

Privacidad, seguridad y legalidad en soluciones educativas basadas en Blockchain: Una Revisión Sistemática de la Literatura

(Privacy, security and legality in educational solutions based on Blockchain: A Systematic Literature Review)

Daniel Amo Filvà

Universitat Ramon Llull, URL (España)

Marc Alier

Universitat Politècnica de Catalunya, UPC (España)

Francisco José García-Peñalvo

Universidad de Salamanca, USAL (España)

David Fonseca

Universitat Ramon Llull, URL (España)

María José Casañ

Universitat Politècnica de Catalunya, UPC (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.23.2.26388>

Cómo referenciar este artículo:

Amo, D. F., Alier, M., García-Peñalvo, F. J., Fonseca, D., y Casañ, M. J. (2020). Privacidad, seguridad y legalidad en soluciones educativas basadas en Blockchain: Una Revisión Sistemática de la Literatura. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 23(2), pp. 213-236. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.23.2.26388>

Resumen

La Analítica del Aprendizaje (proveniente del término en inglés Learning Analytics) procesa los datos de los estudiantes, incluso los estudiantes menores de edad. El ciclo analítico consiste en recoger datos, almacenarlos durante largos períodos y utilizarlos para realizar análisis y visualizaciones. A mayor cantidad de datos, mejores resultados en el análisis. Este análisis puede ser descriptivo, predictivo e, incluso, prescriptivo, lo que implica la gestión, el tratamiento y la utilización de datos personales. El contexto educativo es, por lo tanto, muy sensible, a diferencia de los contextos individuales en los que el análisis se utiliza a voluntad. No está claro cómo están utilizando los datos de los estudiantes las empresas de tecnología que dan servicio en educación y a quiénes realmente se les beneficia, cómo esto afectará a los

estudiantes en un futuro a corto y largo plazo, o qué nivel de privacidad o seguridad se aplica para proteger los datos de los estudiantes. Por consiguiente, y en relación con lo expuesto, el análisis de datos educativos implica un contexto sensible y de fragilidad en la gestión y análisis de datos personales de los estudiantes, incluidos menores, en el que hay que maximizar las precauciones. En esta revisión sistemática de la literatura se explora la importancia de la protección y seguridad de los datos personales en el campo de la educación mediante las promesas emergentes de los interesados en usar la tecnología *blockchain*. Los resultados denotan que es importante entender las implicaciones y riesgos derivados de usar tecnologías emergentes en educación, su relación con la sociedad y la legalidad vigente.

Palabras clave: privacidad y seguridad de datos personales educativos; tecnología educativa; confidencialidad, leyes de protección de datos.

Abstract

Learning Analytics processes student data, even for students under 18. The analytical cycle consists of collecting data, storing it for long periods and using it for analysis and visualization. The more data, the better the analysis. This analysis can be descriptive, predictive and, even, prescriptive, which involves the management, processing and use of personal data. The educational context is, thus, very sensitive, unlike individual contexts where analysis is used at will. It is not clear how student data are being used by technology companies serving education and who is actually benefiting, how this will affect students in the short and long-term future, or what level of privacy or security is applied to protect student data. Therefore, and in relation to the above, analyzing educational data implies a sensitive and fragile context in the management and analysis of personal data of students, including minors, in which precautions must be maximized. This systematic review of the literature explores the importance of personal data protection and security in the field of education through the emerging promises of those interested in using blockchain technology. The results show that it is important to understand the implications and risks derived from the use of emerging technologies in education, their relationship with society and the current legislation.

Keywords: privacy and security for personal and educational data; education technology; confidentiality; data protection laws.

En el uso de *Learning Analytics* se procesan los datos de los estudiantes, incluso de los estudiantes menores de edad (Herold, 2014; Williamson, 2017). El ciclo analítico consiste en recoger datos, metadatos y datos personales, almacenarlos durante largos períodos y utilizarlos para realizar análisis y visualizaciones (Chatti, Dyckhoff, Schroeder y Thüs, 2012; Amo y Santiago, 2017). A mayor cantidad de datos, mejores resultados en el análisis. Este análisis puede ser descriptivo, predictivo e incluso prescriptivo, lo que implica la gestión, el tratamiento y la utilización de datos personales necesarios para identificar y vincular al estudiante con los resultados del aprendizaje. Este contexto es muy sensible, a diferencia de los contextos individuales en los que el análisis se utiliza a voluntad. No está claro:

- ¿Cómo están utilizando los datos de los estudiantes las empresas de tecnología que dan servicio en educación y a quiénes realmente se les beneficia?
- ¿Cómo esto afectará a los estudiantes en un futuro a corto y largo plazo?
- ¿Qué nivel de privacidad o seguridad se aplica para proteger los datos de los estudiantes?

Por consiguiente, y en relación con lo expuesto, el análisis de datos educativos implica un contexto sensible y de fragilidad en la gestión y análisis de datos personales de los estudiantes, incluidos menores, en el que hay que maximizar las precauciones.

En esta revisión sistemática de la literatura (en inglés, *Systematic Literature Review*, SLR); se explora la importancia de la protección y seguridad de los datos personales en el campo de la educación mediante las promesas emergentes de los interesados en usar la tecnología *blockchain*. Es importante entender las implicaciones de usar tecnologías emergentes, su relación con la sociedad y los riesgos legales derivados de sus distintos usos.

El presente trabajo se organiza en distintas secciones en las que se expone:

- La metodología, sus aspectos, fases y pasos, para la revisión y el mapeo sistemático de la literatura.
- Los resultados extraídos del mapeo sistemático.
- Los resultados extraídos de la revisión sistemática de la literatura.
- Discusión sobre los descubrimientos encontrados en el proceso.
- Las amenazas a la validez del estudio.

METODOLOGÍA – REVISIÓN Y MAPEO SISTEMÁTICOS

Una revisión sistemática de la literatura (a menudo denominada revisión sistemática o revisión de la literatura) resume las evidencias existentes de un tema de investigación para presentar una evaluación de manera científica. La evidencia empírica es un tema importante para los investigadores de ingeniería de *software* con el objetivo de ayudar a identificar los vacíos en la investigación actual y proporcionar una base para identificar nuevas oportunidades de investigación. Kitchenham y Charters (2007) establecen una metodología para realizar revisiones rigurosas de la evidencia empírica actual a la comunidad de ingeniería de *software*. Por tanto, el propósito principal de una revisión sistemática para los investigadores de ingeniería de *software* es detectar, evaluar, comprender e interpretar los estudios disponibles en la literatura en relación con sus preguntas de investigación. El propósito de esta investigación tiene objetivos de ingeniería de *software*, por tanto, se toma la aproximación de Kitchenham para la realización de la revisión sistemática.

Kitchenham y Charters (2007) introducen los estudios de mapeo sistemático como complemento de las revisiones sistemáticas. El objetivo de esta metodología es proporcionar una visión general de un área de investigación, identificar otras

áreas adecuadas para llevar a cabo revisiones sistemáticas de la literatura y clasificar la literatura disponible para su uso en revisiones posteriores. Por consiguiente, el trabajo actual está organizado por las principales actividades propuestas por Kitchenham y Charters, tales como la planificación, realización y presentación de informes del estudio.

Revisión y planificación del mapeo

En el diseño de los procesos de revisión y mapeo, se identifican los diferentes objetivos, el protocolo de cumplimiento de objetivos y otros detalles relevantes anotados por Kitchenham y Charters (2007). En las siguientes secciones, se establece una explicación de cada aspecto relevante. El objetivo de utilizar el mapeo semántico es responder a las siguientes preguntas de mapeo (MQ, del inglés *Mapping Questions*) en relación con el problema detectado y el campo de estudio relacionado con la educación y *blockchain*:

- MQ1. ¿Cuántos estudios se han publicado a lo largo de los años?
- MQ2. ¿Quiénes son los autores más activos?
- MQ3. ¿Qué medios de publicación son los principales en la difusión de la investigación?
- MQ4. ¿En qué dominios se ha publicado?

El objetivo de utilizar la investigación sistemática es responder a las siguientes preguntas de investigación (RQ, del inglés *Research Questions*) en relación con el problema detectado y el campo de estudio relacionado con la educación y *blockchain*:

- RQ1. ¿Qué soluciones se han aportado en el campo de estudio?
- RQ2. ¿Qué problemas de seguridad presenta la tecnología *blockchain*?
- RQ3. ¿La tecnología *blockchain* cumple con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD)?
- RQ4. ¿Qué puede resolver la tecnología *blockchain* en relación con el problema?

Se define el alcance revisión bibliográfica en base al método PICOC (*Population, Intervention, Outcome and Context*) (Petticrew y Roberts, 2008). Sin embargo, este SLR no implica una fase de comparación.

- Población: Tecnología *blockchain* aplicada en la educación.
- Intervención: Soluciones que son desarrolladas, teorizadas o aplicadas para procesar datos educativos mediante tecnología *blockchain* de manera genérica, en procesos de *Learning Analytics* o de *Smart Contracts*.
- Comparación: No se planifica ninguna intervención de comparación.

- Resultados: Nivel de garantía de confidencialidad y seguridad de los datos e identidad de los estudiantes.
- Contexto: Entornos relacionados con la educación y la cadena de bloqueo, como las universidades.

Criterios inclusión y exclusión

Los criterios utilizados para incluir o excluir un trabajo se organizan en cuatro criterios de inclusión (IC, del inglés *Inclusion Criteria*) y cuatro criterios de exclusión (EC, del inglés *Exclusion Criteria*):

- IC1: La coincidencia presentada se aplica a los campos de la educación Y de *blockchain* (Y).
- IC2: La coincidencia presentada soporta procesos educativos O de *Learning Analytics* O de *Smart Contracts* O de seguridad O de privacidad O legales en relación con el RGPD (Y).
- IC3: Los trabajos se escriben en inglés (Y).
- IC4: Los artículos se publican en Revistas, Libros, Conferencias o Talleres revisados por pares.

Se establecen los siguientes criterios de exclusión:

- EC1: La coincidencia presentada no se aplica a los campos de educación O *blockchain* (O).
- EC2: La coincidencia presentada no soporta procesos educativos O de *Learning Analytics* O de *Smart Contracts* O de seguridad O de privacidad O legales en relación con el RGPD (O).
- EC3: Los trabajos no se escriben en inglés (O).
- EC4: Los artículos no se publican en Revistas, Libros, Conferencias o Talleres revisados por pares.

Se eligen las bases de datos electrónicas que siguen los siguientes requisitos: es capaz de utilizar expresiones lógicas o un mecanismo similar; permite búsquedas de larga duración o búsquedas sólo en campos específicos de las obras; está disponible para los investigadores (a través de las instituciones, a través de nuestra pertenencia a asociaciones como IEEE o ACM, que son responsables de algunas de las bases de datos utilizadas, etc.); es una de las más relevantes en el área de investigación de interés de este proceso de mapeo: informática y educación.

La búsqueda se realiza en las siguientes bases de datos electrónicas: Digital ACM Library, Web of Science, IEEE Xplore y Springer Link.

Cadena de búsqueda

Para crear la cadena de búsqueda se realiza un proceso de identificación de los términos principales y significativos a partir de tres elementos esenciales: las preguntas de investigación, el PICOC y las posibles variaciones ortográficas y sinónimas. En base a los términos identificados, se define una cadena de consulta utilizando los operadores booleanos Y/O y el comodín (*) para encontrar cualquier palabra con sus diferentes terminaciones posibles (plural, singular, etc.). La cadena de consulta resultante es:

(blockchain Y education) O (blockchain Y “learning analytics) O (blockchain Y learning) O (blockchain Y “security issue*”) O (blockchain Y “security challenge*”) O (blockchain Y privacy) O (blockchain Y “privacy challenge*”) O (blockchain Y “privacy challenge*”) O (blockchain Y gdpr)

Esta cadena de consulta se adapta a cada una de las fuentes de búsqueda, resultando en una estructura de búsquedas muy exhaustiva por cada una de la base de datos electrónica (ver tabla 1, tabla 2, tabla 3 y tabla 4).

Tabla 1. Cadenas de búsqueda personalizadas para Digital ACM Library

Base de datos	Cadenas de búsquedas personalizadas	Resultados
Digital ACM Library	(+blockchain +education)	52
Digital ACM Library	(+blockchain +”learning analytics”)	3
Digital ACM Library	(+blockchain +learning)	234
Digital ACM Library	(+blockchain AND +privacy)	276
Digital ACM Library	(+blockchain +”privacy challenge*”)	2
Digital ACM Library	(+blockchain +”privacy issue*”)	6
Digital ACM Library	(+blockchain AND +security)	408
Digital ACM Library	(+blockchain AND +”security challenge*”)	3
Digital ACM Library	(+blockchain AND +”security issue*”)	6
Digital ACM Library	(+blockchain AND GDPR)	2

Tabla 2. Cadenas de búsqueda personalizadas para Web of Science

Base de datos	Cadenas de búsquedas personalizadas	Resultados
Web of Science	TS=(blockchain AND education) Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI,SCIELO Timespan=All years Search language=English	95

Base de datos	Cadenas de búsquedas personalizadas	Resultados
Web of Science	TS=(blockchain AND learning) Research areas: (Education Educational Research)Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=All years Search language=English	23
Web of Science	TS=(blockchain AND “learning analytics”) Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=All years Search language=English	4
Web of Science	TS=(blockchain AND “privacy challenge*”) Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=All years Search language=English	13
Web of Science	TS=(blockchain AND “privacy issue*”) Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=All years Search language=English	52
Web of Science	TS=(blockchain AND “security challenge*”) Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=All years Search language=English	32
Web of Science	TS=(blockchain AND “security issue*”) Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=All years Search language=English	60
Web of Science	TS=(blockchain AND GDPR) Databases= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=All years Search language=English	27

Tabla 3. Cadenas de búsqueda personalizada para IEEE Xplore

Base de datos	Cadenas de búsquedas personalizadas	Resultados
IEEE Xplore	((“Full Text & Metadata”:blockchain) AND “All Metadata”:education)	719
IEEE Xplore	((“Full Text & Metadata”:blockchain) AND “All Metadata”:“learning analytics”)	19
IEEE Xplore	((“Full Text & Metadata”:blockchain) AND “All Metadata”:“privacy challenge*”)	107
IEEE Xplore	((“Full Text & Metadata”:blockchain) AND “All Metadata”:“privacy issue*”)	430
IEEE Xplore	((“Full Text & Metadata”:blockchain) AND “All Metadata”:“security challenge*”)	256
IEEE Xplore	((“Full Text & Metadata”:blockchain) AND “All Metadata”:“security issue*”)	638
IEEE Xplore	((“Full Text & Metadata”:blockchain) AND “All Metadata”:“gdpr”)	177

Tabla 4. Cadenas de búsqueda personalizada para Springer Links

Base de datos	Cadenas de búsquedas personalizadas	Resultados
Springer Links	blockchain AND education	996
Springer Links	blockchain AND learning Discipline=Education	28
Springer Links	blockchain AND “learning analytics”	30
Springer Links	blockchain AND “privacy challenge*”	49
Springer Links	blockchain AND “privacy issue*”	209
Springer Links	blockchain AND “security challenge*”	96
Springer Links	blockchain AND “security issue*”	333
Springer Links	blockchain AND gdpr	182

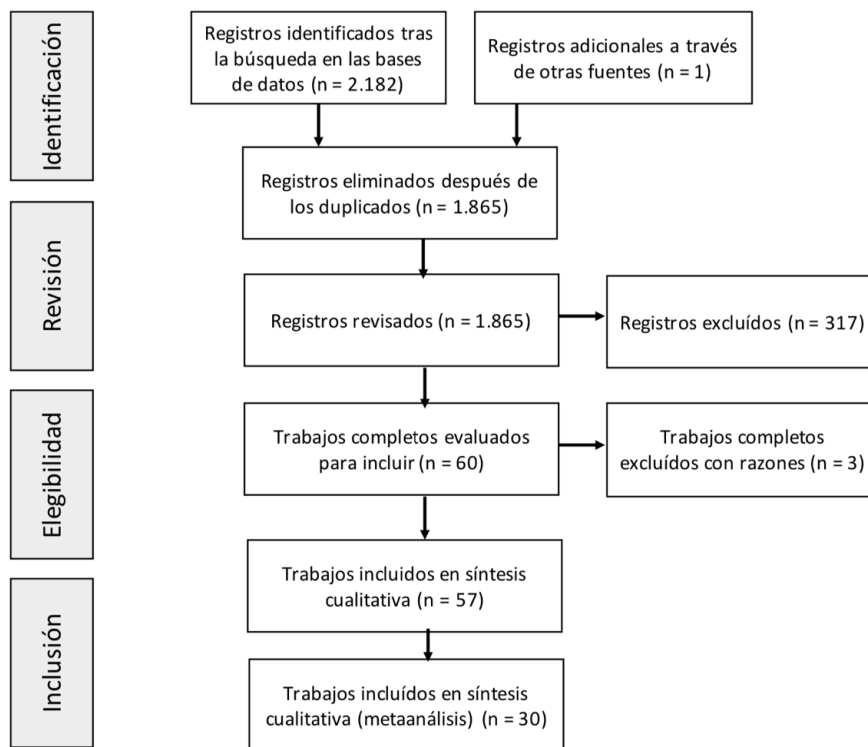
Con respecto a los resultados de las búsquedas, en general no se limitan por la fecha de publicación ni se aplican otros filtros proporcionados por las bases de datos. En concreto, solo en Web of Science y Springer Link se acota la búsqueda relacionada con *blockchain* y privacidad para arrojar resultados en el campo educativo ante la gran cantidad de coincidencias presentadas.

Selección de la literatura

Los trabajos recogidos se almacenan en una hoja de cálculo maestra. Posteriormente, se realiza un proceso de identificación, revisión, elegibilidad e inclusión (Moher, Liberati, Tetzlaff y Altman, 2009) (ver figura 1) reestructurado en las siguientes tres fases:

- Primera fase: Se eliminan duplicados y entradas erróneas para utilizarse en la segunda fase.
- Segunda fase: Se realiza una primera selección en base al título, al resumen y a los criterios de inclusión y exclusión definidos para la revisión sistemática de la literatura. Se realiza una evaluación rápida del contenido de aquellos trabajos no lo suficientemente valorables siguiendo el criterio inicial de esta primera fase. Los trabajos resultantes de este primer paso se almacenan en otra hoja de cálculo para empezar la tercera fase.
- Tercera fase: Se realiza una lectura de los artículos en profundidad y se analizan siguiendo las preguntas de la investigación. Los trabajos seleccionados se añaden a una última lista de verificación para una evaluación de calidad (ver figura 1). El resultado se almacena en una hoja de cálculo definitiva. Se añade una referencia más, resultado de la lectura de las referencias de los trabajos analizados.

Figura 1. Pasos y resultados del proceso de revisión y mapeo. Informado como se propone en la declaración PRISMA



Fuente: Moher et al., 2009

La ejecución de las tres fases anteriores arroja los siguientes resultados:

1. Se ejecutan las cadenas personalizadas de búsqueda en las bases de datos. La ejecución arroja 2.182 trabajos que provienen de las bases de datos Digital ACM Library (473), Web of Science (178), IEEE Xplore (903) y Springer Links (628).
2. Se eliminan los trabajos duplicados. La eliminación deja 1.865 resultados por revisar (se incluyen aquellos de dudosa duplicidad).
3. Se revisan títulos y resúmenes. La revisión arroja 57 trabajos (3,21% de los trabajos únicos recuperados). Se incluye 1 referencia tras la revisión de referencias.
4. Tras la lectura del texto completo se seleccionan 30 trabajos (1,60% del total de trabajos considerados, 52,63% de los trabajos leídos).

Como se muestra en las directrices propuestas por Kitchenham y Charters (2007), se formula una lista de control de calidad para evaluar los estudios individuales y

evitar la subjetividad. Estas listas de control son útiles para ayudar en el proceso de selección de los trabajos. La lista de verificación para la evaluación de la calidad elaborada se basa en la lista de verificación sugerida en Kitchenham y Charters (2007). Otros trabajos sobre revisiones sistemáticas y mapeo de la literatura (Neiva, David, Braga y Campos, 2016; Soomro et al., 2016; Cruz-Benito, García-Peñalvo y Therón, 2019) también personalizan sus listas de control de calidad basándose en las sugerencias dadas en (Kitchenham y Charters, 2007).

En la tercera fase de revisión, los trabajos se leen en su totalidad y su calidad se evalúa utilizando la lista de control de evaluación de calidad formulada (ver tabla 5). La respuesta a cada una de las 10 preguntas se puntúa con 1 punto si la respuesta es “Sí”, 0,5 puntos si la respuesta es “Parcial” o 0 si la respuesta es “No”. Al utilizar este sistema, cada trabajo puede obtener una puntuación de 0 a 10 puntos. La marca del primer cuartil ($Q_1 = 7,5$ puntos o más de 10 posibles) se utiliza como puntuación de corte para incluir un trabajo. Si un trabajo obtiene una puntuación inferior a 7,5, se excluye de la lista final para evitar trabajos de baja calidad de acuerdo con la lista de control de evaluación de calidad.

Tabla 5. Lista de control de evaluación de la calidad

Pregunta	Calificación
1. ¿Están claramente especificados los objetivos de investigación relacionados con la educación y <i>blockchain</i> ?	S / N / Parcial
2. ¿El estudio fue diseñado para lograr estos objetivos?	S / N / Parcial
3. ¿El enfoque <i>blockchain</i> está claramente descrito y justificado?	S / N / Parcial
4. ¿La investigación está respaldada por datos de algún tipo?	S / N / Parcial
5. ¿Se presentan soluciones sobre educación y <i>blockchain</i> ?	S / N / Parcial
6. ¿Se presentan soluciones acerca de dominios de privacidad, seguridad y regulación legal de datos personales?	S / N / Parcial
7. ¿Se ha explicado suficientemente la necesidad de la privacidad, seguridad o regulación legal de datos personales?	S / N / Parcial
8. ¿Los investigadores discuten algún problema de privacidad y seguridad de <i>blockchain</i> ?	S / N / Parcial
9. ¿Los vínculos entre datos, interpretación y conclusiones son claros?	S / N / Parcial
10. ¿Todas las preguntas de investigación se responden adecuadamente?	S / N / Parcial

Al aplicar la marca del primer cuartil solo se obtienen cuatro trabajos. Para cubrir un espectro más amplio, se decide usar las puntuaciones que estén dentro del segundo cuartil ($Q_2 = 5$ puntos o más de 10 posibles). Esta ampliación del espectro no entra en conflicto con la relevancia de la selección de trabajos, puesto que el campo de estudio abraza distintos dominios dentro del mismo que ayuda a alcanzar muchas perspectivas interesantes a incluir en la revisión de la literatura.

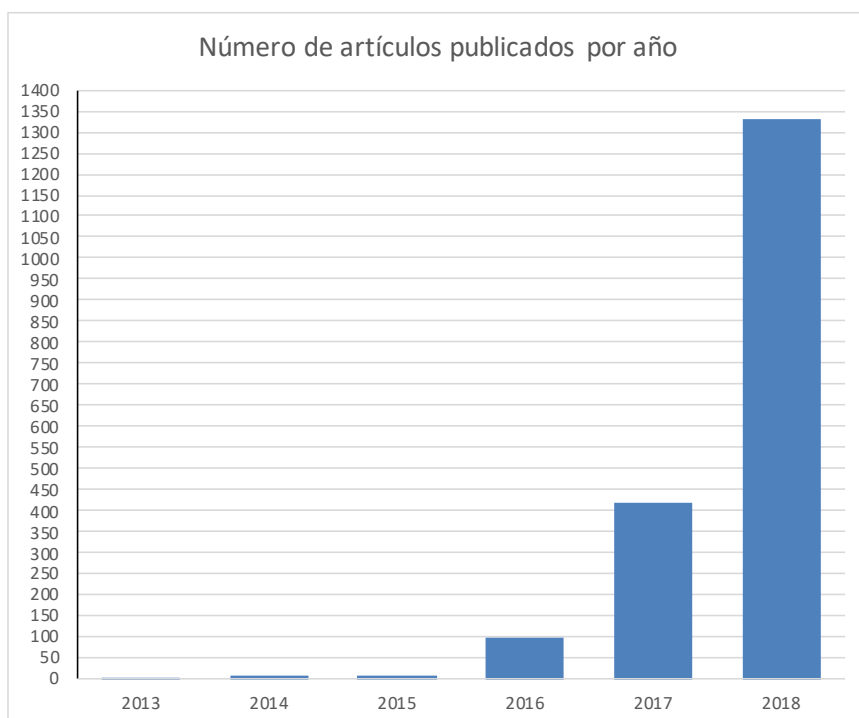
RESULTADOS

Resultados del mapeo sistemáticos

Se responde a las preguntas de mapeo (MQ) con los resultados del análisis de las publicaciones seleccionadas. Todos los datos relativos a los trabajos publicados se almacenan y analizan en un documento Microsoft Excel, con las consecuentes hojas de cálculo internas para cada fase, paso analítico, revisión realizada, tabla o figura creada.

En la figura 2 se visualiza la respuesta a la primera pregunta sobre el mapeo MQ1. ¿Cuántos estudios se han publicado a lo largo de los años? En la revisión sistemática de la literatura no se ha restringido la búsqueda por años u otro criterio temporal. Los trabajos seleccionados durante el proceso de revisión y mapeo, desde el origen de la tecnología *blockchain* (Nakamoto, 2008) se publican entre el 2013 y el 2018, siendo el año 2018 el año con más publicaciones. Se identifica una tendencia al alza del interés en el campo tras el notable crecimiento de publicaciones a partir del 2016.

Figura 2. MQ1— Número de artículos publicados por año



Fuente: Elaboración propia

En relación con la segunda pregunta sobre el mapeo MQ2. ¿Quiénes son los autores más activos? se identifica a todos los autores de los trabajos seleccionados. No se encuentra ningún autor con más de una publicación. Todos los 113 autores de los 30 trabajos seleccionados en la revisión sistemática de la literatura pueden consultarse en la tabla 6. En la tabla 7 se muestra el resumen de referencias analizadas en esta revisión con sus títulos, autores, año de publicación y cita, junto a un identificador utilizado para referenciarlo a lo largo de los resultados, análisis, tablas o figuras.

Tabla 6. Nombres de los autores y número de publicaciones para cada uno

Nombre	Total
Arthur Gervais; Ghassan O. Karame; Karl Wüst; Vasileios Glykantzis; Hubert Ritzdorf; Srdjan Capkun; Nelson Bore; Samuel Karumba; Juliet Mutahi; Shelby Solomon Darnell; Charity Wayua; Komminist Weldemariam; B. Duan; Y. Zhong; D. Liu; M. Apostolaki; A. Zohar; L. Vanbever; Yuqin Xu; Shangli Zhao; Lanju Kong; Yongqing Zheng; Shidong Zhang; Qingzhong Li; Daniel Drescher; Dai, Fangfang; Shi, Yue; Meng, Nan; Wei, Liang; Ye, Zhiguo; Bdiwi, Rawia; de Runz, Cyril; Faiz, Sami; Cherif, Arab Ali; Meng Han; Zhigang Li; Jing (Selena) He; Dalei Wu; Ying Xie; Asif Baba; Patrick Ocheja; Brendan Flanagan; Hiroaki Ogata; Alexander Mense; Markus Flatscher; N. Al-Zaben; M. M. Hassan Onik; J. Yang; N. Lee; C. Kim; J. C. Farah; A. Vozniuk; M. J. Rodríguez-Triana; D. Gillet; X. Gong; X. Liu; S. Jing; G. Xiong; J. Zhou; M. Turkanović; M. Hölbl; K. Košič; M. Heričko; A. Kamišalić; R. Arenas; P. Fernandez; A. Srivastava; P. Bhattacharya; A. Singh; A. Mathur; O. Prakash; R. Pradhan; S. Gilda; M. Mehrotra; G. Dima; A. Jitariu; C. Pisa; G. Bianchi; M. Conti; E. Sandeep Kumar; C. Lal; S. Ruj; J. Moubarak; E. Filiol; M. Chamoun; A. Soni; S. Maheshwari; Guang Chen; Bing Xu; Manli Lu; Nian-Shing Chen; Flanagan, Brendan; Ogata, Hiroaki; Millard, Christopher; Joshi, Archana Prashanth; Han, Meng; Wang, Yan; Turcu, Cristina; Turcu, Cornel; Chiuchisan, Iuliana; Sun, Han; Wang, Xiaoyue; Wang, Xinge; Pagallo, Ugo; Bassi, Eleonora; Crepaldi, Marco; Durante, Massimo; J. Bacon; J. Michels; C. Millard; K. Kuvshinov; I. Nikiforov; J. Mostovoy.	1

Tabla 7. Resumen de referencias encontradas en la revisión sistemática de la literatura

Nº	Título	Autores	Año	Cita
[1]	On the Security and Performance of Proof of Work Blockchains	Arthur Gervais, Ghassan O. Karame, Karl Wüst, Vasileios Glykantzis, Hubert Ritzdorf, Srdjan Capkun	2016	(Gervais et al., 2016)

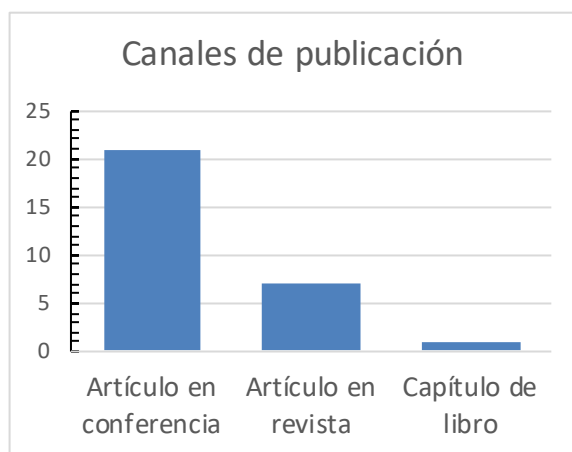
Nº	Título	Autores	Año	Cita
[2]	Towards Blockchain-enabled School Information Hub	Nelson Bore, Samuel Karumba, Juliet Mutahi, Shelby Solomon Darnell, Charity Wayua, Komminist Weldemariam	2017	(Bore et al., 2017)
[3]	Education Application of Blockchain Technology: Learning Outcome and Meta-Diploma	Duan, Y. Zhong, D. Liu	2017	(Duan, Zhong, & Liu, 2018)
[4]	Hijacking Bitcoin: Routing Attacks on Cryptocurrencies	Apostolaki, A. Zohar, L. Vanbever	2017	(Apostolaki, Zohar, & Vanbever, 2017)
[5]	ECBC: A High Performance Educational Certificate Blockchain with Efficient Query	Yuqin Xu, Shangli Zhao, Lanju Kong, Yongqing Zheng, Shidong Zhang, Qingzhong Li	2017	(Xu et al., 2017)
[6]	Seeing the Limitations	Daniel Drescher	2017	(Drescher, 2017)
[7]	From Bitcoin to Cybersecurity: a Comparative Study of Blockchain Application and Security Issues	Dai, Fangfang; Shi, Yue; Meng, Nan; Wei, Liang; Ye, Zhiguo	2017	(Dai, Shi, Meng, Wei, & Ye, 2017)
[8]	Towards a new Ubiquitous Learning Environment Based on Blockchain Technology	Bdiwi, Rawia; de Runz, Cyril; Faiz, Sami; Cherif, Arab Ali	2017	(Bdiwi, Runz, Faiz, & Cherif, 2017)
[9]	A Novel Blockchain-based Education Records Verification Solution	Meng Han, Zhigang Li and Jing (Selena) He, Dalei Wu, Ying Xie, Asif Baba	2018	(Han et al., 2018)
[10]	Connecting Decentralized Learning Records: A Blockchain Based Learning Analytics Platform	Patrick Ocheja, Brendan Flanagan, Hiroaki Ogata	2018	(Ocheja, Flanagan, & Ogata, 2018)
[11]	Security Vulnerabilities in Ethereum Smart Contracts	Alexander Mense, Markus Flatscher	2018	(Mense & Flatscher, 2018)
[12]	General Data Protection Regulation Complied Blockchain Architecture for Personally Identifiable Information Management	Al-Zaben; M. M. Hassan Onik; J. Yang; N. Lee; C. Kim	2018	(Al-Zaben, Onik, Yang, Lee, & Kim, 2019)

Nº	Título	Autores	Año	Cita
[13]	A Blueprint for a Blockchain-Based Architecture to Power a Distributed Network of Tamper-Evident Learning Trace Repositories	Farah; A. Vozniuk; M. J. Rodríguez-Triana; D. Gillet	2018	(Farah, Vozniuk, Rodriguez-Triana, & Gillet, 2018)
[14]	Parallel-Education-Blockchain Driven Smart Education: Challenges and Issues	Gong; X. Liu; S. Jing; G. Xiong; J. Zhou	2018	(Gong, Liu, Jing, Xiong, & Zhou, 2019)
[15]	EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform	Turkanović; M. Hölbl; K. Košič; M. Heričko; A. Kamišalić	2018	(Turkanović, Hölbl, Košič, Heričko, & Kamišalić, 2018)
[16]	CredenceLedger: A Permissioned Blockchain for Verifiable Academic Credentials	Arenas; P. Fernández	2018	(Arenas & Fernandez, 2018)
[17]	A Distributed Credit Transfer Educational Framework based on Blockchain	Srivastava; P. Bhattacharya; A. Singh; A. Mathur; O. Prakash; R. Pradhan	2018	(Srivastava et al., 2019)
[18]	Blockchain for Student Data Privacy and Consent	Gilda; M. Mehrotra	2018	(Gilda & Mehrotra, 2018)
[19]	Scholarium: Supporting Identity Claims Through a Permissioned Blockchain	Dima; A. Jitariu; C. Pisa; G. Bianchi	2018	(Dima, Jitariu, Pisa, & Bianchi, 2018)
[20]	A Survey on Security and Privacy Issues of Bitcoin	Conti; E. Sandeep Kumar; C. Lal; S. Ruj	2018	(Conti, Sandeep, Lal, & Ruj, 2018)
[21]	On blockchain security and relevant attacks	Moubarak; E. Filiol; M. Chamoun	2018	(Moubarak, Filiol, & Chamoun, 2018)
[22]	A Survey of Attacks on the Bitcoin System	Soni; S. Maheshwari	2018	(Soni & Maheshwari, 2018)
[23]	Exploring blockchain technology and its potential applications for education	Guang Chen, Bing Xu, Manli Lu, Nian-Shing Chen	2018	(Chen, Xu, Lu, & Chen, 2018)
[24]	Learning analytics platform in higher education in Japan	Flanagan, Brendan; Ogata, Hiroaki	2018	(Flanagan & Ogata, 2018)
[25]	Blockchain and law: Incompatible codes?	Millard, Christopher	2018	(Millard, 2018)
[26]	A survey on security and privacy issues of blockchain technology	Joshi, Archana Prashanth; Han, Meng; Wang, Yan	2018	(Joshi, Han, & Wang, 2018)

Nº	Título	Autores	Año	Cita
[27]	Blockchain and its Potential in Education	Turcu, Cristina; Turcu, Cornel; Chiuchisan, Iuliana	2018	(Turcu, Turcu, & Chiuchisan, 2018)
[28]	Application of Blockchain Technology in Online Education	Sun, Han; Wang, Xiaoyue; Wang, Xinge	2018	(Sun, Wang, & Wang, 2018)
[29]	Chronicle of a Clash Foretold: Blockchains and the GDPR's Right to Erasure	Pagallo, Ugo; Bassi, Eleonora; Crepaldi, Marco; Durante, Massimo	2018	(Pagallo, Bassi, Crepaldi, & Durante, 2018)
[30]	Blockchain Demystified: A Technical and Legal Introduction to Distributed and Centralised Ledgers	Bacon, J. Michels, C. Millard et al.	2018	(Bacon, Michels, Millard, & Singh, 2018)

En relación con la tercera pregunta sobre el mapeo MQ3. ¿Qué medios de publicación son los principales en la difusión de la investigación?, se analizan los distintos tipos de publicaciones relacionados con los trabajos seleccionados. Se observa en la figura 3 que una gran mayoría de los trabajos seleccionados (21/30, 70%) son artículos publicados en conferencias. Por otro lado, los otros tipos de publicaciones encontrados son los artículos publicados en revistas (7/30, 23,33%) y capítulos de libro (1/30, 3,33%).

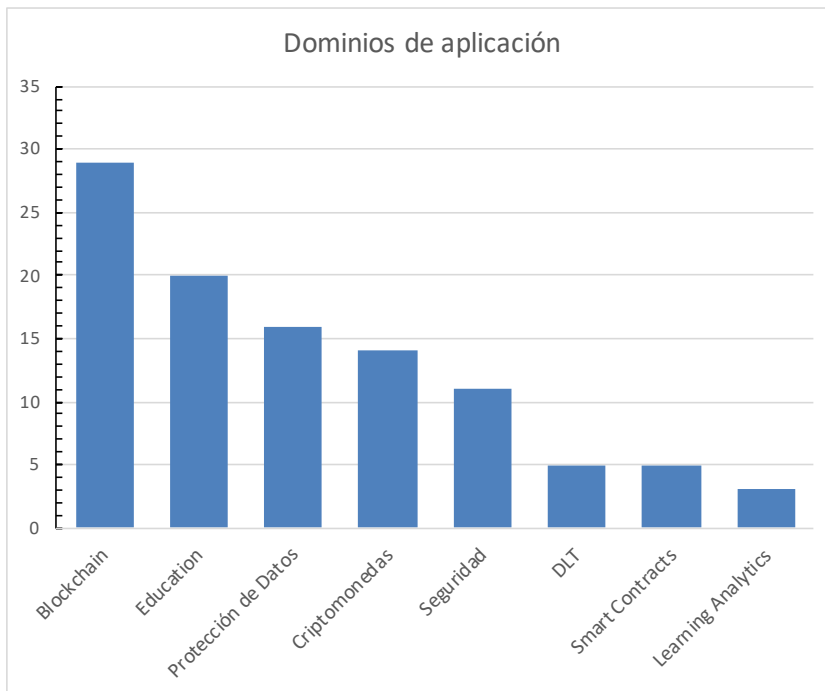
Figura 3. MQ3 Canal de publicación de los documentos seleccionados



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la pregunta MQ4: ¿En qué dominios se ha aplicado?, se obtienen los resultados a partir de las palabras clave de las publicaciones seleccionadas. Se observa que el dominio principal descrito en los trabajos tiene que ver con la tecnología *blockchain*, seguido por el dominio relativo a la educación. De las 145 palabras clave únicas utilizadas en los trabajos, la gran mayoría está relacionada con la palabra clave *blockchain*. En concreto, los dominios a los que se refieren las palabras clave de los trabajos (figura 4) son: “Blockchain” (29/145, 20%), “Educación” (20/145, 13,79%), “Protección de datos” (16/145, 11,03% del total), “Criptomonedas” (14/145, 9,65% del total), “Distributed Ledger Technology” (5/145, 3,44%), “Seguridad” (5/145, 3,44%) y “Learning Analytics” (3/145, 2,06%).

Figura 4. Dominios de aplicación



Fuente: Elaboración propia

La tabla 8 resume los principales resultados obtenidos durante el proceso de mapeo. Aunque no se pueden considerar como una representación de todo el estado del arte entre la intersección de *blockchain* y educación, proporciona unos resultados concluyentes deliberados en la sección de discusión.

Tabla 8. Resumen de los resultados del informe sobre el mapeo

Pregunta sobre el mapeo	Resultado
MQ1	Los artículos se publicaron entre los años 2016 y 2018
MQ2	Ninguno de los autores de los trabajos resultantes de la revisión sistemática de la literatura cuenta con más de una publicación
MQ3	La mayoría de los artículos han sido publicados en conferencias
MQ4	La gran mayoría de los trabajos tienen que ver con el dominio de <i>Blockchain</i> y Educación

Resultados de la revisión sistemática

Se procede a dar respuesta secuencial a las preguntas de investigación. La tabla 9 relaciona los trabajos seleccionados con cada una de las preguntas de investigación a las que puede dar respuesta.

Tabla 9. Resumen de trabajos empleados para responder a las preguntas de investigación

Pregunta	Trabajos
RQ1	[2], [3], [5], [8], [9], [10], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [23], [24], [27], [28]
RQ2	[1], [4], [6], [7], [11], [20], [21], [22], [26], [30]
RQ3	[12], [20], [25], [29], [30]
RQ4	[7], [12], [18], [20], [24], [26], [30]

En la tabla 10, y a modo de resumen, se comentan dichos trabajos junto a las conclusiones más trascendentes de cada pregunta de investigación a modo de respuesta.

Tabla 10. Resumen de los resultados de la revisión sistemática

Pregunta	Trabajos
RQ1	Distintos autores proponen implementar la tecnología <i>blockchain</i> para solucionar problemas educativos relacionados con la expedición de certificados, verificación de caminos de aprendizaje, reducción de fraudes en las titulaciones, pasaportes de aprendizaje a lo largo de la vida, gestión de la propiedad intelectual, gestión de datos, compartir recursos educativos mediante <i>Smart Contracts</i> , proteger la propiedad intelectual, hacer un seguimiento de las actividades en las que ha participado tanto un profesor como un estudiante o incluso compartir registros y resultados de procesos <i>Learning Analytics</i>
RQ2	<i>Blockchain</i> es una tecnología que por su diseño presenta una serie de vulnerabilidades de seguridad y de privacidad que en su implementación son explotables con ataques como el <i>>51% attack</i> o <i>Sybil attack</i> , entre otros. Según se utilice la tecnología <i>blockchain</i> para crear criptomonedas o soluciones para distintos contextos, surgen otras vulnerabilidades como errores en humanos en el desarrollo <i>Smart Contracts</i> en <i>Ethereum</i> o <i>delay attacks</i> en <i>Bitcoin</i>
RQ3	El diseño inicial de la tecnología <i>blockchain</i> dificulta enormemente su cumplimiento con el RGPD. Romper con el principio de autoridad descentralizada es la solución generalizada para que las soluciones que implementen la tecnología <i>blockchain</i> cumplan con el RGPD. No obstante, surge la duda si en ciertos casos es necesario utilizar una implementación de la tecnología <i>blockchain</i> puesto que soluciones de bases de datos tradicionales cumplen con los mismos objetivos.
RQ4	Resuelve situaciones de gestión de datos en procesos de interoperabilidad entre herramientas o de trazabilidad de los datos entre los distintos responsables y encargados de los datos personales en el uso de <i>Learning Analytics</i> . No obstante, carece de la capacidad de resolver cuestiones de privacidad y seguridad que pueden encontrarse en bases de datos, como pueden ser excepciones como el ejercicio del derecho de anonimato en un entorno virtual de aprendizaje.

DISCUSIÓN

A lo largo de las distintas respuestas a las preguntas de investigación se ha revisado cada uno de los 30 trabajos seleccionados y relacionados con dominios de los ámbitos “educación” y “*blockchain*”. Se concluye que es imperativo abordar el problema fuera de la cadena de bloques que define la tecnología *blockchain*, puesto que añade complejidad y no lo soluciona. La investigación se centra en el contexto de almacenamiento fuera de la cadena para entregar a los alumnos un nivel adecuado de seguridad y confidencialidad de datos, y anonimato de su identidad.

De estos se extrae que la arquitectura de la tecnología *blockchain* no está diseñada para almacenar datos más allá de los transaccionales, puesto que supone descargar una copia del libro mayor en todos los usuarios de la red. Guardar todos los datos en los bloques de transacciones provoca una congestión de la propia red, del almacenamiento de los propios usuarios y cuestiones adicionales sensibles en cuanto a protección de datos y legalidad vigente. Para agilizar la conectividad entre los distintos nodos, se utilizan estructuras digitales como el árbol Merkel (Gervais et al., 2016; Duan et al., 2018; Moubarak et al., 2018), donde los bloques funcionan como punteros a datos almacenados fuera de su red.

Se extrae también que usar la tecnología *blockchain* para almacenar enlaces a datos en sistemas gestores de bases de datos es la aproximación menos arriesgada y más cercana a la legalidad (Mense y Flatscher, 2018; Pagallo et al., 2018). Es de esta arquitectura de enlaces a datos externos de la que parten todas las soluciones educativas encontradas basadas en *blockchain* para cumplir con la legalidad vigente.

La presente investigación manifiesta una fuerte fragilidad en la privacidad, confidencialidad y seguridad durante el tratamiento de los datos educativos en procesos de Learning Analytics, y dentro de los EVA. Las respuestas a las preguntas de la SLR demuestran una fuerte inestabilidad e incapacidad de las soluciones desarrolladas con tecnología *blockchain* para dar soluciones robustas y sostenibles. Se concluye por todo lo expuesto en la SLR que las soluciones implementadas con tecnología *blockchain* podrían llegar a resolver cuestiones de interoperabilidad e incluso de certificación, pero, en ningún caso, el problema de la fragilidad expuesto en la investigación. La fragilidad debe resolverse a nivel de sistema gestor de bases de datos, tecnología utilizada en los EVA en los que incurren procesos de *Learning Analytics*.

AMENAZAS A LA VALIDEZ DE ESTA REVISIÓN DE LA LITERATURA

La presente revisión sistemática de la literatura, junto a sus estrategias de mapeo, pretende comprender el campo científico en relación con educación y *blockchain*. No obstante, en una revisión sistemática de la literatura existen ciertas amenazas a la validez e incluso limitaciones incontrolables en los trabajos seleccionados (Neiva et al., 2016). Para evitar posibles desviaciones, sesgos o inclinaciones de los autores, e incluso del propio autor de la presente investigación, se han aplicado una serie de procedimientos como la lista de control de calidad ilustrada en la tabla 5 (Kitchenham y Charters, 2007).

Poder reproducir la investigación es importante en el ámbito científico, tanto para exponer transparencia como para filtrar sesgos en procedimientos y razonamientos. La última medida consiste en la publicación de la base de datos final, con todas las fases de la revisión sistemática de la literatura, realizada con Microsoft Excel (Amo, 2018).

REFERENCIAS

- Al-Zaben, N., Onik, M. M. H., Yang, J., Lee, N. Y., y Kim, C. S. (2019). General Data Protection Regulation Complied Blockchain Architecture for Personally Identifiable Information Management. *Proceedings - 2018 International Conference on Computing, Electronics and Communications Engineering, ICCECE 2018*, (pp. 77-82). <https://doi.org/10.1109/ICCECOME.2018.8658586>
- Amo, D. (2018). Tesis Daniel Amo Filvà - Revisión Sistemática Literatura. Recuperado de https://lasalleuniversities-my.sharepoint.com/:x/g/personal/daniel_amo_salle_url_edu/EQoQGKr7zu-BIpykAogB4mGoBEP7NcufbBjhkUR-pKOaklyQ?e=ocjvVO
- Amo, D., y Santiago, R. (2017). *Learning Analytics: la narración del aprendizaje a través de los datos*. Editorial UOC. Barcelona: UOC.
- Apostolaki, M., Zohar, A., y Vanbever, L. (2017). Hijacking Bitcoin: Routing Attacks on Cryptocurrencies. *Proceedings - IEEE Symposium on Security and Privacy*, (pp. 375-392). <https://doi.org/10.1109/SP.2017.29>
- Arenas, R., y Fernandez, P. (2018). CredenceLedger: A Permissioned Blockchain for Verifiable Academic Credentials. *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2018*, (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436324>
- Bacon, J., Michels, J. D., Millard, C., y Singh, J. (2018). Blockchain Demystified: a technical and legal introduction to distributed and centralized ledgers. *Richmond Journal of Law & Technology*, XXV(1), 1-106. Recuperado de <https://jolt.richmond.edu/files/2018/11/Michelsetal-Final-1.pdf>
- Bdiwi, R., Runz, C. de, Faiz, S., y Cherif, A. A. (2017). Towards a New Ubiquitous Learning Environment Based on Blockchain Technology. *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, (pp. 101-102). <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.37>
- Bore, N., Karumba, S., Mutahi, J., Darnell, S. S., Wayua, C., y Weldemariam, K. (2017). Towards Blockchain-enabled school information hub. *ACM International Conference Proceeding Series, Part F1320*, (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1145/3136560.3136584>
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., y Thüs, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6), 318-331. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051815>
- 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>
- Conti, M., Sandeep, K. E., Lal, C., y Ruj, S. (2018). A survey on security and privacy issues of bitcoin. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 20(4), 3416-3452. <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2842460>
- Cruz-Benito, J., García-Peñalvo, F. J., y Therón, R. (2019). Analyzing the software architectures supporting HCI/HMI processes through a systematic review of the literature. *Telematics and Informatics*, 38, 118-132. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.09.006>
- Dai, F., Shi, Y., Meng, N., Wei, L., y Ye, Z. (2017). From Bitcoin to cybersecurity: A comparative study of blockchain application and security issues. *2017 4th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*, pp. 975-979. <https://doi.org/10.1109/ICSAI.2017.8248427>

- Dima, G. A., Jitariu, A. G., Pisa, C., y Bianchi, G. (2018). Scholarium: Supporting Identity Claims Through a Permissioned Blockchain. *IEEE 4th International Forum on Research and Technologies for Society and Industry, RTSI 2018 - Proceedings*, (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/RTSI.2018.8548407>
- Drescher, D. (2017). *Blockchain Basics*. Apress.
- Duan, B., Zhong, Y., y Liu, D. (2018). Education application of blockchain technology: Learning outcome and meta-diploma. *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Systems - ICPADS, 2017-Decem*, (pp. 814-817). <https://doi.org/10.1109/ICPADS.2017.00114>
- Farah, J. C., Vozniuk, A., Rodriguez-Triana, M. J., y Gillet, D. (2018). A blueprint for a blockchain-based architecture to power a distributed network of tamper-evident learning trace repositories. *Proceedings - IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT, 2018*, (pp. 218-222). <https://doi.org/10.1109/ICALT.2018.00059>
- Flanagan, B., y Ogata, H. (2018). Learning analytics platform in higher education in Japan. *Knowledge Management and E-Learning*, 10(4), 469-484.
- Gervais, A., Karame, G. O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H., y Čapkun, S. (2016). On the security and performance of Proof of Work blockchains. *Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security*, (pp. 3-16). <https://doi.org/10.1145/2976749.2978341>
- Gilda, S., y Mehrotra, M. (2018). Blockchain for Student Data Privacy and Consent. *2018 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2018*, (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1109/ICCCI.2018.8441445>
- Gong, X., Liu, X., Jing, S., Xiong, G., y Zhou, J. (2019). Parallel-Education-Blockchain Driven Smart Education: Challenges and Issues. *Proceedings 2018 Chinese Automation Congress, CAC 2018*, (pp. 2390-2395). <https://doi.org/10.1109/CAC.2018.8623198>
- Han, M., Wu, D., Li, Z., Xie, Y., He, J. S., y Baba, A. (2018). A novel blockchain-based education records verification solution. *SIGITE 2018 - Proceedings of the 19th Annual SIG Conference on Information Technology Education*, (pp. 178-183). <https://doi.org/10.1145/3241815.3241870>
- Herold, B. (2014). InBloom to Shut Down Amid Growing Data-Privacy Concerns. Recuperado de http://blogs.edweek.org/edweek/DigitalEducation/2014/04/inbloom_to_shut_down_amid_growing_data_privacy_concerns.html
- Joshi, A. P., Han, M., y Wang, Y. (2018). A survey on security and privacy issues of blockchain technology. *Mathematical Foundations of Computing*, 1(2), 121-147.
- Kitchenham, B., y Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Technical Report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE, EBSE-2007*-(School of Computer Science and Mathematics), 65. Recuperado de https://www.elsevier.com/_data/promis/misc/525444systematicreviewsguide.pdf
- Mense, A., y Flatscher, M. (2018). Security Vulnerabilities in Ethereum Smart Contracts. *Proceedings of the 20th International Conference on Information Integration and Web-Based Applications & Services*, (pp. 375-380).
- Millard, C. (2018). Blockchain and law: Incompatible codes? *Computer Law & Security Review*, 34(4), 843-846.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., y Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

- Moubarak, J., Filiol, E., y Chamoun, M. (2018). On blockchain security and relevant attacks. *2018 IEEE Middle East and North Africa Communications Conference, MENACOMM 2018*, (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/MENACOMM.2018.8371010>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 1-9. Recuperado de <https://www.bitcoincash.org/bitcoin.pdf>
- Neiva, F. W., David, J. M. N., Braga, R., y Campos, F. (2016). Towards pragmatic interoperability to support collaboration: A systematic review and mapping of the literature. *Information and Software Technology*, *72*, 137-150. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.12.013>
- Ocheja, P., Flanagan, B., y Ogata, H. (2018). Connecting decentralized learning records: a blockchain based learning analytics platform. *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, (pp. 265-269). <https://doi.org/10.1145/3170358.3170365>
- Pagallo, U., Bassi, E., Crepaldia, M., y Durante, M. (2018). Chronicle of a clash foretold: Blockchains and the GDPR's right to erasure. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, *313*, 81-90. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-935-5-81>
- Petticrew, M., y Roberts, H. (2008). Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide. In *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>
- Soni, A., y Maheshwari, S. (2018). A Survey of Attacks on the Bitcoin System. *2018 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science, SCEECS 2018*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/SCEECS.2018.8546925>
- Soomro, A. B., Salleh, N., Mendes, E., Grundy, J., Burch, G., y Nordin, A. (2016). The effect of software engineers' personality traits on team climate and performance: A Systematic Literature Review. *Information and Software Technology*, *73*, 52-65. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.01.006>
- Srivastava, A., Bhattacharya, P., Singh, A., Mathur, A., Prakash, O., y Pradhan, R. (2019). A Distributed Credit Transfer Educational Framework based on Blockchain. *Proceedings - 2018 2nd International Conference on Advances in Computing, Control and Communication Technology, IAC3T 2018*, (pp. 54-59). <https://doi.org/10.1109/IAC3T.2018.8674023>
- Sun, H., Wang, X., y Wang, X. (2018). Application of Blockchain Technology in Online Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, *13*(10), 252-259. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i10.9455>
- Turcu, C., Turcu, C., y Chiuchișan, I. (2018). Blockchain and its Potential in Education. *International Conference on Virtual Learning - ICVL, Alba Iulia*.
- Turkanović, M., Hölbl, M., Košič, K., Heričko, M., y Kamišalić, A. (2018). EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform. *IEEE Access*, *6*, 5112-5127. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2789929>
- Williamson, B. (2017). Decoding ClassDojo: psycho-policy, social-emotional learning and persuasive educational technologies. *Learning, Media and Technology*, *42*(4), 440-453. <https://doi.org/10.1080/17439884.2017.1278020>
- Xu, Y., Zhao, S., Kong, L., Zheng, Y., Zhang, S., y Li, Q. (2017). ECBC: A high performance educational certificate blockchain with efficient query. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 10580 LNCS*, 288-304. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67729-3_17

PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

Daniel Amo es Doctor en Educación (2020). Profesor del Departamento de Ingeniería Informática de La Salle Barcelona Campus, Universitat Ramon Llull, especializado en la enseñanza y aprendizaje de tecnologías de programación y analítica web. Está interesado en la investigación dentro del campo de Learning Analytics, Privacidad y Ética de datos. Es miembro del grupo de investigación GRETEL (Group of REsearch on Technology Enhanced Learning) en el que coordina la línea Educational Data Mining.

E-mail: daniel.amo@salle.url.edu

Dirección:

La Salle, Universitat Ramon Llull
C/ Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona (Spain)

Marc Alier es Doctor en Ciencias (2009). Es profesor asociado de la UPC y subdirector del ICE. Desde 2002 es profesor e investigador de la UPC en la Escuela de Informática de Barcelona, donde imparte clases de Gestión de Sistemas de Información y Aspectos Sociales y Ambientales de las Tecnologías de la Información. Desde 2004 trabaja en temas relacionados con el software libre aplicado a la educación para el desarrollo sostenible. Es miembro del grupo de investigación BCN-SEER.

Email: marc.alier@upc.edu

Dirección:

Eng.Serveis i Sistemes d'Informació,
EDIFICI OMEGA. DESPATX 129
C/ Jordi Girona, 1-3. 08034 Barcelona, (Spain)

Francisco José García-Peñalvo, es Catedrático de Universidad del Departamento de Informática y Automática en la Universidad de Salamanca (USAL), con 3 sexenios de investigación y 4 quinquenios docentes reconocidos. Es Profesor Distinguido de la Escuela de Humanidades y Educación del Tecnológico de Monterrey, México e Investigador de Impacto Internacional de la Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú. Desde 2006 es el director del Grupo de Investigación Reconocido por la USAL GRIAL (GRupo de investigación en InterAcción y eLearning. Ha sido Vicedecano de Innovación y Nuevas Tecnologías de la Facultad de Ciencias de la USAL entre 2004 y 2007 y Vicerrector de Innovación Tecnológica de esta Universidad entre 2007 y 2009. Actualmente es el Coordinador del Programa de Doctorado en Formación en la Sociedad del Conocimiento de la USAL y Delegado del Rector para la Docencia Virtual. Es el Presidente de la Asociación para el Desarrollo

de la Informática Educativa y Editor Jefe de las revistas *Education in the Knowledge Society* y *Journal of the Information Technology Research*.

Email: fgarcia@usal.es

Dirección:

Facultad de Ciencias

Plaza de los Caídos s/n, 37008 Salamanca, (Spain)

David Fonseca es Catedrático de Universidad del Departamento de Arquitectura en la Universidad Ramon Llull (URL), con 1 sexenio de investigación reconocido por la AGAUR. Doctor en Tecnologías Media por la URL (2011), actualmente es el coordinador del grupo de investigación GRETEL (Group of REsearch on Technology Enhanced Learning) desde el 2017. Así mismo también es el Jefe del Área de Representación Gráfica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura La Salle y miembro de la Comisión Académica del Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información y Su Aplicación en Gestión, Arquitectura y Geofísica de la URL. Es profesor de Herramientas Informáticas en los primeros cursos de Arquitectura y Tutor académico.

Email: david.fonseca@salle.url.edu

Dirección:

La Salle, Universitat Ramon Llull

C/ Sant Joan de la Salle 42, 08022, Barcelona (Spain)

María José Casany es Doctora en Ciencias (2013). Es profesora adjunta titular del Departamento de Ingeniería de Servicios y Sistemas de Información (ESSI) de la UPC - BarcelonaTech. Sus intereses de investigación actuales son el e-learning, el m-learning y la sostenibilidad, y es profesora de bases de datos en la Escuela de Informática de Barcelona (FIB). Actualmente es miembro del grupo de investigación BCN-SEER.

Email: mjcassany@essi.upc.edu

Dirección:

Eng.Serveis i Sistemes d'Informació, EDIFICI OMEGA. DESPATX 119

C/ Jordi Girona, 1-3. 08034 Barcelona, (Spain)

Fecha de recepción del artículo: 14/01/2020

Fecha de aceptación del artículo: 19/02/2020

Fecha de aprobación para maquetación: 21/04/2020