

BORDÓN

Revista de Pedagogía

NÚMERO MONOGRÁFICO / *SPECIAL ISSUE*

Educación STEM: tecnologías emergentes para
el aprendizaje científico
STEM education: emerging technologies for science learning

Alicia Palacios Ortega, Daniel Moreno Mediavilla
y Virginia Pascual López (editores invitados / *guest editors*)



Volumen 74
Número, 4
2022

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PEDAGOGÍA

LA TRASCENDENCIA DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LA EDUCACIÓN STEM: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EXPERIMENTACIÓN EN EL AULA

The importance of virtual reality in STEM education: a systematic review from the point of view of experimentation in the classroom

JUAN JOSÉ MARRERO-GALVÁN Y MANUEL HERNÁNDEZ-PADRÓN
Universidad de La Laguna (España)

DOI: 10.13042/Bordon.2022.94179

Fecha de recepción: 10/04/2022 • Fecha de aceptación: 11/07/2022

Autor de contacto / Corresponding author: Juan José Marrero-Galván. E-mail: jmarrerg@ull.edu.es

Cómo citar este artículo: Marrero-Galván, J. J. y Hernández-Padrón, M. (2022). La trascendencia de la realidad virtual en la educación STEM: una revisión sistemática desde el punto de vista de la experimentación en el aula. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 74(4), 45-63. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94179>

INTRODUCCIÓN. En los últimos años las disciplinas STEM vienen integrando la realidad virtual en el contexto educativo. Entendiendo esta tecnología como una inmersión del usuario, en este caso estudiantes, en un mundo totalmente virtual y en el que se desarrollan diferentes estrategias de enseñanza-aprendizaje. Es importante conocer las investigaciones que se han publicado a nivel internacional sobre la implementación del constructo STEM-realidad virtual-alumnado, así como los resultados que han obtenido, por lo que este ha sido el objetivo de este trabajo. **MÉTODO.** Para ello, se ha realizado una revisión sistemática de la literatura publicada, formato artículos con acceso en abierto, en la base de datos Scopus entre los años 2000 y 2021 y en el ámbito de las ciencias sociales. **RESULTADOS.** Se han obtenido 12 artículos que cumplen los criterios de inclusión establecidos y su análisis aporta un creciente interés por parte de investigadores y educadores, diversidad de autores y de áreas implicadas, además de algunos logros positivos de tipo cognitivo y afectivo de los estudiantes que participan activamente en los estudios, así como una notable variedad en las actividades diseñadas; pero también algunas deficiencias metodológicas, como pueden ser: una escasa fundamentación teórica que oriente los diseños de las propuestas didácticas o un tiempo limitado en algunos de los estudios. **DISCUSIÓN.** Se destacan las sinergias que se producen entre la realidad virtual y el aprendizaje basado en problemas o la indagación, las limitaciones en cuanto al uso y disponibilidad tecnológica, la necesidad de continuar la investigación sobre esta temática y, finalmente, incrementar en la medida de lo posible el tamaño muestral, que permita la generalización de los resultados y evaluar de forma eficaz el nivel de integración real de esta tecnología emergente.

Palabras clave: Realidad virtual, Revisión sistemática, STEM, Investigación educativa.

Introducción

El enfoque educativo STEM (acrónimo de *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) ha tomado relevancia y se ha convertido en un campo emergente de investigación dado el elevado número de trabajos publicados en la última década (Sánchez y García-Martínez, 2021) y el grado de penetración en las escuelas (Thu *et al.*, 2021).

En la literatura sobre STEM se sugieren diversos modelos (Gardner y Tillotson, 2019; Moore *et al.*, 2014) y propuestas de enseñanza (Gunawan y Shieh, 2020). Pero un aspecto en el que coinciden la mayoría de los autores es la importancia de integrar conocimientos interdisciplinares para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que los problemas del mundo real son complejos e intervienen en ellos numerosas variables que tener en cuenta. Así, el enfoque STEM permite sinergias entre los contenidos de diferentes disciplinas y genera un aprendizaje significativo (Martín y Santaolalla, 2020). Si bien la educación STEM sería más efectiva si el profesorado dispusiera de tiempo para la formación necesaria que le permitiera cambiar las pedagogías tradicionales (Gardner y Tillotson, 2019) y también si se tienen en cuenta los factores que juegan un papel importante en la capacidad de los estudiantes para integrar dicho contenido (Ku *et al.*, 2022).

La educación STEM también presenta dificultades que se han ido detectando e impiden su desarrollo. Así, por ejemplo, Gardner y Tillotson (2019) señalan aspectos estructurales y de organización curricular; Toma y García-Carmona (2021) advierten de que muchas propuestas STEM son educativamente deficitarias; El Nagdi *et al.* (2018) señalan que la filosofía personal de los docentes y la comprensión del modelo STEM no siempre van en sintonía; y Aguilera y Ortiz-Revilla (2021) destacan que se carece de un marco conceptual claro.

Hace tiempo que las disciplinas STEM vienen integrando el desarrollo tecnológico propio de la era digital en la que vivimos y son numerosas las herramientas digitales que se utilizan en la enseñanza de las mismas, aunque diversos autores (Giordan, 2011; Marrero y Fernández, 2011) han incidido en un uso realmente educativo si se quiere producir procesos de enseñanza y aprendizaje de calidad. De igual forma, López *et al.* (2020) destacan la relación simbiótica entre la educación STEM y las herramientas digitales, ya que dicha conexión permite la mejora de las competencias científicas, matemáticas y tecnológicas de los estudiantes y sus competencias digitales. Para ello, también parece imprescindible el desarrollo de la propia competencia digital de los docentes, así Marrero *et al.* (2021), tomando como referencia el marco DigComEdu (Redecker y Punie, 2017), detectan aportes significativos en la *pedagogía digital* o los *recursos digitales* y deficiencias en *promoción de la competencia digital de los estudiantes*. También, Fuentes *et al.* (2019) inciden en la competencia digital docente como factor clave en el desempeño de pedagogías activas.

De las diferentes herramientas digitales que se han incorporado a las disciplinas STEM, destacan como tecnologías emergentes la realidad aumentada (en adelante, RA) y la realidad virtual (en adelante, RV), quizás sea porque ambas tecnologías tienen características inmersivas por parte de los usuarios y en las posibilidades de acceso actuales. Así, Aznar-Díaz *et al.* (2018) constatan el auge en la implementación de la RV en diferentes niveles y ámbitos educativos gracias a la democratización de la tecnología. Tanto en la RA como en la RV lo real y lo virtual coexisten (Di Serio *et al.*, 2013). Es decir, la RA se basa en la superposición de elementos virtuales (imágenes, información, etc.) en la propia realidad del usuario (Cabero y García, 2016; Ierache *et al.*, 2014), para ello, se utiliza un dispositivo tecnológico que actúa como intermediario entre lo real y lo virtual, permitiendo un enriquecimiento de la percepción de la realidad y la experiencia del usuario. A diferencia de lo

anterior, en la RV los datos virtuales sustituyen a los físicos, creándose así una nueva realidad (Cabero y Barroso, 2016; Gómez *et al.*, 2020). Es decir, en la RA el usuario se mantiene en el mundo real con agregados virtuales y en la RV implica una inmersión del usuario en un mundo totalmente virtual (Ierache *et al.*, 2014).

Estas tecnologías inmersivas ofrecen muchas posibilidades educativas (Prendes, 2015), lo que ha permitido generar nuevos escenarios de colaboración entre estudiantes (Otero y Flores, 2011), mayores niveles de implicación e interés por la materia (Fuentes *et al.*, 2019) y una mayor motivación por el aprendizaje (Cuesta y Mañas, 2016; Ortiz-Colón *et al.*, 2018). Estos resultados, tan interesantes desde el punto de vista educativo, y centrándonos en el caso de la RV, han llevado a diversos investigadores a realizar estudios bibliográficos sobre la utilización de la RV en educación con el objeto de conocer el estado de la cuestión, ya sea desde un tratamiento genérico (Aznar-Díaz *et al.*, 2018; Durukan *et al.*, 2020; Kavanagh *et al.*, 2017) o desde un punto de vista más de carácter disciplinar, como es la educación científica (Zhang y Wang, 2021).

Finalmente, teniendo en cuenta todo lo comentado, se plantean las siguientes cuestiones: ¿cómo ha sido la producción científica en este campo?, ¿cuáles son las principales tendencias de investigación?, ¿cómo son las actividades desarrolladas?, ¿qué nivel de inmersión se ha conseguido?, ¿cómo ha sido la participación de los estudiantes? y ¿qué resultados se han obtenido?

Método

Para atender a estas preguntas, se tuvieron en cuenta trabajos previos de revisión bibliográfica que permitieran encauzar los objetivos de este trabajo. En este sentido, se partió inicialmente de dos artículos:

- Kavanagh *et al.* (2017), que desarrollaron una revisión sistemática de la RV en

la educación desde un punto de vista genérico, analizando las aplicaciones y las motivaciones aportadas por los educadores, además de los problemas asociados a su uso.

- Aznar-Díaz *et al.* (2018), que analizaron el estado de la literatura científica relacionada con la RV, también de forma genérica, pero en el ámbito español.

A continuación, se utilizaron otras dos publicaciones de revisión centradas en el uso de la RV para la enseñanza de las ciencias:

- Durukan *et al.* (2020), cuyo propósito fue investigar sobre la utilización de la realidad virtual en el contexto de la educación científica.
- Zhang y Wang (2021), que analizaron estudios empíricos que utilizaron RV/RA para mejorar la enseñanza o el aprendizaje de ciencias K-12.

Y seguidamente otros dos documentos, pero relacionados con la educación STEM:

- Pellas *et al.* (2017), que exploraron el potencial educativo de los mundos virtuales multiusuario tridimensionales para la educación STEM.
- Pellas *et al.* (2020), que centraron su análisis en prácticas de diseño instruccional respaldadas por RV en diferentes etapas.

El análisis de dichos trabajos puso en evidencia la importancia y la necesidad de conocer con mayor profundidad el nivel de participación del alumnado en las investigaciones relacionadas con la RV y qué resultados se han obtenido, lo que permitió establecer finalmente los siguientes objetivos:

- Localizar documentos de impacto que experimenten con la RV en las disciplinas STEM de primaria y secundaria y en los que el alumnado participa activamente.

- Analizar la trascendencia de la RV en los procesos de enseñanza-aprendizaje.
- Analizar la eficacia de la RV.

A continuación, se realizó una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de la RV en educación, en la que se tuvieron en cuenta los indicadores de la declaración PRISMA para este tipo de revisiones (Urrútia y Bonfill, 2010).

Criterios de elegibilidad

Se seleccionaron trabajos en formato artículo, relacionados con la “realidad virtual” y “educación” publicados a partir del año 2000. Así, se excluyeron actas de congresos, libros, reseñas u otras tipologías de trabajos.

Fuente de información

Los estudios de revisión bibliográfica tienen el objetivo de asegurar una revisión basada en publicaciones de alta calidad. Generalmente esta tipología de investigación suele utilizar diferentes criterios para la selección de las fuentes de información, y se pueden resumir en: una sola base de datos, dos o más bases de datos, revistas especializadas y de naturaleza mixta (bases de datos y revistas). En este trabajo se optó por utilizar el primer criterio (una sola base de datos), al igual que otros estudios similares como los de Morán *et al.* (2022), Toma (2020) o Zhang y Wang (2021). Por tanto, se seleccionó como fuente documental Scopus, del grupo Elsevier. El periodo de búsqueda ha sido del año 2000 al 2021, y la última consulta realizada ha sido en la primera quincena de enero de 2022.

Búsqueda bibliográfica

Teniendo en cuenta el criterio general de elegibilidad indicado anteriormente, el procedimiento ha consistido en introducir los términos y operadores booleanos: “*virtual reality*” or “*VR*”

and “*education*” and “*primary school*” or “*elementary school*” or “*primary education*” or “*high school*” or “*K-12*”. La búsqueda se realizó en el título, resumen y palabras clave del documento. A continuación, se han seleccionado los documentos de libre acceso para facilitar su consulta a cualquier investigador o persona y atendiendo al objetivo de fomentar la *open science*, publicados en el campo de las ciencias sociales, en español o inglés y de tipología artículo.

Criterios de inclusión y exclusión

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión más específicos con el objeto de acotar la investigación a los objetivos planteados. En la tabla 1 se indican estos criterios.

TABLA 1. Criterios

Inclusión	Exclusión
Estudios empíricos de disciplinas STEM	A. Otro tipo de estudios
Los participantes eran estudiantes de primaria o secundaria	B. Participantes de otras etapas educativas
Con participación activa del alumnado en el uso de la RV	C. No utilizan la RV como variable independiente

Resultados

Identificación y selección

Una vez realizada la consulta en la base de datos se procedió a la identificación y selección de los artículos atendiendo a los criterios PRISMA. Así, en la fase de identificación se obtuvieron 627 referencias, y al aplicar el criterio general de elegibilidad se excluyeron 591 artículos que no cumplían los requisitos previos establecidos. De esta manera la muestra se redujo a 36 artículos. Finalmente, tras un análisis pormenorizado y aplicando los criterios A, B y C, se determinó

una muestra final de 12 artículos que cumplieran todos los criterios establecidos. En la figura 1 se

observa este proceso y los artículos analizados se recogen en la tabla 2.

FIGURA 1. Esquema PRISMA

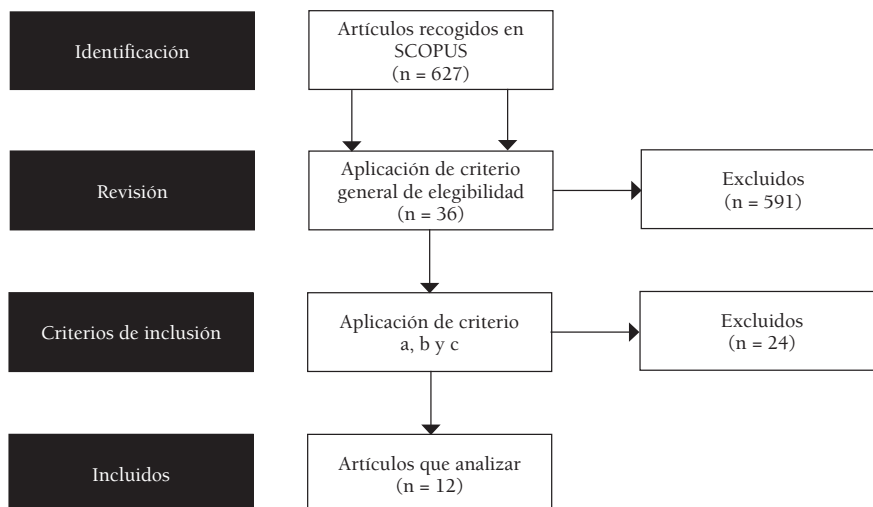


TABLA 2. Tabla de identificación de las muestras y algunos indicadores analizados

ID	Autores	Etapas	Métodos de investigación	N.º estudiantes	Actividades de aprendizaje	Tecnología RV
1	Akman y Çakir, 2019	Primaria	Estudio cualitativo	5	Aprendizaje basado en problemas	Cardboard / RV inmersiva
2	Castaneda et al., 2021	Secundaria	Estudio de casos, análisis temático, metodología cualitativa	15	Aprendizaje inmersivo	HTC Vive / RV inmersiva
3	Demitriadou et al., 2029	Primaria	No consta	30	Aprendizaje basado en indagación	Cardboard / dispositivos móviles / e-books / RV inmersiva
4	Gandhi et al., 2020	Secundaria	No consta	10	Aprendizaje cooperativo-colaborativo / aprendizaje práctico-manipulativo	Mayoría de plataformas RV/RA / RV inmersiva
5	Gochman et al., 2019	Primaria / secundaria	No consta	26	Aprendizaje basado en indagación / receptivo	HTC Vive / Vive Pro / RV inmersiva
6	Hodges et al., 2018	Secundaria	Metodología mixta: cualitativa y cuantitativa	351	Aprendizaje receptivo / aprendizaje basado en problemas / aprendizaje basado en juegos	Aplicación de escritorio / RV de escritorio

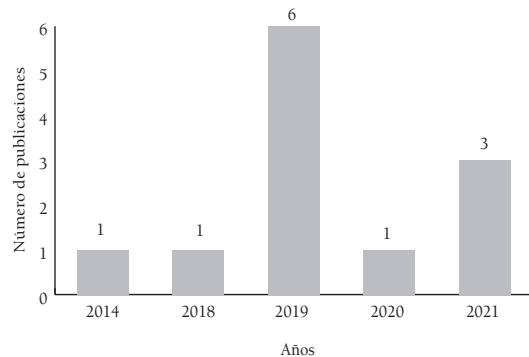
ID	Autores	Etapa	Métodos de investigación	N.º estudiantes	Actividades de aprendizaje	Tecnología RV
7	Hsu, 2020	Secundaria	Diseño cuasiexperimental	30	Aprendizaje basado en juegos / aprendizaje basado en problemas / aprendizaje invertido	HTC Vive RV inmersiva
8	Jagodziński y Wolski, 2015	Secundaria	No consta	100	Aprendizaje basado en problemas / aprendizaje cooperativo	XBOX Kinect RV inmersiva
9	Jitmahantakul y Chenrai, 2019	Secundaria	Metodología cuasiexperimental	93	Aprendizaje basado en indagación / aprendizaje receptivo	Google Tour Creator / Dispositivos móviles / Cardboard RV inmersiva
10	Jost <i>et al.</i> , 2020	Secundaria	Investigación empírica	60	Aprendizaje basado en juegos	Dispositivos móviles / tabletas / Samsung Gear VR con anillo gestual RV inmersiva / RV de escritorio
11	Puig <i>et al.</i> , 2021	Primaria	No consta	60	Aprendizaje basado en problemas	No consta RV de escritorio
12	Tsivitanidou <i>et al.</i> , 2021	Secundaria	Estudio de intervención	107	Aprendizaje basado en la indagación	Oculus Rift RV inmersiva

Análisis cuantitativo

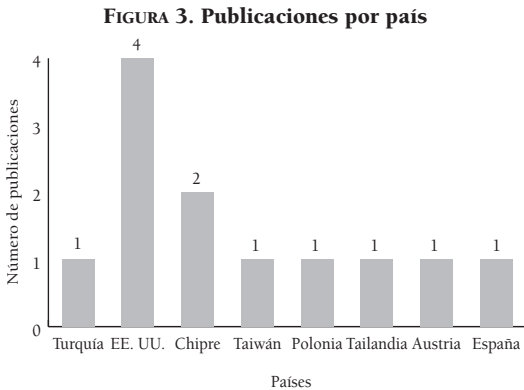
Con el objeto de determinar la importancia científica de la muestra, la productividad de los autores y el contexto en el que se desarrolla, se analizaron algunos parámetros o indicadores bibliométricos como son: el año de publicación, el país, la revista, el número de autores y sus áreas de investigación, la colaboración interdisciplinar, la etapa y las asignaturas implicadas.

En relación con el año de publicación, la muestra está ubicada entre 2014 y 2021, siendo los años 2019 y 2021 los de mayor producción, con 6 y 3 artículos respectivamente. Es decir, en los tres últimos años es donde se concentra la mayoría de los artículos sobre esta temática, lo que permite inferir un creciente interés por esta temática. En la figura 2 se puede observar la distribución temporal de los artículos.

FIGURA 2. Publicaciones por año



La distribución de estos trabajos por países se muestra en la figura 3. Cabe destacar la variedad de países en los que se han llevado a cabo las investigaciones (8 países) en relación con la muestra limitada obtenida, siendo Estados Unidos el país con el mayor número de publicaciones encontradas (4 artículos).



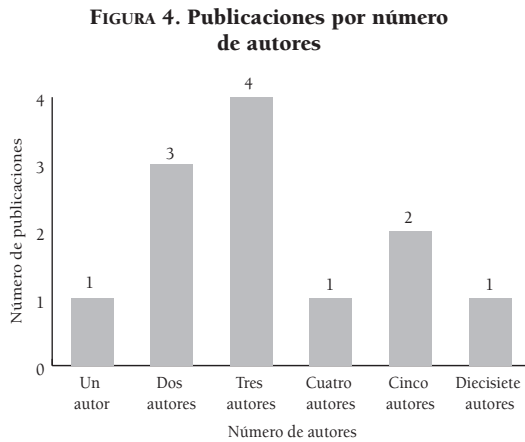
Asimismo, estos artículos se han publicado casi en su totalidad en revistas diferentes y tan solo la revista *Journal of Science Education and Technology* aporta dos publicaciones. Esta variedad de revistas es significativa y refleja en cierto modo que para todas estas editoriales la temática resulta interesante para sus lectores. En la tabla 3 se pueden observar dichas revistas.

TABLA 3. Publicaciones por revista

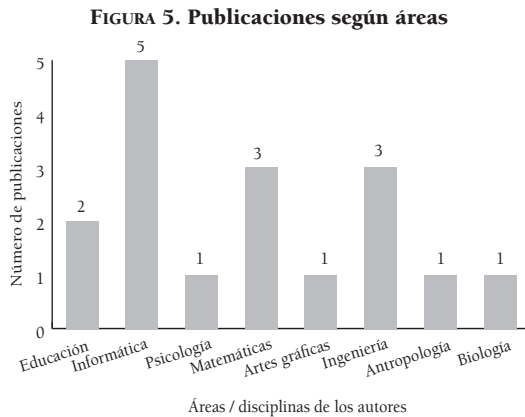
Revistas	N.º
<i>International Journal of Engineering and Techniques</i>	1
<i>Journal of Research on Technology Education</i>	1
<i>Education and Information Technologies</i>	1
<i>Journal of Chemical Education</i>	1
<i>Evolution: Education and Outreach</i>	1
<i>Computers and Education</i>	1
<i>Universal Journal of Educational Research</i>	1
<i>Journal of Science Education and Technology</i>	2
<i>Review of International Geographical Education Online</i>	1
<i>Behaviour and Information Technology</i>	1
<i>Computer Applications in Engineering Education</i>	1

La distribución por número de autores se muestra en la figura 4. Aunque existe variedad en el número de autores, la mayoría de los artículos

están realizados por dos o tres autores, con 3 y 4 artículos respectivamente.

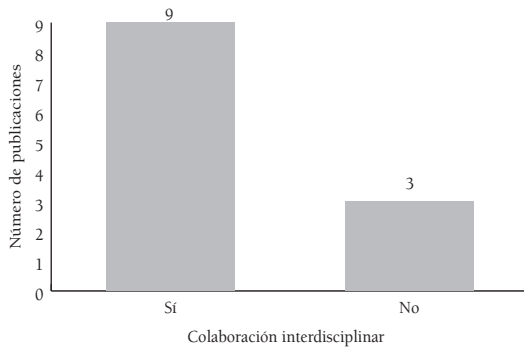


Asimismo, la distribución según las áreas de investigación de los autores se muestra en la figura 5. Se observa que las áreas más comunes son: informática (5 artículos), matemáticas, ingeniería (3 artículos) y educación (2 artículos). También es necesario reseñar la diversidad de áreas implicadas (8 áreas) en la elaboración de los artículos.



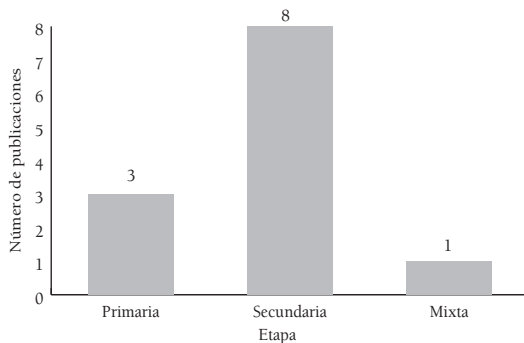
Otro parámetro que se ha estudiado es el relacionado con la colaboración interdisciplinar, es decir, cuando los autores de los artículos con experiencia y/o pertenencia en áreas de conocimiento distintas colaboran para trabajar en torno a un mismo artículo. En la figura 6 se puede observar que predomina dicha colaboración.

FIGURA 6. Publicaciones según la colaboración



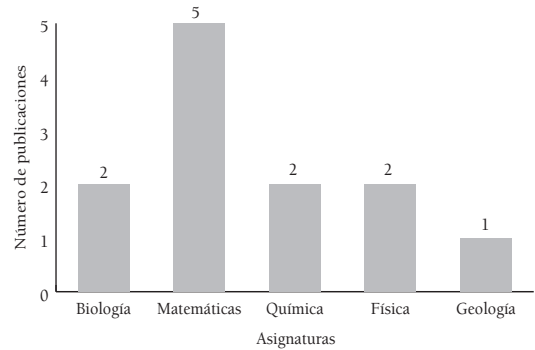
En cuanto a la contextualización de los artículos, en primer lugar, se analizó en función de la etapa educativa en la que se enmarca la investigación. En la figura 7, se puede observar que la mayoría de los trabajos se ubicaron en la enseñanza secundaria (8 artículos) y el resto en la educación primaria (3 artículos) o de naturaleza mixta (1 artículo).

FIGURA 7. Publicaciones por etapa



Y, en segundo lugar, se estudió la muestra desde el punto de vista del área disciplinar, encontrando que la mitad de los artículos están relacionados con las ciencias experimentales (6 artículos) y la otra mitad con matemáticas (5 artículos).

FIGURA 8. Publicaciones por asignaturas



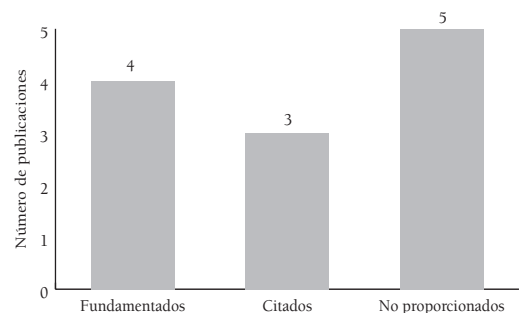
Análisis cualitativo

El análisis cualitativo se aborda desde las siguientes dimensiones: teorías en las que se fundamentan las propuestas de aula de cada una de las investigaciones, los diseños generales de investigación, la tecnología utilizada, las actividades de aprendizaje y sus resultados y, finalmente, las conclusiones, limitaciones y proyecciones futuras que declaran sus autores.

Teorías

Las teorías se agrupan en tres categorías siguiendo la estructura de Zydney y Warner (2016), es decir, si se explican con profundidad los fundamentos teóricos en los que se basan los diseños curriculares implementados, si solo se mencionan o se explican superficialmente y, por último, si no se citan fundamentos teóricos, pero sí se mencionan ciertos términos estrechamente relacionados con teorías particulares.

FIGURA 9. Publicaciones por teorías



Como se puede apreciar, solamente 4 de los 12 artículos (33.3%) recogidos en esta revisión presentan un fundamento teórico fundamentado: Akman y Çakir (2019) con la teoría de flujo; Jost *et al.* (2020) con la teoría de la carga cognitiva; Puig *et al.* (2021) con la teoría de la educación basada en resultados; y Tsivitanidou *et al.* (2021) con la teoría del aprendizaje por indagación. Por otro lado, 3 artículos (25%) citaron teorías durante el planteamiento y/o análisis de su investigación, en concreto, la teoría del aprendizaje constructivo.

Diseño de investigación

En relación con el diseño de las investigaciones, se ha tenido en cuenta la tipología del método de investigación utilizado, para ello se ha usado como referencia la clasificación sugerida por Bisquerra (2004). También con el objeto de conocer con detalle las propuestas realizadas se han analizado otros aspectos del diseño metodológico, como son: tiempos utilizados en las propuestas de enseñanza, instrumentos de recogida de datos, metodología de análisis de datos, tamaño de la muestra, etc.

Los métodos de investigación o metodologías más utilizadas son el diseño cuasiexperimental y la metodología cualitativa. Los instrumentos o técnicas de recolección de datos más empleados han sido las pruebas de conocimiento y los cuestionarios de satisfacción. En menor medida se han utilizado las entrevistas y las encuestas y las grabaciones de sonido. Las técnicas de análisis de datos se han categorizado en dos grupos: el análisis de material cualitativo y las pruebas estadísticas, siendo esta última la más popular. El tiempo dedicado para la puesta en escena de la propuesta didáctica más habitual no ha superado las 3 horas, aunque algunos estudios han utilizado entre 3 y 10 horas. Además, cabe destacar que la mayoría de los estudios no indican explícitamente el tiempo de aprendizaje que requirió la puesta en práctica de su experiencia, y los que así lo reflejaron no superaron nunca las 10 horas de experiencia. Sucede lo mismo con el número de sesiones, donde solo 4 artículos reflejan dichos datos, en los que se pueden encontrar dos experiencias tanto de 1 sesión como de más de 3 sesiones.

TABLA 4. Diseños metodológicos

Metodologías de investigación		Total (%)	
Estudio cualitativo		1 (8.3)	
Estudio de casos, análisis temático, metodología cualitativa		1 (8.3)	
Metodología mixta: cualitativa y cuantitativa		1 (8.3)	
Diseño cuasiexperimental		2 (16.6)	
Estudio de intervención		1 (8.3)	
No consta		6 (50)	
Tiempo	Total (%)	Sesiones	Total (%)
0-3 h	3 (25)	1	2 (16.7)
3-10 h	2 (16.7)	2-3	0 (0)
Más de 10 h	0 (0)	Más de 3	2 (16.7)
No consta	7 (58.3)	No consta	8 (66.7)
Recolección de datos	Total*	Análisis de datos	Total*
Cuestionarios	5	Cualitativo	3
Pruebas de conocimiento	8	Estadística descriptiva	10
Entrevistas	3		
Grabaciones	1		
Encuestas	3		

Nota: *más de un método.

Por otra parte, dado el objetivo principal de esta investigación, se analizaron algunas características de la muestra poblacional, como son: el número de estudiantes que han participado en cada trabajo y su edad. Por lo que en la figura 10 se representa el número de participantes por artículo y se puede observar una distribución desigual, ya que hay seis artículos con una muestra poblacional de entre 5 y 30 alumnos (ID1-ID5 e ID7), cinco de entre 60 y 107 (ID8-ID12) y uno con 351 estudiantes (ID6). El valor medio de número de alumnos es de 74, sin embargo, 30 y 60 son los números de alumnos más utilizados por los investigadores como muestra poblacional.

En cuanto a las edades de los alumnos que suponen la muestra poblacional, la mayoría de los estudios han utilizado rangos de edades

correspondientes, evidentemente, a las etapas de primaria y secundaria. Los datos recogidos muestran que estas edades varían entre 9 y 17 años, siendo 14 años la edad media total de los alumnos, y 15.5 años la edad media por estudio que más se repite en los experimentos.

Es importante tener en cuenta que algunos estudios han dividido su muestra poblacional total en diferentes grupos. Por un lado, el grupo experimental en el que se ha implementado la propuesta didáctica con realidad virtual en el aula, y, por otro lado, el grupo de control, el cual solo participa con fines de comparación de resultados. Así, en la figura 11, se puede observar que solamente cuatro artículos contaron con grupo experimental y grupo de control (ID3, ID6, ID8 e ID11). El resto de trabajos solo contó con grupo experimental.

FIGURA 10. Alumnos por artículo

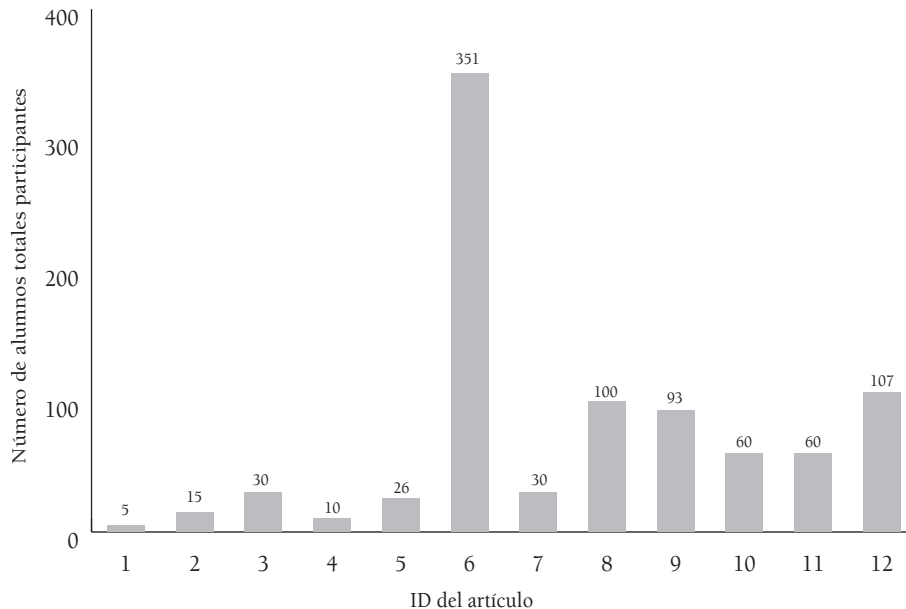
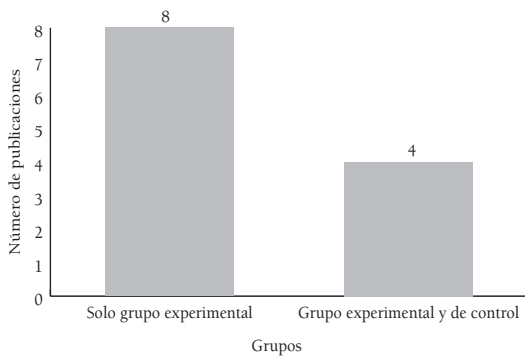
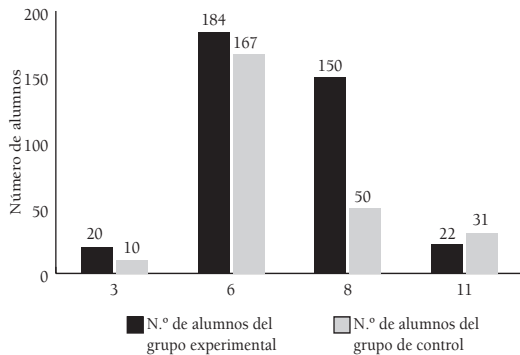


FIGURA 11. Publicaciones según grupos



Por otra parte, los artículos que contaron con grupo experimental y de control utilizaron para cada grupo un número de estudiantes diferentes en cada estudio, tal y como se puede apreciar en la figura 12. En ID6 e ID11 se utilizó un número de estudiantes similar, en ID3 se utilizó el doble en el grupo experimental y en ID8 el triple. Solo en ID11 el grupo control es mayor que el grupo experimental.

FIGURA 12. Alumnado participante

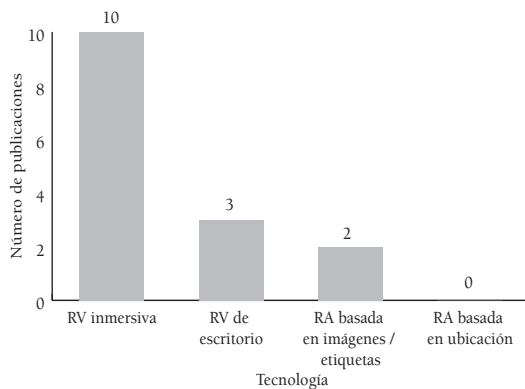


Tecnología

Siguiendo la clasificación tecnológica que hacen Zhang y Wang (2021) se dividieron las tecnologías en cuatro tipos de realidad virtual, tal y como se muestra en la figura 13: realidad virtual inmersiva (10 artículos), realidad virtual de escritorio (3 artículos), realidad aumentada

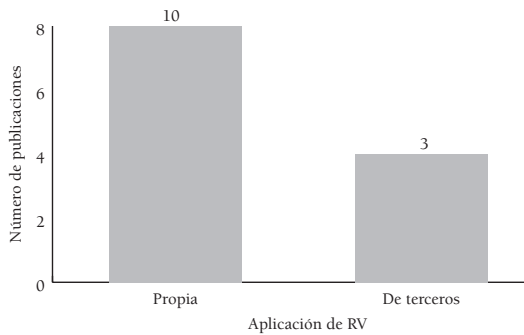
basada en imágenes o marcadores (2 artículos) y realidad aumentada basada en ubicación. Tal y como se especifica en dicho artículo, se considera que la realidad virtual es inmersiva cuando se rodea al usuario con un entorno virtual de 360 grados. Por otro lado, se considera que la realidad virtual es de escritorio cuando se muestra al usuario el entorno en un plano 2D, como el de una pantalla. Por último, algunos artículos utilizan una aplicación de realidad aumentada donde al usuario se le proyectan imágenes ficticias sobre el mundo real a través de algún dispositivo. Los autores consideran todas estas tecnologías como realidades virtuales, y de ahí la inclusión en esta revisión de aquellos artículos sobre RA que cumplieran los criterios de selección iniciales.

FIGURA 13. Publicaciones según tecnología



Se ha de destacar que la mayoría de los artículos optaron por desarrollar una aplicación de realidad virtual inmersiva. También cabe mencionar que algunos artículos combinaron más de una tecnología. Dos artículos (ID3 e ID4) combinaron actividades de RV y RA en su experiencia, mientras que otro artículo (ID10) integró RV inmersiva y de escritorio. Asimismo, tal y como se aprecia en la figura 14, la mayoría de los artículos han desarrollado su propia aplicación de RV (8 artículos), mientras que el resto ha utilizado aplicaciones desarrolladas por terceros.

FIGURA 14. Publicaciones según desarrollo de la aplicación



En cuanto a los dispositivos o equipos de *hardware* utilizados, se puede encontrar que para los artículos que involucran RV inmersiva se han utilizado multitud de visores de 6 grados de libertad como HTC Vive, Vive Pro, Samsung, Oculus, etc. También se han utilizado visores de 3 grados de libertad como el Cardboard junto con un teléfono móvil. Por otro lado, los artículos que involucran RA han utilizado exclusivamente teléfonos móviles y tabletas, al igual que para la RV de escritorio, aunque para esta última también se han utilizado libros electrónicos, ordenadores y consolas, como la Xbox.

Secuencia didáctica y actividades

En líneas generales, las secuencias de trabajo recogidas en las distintas publicaciones son las indicadas en la tabla 5.

TABLA 5. Secuencias de trabajo

Secuencias de trabajo	N.º
Actividad de RV y cuestionario	4
Enseñanza tradicional, actividad de RV y discusión final	1
Prueba de conocimiento antes y después de la actividad de RV	2
Prueba de conocimiento previa, actividad RV, enseñanza tradicional, prueba de conocimiento posterior, cuestionario sobre la experiencia y entrevista final	1
Enseñanza tradicional y actividad de RV	1

Secuencias de trabajo	N.º
Actividad de RV que integra prueba de conocimiento	1
Enseñanza tradicional, prueba de conocimiento previo, actividad de RV, cuestionario de experiencia y prueba de conocimiento posterior	1
Cuestionario de experiencia previo, enseñanza tradicional, actividad de RV y prueba de conocimiento posterior	1

Se observan diferentes líneas de trabajo, si bien las propuestas más comunes son la realización de una actividad de RV y posterior evaluación de la misma (4 artículos) y pruebas de conocimientos antes y después de la actividad de RV (2 artículos). También es importante señalar que en bastantes artículos (5 artículos) las actividades de RV se combinan con propuestas con cierto carácter tradicional. Las actividades de aprendizaje recogidas en los artículos se muestran en la tabla 6.

TABLA 6. Actividades de aprendizaje

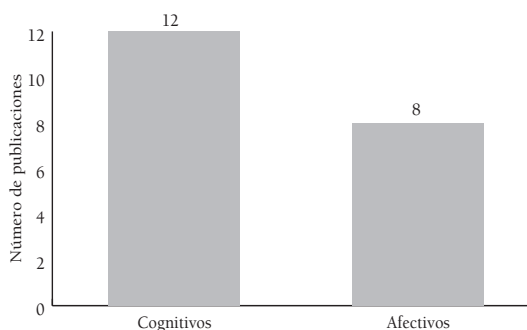
Actividades	N.º
Aprendizaje basado en problemas	5
Aprendizaje inmersivo	1
Aprendizaje basado en indagación	4
Aprendizaje cooperativo	2
Aprendizaje práctico/manipulativo	1
Aprendizaje basado en juegos	3
Aprendizaje receptivo	3
Aprendizaje invertido	1

Cabe destacar no solo el amplio espectro de actividades recogidas, sino que además algunos artículos han incluido más de un tipo de actividades de aprendizaje, donde destacan el aprendizaje basado en problemas (5 artículos) y el aprendizaje basado en la indagación (4 artículos) por ser los más empleados por las metodologías propuestas. Le siguen el aprendizaje basado en juegos y el receptivo (ambos con 3 artículos).

Resultados de aprendizaje

Los resultados se han analizado desde dos ámbitos, el cognitivo y el afectivo. De esta forma, se puede decir que la totalidad de la muestra objeto de estudio presenta resultados positivos de tipo cognitivo y además en ocho de ellos (ID2, ID3, ID5, ID7, ID8, ID10, ID11 y ID12) también han registrado logros de tipo afectivo.

FIGURA 15. Publicaciones según resultados



Conclusiones, limitaciones y proyecciones futuras de los artículos

La mayoría de las conclusiones recogidas en los artículos son en general positivas y señalan: un mayor aprendizaje significativo, un aumento de la eficacia del proceso de enseñanza-aprendizaje y una mejora en la motivación. Algunos autores también indican la mayor carga de trabajo mental que supone para los alumnos las actividades de RV y la necesidad de una mayor adaptación para su encaje con las actitudes del alumnado (ID10 e ID12).

En relación con las limitaciones, la cinetosis y la falta de recursos y tiempo son las más acusadas. La cinetosis es una sensación de mareo y náuseas similar a cuando se viaja en un barco, provocada principalmente por un mal diseño de la aplicación de RV. Sin embargo, las limitaciones recogidas por los autores son diversas, tanto para las experiencias (objetivos poco claros, problemas logísticos, problemas técnicos,

dificultad para adaptarse al currículum escolar, porcentaje significativo de insatisfacción en el alumnado y diseño mejorable) como para las investigaciones (falta de comparación de la RV con otros medios o tecnologías).

Por último, en cuanto a las proyecciones futuras recogidas en los artículos objeto de revisión, destacan las intenciones de los autores de mejorar la integración de la aplicación de RV con el currículum, la adición de nuevo contenido y la mejora en sí de la aplicación de RV como los objetivos futuros más repetidos. Destaca también el gran repertorio de propuestas, tanto para la aplicación (añadir opción de multijugador y adaptar la evaluación al uso de la RV) como para la investigación (utilizar una muestra mayor de alumnos, utilizar nuevos métodos de recopilación de datos, comparar los resultados con otras tecnologías, aplicar una mayor fundamentación teórica y profundizar en el análisis de resultados).

Discusión y conclusiones

El estudio bibliográfico sobre el constructo de educación STEM y RV ha sido el eje principal de este trabajo. Se ha hecho una revisión sistemática de la literatura con el fin de dar respuesta a las cuestiones planteadas e intentar alcanzar los objetivos diseñados.

En relación con la producción científica, se ha observado que existe una clara tendencia a incorporar la realidad virtual a la educación STEM, especialmente en los últimos tres años, ya que la mayoría de los artículos de la muestra obtenida se ubican entre los años 2019 y 2021, lo que va en la línea con lo obtenido en otros trabajos como los de Aznar-Díaz *et al.* (2018). Si además tenemos en cuenta los países que más publican, la diversidad de revistas, el número de autores y la variedad de áreas implicadas (al contrario de lo encontrado por Kavanagh *et al.*, 2017), se puede intuir el interés que suscita en los investigadores y profesionales

docentes el uso y la incorporación de tecnologías emergentes como la RV en sus propuestas didácticas, aspecto ya señalado por Durukan *et al.* (2020) y Freeman *et al.* (2017).

Con respecto al diseño de las investigaciones y sus secuencias didácticas, tiene sentido que en términos generales los artículos hayan diseñado los estudios para determinar el nivel de integración de la RV en los procesos de enseñanza-aprendizaje, aspecto crucial en el uso de las nuevas tecnologías. Los resultados de este estudio indican que los autores de los artículos fundamentaron sus propuestas de formas diversas, lo cual no es un aspecto negativo, al contrario, ya que permite apreciar la capacidad de la RV de adaptarse a diferentes teorías (Zhang y Wang, 2021), sin embargo, también es importante señalar algunas carencias de fundamentación detectadas en algunos de los artículos analizados, que podrían deberse a la escasa presencia de investigadores de áreas de índole didáctico. Los métodos de investigación fueron tanto de tipo cuantitativo como cualitativo, lo que es habitual en el campo de la educación (Bizquerra, 2004) y ambos permiten obtener resultados válidos. El alumnado participante ha sido variable y lógicamente ha ido en función del método de investigación escogido, aunque si se pretende generalizar resultados, se puede concluir que el número de estudiantes que han participado no es lo suficientemente elevado ni tampoco representativo, al no indicarse en muchos de los estudios el cómo se ha escogido la muestra, por lo que los resultados obtenidos escasamente son generalizables. Las secuencias didácticas, el tipo de tecnología, los tiempos y la tipología de actividades también han sido diversos. La tecnología inmersiva ha sido la predominante y destaca el número de aplicaciones propias que los autores han desarrollado, reflejando una alta formación digital, lo que puede entenderse atendiendo a las áreas de origen de bastantes de los investigadores (informática, ingeniería y matemáticas), al tiempo que se pone en duda si se continúa prestando mayor atención a la tecnología que a su verdadera integración en los

procesos de enseñanza-aprendizaje (López *et al.*, 2020; Zhang y Wang, 2021). A su vez, estas aplicaciones de RV han utilizado de forma habitual el aprendizaje basado en problemas y la indagación, lo cual permite inferir que estas estrategias de enseñanza van en sintonía con la tecnología utilizada.

Finalmente, la mayoría de los autores señalan logros cognitivos (mayor aprendizaje significativo) y afectivos (motivación, cooperación, etc.) con sus propuestas, lo que justifica que muchos autores explicitan que utilizan la RV para motivar a sus estudiantes (Kavanagh *et al.*, 2017). Asimismo, se incide en otros aspectos positivos que permite la RV como son: la mejora del compromiso, el acceso a entornos inaccesibles, la educación a distancia o incluso el entrenamiento de la empatía (Lege y Bonner, 2020). Por el contrario, las principales dificultades o limitaciones que se señalan son las inherentes al uso y disponibilidad de la tecnología, además de los cambios tan rápidos que se producen en este ámbito, por lo que el profesorado no puede integrar la RV de forma habitual en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Por tanto, atendiendo a los resultados obtenidos en este estudio y a su análisis, se puede concluir que:

- Es relativamente significativa en los últimos años la producción bibliográfica relacionada con la investigación del uso de la RV en la educación STEM en las etapas consideradas.
- Las propuestas de intervención de aula han dado resultados positivos tanto a nivel cognitivo como afectivo en el alumnado.
- La RV y el aprendizaje basado en problemas o la indagación parecen ser estrategias de enseñanza-aprendizaje adecuadas para la educación STEM.
- El alcance de las investigaciones realizadas ha sido limitado dado el número de estudiantes participantes.

- Existen limitaciones en el uso y disponibilidad de la RV para el uso habitual en las aulas.

Finalmente, en relación con las implicaciones educativas de este trabajo, surgen dos aspectos que tener en cuenta. Por un lado, la

creencia de que la utilización de la RV en el contexto educativo es más que una nueva moda tecnológica y que requerirá en los próximos años mayor investigación. Y, por otro lado, el desarrollo pedagógico adecuado para una implementación integradora de la RV en las aulas.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, D. y Ortiz-Revilla, J. (2021). Stem vs. Steam education and student creativity: a systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Akman, E. y Çakir, R. (2019). Pupils' opinions on an educational virtual reality game in terms of flow experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(15), 121-137. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i15.10576>
- Aznar-Díaz, I., Romero-Rodríguez, J. M. y Rodríguez-García, A. M. (2018). La tecnología móvil de realidad virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España. *ED-METIC*, 7(1), 256-274. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>
- Bisquerra, R. (coord.) (2004). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla.
- Cabero, J. y Barroso, J. (2016). Posibilidades educativas de la realidad aumentada. *New Approaches in Educational Research*, 5(1), 46-52. <https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140>
- Cabero, J. y García, F. (coords.) (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Síntesis.
- Cabero, J., Leiva, J., Moreno, N., Barroso, J. y López-Meneses, E. (2016). *Realidad aumentada y educación. Innovación en contextos formativos*. Octaedro.
- Castaneda, L. M., Bindman, S. W. y Divanji, R. A. (2021). Don't forget to assess: how teachers check for new and deeper learning when integrating virtual reality in the classroom. *Journal of Research on Technology in Education*. <https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1950083>
- Cuesta, D. U. y Mañas, L. (2016). Integración de la realidad virtual inmersiva en los Grados de Comunicación. *Revista ICONO 14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 14(2), 1-21. <https://doi.org/10.7195/ri14.v14i2.953>
- Demitriadou, E., Stavroulia, K. E. y Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381-401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Di Serio, A., Ibáñez, M. B. y Delgado, C. K. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>
- Durukan, A., Artun, H. y Temur, A. (2020). Virtual reality in science education: a descriptive review. *Journal of Science Learning*, 3(3), 132-142. <https://doi.org/10.17509/jsl.v3i3.21906>
- El Nagdi, M., Leammukda, F. y Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International Journal of STEM Education*, 5(36). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0136-1>
- Freeman, A., Becker, S., Cummins, M., Davis, A. y Hall-Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition*.
- Fuentes, A., López, J. y Pozo, S. (2019). Análisis de la competencia digital docente como factor clave en el desempeño de pedagogías activas. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(2), 27-42. <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.2.002>

- Gandhi, H. A., Jakymiw, S., Barrett, R., Mahaseth, H. y White, A. D. (2020). Real-time interactive simulation and visualization of organic molecules. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01161>
- Gardner, M. y Tillotson, J. W. (2019). Interpreting integrated STEM: sustaining pedagogical innovation within a public middle school context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1283-1300. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9927-6>
- Giordan, M. (2011). Diseño de ambientes virtuales de aprendizaje de la química bajo una perspectiva sociocultural. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 52-66.
- Gochman, S. R., Morano-Lord, M. y Goyal, N. (2019). Tarsier Goggles: a virtual reality tool for experiencing the optics of a dark-adapted primate visual system. *Evolution: Education and Outreach*, 12, 9. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0101-6>
- Gómez, G., Rodríguez, C. y Marín, J. A. (2020). La trascendencia de la realidad aumentada en la motivación estudiantil. Una revisión sistemática y meta-análisis. *Alteridad*, 15(1), 36-46. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.03>
- Gunawan, S. y Shieh, C. J. (2020). Effects of the application of STEM curriculum integration model to living technology teaching on business school students' learning effectiveness. *Contemporary Educational Technology*, 12(2), ep279. <https://doi.org/10.30935/cedtech/8583>
- Hodges, G. W., Wang, L., Lee, J., Cohen, A. y Jang, Y. (2018). An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms. *Computers and Education*, 122, 179-193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.003>
- Hsu, Y. C. (2020). Exploring the learning motivation and effectiveness of applying virtual reality to high school mathematics. *Universal Journal of Educational Research*, 8(2), 438-444. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080214>
- Ierache, J., Igarza, S., Mangiarua, N. A., Becerra, M. E., Bevacqua, S. A., Verdicchio, N. N. et al. (2014). Herramienta de realidad aumentada para facilitar la enseñanza en contextos educativos mediante el uso de las TIC. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 2(6), 365-368. <https://doi.org/10.18294/relais.2014.365-368>
- Jagodziński, P. y Wolski, R. (2015). Assessment of application technology of natural user interfaces in the creation of a virtual chemical laboratory. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 16-28. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9517-5>
- Jitmahantakul, S. y Chenrai, P. (2019). Applying virtual reality technology to geoscience classrooms. *Review of International Geographical Education Online*, 9(3), 577-590. <https://doi.org/10.33403/rigeo.592771>
- Jost, P., Cobb, S. y Hämmerle, I. (2020). Reality-based interaction affecting mental workload in virtual reality mental arithmetic training. *Behaviour and Information Technology*, 39(10), 1062-1078. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1641228>
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B. y Plimmer, B. (2017). A systematic review of virtual reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85-119. <https://www.learntechlib.org/p/182115/>
- Ku, C. J., Hsu, Y. S., Chang, M. C. y Lin, K. Y. (2022). A model for examining middle school students' STEM integration behavior in a national technology competition. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00321-z>
- Lege, R. y Bonner, E. (2020). Virtual reality in education: the promise, progress, and challenge. *The JALT CALL Journal*, 16(3), 167-180. <https://doi.org/10.29140/jaltcall.v16n3.388>
- López, V., Couso, D. y Simarro, C. (2020). Educación STEM para y con una era digital: el papel de las herramientas digitales para el desempeño de prácticas científicas, de ingeniería y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia*, 20(62), 7. <https://doi.org/10.6018/red.410011>

- Marrero, J. J. y Fernández, J. (2011). Aulas virtuales y los modelos didácticos en las ciencias experimentales. *Revista Comunicación y Pedagogía (Primeras Noticias)*, 254, 13-21.
- Marrero, J. J., Negrín, M. y González, P. (2021). Las TIC en la didáctica de las ciencias en el ámbito español: revisión sistemática en relación con el tratamiento de competencias digitales. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 41, 119-136. <https://doi.org/10.7203/dces.41.20260>
- Martín, O. y Santaolalla, E. (2020). Educación STEM: formación con “con-ciencia”. *Padres y Maestros / Journal of Parents and Teachers*, 381, 41-46. <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y20.006>
- Moore, T. J., Glancy, A., Kersten, J., Smith, K. y Stohlmann, M. (2014). A framework for implementing engineering standards in K-12. *Pre-College Engineering Education Research*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069>
- Morán, J. M., Santillán-García, A. y Herrera-Peco, I. (2020). SCRUTATIOM: how to detect retracted literature included in systematic reviews and metaanalysis using SCOPUS© and ZOTERO©. *Gaceta Sanitaria*, 36, 64-66. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.06.012>
- Ortiz-Colón, A., Jordán, J. y Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educação e Pesquisa*, 44, e173773. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201844173773>
- Otero, A. y Flores, J. (2011). Realidad virtual: un medio de comunicación de contenidos. Aplicación como herramienta educativa y factores de diseño e implantación en museos y espacios públicos. *Icono 14. Revista de Comunicación Audiovisual y Nuevas Tecnologías*, 9(2), 185-211.
- Pellas, N., Dengel, A. y Christopoulos, A. (2020). A scoping review of immersive virtual reality in STEM education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13, 748-761. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>
- Pellas, N., Kazanidis, I. K., Konstantinou, N. y Georgiou, G. (2017). Exploring the educational potential of three-dimensional multi-user virtual worlds for STEM education: a mixed-method systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 22, 1-45. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9537-2>
- Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>
- Puig, A., Rodríguez, I., Baldeón, J. y Múria, S. (2021). Children building and having fun while they learn geometry. *Computer Applications in Engineering Education*. <https://doi.org/10.1002/cae.22484>
- Redecker, C. y Punie, Y. (2017). *European framework for the digital competence of educators Dig-CompEdu*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>
- Sánchez, D. L. V. y García-Martínez, Á. (2021). La educación STEM, un campo emergente de investigación: análisis bibliométrico entre 2010-2020. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 26(3), 195-219. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n3p195>
- Thu, H. L. T., Tran, T., Phuong, T. T. T., Huy, H. L. y Thi, T. V. (2021). Two decades of STEM education research in middle school: a bibliometrics analysis in Scopus database (2000-2020). *Education Sciences*, 11(7), 353. <https://doi.org/10.3390/educsci11070353>
- Toma, R. B. (2020). Revisión sistemática de instrumentos de actitudes hacia la ciencia (2004-2016). *Enseñanza de las Ciencias*, 38(3), 143-159. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2854>
- Toma, R. B. y García-Carmona, A. (2021). “De STEM nos gusta todo menos STEM”. Un análisis crítico de una tendencia educativa en auge. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Tsivitanidou, O. E., Georgiou, Y. e Ioannou, A. (2021). A learning experience in inquiry-based physics with immersive virtual reality: student perceptions and an interaction effect between

- conceptual gains and attitudinal profiles. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 841-861. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09924-1>
- Urrútia, G. y Bonfill, X. (2010). PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Zhang, W. y Wang, Z. (2021). Teoría y práctica de VR/AR en educación científica K-12: una revisión sistemática. *Sustentabilidad*, 13, 12646. <https://doi.org/10.3390/su132212646>
- Zydney, J. M. y Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: review of research. *Computers & Education*, 94, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.001>

Abstract

*The importance of virtual reality in STEM education:
a systematic review from the point of view of experimentation in the classroom*

INTRODUCTION. In recent years, STEM disciplines have integrated Virtual Reality into the educational context. Hence, VR technology facilitates the user's immersion, in this case, students, in a totally virtual world where different teaching-learning strategies are developed. It is important to know the international publications about implementing the construct: *STEM-VR-students*, as well as the results obtained which had been the objective of this work. **METHOD.** A systematic review of the published literature has been carried out, in articles with open access format, in the Scopus database between the years 2000 and 2021 and in the field of social sciences. **RESULTS.** Twelve articles meet the established inclusion criteria. Their analysis provides a growing interest on the part of researchers and educators, a diversity of authors and areas involved, added to some positive achievements of a cognitive and affective nature on the part of the students who participated actively in the studies, as well as a remarkable variety in the designed activities; but also, some methodological deficiencies, such as a scarce theoretical foundation that guides the designs of the didactic proposals or a limited time in some of the studies. **DISCUSSION.** The synergies between VR and problem-based or inquiry-based learning, the limitations in terms of technological use and availability, the need to continue the research on this subject, and finally, to increase as much as possible are noteworthy. In addition, the sample size allows the generalization of the results and evaluates effectively the level of real integration of this emerging technology.

Keywords: *Virtual reality, Systematic review, STEM, Educational research.*

Résumé

*L'importance de la réalité virtuelle dans l'enseignement des STEM :
une revue systématique au prisme de l'expérimentation dans la salle de classe*

INTRODUCTION. Ces dernières années, les disciplines des STEM ont intégré la réalité virtuelle dans le domaine de l'éducation. Comprendre cette technologie comme une immersion de l'utilisateur, dans ce cas-là, les élèves, dans un monde totalement virtuel et où des différentes stratégies d'enseignement-apprentissage sont développées. Il est important de connaître les

recherches qui ont été publiées à l'échelle internationale sur la mise en œuvre de la construction *STEM-réalité virtuelle-élève*, ainsi que les résultats qu'ils ont obtenus, c'est pourquoi cela a été l'objectif de ce travail. **MÉTHODE.** Pour ce faire, une revue systématique de la littérature publiée a été réalisée, tenant en compte des articles en libre accès dans la base de données Scopus entre les années 2000 et 2021 dans le domaine des sciences sociales. **RÉSULTATS.** 12 articles répondent aux critères d'inclusion établis et leur analyse révèle un intérêt croissant de la part des chercheurs et des éducateurs, une diversité d'auteurs et de domaines y impliqués, des expériences positives d'ordre cognitif et affectif de la part des élèves participant activement à l'étude, ainsi qu'une variété remarquable des activités conçues; mais, également, certaines lacunes méthodologiques, telles que: une base théorique rare qui guide les conceptions des propositions didactiques ou un temps limité dans le déroulement de certaines des études. **DISCUSSION.** Les synergies qui se produisent entre la réalité virtuelle et l'apprentissage par problèmes ou par enquête sont mises en évidence, de même que les limites concernant l'utilisation et la disponibilité de la technologie, la nécessité de poursuivre les recherches sur ce sujet et d'augmenter autant que possible la taille de l'échantillon permettant de généraliser les résultats et l'évaluation efficace du niveau d'intégration réelle dans les enseignements de cette technologie émergente.

Mots-clés : *Réalité virtuelle, Revue systématique, STEM, Recherche en éducation.*

Perfil profesional de los autores

Juan José Marrero-Galván (autor de contacto)

Licenciado en Ciencias Químicas y doctor en Didáctica de las Ciencias. Profesor del Departamento de Didácticas Específicas de la Universidad de La Laguna. La formación inicial del profesorado y la didáctica de las ciencias experimentales son sus principales líneas de investigación.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7563-0387>

Correo electrónico de contacto: jmarrerg@ull.edu.es

Dirección para la correspondencia: Facultad de Educación, módulo A2, Universidad de La Laguna. C/ Heraclio Sánchez, 43, 38204 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.

Manuel Hernández-Padrón

Graduado en Química, con Máster en Formación del Profesorado y Máster en Desarrollo de Videojuegos. Se ha formado en fotografía y transformación digital. En la actualidad trabaja en la Universidad de La Laguna. Su principal línea de investigación está enfocada a la gamificación, la didáctica de las ciencias experimentales y la divulgación científica.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-1749>

Correo electrónico de contacto: mhernapa@ull.edu.es

