, centradas en garantizar el acceso equitativo, la participación activa y el éxito académico de todos los estudiantes, en especial de aquellos pertenecientes a grupos históricamente marginados. En este contexto, la irrupción de tecnologías emergentes, como la *blockchain*, representa una oportunidad disruptiva para reconfigurar estructuras educativas tradicionales, muchas veces excluyentes o burocratizadas.

A medida que la educación se adapta hacia modelos más digitales, abiertos y descentralizados, resulta crucial analizar cómo la tecnología *blockchain* puede no solo transformar la gestión educativa, sino también promover entornos más inclusivos. Este artículo realiza un análisis crítico sobre el papel de la tecnología *blockchain* en la inclusión educativa, evaluando sus aplicaciones prácticas, como el registro inmutable de credenciales, la creación de identidades digitales descentralizadas, la emisión de microcredenciales y el uso de contratos inteligentes para automatizar procesos administrativos.

Mediante el análisis de casos de estudio relevantes, como el MIT Media Lab, la Universidad de Nicosia e IEBS Business School, y de una revisión exhaustiva de la literatura científica reciente, el artículo contribuye a una comprensión profunda de las implicaciones actuales y futuras de integrar la tecnología *blockchain* en políticas y prácticas educativas inclusivas.

Palabras clave: inclusión; educativa; tecnología *blockchain*; credenciales; transparencia; descentralización.

Recibido: 16-01-2025 | Aceptado: 27-03-2025 | Publicado: 05-09-2025

Cómo citar: Análisis crítico de la inclusión educativa trabajada desde la perspectiva de la tecnología *blockchain*. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 32, 160-184. <https://doi.org/10.51302/tce.2025.24303>

Critical analysis of educational inclusion from a blockchain technology perspective

Raúl Jaime Maestre

Adjunct professor at ESIC Business & Marketing School (Barcelona, Spain)

raul.jaime@esic.edu | <https://orcid.org/0000-0003-3669-8992>

Abstract

Educational inclusion has become a fundamental pillar in educational system policies and reforms, aimed at ensuring equitable access, active participation, and academic success for all students, especially those from historically marginalized groups. In this context, the emergence of disruptive technologies such as blockchain represents a transformative opportunity to reconfigure traditional educational structures, which are often exclusionary or burdened by bureaucracy.

As education shifts toward more digital, open, and decentralized models, it is essential to examine how blockchain technology can not only revolutionize educational management but also foster more inclusive learning environments. This article offers a critical analysis of blockchain's role in educational inclusion, exploring its practical applications such as immutable credential recording, decentralized digital identity creation, the issuance of microcredentials, and the use of smart contracts to automate administrative processes.

Through the analysis of relevant case studies, such as MIT Media Lab, the University of Nicosia, and IEBS Business School, and a comprehensive review of recent scientific literature, this article contributes to a deeper understanding of the present and future implications of integrating blockchain technology into inclusive educational policies and practices.

Keywords: inclusion; education; blockchain technology; credentials; transparency; decentralization.

Received: 16-01-2025 | Accepted: 27-03-2025 | Published: 05-09-2025

Citation: Jaime Maestre, R. (2025). Critical analysis of educational inclusion from a blockchain technology perspective. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 32, 160-184. <https://doi.org/10.51302/tce.2025.24303>



Sumario

1. Introducción
 2. Objetivos y metodología
 3. Tecnología *blockchain* e inclusión educativa en los centros educativos
 - 3.1. Tecnología *blockchain* aplicada a la educación
 - 3.2. Inclusión educativa en los centros de enseñanza a través de la tecnología *blockchain*
 - 3.3. Beneficios potenciales de la tecnología *blockchain* en la inclusión educativa
 - 3.4. Desafíos y limitaciones a las que se enfrenta la inclusión educativa trabajada desde la perspectiva de la tecnología *blockchain*
 4. Resultados: proyectos sobre la inclusión educativa trabajada desde la perspectiva de la tecnología *blockchain*
 - 4.1. MIT Media Lab
 - 4.2. Universidad de Nicosia
 - 4.3. IEBS Business School
 - 4.4. Cuadro comparativo de proyectos de empresas del sector educativo que utilizan tecnología *blockchain* para la inclusión educativa
 5. Discusión: el futuro de la inclusión educativa y de la tecnología *blockchain*
 6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Nota: el autor del artículo declara que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este proyecto y aportación académica se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes.

1. Introducción

La inclusión educativa busca garantizar que todos los estudiantes, en cualquier etapa de la educación, independientemente de sus capacidades, nivel socioeconómico o condiciones culturales, tengan acceso a oportunidades igualitarias de aprendizaje (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2017). Este principio no solo engloba la presencia física en un entorno educativo, sino también la participación activa y los logros académicos de todos los estudiantes, especialmente de aquellos que pertenecen a grupos considerados en alguna situación de vulnerabilidad.

Con el creciente proceso de digitalización del aprendizaje y la adopción de tecnologías disruptivas, la educación se enfrenta tanto a desafíos como a oportunidades. Las tecnologías emergentes, como es el caso de la tecnología *blockchain*, se encuentra en el momento de ser una solución que puede mejorar la transparencia, la equidad y la inclusión en los sistemas educativos (Grech y Camilleri, 2017). Al proporcionar una infraestructura descentralizada y segura para la gestión de datos y credenciales, la tecnología *blockchain* podría transformar la forma en que las instituciones educativas están trabajando, interactúan y apoyan a sus estudiantes.

La «tecnología *blockchain*» se define como un registro distribuido e inmutable (Nakamoto, 2008) que tiene muchas aplicaciones en diferentes áreas dentro de la educación. Desde la verificación de credenciales hasta la creación de identidades digitales seguras para los estudiantes, su adopción podría resolver problemas relacionados con la inclusión educativa, como la exclusión de estudiantes que carecen de documentación o aquellos cuyas credenciales no son reconocidas debido a conflictos o migración.

Además, la tecnología *blockchain* también permite registrar y verificar logros educativos informales mediante el uso de microcredenciales, lo que apoya el aprendizaje continuo y personalizado (Gräther *et al.*, 2018). Al descentralizar la validación de datos educativos, esta tecnología también puede disminuir la dependencia de estructuras institucionales centralizadas, permitiendo un acceso democratizado a la educación.

Sin embargo, la implementación de la tecnología *blockchain* en la educación también presenta una serie de desafíos que se deben abordar para poder garantizar su efectividad y sostenibilidad. Es muy patente en nuestra sociedad que cada vez existe una mayor brecha digital. Además, la preocupación por la privacidad de los datos y la interoperabilidad entre plataformas son algunos de los temas más polémicos.

2. Objetivos y metodología

Los objetivos generales (OG) de este trabajo son los siguientes:

OG1. Explicar la tecnología *blockchain* dentro de la inclusión educativa.

OG2. Presentar ejemplos reales del uso de la tecnología *blockchain* en tres empresas del sector educativo.

La metodología utilizada en este trabajo ha consistido, para el primer objetivo, en la compilación de información mediante artículos académicos y científicos de los últimos tres años y, para el segundo objetivo, en el estudio de casos y su aplicabilidad. La realización del marco teórico, mediante la literatura actual –de los últimos 5 años–, se hace necesaria para aportar conocimiento sobre la herramienta del *blockchain* y su aplicabilidad en la inclusión educativa. Los casos reales se han trabajado desde la información aportada por las mismas empresas a través de dos canales:

- Información de sus páginas web.
- Contacto directo con las empresas vía entrevistas.

3. Tecnología *blockchain* e inclusión educativa en los centros educativos

3.1. Tecnología *blockchain* aplicada a la educación

Blockchain es una tecnología de registro distribuido que permite almacenar información de manera segura, transparente e inmutable (Nakamoto, 2008). En el contexto educativo, sus aplicaciones incluyen la verificación de credenciales, la creación de identidades digitales para estudiantes y la facilitación de la gestión descentralizada de registros (Sharples y Domingue, 2016). Esta tecnología está diseñada para ser resistente a manipulaciones y brinda la posibilidad de descentralizar la validación de datos, lo que tiene implicaciones significativas para la inclusión educativa.

A) Registro inmutable de credenciales en instituciones educativas

El sistema educativo se enfrenta a problemas como la falsificación de títulos y certificados, la pérdida de documentos académicos y la dificultad para validar credenciales emitidas por instituciones extranjeras. La tecnología *blockchain* intenta resolver estos desafíos

al permitir que las credenciales académicas se almacenen en un registro inmutable y distribuido, accesible para estudiantes, empleadores e instituciones educativas de cualquier parte del mundo (Chen *et al.*, 2018).

Esta utilidad descentralizada garantiza que los registros no puedan ser alterados ni eliminados, potenciando la transparencia y disminuyendo el fraude académico (Rivera y Lindín, 2019). Además, ofrece a los estudiantes un control sobre sus datos, ya que estos pueden compartir y verificar sus credenciales de manera rápida y segura sin necesidad de intermediarios (Turkanović *et al.*, 2018).

Un ejemplo práctico de esto es el sistema Blockcerts, desarrollado por el MIT Media Lab, que permite emitir certificados digitales respaldados por la tecnología *blockchain*. Estos certificados se pueden verificar por cualquier tipo de entidad sin necesidad de consultar directamente con la institución que los haya emitido, disminuyendo así los tiempos y los costes asociados a la verificación de credenciales (MIT Media Lab, 2016).

El registro inmutable también tiene implicaciones para la inclusión educativa. Los estudiantes desplazados por conflictos o desastres naturales, que a menudo pierden su documentación académica, pueden beneficiarse de este sistema donde sus credenciales estén protegidas y accesibles digitalmente (Grech y Camilleri, 2017). Asimismo, este sistema promueve la igualdad al garantizar que todos los estudiantes tengan acceso seguro a sus datos académicos, independientemente de su nivel socioeconómico o de su situación geográfica.

B) Creación de identidades digitales descentralizadas en instituciones educativas

La creación de identidades digitales descentralizadas mediante tecnología *blockchain* permite superar uno de los mayores desafíos en el sector educativo: la identificación segura y verificable de los estudiantes. A diferencia de los sistemas tradicionales, donde las instituciones educativas controlan y verifican la identidad de los estudiantes, la tecnología *blockchain* ofrece una solución descentralizada que permite a cada estudiante controlar su identidad digital (Avellaneda *et al.*, 2019).

Las identidades digitales descentralizadas son creadas y almacenadas en la plataforma *blockchain*, lo que permite a los estudiantes mostrar su identidad de manera segura y sin depender de terceros (Grech y Camilleri, 2017). Al utilizar criptografía avanzada, estas identidades digitales no se pueden manipular y pueden incluir no solo información sobre el estudiante, sino también sus credenciales educativas, logros y otra información relevante que la institución educativa quiera destacar.

El enfoque descentralizado de las identidades digitales ofrece beneficios para la inclusión educativa:

- **Acceso universal a los datos académicos.** Los estudiantes desplazados o aquellos que carecen de documentación oficial debido a conflictos, migraciones o condiciones socioeconómicas adversas pueden crear y mantener una identidad educativa que se puede verificar, eliminando barreras burocráticas (Jain *et al.*, 2023).
- **Privacidad y seguridad de los datos académicos.** Los estudiantes tienen el control sobre quién puede acceder a su información académica, disminuyendo el riesgo de uso inapropiado de sus datos (Li *et al.*, 2017).
- **Interoperabilidad de las instituciones educativas.** Las identidades digitales descentralizadas pueden ser reconocidas a nivel internacional, facilitando la movilidad educativa y el reconocimiento a nivel global de credenciales académicas (Sun *et al.*, 2020).

Un ejemplo práctico es el proyecto Sovrin, una red de identidades digitales descentralizadas basada en la tecnología *blockchain* que permite a los usuarios de esta plataforma poseer y gestionar sus datos personales de manera segura. En el contexto educativo, la tecnología *blockchain* permite a los estudiantes demostrar su identidad y sus logros académicos sin necesidad de intermediarios institucionales, consiguiendo así la inclusión y la movilidad educativa globalizada (Avellaneda *et al.*, 2019).

C) Microcredenciales para el reconocimiento del aprendizaje informal del alumnado

La adopción de la tecnología *blockchain* ha fomentado la emisión y verificación de microcredenciales que reconocen el aprendizaje adquirido fuera de los entornos educativos tradicionales. Estas microcredenciales pueden incluir certificaciones de cursos *online*, talleres, seminarios y competencias desarrolladas a través de la experiencia laboral (Gräther *et al.*, 2018).

El uso de microcredenciales tiene una serie de implicaciones para la inclusión educativa:

- **Reconoce el aprendizaje continuo del estudiante.** Promueve una cultura donde el aprendizaje es un proceso constante y flexible, adaptado a las necesidades de cada uno de los estudiantes.
- **Fomenta la personalización de la formación.** Los estudiantes pueden construir perfiles de habilidades únicos que reflejen su experiencia y competencias más allá del aprendizaje de entornos educativos tradicionales.
- **Valida competencias diversas.** Las microcredenciales permiten que las competencias que hayan sido adquiridas en contextos informales sean reconocidas y valoradas por los empresarios y las instituciones educativas.

Además, la tecnología *blockchain* garantiza la verificación de estas microcredenciales, reduciendo el fraude y facilitando el acceso a ofertas laborales o educativas. Un ejemplo práctico es Open Badges, respaldada por Mozilla, que utiliza la tecnología *blockchain* para emitir credenciales digitales verificables (Sharples y Domingue, 2016).

La posibilidad de registrar y verificar microcredenciales también facilita la inclusión de grupos marginados al darles la oportunidad de demostrar sus competencias sin necesidad de contar con títulos de entornos educativos tradicionales, promoviendo así una educación más inclusiva y equitativa.

D) Contratos inteligentes para procesos administrativos en instituciones educativas

Los contratos inteligentes son programas autoejecutables que se ejecutan en la red *blockchain* cuando se cumplen condiciones preestablecidas (Tapscott y Tapscott, 2016). Los contratos inteligentes (*smart contracts*) pueden automatizar y optimizar procesos administrativos críticos dentro del sistema educativo, como la gestión de inscripciones, certificaciones, concesión de becas, verificación de asistencia y pagos de los estudiantes.

Las principales ventajas de los contratos inteligentes para la administración educativa serían los siguientes:

- **Automatización de procesos administrativos.** Los contratos inteligentes pueden automatizar la emisión de certificados y diplomas institucionales, disminuyendo la necesidad de verificación manual.
- **Reducción de costes.** Al eliminar la intermediación humana, se disminuyen los costes asociados a los procesos administrativos.
- **Eficiencia y transparencia en los procesos.** Los procesos automatizados son más rápidos y transparentes, lo que ayuda a una gestión más eficiente de los recursos y disminuye errores humanos a nivel de administración.

Por ejemplo, un contrato inteligente puede automatizar la verificación de requisitos para la concesión de una beca, entregando automáticamente los fondos al estudiante al cumplir con los criterios estipulados. Asimismo, se puede registrar de forma automática la asistencia y participación del estudiante en cursos o programas, mejorando así la integridad de los datos.

La utilización de contratos inteligentes no solo simplifica la administración educativa, sino que también contribuye a la inclusión, al hacer que los servicios educativos sean más accesibles y equitativos para los estudiantes, y disminuye la burocracia de las instituciones

educativas, permitiendo así que los estudiantes de comunidades marginadas o con pocos recursos puedan acceder más fácilmente a los beneficios del sistema educativo.

3.2. Inclusión educativa en los centros de enseñanza a través de la tecnología *blockchain*

La tecnología *blockchain* tiene un gran potencial para transformar la inclusión educativa al intentar superar barreras históricas y estructurales. Las principales formas en las que la tecnología *blockchain* puede contribuir incluyen los siguientes puntos:

- **Acceso universal a las credenciales del alumnado.** Una de las principales barreras en la inclusión educativa es la falta de acceso a registros académicos. La tecnología *blockchain* proporciona un sistema descentralizado que permite a los estudiantes almacenar y acceder a sus credenciales de manera segura y sin depender de las instituciones. Esto beneficia a los alumnos de regiones marginadas, a los migrantes y a los desplazados (Grech y Camilleri, 2017).
- **Reconocimiento universal de las credenciales del alumnado.** La interoperabilidad y la naturaleza verificable de las credenciales almacenadas en *blockchain* facilitan que sean aceptadas a nivel internacional. Esto es especialmente importante para estudiantes que buscan continuar su educación o acceder a oportunidades laborales en diferentes países (Chen *et al.*, 2018).
- **Inclusión de grupos marginados al sistema educativo.** La tecnología *blockchain* puede ser una gran herramienta para incluir a estudiantes que tradicionalmente han quedado fuera de los sistemas educativos formales, como personas en situación de pobreza extrema, refugiados y comunidades rurales sin acceso a infraestructura educativa tradicional (Jain *et al.*, 2023).
- **Disminución de la burocracia en los procesos administrativos.** Mediante el uso de contratos inteligentes, la tecnología *blockchain* permite automatizar procesos administrativos, disminuir costes y eliminar barreras burocráticas que a menudo excluyen a ciertos grupos de estudiantes (Tapscott y Tapscott, 2016).
- **Fomentar el aprendizaje personalizado del estudiante.** La capacidad de emitir microcredenciales y construir perfiles educativos únicos permite a los estudiantes demostrar sus competencias y experiencias de aprendizaje informal, fomentando un enfoque más equitativo y personalizado para evaluar el éxito académico (Gräther *et al.*, 2018).
- **Desafíos de implantación de la tecnología *blockchain*.** No obstante, para maximizar su impacto, la adopción de la tecnología *blockchain* debe superar ciertos desafíos, como la falta de acceso a la tecnología en comunidades desfavorecidas y la necesidad de desarrollar estándares de interoperabilidad y garantizar la privacidad de los datos personales (Li *et al.*, 2017).

3.3. Beneficios potenciales de la tecnología *blockchain* en la inclusión educativa

El uso de la tecnología *blockchain* en la educación ofrece una gran variedad de beneficios que podrían revolucionar el sistema y mejorar la inclusión a nivel educativo:

- **Transparencia y confianza de los datos educativos.** La tecnología *blockchain* proporciona un registro inmutable y accesible públicamente que refuerza la confianza en la autenticidad de los datos educativos. Esto posibilita la disminución del fraude a nivel académico, como la falsificación de títulos o certificados, y permite a trabajadores de las instituciones educativas y a las propias instituciones verificar las credenciales de manera eficiente (Rivera y Lindín, 2019). La transparencia en los procesos educativos también fomenta una mayor claridad por parte de las instituciones.
- **Interoperabilidad global entre instituciones educativas.** La tecnología *blockchain* permite la interoperabilidad entre instituciones educativas de diferentes países, facilitando la transferencia y el reconocimiento de credenciales a nivel internacional. Esto es especialmente beneficioso para estudiantes que buscan movilidad académica o laboral en un contexto globalizado (Chen *et al.*, 2018).

3.4. Desafíos y limitaciones a las que se enfrenta la inclusión educativa trabajada desde la perspectiva de la tecnología *blockchain*

Se debe tener en cuenta el valor transformador de la tecnología en la inclusión educativa. La implementación de tecnología *blockchain* en la educación enfrenta cuantiosos desafíos y limitaciones que deben abordarse para promover una inclusión educativa efectiva:

- **Brecha tecnológica en el ámbito educativo y acceso no equitativo del alumnado.** La adopción de tecnología *blockchain* requiere infraestructura tecnológica avanzada, como acceso a internet de alta velocidad, dispositivos electrónicos y electricidad con un servicio confiable. En muchos países en desarrollo, especialmente en áreas rurales y comunidades marginadas, estas condiciones no se cumplen, y esto provoca que se continúe con las desigualdades existentes (Jain *et al.*, 2023). Además, la falta de alfabetización digital entre los estudiantes y educadores puede ser un límite en la adopción de la tecnología *blockchain*. La formación y el apoyo en el uso de la tecnología *blockchain* son esenciales para superar estas barreras (Grech y Camilleri, 2017).
- **Estándares de interoperabilidad entre instituciones educativas.** Aunque la tecnología *blockchain* tiene el potencial de unir los diferentes sistemas educativos globales, la falta de estándares internacionales para la emisión y verificación

de credenciales puede limitar su aplicación. Las diferencias en los sistemas educativos, las normativas legales y las tecnologías utilizadas por diferentes países presentan un obstáculo significativo (Chen *et al.*, 2018).

- **Privacidad y seguridad de los datos de los estudiantes.** La tecnología *blockchain* ofrece seguridad inherente, pero también plantea inquietudes sobre la privacidad de los datos personales. La información almacenada en la red *blockchain* es inmutable, lo que significa que los errores o datos sensibles podrían permanecer accesibles indefinidamente. Además, garantizar el cumplimiento de normativas como el Reglamento General de Protección de Datos es un desafío adicional para esta tecnología (Rivera y Lindín, 2019).
- **Costes de implementación de la tecnología para las instituciones educativas.** El desarrollo y la implementación de sistemas basados en la tecnología *blockchain* pueden ser bastante costosos por su funcionamiento a través de criptomonedas, lo que representa una barrera para muchas instituciones educativas, especialmente en países en vías de desarrollo. Los costes iniciales incluyen infraestructuras, desarrollos de *software* y formación del personal (Turkanović *et al.*, 2018).
- **Resistencia al cambio por parte de las instituciones educativas.** La transición de sistemas educativos tradicionales a soluciones basadas en tecnología *blockchain* se enfrenta a cierta resistencia por parte de las instituciones educativas, los formadores y los responsables de crear las normas institucionales. La preocupación sobre la complejidad, los costes y la efectividad de la tecnología *blockchain* puede retrasar su adopción generalizada (Tapscott y Tapscott, 2016).

4. Resultados: proyectos sobre la inclusión educativa trabajada desde la perspectiva de la tecnología *blockchain*

4.1. MIT Media Lab

Este laboratorio implementó un sistema de certificados digitales basado en la tecnología *blockchain*, permitiendo a los estudiantes controlar y compartir sus credenciales de manera segura a cualquier institución educativa o a cualquier empresa para hacer verificaciones en procesos de selección (MIT Media Lab, 2016). Esta iniciativa ha demostrado cómo las credenciales digitales pueden ser más seguras y eficientes que los documentos tradicionales.

A) Definición y funciones de los certificados educativos basados en la tecnología *blockchain*

Los certificados educativos basados en tecnología *blockchain* son documentos digitales que validan los logros académicos de una persona (títulos, diplomas, certificados

de cursos, entre otros) y se almacenan de forma segura en una red *blockchain* (Jaime Maestre *et al.*, 2023). La tecnología *blockchain* es una base de datos distribuida que se caracteriza por su capacidad de mantener registros inmutables y transparentes (Jaime Maestre, 2019). Esta tecnología permite que la verificación de estos certificados sea confiable y fácil de realizar, sin necesidad de intermediarios, como universidades o terceros que realicen la validación externa.

Se pueden considerar las siguientes ventajas clave a la hora de utilizar certificados educativos basados en la tecnología *blockchain* (Jaime Maestre, 2023):

- **Autenticidad.** La tecnología *blockchain* garantiza que los certificados no puedan ser falsificados o alterados una vez que se emiten.
- **Seguridad.** El acceso a los certificados es seguro y controlado por el estudiante (el titular del documento), lo que disminuye el riesgo de suplantación de identidad o fraudes.
- **Accesibilidad.** Los certificados son accesibles en cualquier lugar y momento, lo que facilita poderlos compartir con empresas empleadoras, universidades o plataformas en línea.
- **Reducción de costes y tiempo.** Al eliminar la necesidad de intermediarios para verificar los certificados, se agiliza el proceso y se reducen los costes asociados con la validación manual.

B) Tecnología *blockchain* para certificados educativos

El MIT Media Lab ha sido una de las instituciones educativas impulsoras de la adopción de la tecnología *blockchain* dentro del sector educativo, específicamente en la emisión de credenciales académicas. En 2016, el MIT Media Lab inició su proceso de implementación de una plataforma basada en la tecnología *blockchain* para emitir certificados académicos en colaboración con Learning Machine, una *startup* que se dedicaba a la verificación de credenciales.

La plataforma dedicada a la verificación de credenciales del MIT Media Lab utiliza la tecnología *blockchain* para emitir certificados digitales que son verificables por parte del estudiante. Estos certificados no solo son válidos dentro del sistema académico, sino que también pueden ser compartidos con empresas que ofrecen puestos de trabajo o con cualquier tipo de redes profesionales. Los estudiantes pueden almacenar y controlar sus credenciales sin necesidad de terceros o intermediarios, y las empresas que ofrecen trabajo pueden verificar la autenticidad de estos directamente a través de la red *blockchain*.

Esta iniciativa se inició con un pequeño grupo de estudiantes, pero rápidamente se expandió a otros departamentos dentro del MIT Media Lab. Además, los certificados digitales

emitidos por el MIT Media Lab no solo permiten a los estudiantes compartir credenciales en plataformas en línea, sino que también aseguran la integridad del proceso de certificación de la propia institución educativa.

C) Impacto de los certificados educativos en la inclusión educativa

Los certificados basados en la tecnología *blockchain* no solo mejoran la veracidad de los diplomas, sino que también tienen un gran potencial para potenciar la inclusión educativa, especialmente en comunidades marginadas o menos accesibles (MIT Media Lab, 2016). Algunas de las formas en que esto se puede lograr serían las siguientes:

- **Acceso global a la información del estudiante.** Las credenciales basadas en la tecnología *blockchain* pueden ser accesibles para cualquier persona, independientemente de donde esté su ubicación. Esto facilita que aquellas personas que viven en países en vías de desarrollo o en áreas rurales puedan acceder a sus certificados educativos sin necesidad de viajar a una institución educativa o sin utilizar costosos servicios de validación.
- **Democratización del sistema educativo.** La capacidad de emitir y compartir certificados sin depender de entidades centralizadas o terceros, como universidades, permite que los estudiantes tengan una mayor autonomía sobre su proceso educativo. Esto es fundamental para aquellos que pueden no tener acceso a instituciones educativas tradicionales.
- **Empoderamiento de los estudiantes.** La tecnología *blockchain* permite que los estudiantes, no las instituciones, tengan el control de sus credenciales. Esto puede fomentar el empoderamiento para aquellos que han sido históricamente excluidos de los sistemas educativos formales.

4.2. Universidad de Nicosia

Esta universidad fue pionera en emitir diplomas utilizando *blockchain* y mejoró la verificación de credenciales a nivel global (Grech y Camilleri, 2017). Esta implementación ha inspirado a que otras instituciones exploren soluciones tecnológicas similares.

A) Programas académicos y moneda digital creados en tecnología *blockchain*

En 2014, la Universidad de Nicosia lanzó el primer programa del MSc in Blockchain and Digital Currency, disponible en formato en línea para estudiantes de todo el mundo. Este programa abordó aspectos fundamentales de las monedas digitales y de la tecnología

blockchain, incluyendo contratos inteligentes y arquitecturas asociadas, como la plataforma Ethereum. El objetivo es preparar a los estudiantes para comprender el impacto de estas tecnologías en diversas aplicaciones, incluyendo aquellas basadas en inteligencia artificial, aprendizaje automático e internet de las cosas (Apraxine y Styliano, 2017).

B) Certificación de diplomas a través de la tecnología *blockchain*

En 2017, la Universidad de Nicosia se convirtió en la primera institución educativa de enseñanza superior en el mundo en realizar certificaciones de sus diplomas utilizando tecnología *blockchain*. Esta innovación garantiza la autenticidad y seguridad de las credenciales académicas, facilitando su verificación y reduciendo el riesgo de fraude (Apraxine y Styliano, 2017).

C) Fomento de la inclusión educativa trabajando con la tecnología *blockchain*

La Universidad de Nicosia adoptó un enfoque innovador desarrollando la inclusión educativa con tecnología *blockchain* para superar barreras geográficas, económicas y sociales. Este compromiso con la educación accesible y globalmente inclusiva se centra en tres pilares principales (Apraxine y Styliano, 2017):

- Accesibilidad a programas educativos de calidad.
- Democratización del acceso a las credenciales académicas.
- Apoyo financiero equitativo para sus estudiantes.

D) Accesibilidad globalizada a los programas académicos

La Universidad de Nicosia ofrece programas educativos en línea diseñados para ser accesibles desde cualquier parte del mundo. Uno de los ejemplos que se pueden destacar es el MSc in Blockchain and Digital Currency, un programa completamente en línea que permite a los estudiantes aprender sobre tecnología *blockchain*, criptomonedas y aplicaciones descentralizadas sin necesidad de asistir físicamente al campus. Este modelo de aprendizaje virtual tiene tres características principales:

- Permite a los estudiantes de diferentes partes del mundo acceder a la educación.
- Facilita la participación de profesionales en activo que pueden adaptar el aprendizaje a sus horarios laborales.
- Atrae a una comunidad diversa de estudiantes, lo que enriquece el intercambio de experiencias y perspectivas culturales.

Además, los cursos en línea están diseñados para ser interactivos, utilizando foros, proyectos colaborativos y materiales de aprendizaje multimedia que garantizan una experiencia educativa integral por parte de los estudiantes.

E) Democratización de las credenciales académicas a través de la tecnología *blockchain*

En 2017, la Universidad de Nicosia se convirtió en la primera institución del mundo en utilizar la tecnología *blockchain* para emitir certificados académicos. Esto representó un avance significativo en términos de inclusión educativa por tres factores:

- **Verificación universal de las certificaciones.** Los certificados emitidos en tecnología *blockchain* son verificables de forma inmediata y globalizada, eliminando la dependencia de instituciones o de terceros y disminuyendo los retrasos y los costes asociados con la verificación de las credenciales.
- **Acceso permanente a las credenciales.** Los estudiantes tienen acceso permanente a sus certificados, sin importar cambios en las políticas institucionales o posibles interrupciones administrativas.
- **Disminución de desigualdades entre los estudiantes.** Esta metodología evita la discriminación que podría surgir en procesos de verificación manual, donde las instituciones menos conocidas suelen enfrentarse a cuestionamientos sobre la autenticidad de sus títulos o certificaciones.

F) Apoyo financiero y becas a través de tecnología *blockchain* para el alumnado

Para fomentar aún más la inclusión, la Universidad de Nicosia ofrece programas de becas que ayudan a disminuir las barreras económicas que pueden tener los estudiantes con pocos ingresos. Las becas se otorgan en función de dos criterios principales:

- **Méritos académicos del estudiante.** El alumnado con un rendimiento académico sobresaliente puede acceder a becas que cubren total o parcialmente sus costes de matrícula en la universidad.
- **Necesidad económica del estudiante.** La universidad evalúa las circunstancias económicas de los solicitantes para poder garantizar así que aquellos con dificultades financieras puedan continuar los estudios en su universidad.

Además, los costes de los programas en línea son significativamente más reducidos en comparación con los programas presenciales, disminuyendo aún más las barreras económicas que existen entre los estudiantes.

G) Creación de una comunidad inclusiva en la plataforma educativa

La Universidad de Nicosia utiliza su plataforma educativa en línea para construir una comunidad inclusiva y diversa. Los estudiantes de más de 100 países tienen la oportunidad de interactuar entre ellos y colaborar en proyectos que abordan problemas globales relacionados con la tecnología *blockchain*. Con todo lo anterior, la universidad consigue:

- Ampliar las oportunidades para el aprendizaje intercultural de sus estudiantes.
- Promover una red de contactos globales que fomenta la cooperación y el intercambio de ideas entre sus estudiantes.
- Ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades sociales y técnicas necesarias para afrontar los desafíos de un mundo cada vez más globalizado.

4.3. IEBS Business School

Conocida como la «Escuela de Negocios de la Innovación y los Emprendedores», la IEBS Business School es una institución educativa que destaca por adoptar tecnologías emergentes para la transformación de la educación superior. En la búsqueda de innovación, fue una de las primeras escuelas de negocios en implementar la tecnología *blockchain* para emitir credenciales académicas digitales (Jaime Maestre *et al.*, 2023).

A) ¿Por qué esta escuela apuesta por la tecnología *blockchain*?

Esta escuela de negocios identifica varios problemas en los modelos tradicionales de acreditación académica de las instituciones educativas de enseñanza superior (Jaime Maestre *et al.*, 2023). Destacan tres de ellos:

- **Falsificación de credenciales académicas.** Las instituciones educativas afrontan el desafío de verificar títulos y certificados legítimos, mientras que las empresas que ofrecen empleos deben invertir tiempo y recursos en confirmar la autenticidad de las credenciales de los estudiantes.
- **Acceso inequitativo a la certificación.** Los estudiantes en regiones poco favorecidas o con acceso limitado a infraestructura digital suelen enfrentarse a barreras para guardar y verificar credenciales académicas.
- **Reconocimiento internacional de los títulos o certificaciones.** Los estudiantes que buscan oportunidades internacionales a menudo se enfrentan a dificultades para que sus títulos sean aceptados globalmente.

Frente a estos desafíos, la IEBS Business School adoptó la tecnología *blockchain* como una herramienta para intentar corregir estos problemas de manera innovadora, promoviendo la inclusión educativa al democratizar el acceso a las credenciales académicas.

B) Implementación de la tecnología *blockchain*

La implementación de la tecnología *blockchain* en la IEBS Business School se centra en su uso para emitir certificados digitales verificables. Estos certificados son emitidos directamente al estudiante y almacenados en la red *blockchain*, lo que da tres garantías (Jaime Maestre *et al.*, 2023):

- **Inmutabilidad de los títulos.** Los certificados no pueden ser alterados o falsificados, asegurando la autenticidad de la información.
- **Portabilidad de los títulos.** Los estudiantes pueden acceder a sus credenciales desde cualquier lugar del mundo, eliminando barreras geográficas.
- **Verificación instantánea.** Las empresas que ofrecen trabajo y las instituciones educativas pueden verificar las credenciales en tiempo real sin necesidad de intermediarios o terceros.

C) Contribuciones de la tecnología *blockchain* en la inclusión educativa

La adopción de la tecnología *blockchain* por parte del IEBS Business School ha tenido un impacto significativo en términos de inclusión educativa. Las principales aportaciones son las siguientes (Jaime Maestre *et al.*, 2023):

- **Acceso equitativo a las credenciales de los estudiantes.** La IEBS Business School garantiza que todos sus estudiantes, independientemente de su ubicación geográfica o nivel socioeconómico, puedan acceder a sus certificaciones. Esto es particularmente significativo para estudiantes de países en vía de desarrollo o regiones con infraestructura limitada.
- **Reconocimiento global de credenciales.** Las certificaciones emitidas por la IEBS Business School pueden ser reconocidas globalmente gracias a la interoperabilidad de la tecnología *blockchain*. Esto disminuye la necesidad de complejos procesos de validación en países extranjeros, facilitando la movilidad académica y profesional.
- **Poder en manos de los estudiantes.** Al permitir que los estudiantes sean los propietarios de sus datos académicos, la IEBS Business School fomenta la autonomía y disminuye la dependencia de instituciones intermediarias para el acceso a sus credenciales.

- **Inclusión de grupos menos favorecidos.** La tecnología *blockchain* permite que los estudiantes de grupos menos favorecidos o en situaciones de vulnerabilidad puedan acceder a credenciales digitales verificables, eliminando barreras relacionadas con la falta de documentación formal.

D) Impacto detectado en el mercado laboral y en la sociedad

El proyecto de la IEBS Business School no solo beneficia a los estudiantes, sino también a los empleadores y a la sociedad en general (Jaime Maestre *et al.*, 2023). En el caso de los empleadores, las empresas que ofrecen trabajos pueden verificar de forma rápida y fiable las credenciales de los candidatos, reduciendo costes administrativos y eliminando la necesidad de procesos largos de validación. En cuanto a la sociedad se refiere, la transparencia en las credenciales académicas da mayor confianza en el sistema educativo, promueve la movilidad laboral y mejora las oportunidades de empleo, especialmente para estudiantes en situación de vulnerabilidad.

4.4. Cuadro comparativo de proyectos de empresas del sector educativo que utilizan tecnología *blockchain* para la inclusión educativa

En el cuadro 1 se muestran comparativamente los proyectos educativos comentados anteriormente, analizando en detalle la tecnología *blockchain* en cada uno de ellos.

Cuadro 1. **Proyectos en el sector educativo**

Aspecto	MIT Media Lab	Universidad de Nicosia	IEBS Business School
Objetivo principal	Garantizar la verificación descentralizada de credenciales académicas.	Implementar títulos digitales verificables y fomentar la educación sobre <i>blockchain</i> .	Ofrecer certificaciones <i>blockchain</i> para mejorar la credibilidad y la accesibilidad educativa.
Tecnología utilizada	Blockcerts, un estándar abierto para credenciales digitales en <i>blockchain</i> .	Certificados académicos en la <i>blockchain</i> pública de Bitcoin.	Plataforma basada en Ethereum para certificados digitales.
Grado de adopción	Implementado desde 2016 con certificaciones en <i>blockchain</i> para sus estudiantes.	Primera universidad en ofrecer un máster en <i>blockchain</i> y criptomonedas con certificaciones en <i>blockchain</i> .	Ofrece cursos en línea con certificaciones verificables en <i>blockchain</i> desde 2020.



Aspecto	MIT Media Lab	Universidad de Nicosia	IEBS Business School
Beneficios en la inclusión educativa	Facilita la portabilidad y autenticidad de credenciales, beneficiando a estudiantes migrantes o sin acceso a documentación física.	Democratiza el acceso a la educación <i>blockchain</i> y garantiza el reconocimiento global de los títulos.	Permite que estudiantes de cualquier parte del mundo accedan a certificaciones verificables sin depender de intermediarios.
Casos de éxito	Más de 2.000 certificados digitales emitidos en <i>blockchain</i> .	Expansión de su programa de <i>blockchain</i> a nivel internacional, con miles de alumnos inscritos.	Aumento de la credibilidad de los cursos <i>online</i> y fortalecimiento de la inclusión en la educación digital.
Desafíos	Falta de adopción masiva por parte de otras universidades. Dependencia de una infraestructura tecnológica avanzada.	Mayor integración con las plataformas educativas globales. Mayor conocimiento sobre <i>blockchain</i> en la comunidad académica.	Accesibilidad tecnológica. Necesidad de formación previa en <i>blockchain</i> para su correcta implementación.

Fuente: elaboración propia.

5. Discusión: el futuro de la inclusión educativa y de la tecnología *blockchain*

La unión de la inclusión educativa y de la tecnología *blockchain* ha transformado el sector educativo global. En un mundo cada vez más interconectado y digital, la capacidad de la tecnología *blockchain* para ofrecer credenciales verificables, transparentes y accesibles tiene el potencial de eliminar barreras estructurales en la educación y democratizar el acceso al conocimiento. Sin embargo, estas posibilidades vienen acompañadas de desafíos significativos y de la necesidad de diseñar políticas educativas que integren la tecnología *blockchain* de manera inclusiva y equitativa.

A) Democratización globalizada del acceso al sistema educativo

La tecnología *blockchain* puede ser un elemento clave para garantizar la inclusión educativa a nivel global. Al permitir que los estudiantes sean los propietarios de sus credenciales educativas, la tecnología *blockchain* elimina la dependencia de los sistemas centralizados o de terceros. Esto tiene implicaciones, especialmente para:

- **Refugiados y migrantes.** Con frecuencia, las personas desplazadas carecen de acceso a sus credenciales educativas debido a la pérdida de documentos físicos

o a la destrucción de registros institucionales en sus países de origen. La tecnología *blockchain* proporciona una solución al permitir el acceso permanente a credenciales verificables en cualquier lugar del mundo (Grech y Camilleri, 2017).

- **Regiones en desarrollo.** En áreas con sistemas educativos deficientes o infraestructura inadecuada, la tecnología *blockchain* puede garantizar que las credenciales académicas sean reconocidas internacionalmente, fomentando la movilidad social y laboral (Chen *et al.*, 2018).

Además, los programas de microcredenciales respaldados por la tecnología *blockchain* facilitan el acceso a aprendizajes especializados, permitiendo que los estudiantes adquieran habilidades específicas en cursos de corta duración y acumulen un portafolio digital verificable (Jain *et al.*, 2023).

B) Personalización del proceso de aprendizaje del estudiante

El futuro de la educación está orientado hacia el aprendizaje personalizado. La tecnología *blockchain*, combinada con tecnologías como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, puede ayudar a diseñar currículos adaptados a las necesidades y a los objetivos individuales de los estudiantes del siguiente modo:

- **Certificación modular.** Los estudiantes podrían acumular certificados de distintas instituciones educativas o plataformas en itinerarios de aprendizaje que combinen educación formal e informal. Este enfoque fomenta el aprendizaje flexible del estudiante y es adaptable a las demandas del mercado laboral (Turkanović *et al.*, 2018).
- **Portabilidad global.** Los certificados almacenados en redes *blockchain* son reconocidos por empresas que ofrecen trabajo y por instituciones educativas a nivel mundial, eliminando los largos procesos de convalidación (Jaime Maestre *et al.*, 2023).

Además, esta personalización puede mejorar la igualdad educativa al permitir que los estudiantes de diferentes niveles socioeconómicos puedan acceder a oportunidades educativas adaptadas a sus realidades personales.

C) Transparencia y ética en el sistema educativo

La implementación de la tecnología *blockchain* ayuda a dar una mayor transparencia a las certificaciones educativas y a los procesos de admisión. Esto se consigue de la siguiente manera:

- **Eliminando la falsificación de certificaciones.** La tecnología *blockchain* hace casi imposible la manipulación de credenciales académicas, lo que protege la integridad de los sistemas educativos (Rivera y Lindín, 2019).
- **Disminuyendo sesgos en la admisión de los estudiantes.** La tecnología *blockchain* permite la creación de un registro transparente de logros académicos, reduciendo la discriminación en los procesos de admisión y contratación (Chen *et al.*, 2018).
- **Seguimiento ético.** A medida que la tecnología *blockchain* almacena datos educativos, es esencial garantizar el uso ético de esta información para evitar problemas de privacidad y discriminación de los estudiantes (Li *et al.*, 2017).

D) Impulsar el reconocimiento del aprendizaje informal para el alumnado

En el futuro, la tecnología *blockchain* ayudará a validar y reconocer aprendizajes obtenidos fuera de entornos educativos formales o reglados. Este enfoque es particularmente beneficioso para:

- **Reconocimiento de habilidades digitales de los estudiantes.** Competencias conseguidas a través de cursos en línea, plataformas de aprendizaje como Coursera o edX y otras formas de educación que se pueden considerar no tradicionales.
- **Reconocimiento de la experiencia laboral.** La tecnología *blockchain* permite que las empresas puedan emitir certificados que se verifiquen para validar experiencias laborales relevantes, lo que va a ampliar al acceso a nuevas oportunidades laborales (Tapscott y Tapscott, 2016).

Esto conseguirá romper con las estructuras tradicionales de acreditación educativa, promoviendo la igualdad y la accesibilidad de las instituciones educativas.

E) Desafíos para las infraestructuras educativas y la brecha digital existente

A pesar de lo prometedora que se presenta la tecnología *blockchain*, su implementación a nivel generalizado se enfrenta a desafíos significativos, entre ellos:

- **Acceso a la tecnología por parte de los estudiantes.** Para que la tecnología *blockchain* tenga un impacto inclusivo en todos sus aspectos, es esencial cerrar la brecha digital existente. Muchos países carecen de acceso fiable a internet o a dispositivos tecnológicos, lo que puede potenciar las desigualdades existentes en lugar de disminuirlas (Li *et al.*, 2017).

- **Estándares universales para el sistema educativo.** Actualmente, no existe un estándar universal para la emisión y el reconocimiento de credenciales en la tecnología *blockchain*. Esto podría limitar la interoperabilidad entre diferentes instituciones y países (Grech y Camilleri, 2017).
- **Sostenibilidad energética.** Las cadenas de bloques públicas, como las utilizadas para la criptomoneda bitcoin, consumen grandes cantidades de energía. Aunque se están desarrollando tecnologías más eficientes, es necesario disminuir el impacto ambiental para que sea un beneficio real para el sistema educativo (Jain *et al.*, 2023).

F) El futuro de la financiación del sistema educativo

Otra implicación importante es la posibilidad de utilizar la tecnología *blockchain* para mejorar los sistemas de financiación educativa:

- **Becas y subvenciones.** La tecnología *blockchain* puede facilitar la distribución transparente de becas y subsidios, asegurando que los fondos lleguen directamente a los estudiantes y no se retrasen en el proceso.
- **Micropagos y crowdfunding.** Los estudiantes podrían utilizar plataformas basadas en la tecnología *blockchain* para financiar sus estudios mediante contribuciones pequeñas de múltiples patrocinadores, democratizando el acceso a recursos financieros (Chen *et al.*, 2018).

6. Conclusiones

El análisis de la relación entre la inclusión educativa y la tecnología *blockchain* resalta el inmenso potencial transformador de esta unión en los sistemas educativos a nivel mundial. La capacidad de la tecnología *blockchain* para descentralizar y hacer más transparentes los procesos, proporcionar credenciales verificables y fomentar la equidad educativa sugiere que su adopción podría redefinir el acceso al conocimiento, la validación de aprendizajes y la movilidad educativa y laboral de los estudiantes. Sin embargo, este potencial transformador viene acompañado de desafíos técnicos, éticos y sociales que deben ser abordados de manera conjunta.

A pesar de los considerables beneficios, el desarrollo generalizado de la tecnología *blockchain* en el sistema educativo se enfrenta a desafíos significativos. La brecha digital y las desigualdades tecnológicas son palpables entre los estudiantes de diferentes países, ya que la tecnología *blockchain* potencia la inclusión, pues su implementación necesita de

una infraestructura tecnológica bastante avanzada. Los países con acceso limitado a internet o a dispositivos tecnológico corren el riesgo de quedar relegados, potenciando las desigualdades existentes entre los sistemas educativos (Li *et al.*, 2017).

Por otra parte, nos encontramos cuestiones éticas y de privacidad de los alumnos, ya que el uso de la tecnología *blockchain* implica el almacenaje de los datos personales y sensibles de los estudiantes, lo que plantea la preocupación por la seguridad y por el uso indebido de estos datos. Además, que los sistemas de tecnología *blockchain* sean igualitarios requiere evitar sesgos en los algoritmos que siguen perpetuando estas desigualdades (Turkanović *et al.*, 2018).

El uso de la tecnología *blockchain* en la inclusión educativa no solo intenta solucionar problemas, sino que también plantea diferentes oportunidades para el futuro del sistema educativo. El primero de ellos es el aprendizaje personalizado y por itinerarios, donde la capacidad de la tecnología *blockchain* para registrar y autenticar el progreso del estudiante de manera gradual puede facilitar los itinerarios educativos personalizados, fomentando el aprendizaje a lo largo de la vida estudiantil del alumno (Chen *et al.*, 2018). El segundo, la colaboración globalizada de las instituciones educativas, ya que la interoperabilidad de las plataformas basadas en la tecnología *blockchain* puede permitir que dichas instituciones y las empresas que dan trabajo a los estudiantes de diferentes países reconozcan las credenciales de manera igualitaria, promoviendo la movilidad académica de sus estudiantes y fomentando la laboralidad internacional (Grech y Camilleri, 2017). Por último, nos encontramos la financiación inclusiva fomentada por la tecnología *blockchain*, ya que posibilita modelos innovadores para la financiación en el sistema educativo, como los micropagos, el *crowdfunding* o las becas distribuidas de una manera mucho más transparente, aumentando así el acceso a los recursos financieros para estudiantes con peores condiciones que sus compañeros (Jain *et al.*, 2023).

Para poder potenciar el impacto positivo de la tecnología *blockchain* en la inclusión educativa, se necesitan medidas estratégicas que involucren a los diferentes Gobiernos, a las instituciones educativas, al sistema educativo privado y a los empleadores. Para esto se deben desarrollar estándares globalizados que han de ser implementados a través de una estandarización internacional para poder garantizar la interoperabilidad de los sistemas de plataformas *blockchain* y facilitar que esta tecnología se adopte a gran escala. Para esto se necesita una mayor inversión en infraestructuras tecnológicas. Los Gobiernos y las organizaciones internacionales deben desarrollar las infraestructuras digitales para poder garantizar que la tecnología *blockchain*, entre otras tecnologías, beneficie a todos los estudiantes, incluidos aquellos que se encuentren en regiones remotas o en vías de desarrollo. Para conseguir todo esto se debe promocionar la alfabetización digital de estudiantes, docentes y administradores, dotándolos con las habilidades necesarias para comprender y usar la tecnología *blockchain* de manera eficaz, efectiva y ética (Li *et al.*, 2017).

Referencias bibliográficas

- Apraxine, D. y Stylianou, E. (2017). Business intelligence in a higher educational institution: the case of University of Nicosia. *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1.735-1.746), Atenas, Grecia, 2017. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7943085>
- Avellaneda, O., Bachmann, A., Barbir, A., Brenan, J., Dingle, P., Hamilton Duffy, K., Maler, E., Reed, D. y Sporny, M. (2019). Decentralized identity: where did it come from and where is it going? *IEEE Communications Standards Magazine*, 3, 10-13. <http://dx.doi.org/10.1109/MCOMSTD.2019.9031542>
- Chen, G., Xu, B., Lu, M. y Chen, N.-S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learning Environments*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x>
- Gräther, W., Kolvenbach, S., Ruland, R., Schüter, J., Torres, C. y Wendland, F. (2018). Blockchain for education: lifelong learning passport. *Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Conference*. https://doi.org/10.18420/blockchain2018_07
- Grech, A. y Camilleri, A. F. (2017). *Blockchain in Education*. JCR Publication Repository. European Commission Joint Research Centre.
- Gromyko, A., Luca, P., Perez, S., Rozowic, R., Shaheen, T., Stelea, M. y Tao, S. (2023). Understanding blockchain technology and its implications. *OxJournal*. <https://www.oxjournal.org/blockchain-technology-and-its-implications>
- Jain, D., Garg, A., Khosla, T. y Kumar, V. (2023). Adoption of blockchain technology in education: application & its challenges. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*, 11(1), 468-472. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.48602>
- Jaime Maestre, R. (2019). La blockchain revolucionarà la comunicació de l'empresa. *Comunicació. Revista de Recerca i d'Anàlisi*, 36(1), 95-116. <https://revistes.iec.cat/index.php/TC/article/view/145793/144319>
- Jaime Maestre, R. (2020). Un ejemplo de educación financiada mediante criptomoneda: la ICO de la IEBS Business School. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 15, 143-163. <https://doi.org/10.51302/tce.2020.375>
- Jaime Maestre, R., Bermejo Higuera, J., Gámez Gómez, N., Bermejo Higuera, J. R., Sicilia Montalvo, J. A. y Orcos Palma, L. (2023). The application of blockchain algorithms to the management of education certificates. *Evolutionary Intelligence*, 16, 1.967-1.984. <https://doi.org/10.1007/s12065-022-00812-0>
- Li, X., Jiang, P., Chen, T., Luo, X. y Wen, Q. (2017). A survey on the security of blockchain systems. *Future Generation Computer Systems*, 107, 841-853. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.020>
- MIT Media Lab. (2016). *Blockcerts: the Open Standard for Blockchain Certificates*. <https://www.blockcerts.org/>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System* [Libro blanco].
- Rivera-Vargas, P. y Lindín Soriano, C. (2019). Blockchain in the university: a digital technology to design, implement and manage global learning itineraries. *Digital Education Review*, 35, 130-150. <https://doi.org/10.1344/der.2019.35.130-150>

- Sharples, M. y Domingue, J. (2016). The blockchain and Kudos: a distributed system for educational record, reputation and reward. *Proceedings of the 11th European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 490-496). https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_48
- Sun, J., Yan, J. y Zhang, K. Z. K. (2020). Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities. *Financial Innovation*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40854-016-0040-y>
- Tapscott, D. y Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World*. Penguin.
- Turkanović, M., Hölbl, M., Košić, K., Heričko, M. y Kamišalić, A. (2018). EduCTX: a blockchain-based higher education credit platform. *IEEE Access*, 6, 5.112-5.127. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8247166>
- UNESCO. (2017). *A Guide for Ensuring Inclusion and Equity in Education*.

 **Raúl Jaime Maestre.** Profesor asociado en la ESIC Business & Marketing School (España) y profesor de proyectos en la European Business School (España). Consultor tecnológico. Autor de *El libro verde del emprendedor colaborativo* y *¡Emprendedor social: tú puedes!* También es autor de artículos relacionados con la investigación sobre tecnología.