

Realidad aumentada en la educación superior: posibilidades y desafíos

Marta Montenegro-Rueda (autora de contacto)

Personal docente e investigador del Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla (España)
mmontenegro1@us.es | <https://orcid.org/0000-0003-4733-289X>

José Fernández-Cerero

Asistente honorario del Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla (España)
jfcerero@us.es | <https://orcid.org/0000-0002-2745-6986>

Extracto

En la actualidad, existe un creciente interés por el uso de la realidad aumentada en la educación. Así pues, este estudio, que examina sistemáticamente el uso de la realidad aumentada en la educación superior, tiene tres objetivos: (1) presentar una síntesis de la evidencia empírica disponible sobre el uso de la realidad aumentada en la educación superior, (2) identificar las posibilidades y los retos de la incorporación de estas tecnologías en las aulas universitarias y (3) determinar las tendencias y perspectivas futuras de la investigación sobre la realidad aumentada en la etapa universitaria. Este estudio utilizó un método de revisión sistemática. Doce artículos que cumplían con los criterios de selección especificados se analizaron sistemáticamente con el fin de responder al propósito del estudio. Los trabajos revisados sugieren que el uso de la realidad aumentada actúa como un elemento que mejora las experiencias de aprendizaje de los estudiantes universitarios (hombres y mujeres), sin embargo, esto no siempre es así, ya que hay estudios que han reportado limitaciones en su aplicación, como la falta de la formación del profesorado. Los resultados de la revisión se discuten en términos de sus implicaciones para futuras investigaciones y para mejorar la formación de los profesores universitarios en el uso de estas tecnologías.

Palabras clave: realidad aumentada; educación superior; tecnología educativa; revisión sistemática; posibilidades; desafíos; aprendizaje.

Recibido: 01-02-2022 | Aceptado: 02-06-2022 | Publicado: 07-09-2022

Cómo citar: Montenegro-Rueda, M. y Fernández-Cerero, J. (2022). Realidad aumentada en la educación superior: posibilidades y desafíos. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 95-114. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.858>

Augmented reality in higher education: possibilities and challenges

Marta Montenegro-Rueda (corresponding author)

Personal docente e investigador del Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla (España)

mmontenegro1@us.es | <https://orcid.org/0000-0003-4733-289X>

José Fernández-Cerero

Asistente honorario del Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla (España)

jfcerero@us.es | <https://orcid.org/0000-0002-2745-6986>

Abstract

Currently, there is a growing interest in the use of augmented reality in education. Thus, this study, which systematically examines the use of augmented reality in higher education, has three purposes: (1) to present a synthesis of the available empirical evidence on the use of augmented reality in higher education, (2) to identify the possibilities and challenges of incorporating these technologies in university classrooms, and (3) to determine future trends and prospects for research on augmented reality at the university stage. This study used a systematic review method. Twelve articles that met the specified selection criteria were systematically analysed in order to answer the purpose of the study. The studies reviewed suggest that the use of augmented reality acts as an element that enhances the learning experiences of university students (men and women), however, this is not always the case, as there are studies that have reported limitations in its application, such as the lack of teacher training. The results of the review are discussed in terms of their implications for future research and for improving the training of university teachers in the use of these technologies.

Keywords: augmented reality; higher education; educational technology; systematic review; possibilities; challenges; learning.

Received: 01-02-2022 | Accepted: 02-06-2022 | Published: 07-09-2022

Citation: Montenegro-Rueda, M. and Fernández-Cerero, J. (2022). Augmented reality in higher education: possibilities and challenges. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 95-114. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.858>



Sumario

1. Introducción
 2. Conceptualización
 3. Realidad aumentada en la educación superior
 4. Método
 5. Resultados
 - 5.1. Descriptores del estudio
 - 5.2. Método de evaluación
 - 5.3. Contenido del estudio
 6. Discusión
 7. Conclusiones
 - 7.1. Limitaciones
 - 7.2. Líneas de investigación futuras
- Referencias bibliográficas

Nota: esta publicación forma parte del proyecto I+D+i, PID2019-108230RB-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación (MCIN/AEI/10.13039/501100011033). Por otra parte, los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes. Asimismo, los autores del artículo han obtenido el consentimiento informado (libre y voluntario) por parte de todas las personas intervinientes en este estudio de investigación.

1. Introducción

Vivimos sometidos a continuos avances tecnológicos que hacen que nuestras vidas estén subordinadas cada vez más a la influencia de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (Kali *et al.*, 2019). Dicha revolución digital en la educación condiciona lo que sabemos y cómo lo aprendemos, relacionándolo con la necesidad de un nuevo planteamiento educativo y de adquirir nuevas competencias, con la idea de incorporar estos recursos en el proceso de formación (Engen, 2019). En consecuencia, este contexto de revolución digital exige a las instituciones educativas, especialmente a la educación superior, una continua adaptación, pues las relaciones que se establecen entre la enseñanza y la tecnología constituyen cada vez más un criterio de calidad educativa. El uso que se realice de dicha tecnología va a venir determinado, en gran medida, por la capacidad y formación que tengan los docentes en dichos recursos. Los cambios tecnológicos de la sociedad de la información y la comunicación revelan, por tanto, la necesidad de preparar y capacitar al profesorado universitario en competencias digitales. En este contexto, junto a las transformaciones mencionadas, están apareciendo un amplio abanico de tecnologías que están teniendo un gran impacto en la educación (Pacheco Cortés e Infante Moro, 2020). Una de estas tecnologías es, sin lugar a duda, la realidad aumentada. Autores como Cabero-Almenara, Barroso-Osuna, Llorente-Cejudo y Fernández Martínez (2019) sostienen que esta puede aportar un gran impacto en escenarios didácticos debido a sus propias características dentro del conjunto de las llamadas «tecnologías emergentes». Asimismo, esta tecnología aumentada posibilita la creación de nuevos entornos inmersivos e interactivos de aprendizaje (Cabero Almenara *et al.*, 2020).

Esta tecnología aumentada posibilita la creación de nuevos entornos inmersivos e interactivos de aprendizaje

Tomando en consideración las premisas anteriores, las tecnologías emergentes y los nuevos contextos educativos, el trabajo que presentamos tiene por objetivo evaluar, mediante diferentes variables, tanto bibliométricas como temáticas, el uso de esta tecnología (realidad aumentada) con el fin de:

- Presentar una síntesis de la literatura disponible sobre el uso de la realidad aumentada en la educación superior.
- Identificar los retos y las oportunidades de la incorporación de esta herramienta en las aulas universitarias.
- Determinar las tendencias y perspectivas futuras de investigación sobre la realidad aumentada.

En esencia, estas preguntas forman parte del proceso de investigación:

- ¿Cuál es el impacto de la realidad aumentada en los estudiantes universitarios?
- ¿Es la realidad aumentada una herramienta eficaz para la enseñanza universitaria?

Consideramos que este trabajo es necesario por diferentes razones. En primer lugar, contribuye a aumentar el campo de conocimiento en relación con la realidad aumentada y la capacitación docente en la educación superior. En segundo lugar, la información obtenida contribuye a comprender mejor la estructura de conocimiento del dominio científico de la realidad aumentada y la educación mediante el análisis de estudios publicados en revistas de alto impacto; de este modo, mediante la identificación de las líneas de investigación y sus interconexiones, a partir de la información obtenida de las bases de datos analizadas, se favorecerá la comprensión de dicha estructura de conocimiento. Y, por último, el conocimiento de la producción científica analizada permitirá conocer el desarrollo y la evolución de esta tecnología emergente, contribuyendo de manera eficaz a su introducción en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la educación superior.

2. Conceptualización

Quando hablamos de «realidad aumentada» nos situamos en una tecnología que está siendo aplicada en diferentes ámbitos de la sociedad, desde la divulgación, los juegos y la propia industria hasta, por su puesto, en el contexto educativo (Akçayır y Akçayır, 2017; Tecnológico de Monterrey, 2017). La tecnología de realidad aumentada constituye una mezcla de información física y digital en tiempo real mediante distintos soportes tecnológicos, como pueden ser *tablets* o *smartphones*, para crear de esta forma una nueva realidad (Cabeiro Almenara y García Jiménez, 2016).

La mezcla o combinación de estas dos realidades (digital y física) puede ser implementada en diferentes niveles, que van desde la utilización de los llamados «códigos QR», el uso de imágenes, la utilización de objetos en 3D, la movilización de coordenadas mediante GPS (*global positioning system*/sistema de posicionamiento global) o las huellas termales (Schmalstieg y Höllere, 2016).

Autores como Wojciechowski y Cellary (2013) clasifican los sistemas de realidad aumentada en dos; por un lado, aquellos que se basan en la ubicación y, por otro lado, los que se basan en imágenes. Los primeros utilizan los datos sobre la posición de los dispositivos móviles, determinados por el GPS o por sistemas de posicionamiento basados en wifi, etc. Sin embargo, la realidad aumentada basada en imágenes se centra en técnicas de reconocimiento de imágenes en sus características naturales, utilizadas para reconocer la misma imagen desde distintas distancias, posiciones u orientaciones (Wojciechowski y Cellary, 2013).

En esta línea, diversos autores establecen los siguientes niveles de clasificación de la realidad aumentada, dependiendo de la interactividad (Fombona Cadavieco *et al.*, 2012; De la Horra, 2017; Lens-Fitzgerald, 2009):

- **Nivel 0.** Códigos QR. Son hiperenlaces que se ubican en la web y nos aportan información en forma de texto, sonido, etc.
- **Nivel 1.** Realidad aumentada con marcadores. Las imágenes son su base y estas son utilizadas como nexo para la obtención del elemento aumentado.
- **Nivel 2.** Corresponde a este estadio la «realidad aumentada geolocalizada». Esta tecnología permite crear realidad aumentada en situaciones concretas.
- **Nivel 3.** Nivel que contienen los dispositivos HDM para crear la realidad aumentada. Un ejemplo de ello son dispositivos como las HoloLens.

Otros autores añaden un nuevo nivel en el estudio de la realidad aumentada, constituido por la llamada «cognición aumentada» (Schmorrow *et al.*, 2006). Esta radica en el establecimiento de nuevos modelos de interacción entre los humanos y las computadoras. Se trata de una línea de investigación con un gran componente inclusivo, pues puede servir de apoyo para las personas con discapacidad o con problemas de comunicación.

3. Realidad aumentada en la educación superior

La realidad aumentada constituye un recurso tecnológico muy importante en la educación superior. Dicha importancia viene determinada por las propias características específicas que ofrece esta tecnología, la cual es un complemento a los recursos tradicionales. Por una parte, es una tecnología interactiva y de fácil administración, y mediante su utilización aportamos información adicional (Cabero Almenara y García Jiménez, 2016). Por otra parte, los dispositivos que se utilizan son comunes entre los estudiantes y a la vez son ampliamente aceptados (*smartphone*) (Yáñez-Luna y Arias-Oliva, 2018). Se diferencia de la realidad mixta y de la virtual en que los alrededores y los objetos virtuales son visibles (Brigham, 2017). Tal y como afirma Azuma (1997), la realidad aumentada permite completar la realidad sin sustituirla, al contrario que la realidad virtual, que sumerge al individuo en un mundo no real en el que no puede ver el mundo que le rodea.

Son abundantes los estudios (Johnson *et al.*, 2016) y autores (Cabero-Almenara, Barroso-Osuna, Llorente-Cejudo y Fernández Martínez, 2019; Leiva Olivenza y Moreno Martínez, 2015; Martínez Pérez *et al.*, 2021) que manifiestan la gran importancia de esta tecnología en educación. La realidad aumentada se va introduciendo en todos los niveles educativos y, como afirman Bacca *et al.* (2014), las áreas donde se ha realizado un mayor uso de esta tecnología son las ciencias, las humanidades y el arte. Por el contrario, entre las de menor

uso se encuentran las ciencias de la salud, la agricultura y la educación, especialmente en el ámbito de la formación del profesorado. Es en los niveles obligatorios de enseñanza y en la educación superior donde mayor uso se le ha dado a la realidad aumentada. Las etapas de educación infantil y formación profesional, las que menos.

A raíz de lo anterior, podemos decir que el uso de la realidad aumentada en educación ofrece diferentes posibilidades en su implementación, como son:

- Suprimir contenidos en forma de información que pueda entorpecer la asimilación de información significativa por el alumnado.
- Aumentar o enriquecer la información de la realidad para que el alumno pueda asimilarla de forma eficiente.
- Observación de un determinado objeto desde diferentes perspectivas, seleccionando, el propio estudiante, la posición de observación y el momento adecuado.
- Fortalecer el llamado «aprendizaje ubicuo».
- Crear simuladores en forma de escenarios «artificiales» que sean seguros para los alumnos.
- Enriquecer información adicional para los alumnos en diferentes soportes.
- Convertir a los alumnos en «proconsumidores» de objetos de aprendizaje en formato realidad aumentada.
- Usar la llamada metodología *flipped classroom*.
- Incrementar el aprendizaje informal.
- Potenciar, desarrollar y crear escenarios y contextos inclusivos (Martínez Pérez, 2020), y beneficiar determinadas capacidades y habilidades en contextos inclusivos (Blas Padilla *et al.*, 2019).

Todas estas posibilidades que presenta la realidad aumentada pueden ser incorporadas tanto en distintas disciplinas (ciencias, salud, agricultura, etc.) como en diferentes niveles educativos (Akçayır y Akçayır, 2017). Debemos matizar que actualmente es en la formación universitaria donde su uso es más frecuente (Cabero-Almenara, Fernández-Batanero y Barroso-Osuna, 2019).

A pesar de la escasez de estudios sobre su uso en la educación superior, se evidencia que su aplicación deja huella en la educación (Alkhatabi, 2017; Cabero-Almenara, Fernández-Batanero y Barroso-Osuna, 2019). Los estudios realizados han puesto de manifiesto algunos beneficios, como son las actitudes favorables hacia ella por parte de los estudiantes o su gran poder de motivación (Kamarainen *et al.*, 2013). Asimismo, se ha puesto de manifiesto también su capacidad para favorecer la creación de contextos de corte constructivista de

formación (Wojciechowski y Cellary, 2013) y de contextos realistas de aprendizaje (Alkhattabi, 2017). Por otro lado, también favorecen la creación de entornos activos de enseñanza (Akçayır y Akçayır, 2017; Cheng, 2017), despertando un elevado grado de satisfacción y actitudes positivas en los alumnos (Cheng, 2017; Díaz Noguera *et al.*, 2017; Marín Díaz, 2017). Por último, se ha puesto también de manifiesto su poder para la mejora de los resultados de aprendizajes (Cabero Almerana y Barroso Osuna, 2018).

Por lo que se refiere a sus limitaciones, nos encontramos con las siguientes: escasez de prácticas educativas debido a su novedad, lo cual nos lleva a una falta de reflexión teórica; escasez de materiales educativos producidos; restringida formación del profesorado; y escasos estudios (Aguayo *et al.*, 2017; Saidin *et al.*, 2015).

A pesar de los beneficios que aportan estas tecnologías en el ámbito de la educación superior, debemos tener en cuenta que no surtirá efecto su inclusión sin previamente haber realizado un diseño del proceso de enseñanza-aprendizaje que esté adaptado al contexto y que tenga en cuenta al profesorado. En un estudio reciente (Martínez Pérez *et al.*, 2021) se pone de manifiesto la importancia de que el profesorado de educación superior esté capacitado y formado, y sea conocedor del dominio comunicativo y motivador de estas tecnologías para la creación de materiales por parte del propio estudiante. En definitiva, son necesarios docentes con capacidad de organización y planificación, al mismo tiempo que estén dotados para motivar al alumnado, de forma que favorezcan aprendizajes adaptados a las necesidades actuales.

4. Método

Este estudio realiza una revisión sistemática con la finalidad de dar respuesta a los objetivos planteados mediante el análisis de la literatura disponible. Para ello, se han seguido las directrices propuestas por Kitchenham (2004), adaptadas a este estudio, abarcando las siguientes etapas durante la realización de la revisión:

Etapa I. Planteamiento de las preguntas de investigación

Dada la relevancia del uso de la realidad aumentada en la educación, se considera necesario obtener una visión general del impacto de su uso en la educación superior. En este contexto, las preguntas de investigación que aborda esta revisión son:

- P1. ¿Cuál es el impacto de la realidad aumentada en los estudiantes universitarios?
- P2. ¿Es la realidad aumentada una herramienta eficaz para la enseñanza universitaria?





Etapa II. Estrategia de búsqueda

En esta etapa se han realizado búsquedas en la base de datos electrónica Web of Science (WoS) dada su relevancia en el mundo académico. Además, se han realizado búsquedas, de forma manual, en las listas de referencias de los artículos recuperados. Para realizar la revisión se han seguido las recomendaciones de PRISMA (*preferred reporting items for systemic reviews and meta-analyses*) (Moher *et al.*, 2009).

La revisión comenzó con la búsqueda preliminar de la siguiente estrategia de búsqueda (realidad aumentada) y (educación superior) en el campo de búsqueda *topic* de la base de datos seleccionada en el periodo 2017-2021 (últimos 5 años). Un total de 1.226 documentos fueron devueltos por la base de datos en la primera búsqueda. La búsqueda se realizó en enero de 2022.

Etapa III. Criterios de elegibilidad

Teniendo en cuenta las preguntas de investigación, se definieron los siguientes criterios de elegibilidad para determinar qué estudios se seleccionarían en la revisión:

- Criterios de inclusión (CI):
 - CI1. Estudios publicados entre 2017 y 2021 (investigación de los últimos 5 años).
 - CI2. Artículos científicos publicados en revistas revisadas por pares.
 - CI3. Estudios que presentaban una evaluación cuantitativa o cualitativa del aprendizaje mediante realidad aumentada.
 - CI4. Estudios que describen el uso de la realidad aumentada en un contexto universitario.
- Criterios de exclusión (CE):
 - CE1. Estudios no identificados como «artículos» en la base de datos seleccionada.
 - CE2. Estudios que no proporcionan una evaluación cuantitativa o cualitativa del aprendizaje mediante realidad aumentada.
 - CE3. Estudios que mencionan realidad aumentada, pero no en la educación superior.

Etapa IV. Proceso de búsqueda

El proceso de búsqueda de datos se dividió en cuatro fases:

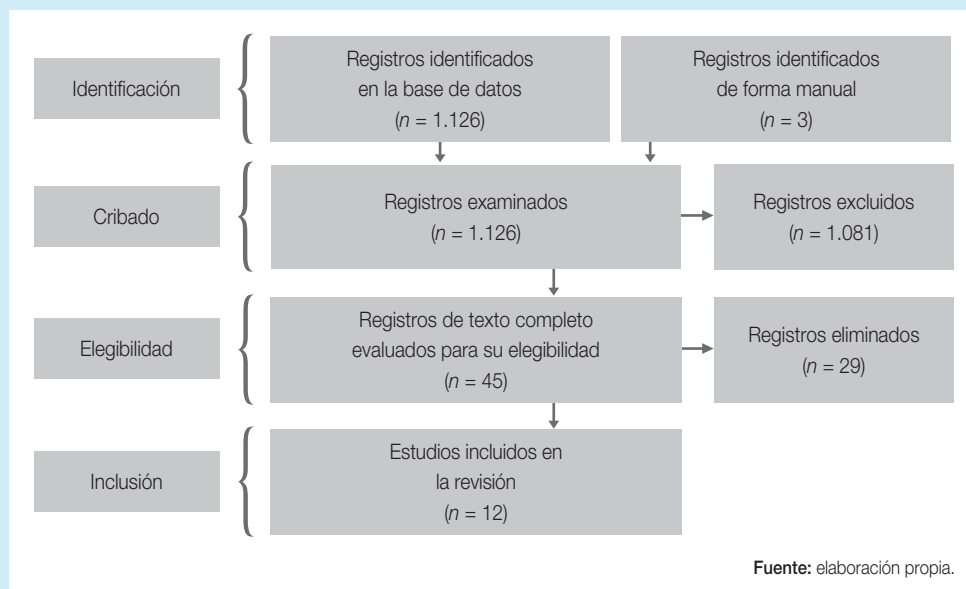
- Identificación.
- Cribado.
- Elegibilidad.
- Inclusión.

Tras identificar 1.126 documentos en la fase de identificación se aplicaron los criterios de inclusión. Además, se añadieron tres estudios de forma manual tras la revisión de las referencias de los estudios recuperados. De este modo, durante la fase de cribado, se excluyeron 1.081 documentos que no cumplían



con los criterios de inclusión. Durante la fase de idoneidad, los 45 documentos restantes fueron revisados a texto completo y, atendiendo a los criterios de exclusión establecidos, se eliminaron 15 documentos. Finalmente, en la fase de inclusión, se recogen las 12 publicaciones seleccionadas (véase figura I).

Figura I. Diagrama de flujo PRISMA



Etapa V. Categorías para el análisis

En este paso definimos las categorías de análisis según las preguntas de investigación. Las categorías nos permitirán agrupar los estudios según sus características (véase cuadro I).

Cuadro I. Categorías para el análisis

Pregunta de investigación	Categorías para el análisis
P1. ¿Cuál es el impacto de la realidad aumentada en los estudiantes universitarios?	Posibilidades de la realidad aumentada Desafíos de la realidad aumentada.
P2. ¿Es la realidad aumentada una herramienta eficaz para la enseñanza universitaria?	Efectividad de la realidad aumentada. Métodos de evaluación.

Fuente: elaboración propia.

Etapa VI. Extracción de datos

Las categorías para el análisis se aplicaron con el fin de extraer la información relevante de cada papel. Como ayuda para el lector, el cuadro II proporciona un resumen de los artículos de investigación revisados. Para cada artículo, se muestran los siguientes atributos:

- Artículo: referencia del artículo.
- Tema: contenido que el profesorado quería enseñar a través de la realidad aumentada.
- Muestra: tamaño.
- Método: tipo de metodología utilizada en el estudio para la evaluación del aprendizaje.
- Hallazgos principales: resumen de los resultados principales del estudio.

Cuadro II. **Características de los artículos y principales hallazgos**

Artículo	Tema	Muestra	Método	Hallazgos
Ozdamlı y Hursen (2017).	Tecnología.	62 estudiantes.	Mixto.	Habilidades de pensamiento crítico y reflexivo. Habilidades de aprendizaje.
Marín Díaz (2017).	Aplicaciones didácticas.	81 estudiantes.	Mixto.	Potencia la creatividad. Mejora la comunicación.
Moreno Martínez y Leiva Olivencia (2017).	Didáctica general.	105 estudiantes.	Cuantitativo.	Adquisición de destrezas.
Cabero Almenara y Barroso Osuna (2018).	Tecnología.	302 estudiantes	Cuantitativo.	Beneficia el proceso de aprendizaje. Favorece la motivación.
Fernández Robles (2018).	Tecnología.	134 estudiantes.	Cuantitativo.	Habilidades de aprendizaje. Favorece la motivación.
Blas Padilla <i>et al.</i> (2019).	Tecnología y educación social.	231 estudiantes.	Cuantitativo.	Beneficia el proceso de aprendizaje. Favorece la motivación.
Cai <i>et al.</i> (2019.)	Matemáticas.	101 estudiantes.	Cuantitativo.	Mayor eficacia. Favorece la atención.
Poce <i>et al.</i> (2019).	Museo en la universidad	14 estudiantes.	Cuantitativo.	Habilidades de pensamiento crítico y reflexivo.



Artículo	Tema	Muestra	Método	Hallazgos
Cabero Almenara <i>et al.</i> (2020).	Tecnología.	236 estudiantes.	Cualitativo.	Favorece el trabajo colaborativo. Dinamiza espacios motivadores.
Durak <i>et al.</i> (2020).	Arqueología.	19 estudiantes.	Cualitativo.	Enriquece las experiencias de aprendizaje.
Martínez Pérez <i>et al.</i> (2021).	Tecnología.	186 estudiantes.	Mixto.	Adquisición de competencias.
Elfeky y Elbaly (2021).	Diseño de moda.	54 estudiantes.	Cuantitativo.	Habilidades de aprendizaje. Éxito académico.

Fuente: elaboración propia.

5. Resultados

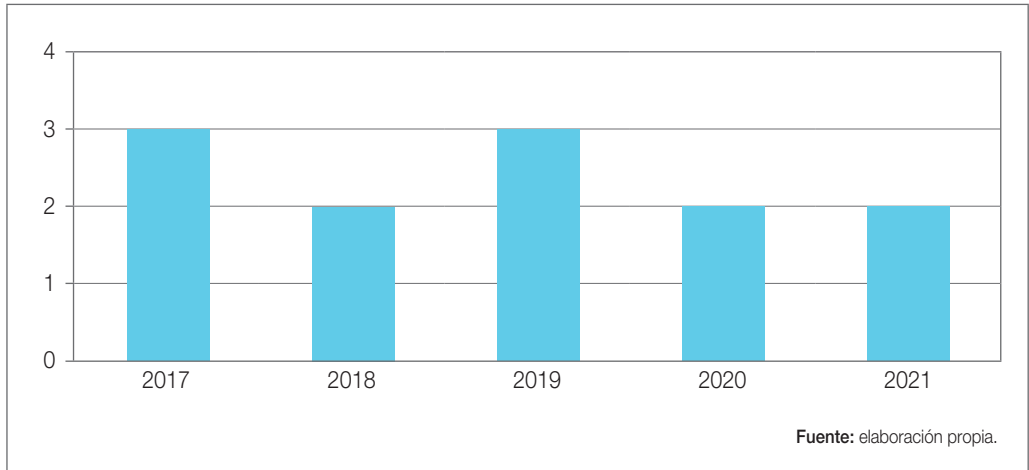
En esta sección se describen los resultados del análisis de los 12 estudios seleccionados durante el proceso de revisión, atendiendo a los siguientes indicadores de investigación: descriptores del estudio (año de publicación), método de evaluación (método utilizado para evaluar los aprendizajes mediante realidad aumentada) y contenido del estudio (ventajas y limitaciones de la realidad aumentada). La selección de estos descriptores se determinó en función de las preguntas de investigación planteadas en la revisión.

5.1. Descriptores del estudio

Una vez realizada la revisión, y atendiendo a los criterios de búsqueda, se seleccionaron 12 artículos desde el año 2017 hasta el 2021. Con antelación al análisis de su contenido, se clasificaron según su año de publicación. Como podemos observar en la figura 1, ha habido un crecimiento en la publicación de artículos científicos en los últimos cinco años en el campo de estudio.

Atendiendo al año de publicación de los estudios considerados encontramos que el número de estudios sobre realidad aumentada en educación superior está aumentando progresivamente durante los últimos cinco años. Se debe tener en cuenta el impacto causado en la educación por la COVID-19, ya que, desde 2020, puede haber afectado a las prácticas educativas.

Figura 1. Número de estudios publicados por año de publicación



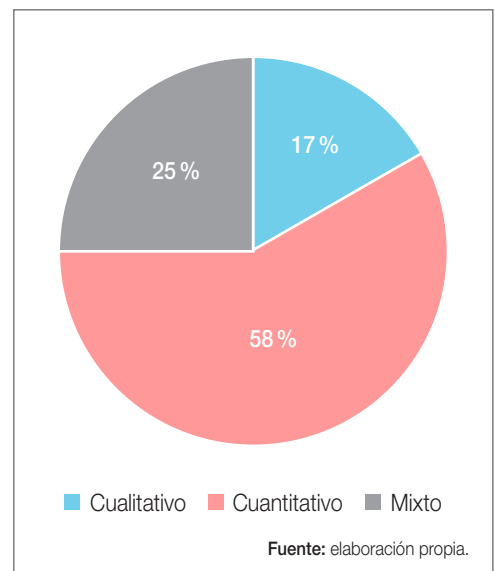
5.2. Método de evaluación

Uno de los objetivos relevantes de este estudio es conocer cómo se han evaluado las intervenciones con realidad aumentada en la educación superior con el fin de analizar la efectividad de estas estrategias en el ámbito universitario. Se han diferenciados tres categorías:

- **Cuantitativo.** Experiencias evaluadas a través de cuestionarios.
- **Cualitativo.** Experiencias evaluadas a través de entrevistas.
- **Mixto.** Experiencias evaluadas utilizando tanto cuestionarios como entrevistas.

Como se puede observar claramente en la figura 2, destacan las publicaciones que evaluaron sus intervenciones a través de cuestionarios. En el lado opuesto, se observan pocas investigaciones que hayan evaluado sus aprendizajes mediante entrevistas. En una posición central, se encuentran los estudios que han empleado una evaluación mediante cuestionarios y entrevistas.

Figura 2. Clasificación de los estudios según el método de evaluación utilizado



5.3. Contenido del estudio

En este apartado se revisa el contenido de los 12 estudios seleccionados. El objetivo principal es delimitar las posibilidades y los desafíos del uso de la realidad aumentada en la educación superior.

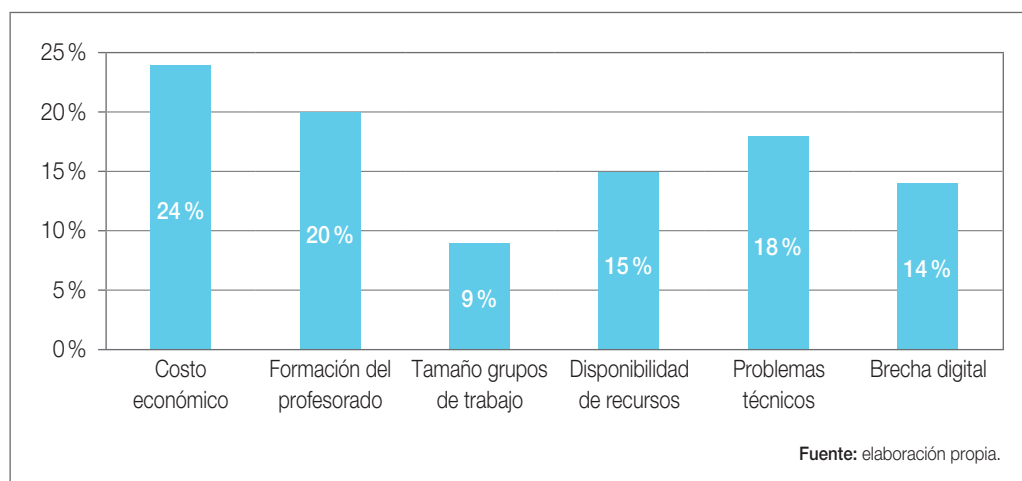
Tras el análisis de los estudios podemos sintetizar que la aplicación de la realidad aumentada en las intervenciones en educación superior supone numerosas ventajas para el alumnado, entre las que podemos encontrar las siguientes:

- Permite la adquisición de habilidades y destrezas de aprendizaje (23 %).
- Mejora la competencia digital del alumnado (20 %).
- Aumenta la atención (16 %) y la comunicación (14 %).
- Favorece la motivación (11 %), el trabajo colaborativo y la participación social (8 %).
- Potencia la creatividad (5 %) y la adquisición de habilidades de pensamiento crítico y reflexivo (3 %).

Entre los desafíos de la implementación de las tecnologías de realidad aumentada en la educación superior podemos destacar los siguientes aspectos (véase figura 3):

- La inversión económica que supone para las instituciones universitarias (24 %).
- El nivel de formación del profesorado universitario en realidad aumentada (20 %).

Figura 3. Limitaciones de la realidad aumentada en la educación superior



6. Discusión

En esta sección se discuten los resultados de la revisión sistemática en un intento de responder a las preguntas de investigación planteadas. El interés sobre la investigación de la realidad aumentada está incrementándose en los últimos años, sin embargo, atendiendo a los hallazgos obtenidos, podemos determinar que la realidad aumentada es un tema emergente en la educación superior que se encuentra en una fase inicial (Bacca *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2013), por lo que se destaca la necesidad de abordar más investigaciones sobre el uso de la realidad aumentada en la etapa universitaria para descubrir sus posibilidades.

P1. ¿Cuál es el impacto de la realidad aumentada en los estudiantes universitarios?

Si bien existe un interés creciente en el uso de las tecnologías de realidad aumentada en la educación, debido a su gran potencial en el aprendizaje del alumnado, su aplicación en la educación superior sigue siendo una tendencia emergente (Bacca *et al.*, 2014; Elfeky y Elbyaly, 2021).

Los resultados del estudio indican que las tecnologías de realidad aumentada tienen un impacto positivo en la educación superior. Los estudiantes expresan que usar las tecnologías de realidad aumentada resulta muy atractivo porque son muy fáciles de utilizar (Blas Padilla *et al.*, 2019; Martínez Pérez *et al.*, 2021), a la vez que fomentan la adquisición de habilidades y destrezas cognitivas y facilitan el aprendizaje.

El estudio permite mostrar que las experiencias con la tecnología de realidad aumentada aumentan la motivación y el interés mostrado por los alumnos (Cabero Almenara y Barroso Osuna, 2018); hallazgos coincidentes con otros estudios realizados anteriormente (Cabero-Almenara, Fernández-Batanero y Barroso-Osuna, 2019; Cózar Gutiérrez *et al.*, 2015). A pesar de la adquisición de competencias, el uso de esta tecnología ofrece escenarios que favorecen la comunicación y el trabajo cooperativo en la educación superior (Moreno Martínez y Leiva Olivencia, 2017).

En esta línea, podemos afirmar las grandes posibilidades que tiene la realidad aumentada en el desarrollo del proceso de aprendizaje en la educación superior, destacando, además, el desarrollo de la creatividad y los niveles de pensamiento crítico cuando se implementa con tareas de aprendizaje reflexivo (Marín Díaz, 2017; Poce *et al.*, 2019).

Sin embargo, cuando se analizan los hallazgos relativos a los desafíos experimentados mediante la implementación de realidad aumentada en la educación superior, se revela sobre todo el costo académico como una de las barreras principales. Los centros universitarios deben hacer una gran inversión para garantizar el acceso a las tecnologías en sus aulas, aspectos que pueden aumentar la brecha digital entre los estudiantes con menos recursos económicos (Cabero Almenara *et al.*, 2020). Asimismo, para una adecuada implementación

de estas tecnologías con el alumnado universitario se requiere una adecuada formación por parte del profesorado (Martínez Pérez *et al.*, 2021). Estos aspectos están directamente relacionados con el número de alumnos por profesor. La subida de la ratio de alumnos por aula, en los diferentes niveles educativos, dificulta la posibilidad de aprovechar los recursos disponibles. Entre otros problemas se encuentran los de carácter técnico, como la conexión a internet o la mala calidad de la cámara (Ozdamli y Hursen, 2017), lo que dificulta las experiencias con estas tecnologías.

P2. ¿Es la realidad aumentada una herramienta eficaz para la enseñanza universitaria?

El análisis de los estudios que utilizan realidad aumentada con el alumnado universitario nos permite aseverar que la utilización de esta tecnología despierta verdadero interés entre los estudiantes y genera un gran impacto en su aprendizaje, aspectos corroborados por diferentes estudios analizados (Blas Padilla *et al.*, 2019; Cabero Almenara *et al.*, 2020; Martínez Pérez *et al.*, 2021). Las investigaciones apoyan el uso de la realidad aumentada en entornos de educación superior para aumentar el rendimiento académico, principalmente, en las disciplinas académicas relacionadas con ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (*science, technology, engineering y mathematics* [STEM]) (Cai *et al.*, 2019; Mystakidis *et al.*, 2021).

Sin embargo, aunque su uso pueda tener un gran potencial en el proceso de aprendizaje del alumnado (Cabero Almenara y Barroso Osuna, 2018), antes de aplicar estas herramientas educativas emergentes, se considera necesario que el profesorado sepa exactamente cómo funcionan. Estos resultados los respaldan autores como Thomas y Chinnappan (2008), que afirman que solo se obtendrán beneficios significativos si la tecnología es utilizada de forma eficaz por los docentes y está adaptada a las necesidades educativas de los estudiantes.

Respondiendo así a la pregunta planteada, podemos afirmar que la realidad aumentada tiene mucho potencial para ayudar en la enseñanza universitaria. No obstante, la ganancia no está garantizada por la simple acción de aplicar la realidad aumentada, sino que, a pesar de este incremento, debemos superar las limitaciones, citadas anteriormente, que pueden determinar los resultados.

7. Conclusiones

Este estudio presenta una revisión de la literatura publicada en los últimos cinco años sobre el uso de la realidad aumentada con la finalidad de identificar el potencial de esta herramienta en las aulas universitarias, sintetizando los aspectos relevantes e indicando futuras investigaciones y perspectivas.

Podríamos haber tenido más artículos que contribuyeran a la discusión de la efectividad de la realidad aumentada en la educación superior, pero, sin embargo, no presentaban una evaluación cuantitativa o cualitativa de los aprendizajes de los estudiantes mediante realidad aumentada, por lo que fueron rechazados. La evidencia empírica para respaldar la efectividad de la realidad aumentada es aún bastante limitada. Sin embargo, se presenta un panorama próximo positivo. Para su implementación futura, es necesario tener presente la formación del profesorado. Es decir, la capacitación del profesorado universitario en realidad aumentada es necesaria para que puedan llevar a cabo su implementación de forma eficaz. Pero no es suficiente solo con esta capacitación, sino que también es necesaria una inversión económica para la adquisición de dichas tecnologías por parte de las instituciones universitarias.

El uso de estas tecnologías permitirá avanzar hacia una educación superior más digitalizada y de calidad, incorporando tecnologías emergentes que hagan más atractivo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se espera que el estudio proporcione elementos útiles para el profesorado y los investigadores en el contexto universitario.

7.1. Limitaciones

Cabe señalar que este estudio se basó en el análisis de 12 artículos seleccionados mediante unos criterios de búsqueda específicos en una única base de datos (WoS). Otros criterios de búsqueda y añadir otras bases de datos habrían producido más artículos para analizar.

7.2. Líneas de investigación futuras

En la investigación futura se sugiere, por un lado, la necesidad de trabajar en diferentes direcciones: aumentar el número de experiencias con realidad aumentada en todas las disciplinas en la educación superior. Por otro lado, es necesario el diseño, la implementación y la evaluación, por parte de las distintas universidades, de planes de formación docente en tecnologías emergentes.

Referencias bibliográficas

- Aguayo, C., Cochrane, T. y Narayan, V. (2017). Key themes in mobile learning: prospects for learner-generated learning through AR and VR. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(6), 27-40. <https://doi.org/10.14742/ajet.3671>
- Akçayır, M. y Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: a systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edu.rev.2016.11.002>

- Alkhattabi, M. (2017). Augmented reality as e-learning tool in primary schools' education: barriers to teachers' adoption. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(2), 91-100.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. y Kinshuk, R. (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Blas Padilla, D., Vázquez-Cano, E., Morales Cevallosi, M. B. y López Meneses, E. (2019). Use of augmented reality apps in university classrooms. *Campus Virtuales*, 8(1), 37-48.
- Brigham, T. J. (2017). Reality check: basics of augmented, virtual, and mixed reality. *Medical Reference Services Quarterly*, 36(2), 171-178. <http://doi.org/10.1080/02763869.2017.1293987>
- Cabero Almenara, J. y Barroso Osuna, J. (2018). The technological scenarios in augmented reality (AR): educational possibilities in university studies. *Aula Abierta*, 47(3), 327-335. <https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140>
- Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Llorente-Cejudo, C. y Fernández Martínez, M.^a M. (2019). Educational uses of augmented reality (AR): experiences in educational science. *Sustainability*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/su11184990>
- Cabero-Almenara, J., Fernández-Batanero, J. M.^a y Barroso-Osuna, J. (2019). Adoption of augmented reality technology by university students. *Heliyon*, 5(5), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01597>
- Cabero Almenara, J. y García Jiménez, F. (Coords.). (2016). *Realidad aumentada: tecnología para la formación*. Síntesis.
- Cabero Almenara, J., Vázquez-Cano, E., López Meneses, E. y Jaén Martínez, A. (2020). Formative possibilities of augmented technology. A diachronic study in university scenarios. *Revista Complutense de Educación*, 31(2), 142-152. <https://doi.org/10.5209/rced.61934>
- Cai, S., Liu, U., Yang, Y. y Liang, J.C. (2019). Tablet-based AR technology: impacts on students' conceptions and approaches to learning mathematics according to their self-efficacy. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 248-263. <https://doi.org/10.1111/bjet.12718>
- Cheng, K.-H. (2017). Reading an augmented reality book: an exploration of learners' cognitive load, motivation, and attitudes. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(4), 53-69.
- Cózar Gutiérrez, R., Moya Martínez, M.^a V. de, Hernández Bravo, J. A. y Hernández Bravo, J. R. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las ciencias sociales. Una experiencia con el uso de realidad aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education Review*, 27, 138-153.
- Díaz Noguera, M.^a D., Toledo Morales, P. y Hervás-Gómez, C. (2017). Augmented reality applications attitude scale (ARAAS): diagnosing the attitudes of future teachers. *The New Educational Review*, 50(4), 215-226.
- Durak, H. Y., Saritepeci, M. y Bagdatli Çam, F. (2020). Examination of university students' opinions on use of augmented reality technology in archeology field. *Journal of Qualitative Research in Education*, 8(1), 156-179. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.8c.1s.8m>
- Elfeky, A. I. M. y Elbyaly, M. Y. H. (2021). Developing skills of fashion design by augmented reality technology in higher education. *Interactive Learning Environments*, 29(1), 17-32. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1558259>

- Engen, B.-K. (2019). Understanding social and cultural aspects of teachers' digital competencies. *Comunicar*, 61, 9-19. <https://doi.org/10.3916/C61-2019-01>
- Fernández Robles, B. (2018). The use of objects of learning of augmented reality in the university education of primary education. *IJERI. International Journal of Educational Research and Innovation*, 9, 90-104.
- Fombona Cadavieco, J., Pascual Sevillano, M.^a J. y Ferreira Amador, M. F. M. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210.
- Horra Villacé, I. de la. (2017). Realidad aumentada, una revolución educativa. *EDMETIC. Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 9-22.
- Johnson, L., Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A. y Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. The New Media Consortium.
- Kali, Y., Baram-Tsabari, A. y Schejter A. (Eds.). (2019). *Learning in a Networked Society: Spontaneous and Designed Technology Enhanced Learning Communities*. Springer's Computer Supported Collaborative Learning Series.
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S. y Dede, C. (2013). EcoMOBILE: integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Keele University.
- Leiva Olivencia, J. J. y Moreno Martínez, N. M. (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas. *Revista Científica de Opinión y Divulgación*, 31, 1-18.
- Lens-Fitzgerald, M. (2009). *Augmented Reality Hype Cycle*. <http://acdc.sav.us.es/pixelbit/images/stories/p46/12.pdf>
- Marín Díaz, V. (2017). The augmented reality in the educational sphere of student of degree in childhood education. Case Study. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 51, 7-19. <http://doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i51.01>
- Martínez Pérez, S. (2020). Tecnologías de información y comunicación, realidad aumentada y atención a la diversidad en la formación del profesorado. *Transdigital. Scientific Journal*, 1(1), 1-20. <https://doi.org/10.56162/transdigital9>
- Martínez Pérez, S., Fernández Robles, B. y Barroso Osuna, J. (2021). Augmented reality as a resource for training in higher education. *Campus Virtuales*, 10(1), 9-19.
- 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). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moreno Martínez, N. y Leiva Olivencia, J. J. (2017). Formative experiences in the educational use of augmented reality with students of primary education degree at the University of Malaga. *EDMETIC. Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 81-104.
- Mystakidis, S., Christopoulos, A. y Pellas, N. (2021). A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education. *Education and Information Technologies*, 27, 1.883-1.927. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10682-1>

- Orozco, C., Esteban, P. y Trefftz, H. (2006). Collaborative and distributed augmented reality in teaching multi-variate calculus. *WBE'06 Proceedings of the 5th IASTED International Conference on Webbased Education*. ACTA Press.
- Ozdamli, F. y Hursen, C. (2017). An emerging technology: augmented reality to promote learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(11), 121-137.
- Pacheco Cortés, A. M. e Infante Moro, A. (2020). La resignificación de las TIC en un ambiente virtual de aprendizaje. *Campus Virtuales*, 9(1), 85-90.
- Poce, A., Amenduni, F., Medio, C. de, Valente, M. y Re, M. R. (2019). Adopting augmented reality to engage higher education students in a museum university collection: the experience at Roma Tre University. *Information*, 10(12), 375.
- Saidin, N., Halim, N. y Yahaya, N. (2015). A review of research on augmented reality in education: advantages and applications. *International Education Studies*, 8(13), 1-8.
- Schmalstieg, D. y Höllere, T. (2016). *Augmented Reality. Principles and Practice*. Addison-Wesley.
- Schmorrow, D., Stanney, K. M. y Reeves, L. M. (2006). *Foundations of Augmented Cognition: Augmented Cognition-Past Present and Future*. Strategic Analysis, Inc.
- Tecnológico de Monterrey. (2017). *EduTrends: radar de innovación educativa 2017*.
- Thomas, M. y Chinnappan, M. (2008). Teaching and learning with technology: realising the potential. En H. Forgasz, A. Barkatsas, A. J. Bishop, B. Clarke, S. Keast, W. Tiong-Seah y P. Sullivan (Eds.), *Research in Mathematics Education in Australasia 2004-2007* (pp. 165-193). Sense Publishers.
- Wojciechowski, R. y Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570-585.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y. y Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Yáñez-Luna, J. C. y Arias-Oliva, M. (2018). M-learning: aceptación tecnológica de dispositivos móviles en la formación online. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 10, 13-34. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.193>

Marta Montenegro-Rueda. Personal docente e investigador en el Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla (España). Línea de investigación: centrada en la formación digital del profesorado y en el uso de las TIC para los estudiantes con discapacidad. <https://orcid.org/0000-0003-4733-289X>

José Fernández-Cerero. Asistente honorario en el Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla (España). Línea de investigación: centrada en la formación digital del profesorado y en el uso de las TIC para los estudiantes con discapacidad. <https://orcid.org/0000-0002-2745-6986>

Contribución de autores. M. M.-R. y J. F.-C. han participado a partes iguales en la elaboración de todos los apartados que constituyen este estudio de investigación.