

REFERENCIA: Cebrián Cifuentes, S. Guerrero Valverde, E. Checa Caballero, S. & Robles Melgarejo, A. (2024). Realidad virtual y competencias STEAM en Educación Primaria: una revisión de la literatura. ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete, 39(1), 35-56. Enlace web: <http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>

REALIDAD VIRTUAL Y COMPETENCIAS STEAM EN EDUCACIÓN PRIMARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

VIRTUAL REALITY AND STEAM SKILLS IN PRIMARY EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

Sara Cebrián Cifuentes

sara.cebrian@ucv.es

Universidad Católica de Valencia

Empar Guerrero Valverde

empar.guerrero@ucv.es

Universidad Católica de Valencia

Sabina Checa Caballero

sabina.checa@universidadviu.com

Universidad Internacional de Valencia

Ascensión Robles Melgarejo

a.roblesmelgarejo@um.es

Universidad de Murcia

Recibido: 6/8/2023

Aceptado: 6/2/2024

Resumen:

En el presente trabajo se ha desarrollado una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de analizar el uso de la Realidad Virtual para el desarrollo de las Competencias STEAM en Educación Primaria. Para ello, se han seleccionado 25 artículos de los 256 encontrados (entre 2012 y 2023), recurriendo para ello a las bases de datos Scopus y Web of Science y empleando la metodología PRISMA. Los estudios muestran que la implementación de la RV en Educación Primaria se centra en las áreas curriculares de Matemáticas y Ciencias, para el desarrollo, fundamentalmente, de competencias actitudinales. Asimismo, se observa que la principal tecnología de RV empleada en el aula es la inmersiva.

Palabras clave: realidad virtual; competencias; STEAM; Educación Primaria.

Abstract:

In the present work, a systematic review of the literature has been developed with the objective of analyzing the use of Virtual Reality for the development of STEAM Competences in Primary Education. For this, 25 articles of the 256 found (between 2012 and 2023) have been selected, using the Scopus and Web of Science databases and using the PRISMA methodology. Studies show that the implementation of VR in Primary Education focuses on the curricular areas of Mathematics and Science, for the development, fundamentally, of attitudinal competencies. Likewise, it is observed that the main VR technology used in the classroom is immersive.

Keywords: virtual reality; skills; STEAM; Primary Education.

1. Introducción

El sistema educativo actual se encuentra inmerso en cambios importantes que conducen a una necesaria transformación en la forma de enseñar y en lo que el alumnado debe aprender. La Recomendación del Consejo Europeo (2018) establece que toda persona necesita un conjunto adecuado de capacidades y competencias para dar respuesta a las necesidades que está experimentando la sociedad y la economía, entendiéndose por competencia la combinación de conocimientos, capacidades y actitudes que permiten preparar al estudiantado para un aprendizaje permanente, siendo capaces de transferir lo aprendido a diferentes contextos (Sang et al., 2018). El aprendizaje basado en competencias se caracteriza por ser transversal, dinámico e integral de modo que el proceso de enseñanza-aprendizaje debe abordarse desde todas las áreas del conocimiento.

En el Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, se definen las ocho competencias clave que debe haber adquirido el alumnado al término de la enseñanza primaria. Estas competencias son: la de comunicación lingüística; plurilingüe; digital; personal, social y de aprender a aprender; ciudadana; emprendedora; competencia en conciencia y expresión culturales; y la de matemática y competencia en ciencia y tecnología (STEM por sus siglas en inglés). Esta última se ha convertido en una meta disciplina, esencial para promover la innovación, el desarrollo social y económico (Kennedy y Odell, 2014).

Originalmente STEM hacía referencia a cuatro áreas de estudio Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, con pocas conexiones entre sí, aunque recientemente la educación STEM forma parte del currículum y ha sido incorporada como un enfoque educativo multidisciplinario con la finalidad de mejorar los resultados de aprendizaje del alumnado (White y Delaney, 2021).

Dicha educación debe ser promovida y desarrollada durante la educación primaria y secundaria (López et al., 2020) y contempla dos competencias básicas: a) la matemática, que implica la capacidad de aplicar el razonamiento matemático y sus herramientas para describir, interpretar y predecir distintos fenómenos en su contexto, y b) la ciencia y la tecnología, que son aquellas que proporcionan un acercamiento al mundo físico y a la interacción responsable con él tanto individual como colectivamente, orientadas a la conservación y mejora del medio natural, siendo decisivas para la protección y mantenimiento de la calidad de vida y el progreso de los pueblos (LOMLOE, 2022).

Estas áreas contribuyen al desarrollo del pensamiento científico y computacional (Quiroz-Vallejo et al., 2021) y para su desarrollo debe formarse al alumnado en las siguientes dimensiones:

- Dimensión conceptual (Saber): términos y conceptos matemáticos; geometría; estadística; álgebra; medidas; números; lenguaje científico; representaciones matemáticas; sistemas biológicos; sistemas físicos; sistema de la tierra y del espacio; sistemas tecnológicos.
- Dimensión procedimental (Saber hacer): aplicar principios y procesos matemáticos; analizar gráficos; interpretar y reflexionar resultados matemáticos; usar datos y procesos científicos; tomar decisiones basadas en pruebas y argumentos; manipular expresiones algebraicas; resolver problemas; utilizar y manipular herramientas y máquinas tecnológicas.
- Dimensión actitudinal (Saber ser): respetar los datos y su veracidad; asumir criterios éticos asociados a la ciencia y la tecnología; apoyar la investigación científica y valorar el conocimiento científico.

La educación en competencias básicas STEM supone enseñar interdisciplinariamente, de manera que se integren los conocimientos científico-tecnológicos, con el objetivo de alfabetizar y dotar de competencias a la juventud (Couso, 2017) para dar respuesta a los retos de la sociedad actual (Levinson y Parrise, 2014) cada vez más cambiante y con una presencia constante de la tecnología (Mañas-Pérez y Roig-Vila, 2019). En este sentido, el sistema educativo debe incorporar metodologías docentes centradas en el alumnado, que promuevan desafíos constantes, que inciten a la acción y al pensamiento crítico y creativo, y que sean enriquecedoras y motivadoras, ya que cualquier proyecto basado en estas competencias debe tener funcionalidad real e integrar elementos creativos e imaginativos, sobre todo en cuanto a diseño, forma, visualización, etc., por lo que es esencial considerar las artes como parte del modelo STEM (Agreda et al., 2016). Esto ha conllevado el planteamiento de un nuevo enfoque pedagógico en el que se integran las Artes y otras disciplinas humanísticas como parte de esas competencias, pasando a denominarse competencias STEAM (Radziwill et al., 2015).

La tendencia actual es describir el término STEAM como metodología, modelo pedagógico, cultura o enfoque (Pineda-Caro, 2022) y supone un enfoque “coworking” que tiene como finalidad impulsar el desarrollo del pensamiento científico, así como el desarrollo de algunas de las habilidades clave del S. XXI (Casado-Fernández y Checa-Romero, 2023). Para su desarrollo es necesario que prime la interdisciplinariedad y la conexión con la vida real de los contenidos, a través de diferentes metodologías basadas en la investigación o la indagación (García-Fuentes et al., 2022) o actividades basadas en procesos de diseño de ingeniería (EDP-STEAM) (Basaran y Erol, 2021). Todo ello contribuye a la mejorar de la creatividad, las habilidades de resolución de problemas, aumenta la motivación y la autoeficacia, entre otras (Basaran y Erol, 2021; García-Fuentes et al., 2022).

Además, la tecnología educativa ha crecido exponencialmente durante los últimos años y su integración en el sistema educativo ha supuesto un gran impacto en el aprendizaje de competencias STEAM (Silva-Díaz et al., 2021).

Una de las tecnologías que ha emergido con posibilidades de impactar de manera significativa en la Educación Primaria y Secundaria es la Realidad Virtual (RV) (George-Reyes et al. 2023; Horizon, 2016; 2017), ya que, debido a los avances tecnológicos, la convierten en una tecnología accesible, fácil de usar y con la que se logran una amplia gama de aprendizajes (Cañellas, 2016), permitiendo al alumnado participar de manera activa en su aprendizaje y que puede estimular el interés en las competencias STEAM, contribuyendo a mejorar la empleabilidad (Adams et al., 2016; Cuesta y Mañas, 2016; Frydenberg y Andone, 2019; Vert y Andone, 2019).

La Realidad Virtual se puede describir como la simulación mediante programas informáticos de un entorno 3D, en la que la persona usuaria experimenta la sensación de estar presente en dicho

entorno y tiene la posibilidad de interactuar con los elementos que lo componen, experimentando diferentes tipos de experiencias inmersivas. Dependiendo de las formas de interacción e inmersión se distingue entre Realidad Virtual Inmersiva (RVI), en la que el/la usuario/a utiliza visores o gafas de realidad virtual, además de acompañarse de otros accesorios (Cañellas, 2017), y Realidad Virtual No Inmersiva o de escritorio (RVNI) que se basa en la visualización de los escenarios virtuales a través de una pantalla, y en la que estarían incluidos los mundos virtuales (Merchant et al., 2014). Aunque esta última se considera menos inmersiva, varios estudios han demostrado el valor de los mundos virtuales y su capacidad para proporcionar al alumnado un mayor sentido de presencia y pertenencia aportando una dimensión social enriquecedora al proceso de enseñanza online y en la que el estudiantado aprende de manera activa construyendo su propio conocimiento a través de la experimentación, el descubrimiento, la resolución de problemas, la construcción de significados compartidos y el aprendizaje colaborativo (Chou y Hart, 2012; Edirisingha et al., 2009; Jerónimo et al., 2011; Rodríguez y Baños, 2011; Salmon, 2009; Warburton, 2009).

La Realidad Virtual ofrece grandes ventajas para el desarrollo de las competencias STEAM (Radianti et al., 2020; Tilhou et al., 2020; Kavanaugh et al., 2017). Entre otras, proporciona una mejora de las experiencias de aprendizaje, lo que puede potenciar la participación y el aumento en la motivación (Alamirah et al., 2022; Wu et al., 2021) y puede contribuir al proceso co-creativo ya que con la RV se pueden explorar materiales de aprendizaje, construir prototipos o simulaciones sin restricciones de tiempo y espacio (Pellas et al., 2020).

Asimismo, el uso de la RV favorece el desarrollo del pensamiento computacional (Coenraad y Weintrop, 2018) y la mejora de la alfabetización digital, el pensamiento creativo, la comunicación, la colaboración y la capacidad de resolución de problemas (Papanastasiou et al., 2019; Wu et al., 2021), además de mejorar el rendimiento académico (Elias et al., 2021; Villena Taranilla et al., 2022).

No obstante, a pesar de la constatación de las ventajas del uso de la Realidad Virtual para el desarrollo de las competencias STEAM es importante conocer si realmente en los centros educativos de primaria se utiliza esta herramienta para la adquisición de dichas competencias, y más teniendo en cuenta las dificultades que existe en cuanto a la incorporación de las competencias STEAM en el currículum educativo (García-Carmona, 2020).

En este trabajo se plantea analizar el uso de la Realidad Virtual para el desarrollo de las competencias STEAM en Primaria. Para alcanzar este objetivo se establecen los siguientes objetivos específicos: a) identificar las áreas curriculares a través de las cuáles se trabajan estas competencias; b) analizar el tipo de tecnología más utilizada en RV; y c) determinar en qué dimensiones (saber, saber hacer y saber ser) inciden más los estudios seleccionados.

2. Método

Con el fin de abordar el objetivo general y los objetivos específicos del estudio la presente investigación se basa en la realización de una revisión sistemática de la literatura (RSL). La RSL se puede definir como un método sistemático que se realiza con la intención de identificar, evaluar e interpretar el trabajo que han elaborado otros investigadores, organizaciones y profesionales de un área de conocimiento concreta (García-Peñalvo, 2022).

El proceso de una revisión sistemática involucra la definición clara del objetivo general y los objetivos específicos, la búsqueda exhaustiva y sistemática de estudios relevantes en diferentes bases de datos y otras fuentes, la selección de los estudios que cumplen con los criterios de

inclusión predefinidos, la extracción de datos de los estudios seleccionados y el análisis y síntesis de los resultados de manera sistemática. La RLS debe seguir un protocolo preestablecido que incluye criterios claros de inclusión y exclusión, métodos de búsqueda específicos, criterios de calidad y riesgo de sesgo de los estudios incluidos (Torres et al., 2021). En este artículo se ha tomado como referentes los criterios PRISMA (Yepes-Nuñez et al., 2021).

2.1 Estrategia de búsqueda

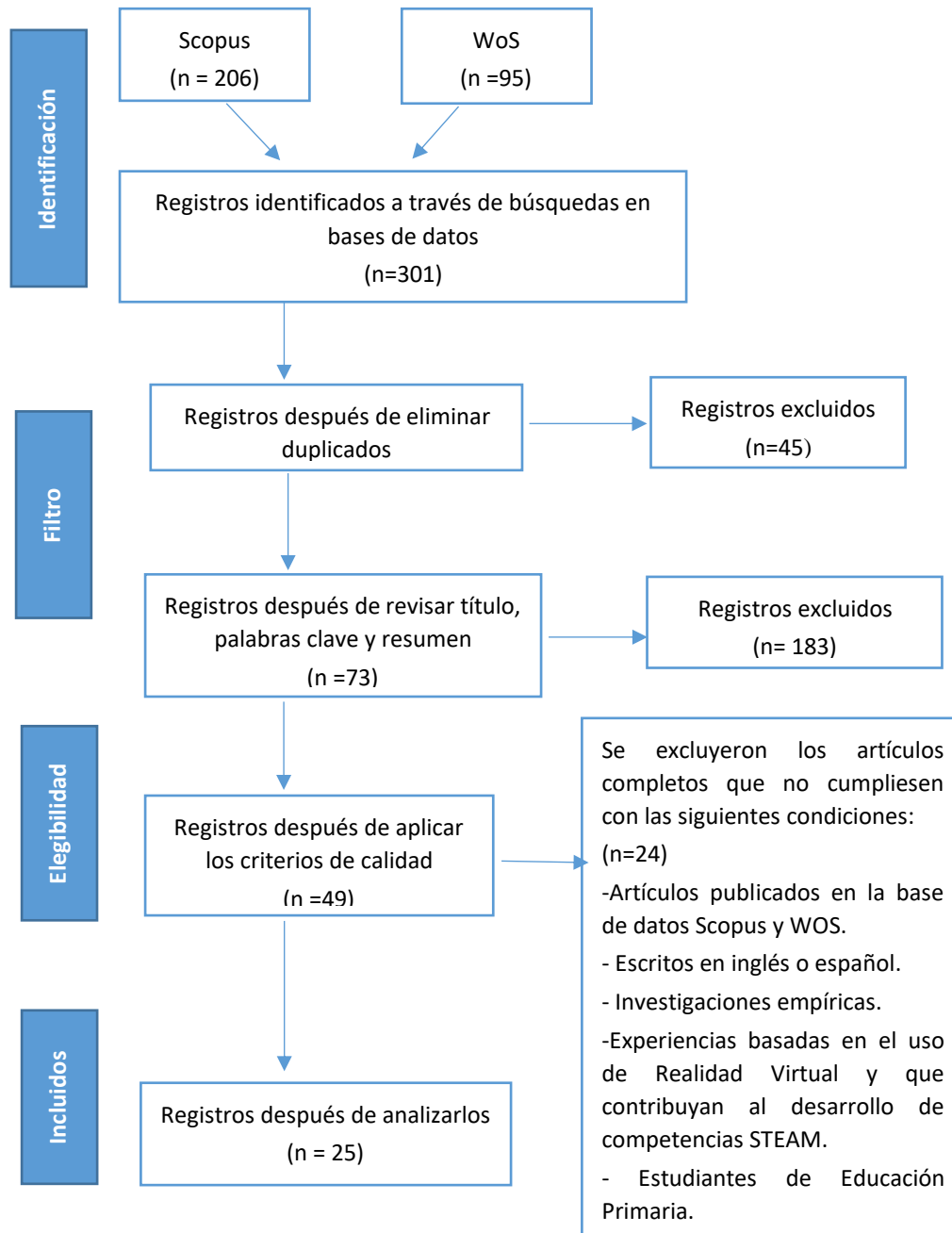
La búsqueda se ha llevado a cabo en las bases de datos Scopus y Web of Science (WOS), ya que se trata de base de datos de referencia en el ámbito de la literatura científica y ambas permiten utilizar una cadena de búsqueda muy similar. Los términos utilizados han sido: "virtual reality" AND ("education" OR "teaching" OR "learning" OR "educational") AND ("STEAM" OR "science" OR "technology" OR "engineering" OR "mathematics" OR "arts") AND ("Primary education" OR "primary school" OR "primary class"). En una primera búsqueda se obtuvieron 301 resultados, siendo el 68,44% de Scopus y el 31,56% de WOS.

2.2 Criterio de elegibilidad

En primer lugar, dos autoras examinaron los artículos que estaban duplicados y, se seleccionaron 256. Tras el primer filtrado, se examinaron los títulos, las palabras clave y los resúmenes de todos los artículos potencialmente relevantes. Los estudios que se incluyeron en la revisión se ajustaban a los criterios de inclusión: a) artículos publicados en la base de datos Scopus y Web of Science (WOS); b) artículos publicados entre 2012 y enero de 2023; c) que la publicación haya sido revisada por pares; d) que esté escrita en inglés o español; e) que sea una investigación empírica; f) que sean experiencias que, con el uso de la Realidad Virtual, contribuyan al desarrollo de las competencias STEAM; g) que sean experiencias realizadas en Educación Primaria; h) textos completos. Siempre que había dudas sobre un estudio, se presentaba un texto completo.

Se realizó una revisión antes de tomar una decisión. En consecuencia, el cribado descartó aquellos estudios que no cumplían los criterios de inclusión basándose en el análisis del título, resumen y palabras clave. La confiabilidad intercodificadores se midió mediante el Kappa de Cohen, como es habitual en las revisiones de la literatura (Cohen, 1968), y arrojó un acuerdo del 97,4%. Cualquier desacuerdo entre las revisoras se resolvió mediante la discusión conjunta, y si fuese necesario, un tercer revisor. En esta fase, se seleccionaron 49 textos completos para evaluar su elegibilidad aplicando criterios de inclusión (véase Figura 1). Finalmente, tras el análisis de los textos completos, se incluyeron 25 estudios para la RLS.

Figura 1
Diagrama de flujo del proceso de revisión sistemática



2.3 Datos de codificación

Se diseñó un formulario de recopilación de datos para extraer información sobre las principales características de los estudios incluidos. Para este proceso, dos autoras analizaron de forma independiente los textos y recopilaron la siguiente información para cada estudio: autores, año de publicación, tipo de investigación, nivel educativo y finalidad de la Realidad Virtual (véase Tabla 1). Cualquier desacuerdo se resolvió mediante discusión, arbitrada por una tercera autora para llegar a un consenso.

Tabla 1
Características de los artículos incluidos en la RSL

ID	Autores	Año	Curso	Tipo de investigación	Finalidad de la RV
1.	Villena Taranilla R., Cózar-Gutiérrez R., González-Calero J.A., López Cirugeda I.	2022	4º	Cuantitativo	La RV inmersiva se usa para que el alumnado visualice un conjunto arqueológico y comprendan aspectos culturales, artísticos respetando la veracidad de los datos científicos.
2.	Hui J., Zhou Y., Oubibi M., Di W., Zhang L., Zhang S.	2022	3º	Cuantitativo	Utilizan un software de RV para que el alumnado pueda diseñar sus obras artísticas en un espacio virtual.
3.	Liu R., Wang L., Koszalka T.A., Wan K.	2022	4º	Mixto	Se trabaja el contenido científico relacionado con la formación del clima, el sistema respiratorio humano y el sistema digestivo humano a través de RV.
4.	Cao Q., Png B.T., Cai Y., Cen Y., Xu D.	2021	4º-5º	Cuantitativo	Se utiliza la RV para que los estudiantes construyan circuitos eléctricos con componentes eléctricos virtuales.
5.	Maher D., Buchanan J.	2021	5º-6º	Cualitativo	El alumnado navega en un entorno de 360 grados, donde se requiere el desarrollo de habilidades espaciales.
6.	Luigini A., Basso, A.	2021	2º-4º	Cuantitativo	Estudio del patrimonio cultural de la zona de Val Pusteria y la vida rural de su entorno a través de la RV con la finalidad de aplicar, entre otros, los conocimientos científicos.
7.	Akman E., Çakır R.	2020	4º	Mixto	Se investiga la incidencia del uso de la RV en el rendimiento académico y la participación del alumnado en matemáticas.
8.	Boda P.A., Brown B.	2020a	5º	Cuantitativo	Mejorar la educación científica del alumnado a través de la RV 360.
9.	Boda P.A., Brown B.	2020b	5º	Cuantitativo	A través del uso de la RV 360 se mejoran las actitudes del alumnado hacia las competencias científicas.
10.	Demitriadou E., Stavroulia K.-E., Lanitis A.	2020	4º-5º-6º	Mixto	Estudio de las diferencias entre las formas geométricas bidimensionales y tridimensionales aprovechando la capacidad de la realidad virtual para visualizar objetos en 3D.
11.	Bogusevski D., Muntean G.-M.	2020	5º	Cuantitativo	Se utiliza la RV para conocer y estudiar el ciclo del agua y fenómenos físicos
12.	Luigini A., Parricchi M., Basso A., Basso D.	2019	2º-4º	Cualitativo	A través del uso de la RV 360 se mejoran las actitudes del alumnado hacia las competencias científicas,

				estudiando el patrimonio de las zonas rurales.
13. Innocenti E.D., Geronazzo M., Vescovi D., Nordahl R., Serafin S., Ludovico L.A., Avanzini F.	2019	6º	Mixto	La RV es empleada para simular actuaciones musicales de diferentes géneros. (por ejemplo, clásica, country, jazz y swing). El alumnado puede navegar dentro de varias salas musicales.
14. El Mawas N., Tal I., Moldovan A.N., Bogusevschi D., Andrews J., Muntean G.-M., Muntean C.H.	2019	6º	Cuantitativo	Se aprovecha las ventajas que la RV ofrece para conocer y estudiar el sistema solar.
15. Dalari A.	2019	5º	Cuantitativo	Se analizan las actitudes y opiniones del alumnado sobre la introducción de las TIC en el sistema educativo, concretamente en el área artística, y su incidencia en el proceso de aprendizaje, así como en el desarrollo de competencias STEAM
16. Akman E., Çakir R.	2019	4º	Cualitativo	A través de la RV el alumnado conoce y aprende la teoría del Flujo.
17. Bogusevschi D., Muntean G.-M.	2019	5º	Cuantitativo	Se utiliza la RV para profundizar en el estudio del ciclo del agua y fenómenos físicos.
18. Liu R., Liu C., Ren Y.	2018	5º-6º	Cualitativo	Integración de la RV para el aprendizaje de las matemáticas y tecnología
19. Bogusevschi, Diana; Muntean, Cristina Hava; Gorji, Nima E.; Muntean, Gabriel-Miro	2018	5º	Cualitativo	Estudio de la atmósfera, biosfera, geosfera y astronomía a través de la RV.
20. Coenraad M., Weintrop, D	2018	6º-7º-8º	Cualitativo	Se usa la RV dentro del plan de estudios para ayudar al alumnado a desarrollar prácticas de pensamiento computacional.
21. Kazanidis I., Palaigeorgiou G., Chintiadis P., Tsinakos A.	2018	3º	Mixto	La RV es utilizada para el aprendizaje de la Historia. El alumnado navega en el mundo virtual, interactuando con la narración digital y resolviendo problemas y acertijos virtuales para finalmente autoevaluarse.
22. Sun, J., Li, H., Liu, Z., Cai, S., & Li, X.	2017	4º	Cuantitativo	Se observa el eclipse solar y sus efectos a través de la RV en el área de Ciencias.
23. Foerster K.T.	2017	5º-6º	Cualitativo	Se utiliza la RV como herramienta para enseñar geometría espacial, que es base en la educación de matemáticas e ingeniería.

24. Freina L., Bottino R.	2016	3º-4º	Cuantitativo	La RV es utilizada como medio para desarrollar las competencias STEM desarrollando especialmente la perspectiva espacial
25. Esper S., Foster S.R., Griswold W.G., Herrera C., Snyder W.	2014	4º	Cuantitativo	Se emplea la RV para enseñar programación y conceptos básicos del lenguaje Java.

Respecto a los años de publicación, la mayor concentración se da en los últimos cinco años, de modo que el 84% de los artículos seleccionados para esta revisión se ha publicado entre el 2018 y 2022. Hay que destacar que, de estos, el 24% se publicó en 2019 y el 20% en 2020. En cambio, no se han encontrado artículos que respeten los criterios de inclusión para este trabajo ni del 2012 ni del 2013. En cuanto a los cursos de Primaria en los que se ha utilizado la RV como recurso educativo para el desarrollo de competencias STEAM, cabe resaltar que el 36% de las investigaciones seleccionadas han sido implementadas en diferentes cursos a la vez. Cuando las propuestas se han implementado en un solo curso, se observa que tanto en 4º como en 5º se han desarrollado el 24% de ellas, mientras que el 8% se han llevado a cabo en 6º y en 3º de Primaria. Respecto a la metodología de investigación se observa que el 52% son estudios con metodología cuantitativa, mientras que el 28% lo son con metodología cualitativa y el 20% han utilizado una metodología mixta.

3. Resultados

3.1 Resultados descriptivos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras el análisis de los 25 artículos seleccionados para el presente estudio (véase Tabla 1). Aunque la búsqueda bibliográfica se centró en el período 2012-2023, la mayoría de las referencias incluidas se publicaron a partir de 2018. De hecho, solo 4 artículos se publicaron antes de ese año. Respecto a los cursos de Primaria en los que se ha implementado la RV, 9 de ellos se han aplicado a varios cursos a la vez. A nivel individual, son 4ª y 5ª los cursos que más destacan en experiencias desarrolladas con RV. En relación con la metodología de investigación, 13 artículos se basan en una metodología cuantitativa, 7 en metodología cualitativa y 5 combinan ambas metodologías. En cuanto a la finalidad de la RV, la principal área curricular que se trabaja es Ciencias, seguida de Matemáticas y, por último, Arte e Historia.

Seguidamente, se analizarán los datos considerados como clave para alcanzar los objetivos propuestos, estableciendo las siguientes categorías: identificar las áreas curriculares a través de las cuáles se trabajan estas competencias; analizar el tipo de tecnología más utilizada en RV; determinar en qué dimensiones (saber, saber hacer y saber ser) inciden más los estudios seleccionados (véase Tabla 2). Es importante destacar que las dimensiones se han codificado de la siguiente manera: saber (Dimensión Conceptual), saber hacer (Dimensión Procedimental) y saber ser (Dimensión Actitudinal).

Tabla 2. Análisis pormenorizado por área curricular, tecnología utilizada y dimensiones

ID	Autores	Área	Tecnología utilizada	Dimensión
1.	Villena Taranilla et al. (2022)	Historia	Gafas RV RV Inmersiva	*DP. Pensamiento científico
2.	Hui et al. (2022)	Arte	Gafas RV RV Inmersiva	*DA. Mejora creatividad
3.	Liu et al. (2022)	Ciencias	Gafas RV RV Inmersiva	*DC. Contenido científico
4.	Cao et al. (2021)	Ciencias	Juego serio RV Inmersiva	DC. Conocimiento científico DP. Actividad y reflexión.
5.	Maher & Buchanan (2021)	Geografía	Realidad Virtual de Escritorio.	DC. Conocimiento científico. DA. Mejora habilidades sociales e interacción
6.	Luigini & Basso (2021)	Patrimonio	videos 360º y Realidad Virtual de Escritorio	DP. Aplicar conocimientos científicos
7.	Akman & Çakır (2020)	Matemáticas	Gafas RV RV Inmersiva	DC. Contenidos matemáticos
8.	Boda & Brown (2020b)	Ciencias	Gafas RV, videos 360º y plataforma Nearpod RV Inmersiva	DA. Mejora actitud hacia las Competencias STEM
9.	Demitriadou et al. (2020)	Matemáticas	Gafas RV RV Inmersiva	DA. Mejora interacción entre el alumnado
10.	Boda & Brown (2020a)	Ciencias	Gafas VR RV Inmersiva	DA. Mejora actitud hacia la Ciencia
11.	Bogusevski & Muntean (2020)	Ciencias	Video juego RV Inmersiva	DC. Contenido científico DA. Aumento interés
12.	Luigini et al. (2019)	Ciencias	videos 360º y Realidad Virtual de Escritorio	DC. Contenido científico DA. Mejora interés y atención
13.	Innocenti et al. (2019)	Música	Aplicación móvil RV Inmersiva	DA. Aumenta motivación e interés
14.	El Mawas et al. (2019)	Ciencias	Aprendizaje basado en el juego RA; RV; laboratorios virtuales Final Frontier Video juego interactivo RV Inmersiva	DC. Contenido científico DA. Aumenta motivación
15.	Dalari (2019)	Arte	Mundo virtual Opensimulator RV Inmersiva	DP. Mejora habilidades espaciales DA. Mejora creatividad

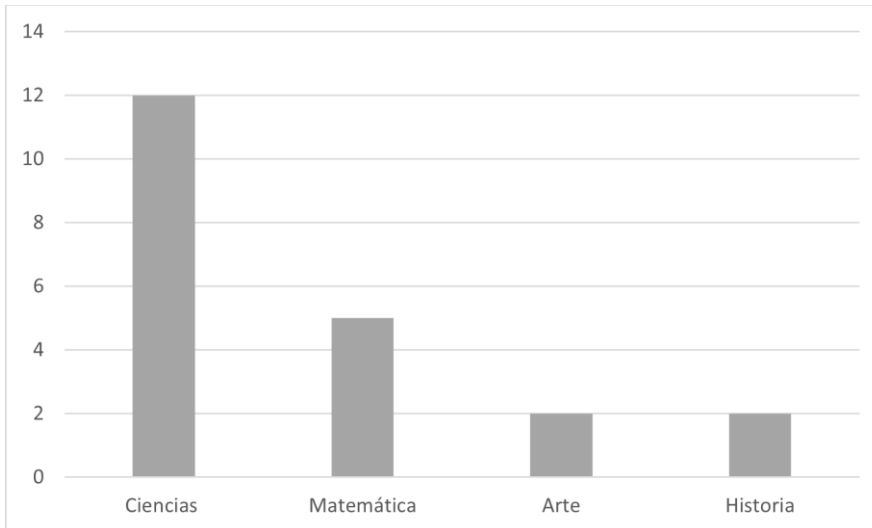
16.Akman & Çakir (2019)	Matemáticas	juego educativo de realidad virtual (Keşfet Kurtul) RV Inmersiva	DP. Mejora habilidades espaciales DA. Mejora la motivación
17.Bogusevski & Muntean (2019)	Ciencias	Tecnología TEL Video juego RV Inmersiva	DP. Experimentar lo aprendido
18.Liu et al. (2018)	Matemáticas	Pizarra digital, iPad, audio gafas RV RV Inmersiva	DC. Contenido científico DP. Experiencia práctica y aprender a pensar
19.Bogusevski et al. (2018)	Ciencias	Juegos interactivos RV Inmersiva	DC. Contenido científico
20.Coenraad & Weintrop (2018)	Ciencias, español, estudios sociales	Gafas RV RV Inmersiva	DC. Contenido científico DP. Pensamiento computacional
21.Kazanidis et al. (2018)	Historia	Gafas RV RV Inmersiva	DA. Interacción con los demás y mejora atención
22.Sun et al. (2017)	Ciencias	Gafas RV RV Inmersiva	DP. Desarrollo de competencias
23.Foerster (2017)	Matemáticas	Mundo virtual Minecraft RV Inmersiva	DC. Geometría espacial
24.Freina & Bottino (2016)	Ciencias	Gafas RV RV Inmersiva	DP. Pensamiento espacial
25.Esper et al. (2014)	Programación	Video inmersivo RV Inmersiva	DC. Programación y conceptos básicos del lenguaje Java. DP. Aplicación de ese conocimiento

Leyendas: DC (Dimensión Conceptual), DP (Dimensión Procedimental) y DA (Dimensión Actitudinal)

3.2 Identificación de las áreas curriculares

El estudio permite constatar que la mayor parte de las investigaciones que se realizan para trabajar las competencias STEAM en Primaria se centran en el área curricular de Ciencias (12 artículos). En segundo lugar, se sitúa el área de Matemáticas (5 artículos) y, por último, Arte (2 artículos) e Historia (2 artículos) (véase Figura 2). Las otras áreas que no aparecen en la Figura 2, como Música (ID13), Geografía (ID5), Patrimonio (ID6) y Programación (ID25), solo aparecen cada una de ellas en un estudio de los 25 analizados.

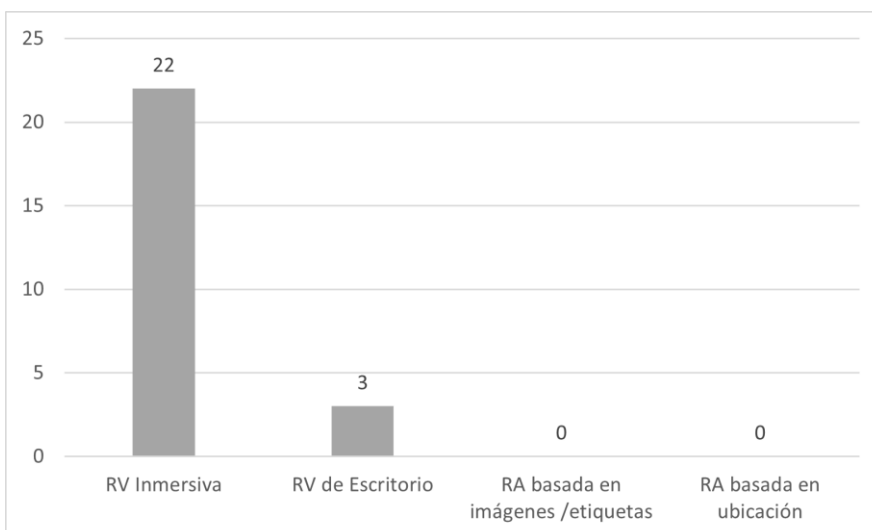
Figura 2
Identificación de las áreas curriculares trabajadas



3.3 Principales aplicaciones de realidad virtual utilizadas

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 3: Realidad Virtual Inmersiva (22 artículos), Realidad Virtual de Escritorio (3 artículos), Realidad Aumentada basada en imágenes o marcadores (ningún artículo) y Realidad Aumentada basada en ubicación (ningún artículo). Tal y como especifican estos autores, 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, respecto a la Realidad Aumentada se basa en la proyección de imágenes ficticias sobre el mundo real a través de algún dispositivo.

Figura 3
Tecnología utilizada en RV

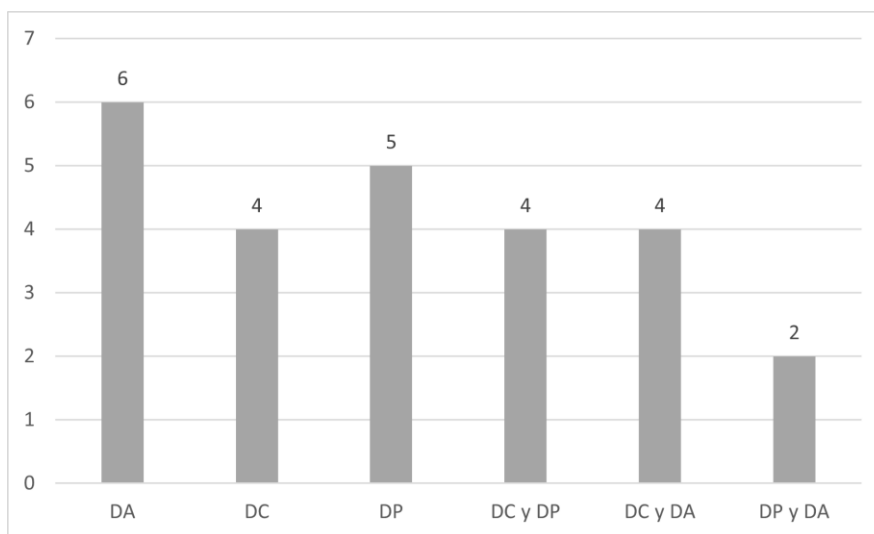


Se ha de destacar que la mayoría de los artículos optaron por desarrollar una aplicación de Realidad Virtual Inmersiva y tres de ellos por la Realidad Virtual de escritorio (ID5, ID6 e ID12). Tanto la Realidad Aumentada basada en imágenes/etiquetas como la de ubicación no se ha implementado en ninguno de los artículos analizados en la RSL.

3.4 Dimensiones más trabajadas

De las tres dimensiones analizadas (dimensión conceptual, dimensión procedimental y dimensión actitudinal), el mayor número de publicaciones se centra en trabajar la dimensión actitudinal (6 artículos), seguida de la dimensión procedimental (5 artículos) y, por último, la dimensión conceptual (4 artículos), tal y como se puede visualizar en la Figura 4.

Figura 4
Dimensiones trabajadas en los artículos seleccionados



También cabe mencionar que algunos artículos trabajaron dos dimensiones: 4 artículos (ID4, ID18, ID20 e ID25) contemplan la dimensión conceptual y la dimensión procedimental y otros 4 artículos (ID4, ID11, ID12 e ID14) la dimensión conceptual y la dimensión actitudinal. Respecto a la integración de la dimensión procedimental y la actitudinal, encontramos dos artículos (ID15, e ID16).

4. Discusión

El objetivo principal del presente estudio es analizar el empleo de herramientas de Realidad Virtual para el desarrollo de competencias STEAM en Educación Primaria. En concreto, se analizan las dimensiones competenciales en las que se hace mayor hincapié, las áreas curriculares desde las que estas se trabajan y el tipo de tecnología de RV utilizada.

Los resultados obtenidos constatan que, independientemente del área curricular en que se desarrollen los estudios, estos se centran fundamentalmente en competencias actitudinales, entre las que sobresalen la motivación (El Mawas et al., 2019; Innocenti et al., 2019; Akman y Çakir, 2019), la creatividad (Dalari, 2019; Hui et al., 2022) o el interés/actitud hacia la ciencia o los contenidos de las materias trabajadas (Boda y Brown, 2020a, 2020b; Bogusevschi y Muntean, 2020; Innocenti et al., 2019; Luigini et al., 2019), destacando la contribución de la Realidad Virtual al desarrollo de las mismas. Otras de estas competencias actitudinales hacen referencia

a la repercusión de la RV en el fomento de la interacción entre el alumnado (Demitriadou et al., 2020; Kazanidis et al., 2018; Maher y Buchanan, 2021) o en la mejora de la atención (Kazanidis et al., 2018; Luigini et al., 2019). Dichos resultados coinciden con los señalados por autores como Papanastasiou et al. (2019) o Wu et al. (2021), a la hora de incidir en la importancia de la RV en la mejora de competencias transversales como la creatividad, la motivación o la comunicación y colaboración interpersonal, o con Adams et al. (2016) y Frydenberg y Andone (2019) en cuanto al estímulo del interés por contenidos o competencias STEAM a través de esta tecnología.

Aunque destacan los estudios que atienden a la implicación de la RV en el desarrollo de competencias actitudinales, también encontramos diferentes estudios que se centran en el desarrollo de competencias procedimentales (como el pensamiento científico, el pensamiento espacial o el pensamiento computacional) (Bogusevski y Muntean, 2019; Freina y Bottino, 2016; Luigini y Basso, 2021; Sun et al., 2017; Villena Taranilla et al., 2022) o conceptuales (Akman y Çakır, 2020; Bogusevski et al., 2018; Foerster, 2017; Liu et al., 2022), así como la implicación en ambos tipos de competencias, haciendo hincapié en la experimentación con conocimientos y contenidos científicos (por ejemplo, matemáticas o programación) o en la aplicación práctica de los mismos (Cao et al., 2021; Coenraad y Weintrop, 2018; Esper et al., 2014; Liu et al., 2018).

Así, los estudios analizados en el presente trabajo de revisión muestran la aportación de la Realidad Virtual en cuanto a la construcción del propio conocimiento a través de la práctica y la experimentación, coincidiendo estos resultados con los de Chou y Hart (2012) y Jerónimo et al. (2011). Asimismo, trabajos como el de Akman y Çakır (2020), Liu et al. (2022) y Villena Taranilla et al. (2022) señalan igualmente la mejora en el rendimiento académico que supone el empleo de herramientas de Realidad Virtual, tal y como mantienen Elias et al. (2021).

Por otra parte, diversos estudios recogidos en la presente revisión analizan el desarrollo, a través del uso de Realidad Virtual, de competencias actitudinales en combinación con las dos dimensiones competenciales restantes. Esto ocurre fundamentalmente con las competencias conceptuales (Bogusevski y Muntean, 2020; El Mawas et al., 2019; Luigini et al. 2019; Maher y Buchanan, 2021), y en menor medida con las procedimentales (Akman y Çakır, 2019; Dalari, 2019).

De esta forma, se observa la aplicabilidad de las tecnologías de RV en el aula de Primaria para el desarrollo de competencias específicas de cada área curricular, pero también para la puesta en práctica de competencias actitudinales, un tipo de competencias básicas y transversales fundamentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, necesarias y complementarias a las específicas, independientemente del tipo de conocimiento o de habilidad procedimental que se pretenda trabajar. En este sentido, la RV puede favorecer una educación integral y significativa, que, asimismo, facilite al alumnado espacios y oportunidades para el desarrollo de la competencia aprender a aprender ya desde la Educación Primaria.

Si atendemos a revisiones previas de literatura, vemos que sus autores/as también destacan el impacto positivo de la implementación de la Realidad Virtual en las aulas de diferentes niveles (entre ellas las de Educación Primaria) en el aprendizaje y desarrollo de competencias. Así, Maas y Hughes (2020), que realizan una revisión narrativa de 29 estudios sobre el uso de la Realidad Virtual, Realidad Aumentada y mixta entre 2006 y mayo de 2017 en entornos educativos de Primaria y Secundaria, recogen que los diferentes estudios analizados hacen referencia al desempeño y resultados de aprendizaje, pero también a otras competencias actitudinales como la motivación, compromiso, colaboración, comunicación y pensamiento crítico.

En esta misma línea, Di Natale et al. (2020), que recogen 18 estudios publicados entre 2010 y 2019, concluyen la eficacia de estos dispositivos de Realidad Virtual inmersiva para facilitar el aprendizaje en términos de conocimiento, logro, retención y motivación en alumnado de Primaria, Secundaria y Educación Superior.

En este sentido, Wu et al. (2020) y Coban et al. (2022), en sendos metaanálisis, concluyen que la Realidad Virtual Inmersiva tiene un mayor impacto en el estudiantado de Primaria y Secundaria que en alumnado de Educación Superior, señalando como posibles razones que estas herramientas mejoran el conocimiento de dicho alumnado, el desarrollo de habilidades y despiertan su interés, pudiéndolas poner en práctica en contextos reales (Wu et al., 2020), además de ser implantadas a través de juegos, exploración y manipulación de objetivos (Coban et al., 2022). De igual manera, los resultados obtenidos en la revisión de Villena-Taranilla et al. (2022) con alumnado de Primaria y Educación Infantil, concluyen que la RV tiene efectos positivos en la mejora del aprendizaje en ambos niveles educativos.

Asimismo, aunque en su trabajo de revisión de literatura concluye que la RV tiene una influencia positiva e intensa en los resultados educativos, Yu (2023) obtiene hallazgos negativos respecto al efecto de estas herramientas en la ansiedad, creatividad, satisfacción y compromiso del alumnado, o en cuanto a diferencias de género.

Por otra parte, si nos centramos en las áreas curriculares desde las que se trabajan las competencias STEAM a través de Realidad Virtual en Primaria, la presente revisión sistemática arroja una evidente prevalencia en áreas STEM propiamente dichas, como son Ciencias y Matemáticas, aunque también cabe señalar las áreas de Arte e Historia, hablando en este caso de competencias STEAM. A este respecto, Villena-Taranilla et al. (2022) señalan la necesidad de un mayor número de estudios sobre RV en Educación Primaria en áreas como Música, Historia o Educación Física, ya que observan que la mayor parte de proyectos de RV se desarrollan en áreas experimentales (Matemáticas y Ciencias).

En cuanto a la tecnología de RV más utilizada, sobresale claramente la realidad virtual inmersiva frente cualquier otro tipo (entre ellas la realidad virtual de escritorio), destacando las gafas de Realidad Virtual (Demitriadou et al., 2020; Freina y Bottino, 2016; Liu et al., 2022). En este sentido, se observa que, en general, se apuesta por un tipo de RV, la inmersiva, que ha demostrado tener mayor impacto en el aprendizaje de alumnado de Educación Infantil, Primaria y Secundaria que la Realidad Virtual de escritorio y que otros entornos y métodos de enseñanza-aprendizaje tradicionales (Coban et al., 2022; Villena-Taranilla et al., 2022; Wu et al., 2020).

Por último, a pesar de que no es objetivo del presente trabajo y de que no en todos los estudios se hace referencia a la metodología elegida para la aplicación de la Realidad Virtual, se considera relevante señalar que esta resulta ser, preferentemente, la gamificación (Akman y Çakir, 2019; Bogusevski et al., 2018; Bogusevski y Muntean, 2019; 2020; El Mawas et al., 2019). Como se puede observar, la aplicación de la Realidad Virtual a través de la gamificación es empleada en diferentes áreas STEAM para el desarrollo de capacidades y aptitudes en las tres dimensiones competenciales, destacando la adquisición de conocimientos científicos, el desarrollo de habilidades espaciales, la capacidad de experimentar el aprendizaje y la mejora de la motivación.

El empleo de herramientas de Realidad Virtual junto a este tipo de metodologías activas supone un interesante tándem para favorecer el interés y la motivación del alumnado hacia los contenidos de las materias a trabajar, así como un aprendizaje experiencial, activo y, por tanto, significativo, del alumnado, en consonancia con lo señalado por Arabit y Prendes (2020), Vert y Andone (2019) o Wu et al. (2021).

5. Conclusiones

A partir de los resultados presentados, se puede concluir que la aplicación de herramientas de Realidad Virtual en las aulas de Primaria favorece la adquisición y desarrollo de competencias, independientemente de si hablamos de competencias conceptuales, procedimentales o de índole actitudinal, yendo aparejadas entre ellas en muchas ocasiones. Esta combinación de dimensiones competenciales se da fundamentalmente en lo que respecta a la oportunidad que ofrece esta herramienta de poner en práctica los aprendizajes y conocimientos (dimensión procedimental-dimensión conceptual), así como en la relación entre competencias actitudinales y una mejora en la asimilación de conceptos/contenidos y un mayor rendimiento académico (dimensión actitudinal-dimensión conceptual), todo ello fundamental para la garantía de una educación integral y significativa del alumnado desde la Educación Primaria.

No obstante, destaca la contribución de la Realidad Virtual en el desarrollo de competencias actitudinales, especialmente si hablamos del aumento de la motivación del alumnado, de la mejora en la creatividad y del incremento en el interés por las materias o áreas en que se han aplicado estas herramientas.

En este sentido, las áreas curriculares sobre las que fundamentalmente se trabaja con herramientas de Realidad Virtual son aquellas propias de las disciplinas STEM, aunque su uso se extiende a otras materias entre las que podemos señalar el Arte (pasando a hablar entonces de STEAM). Por otro lado, cabe destacar que la tecnología cuyo uso es el más extendido en las aulas de Primaria es la realidad virtual inmersiva.

Asimismo, se debe señalar la importancia de imbricar las herramientas de Realidad Virtual en la aplicación de metodologías más activas y experienciales, como puede ser la gamificación o el Aprendizaje Basado en Proyectos, lo que convertirá el aprendizaje del alumnado en un proceso más significativo y enriquecedor.

En último lugar, cabe destacar que, aunque la comunidad educativa es cada vez más consciente del potencial didáctico de la Realidad Virtual y el interés en la aplicación de este tipo de herramientas en el aula es creciente, aún hoy existe escasa producción científica sobre experiencias de Realidad Virtual para el desarrollo de competencias STEAM en Educación Primaria, especialmente en áreas no experimentales. Este hecho ha supuesto la principal limitación del estudio, junto a algunos problemas metodológicos de los estudios. Los defectos en el muestreo o el tamaño de la muestra, no contar con estudios experimentales, etc., dificulta que los resultados puedan ser generalizados (Di Natale et al., 2020).

Estas limitaciones representan, además, un desafío de cara al planteamiento de futuras líneas de investigación centradas en las implicaciones de la Realidad Virtual en educación. No obstante, estas son muchas y muy variadas. Entre ellas, se considera necesario ampliar la investigación a diferentes niveles educativos, para poder establecer comparaciones y observar ventajas compartidas o dificultades a abordar en el empleo de la RV en las aulas, así como indagar en la relación entre las áreas curriculares y el desarrollo de ciertas dimensiones de competencias concretas. Por otra parte, se cree interesante analizar en qué contexto didáctico se desarrolla el uso de herramientas de RV, con el objetivo de observar de qué manera estas tecnologías pueden imbricarse en diferentes metodologías activas y participativas contribuyendo a su enriquecimiento. Por último, se plantea como futura línea de investigación el estudio del empleo de la Realidad Virtual en la mejora en el aprendizaje de alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo.

En cualquier caso, el presente estudio muestra diferentes implicaciones tanto para investigadores/as como para docentes. Por un lado, los resultados obtenidos manifiestan la necesidad y relevancia de continuar investigando sobre el alcance de la realidad virtual educativa y, por otro, alientan al profesorado a integrar estas herramientas en sus procesos de enseñanza-aprendizaje desde la educación primaria, unas herramientas tecnológicas cada vez más extendidas y, por tanto, cada vez más sencillas, intuitivas y accesibles. Esta incorporación de la RV en las aulas favorece el desarrollo de competencias de diversa índole y en diferentes áreas curriculares, generando, además, un impacto positivo en la motivación y el interés del alumnado por los contenidos STEAM y por el propio aprendizaje.

Referencias

- Adams Becker, S., Freeman, A., Giesinger Hall, C., Cummins, M. y Yuhnke, B. (2016). *NMC/CoSN Horizon Report: 2016 K–12 Edition*. The New Media Consortium. <https://bit.ly/3BHH7tV>
- Adams Becker, S., Cummins, M., Freeman, A., y Rose, K. (2017). *2017 NMC Technology outlook for Nordic schools: A Horizon Project Regional Report*. The New Media Consortium. <https://bit.ly/3TPIfV3>
- Agreda Montoro, M., Ortiz Colón, A. M. y Trujillo Torres, J. M. (2016) Adquisición de competencias STEAM: Propuesta didáctica en el Grado de Educación Primaria de las Facultades de Ciencias de la Educación de Jaén y Granada. En R. Roig Vila (Ed.). *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 23-31). <http://hdl.handle.net/10045/61787>
- Akman, E. y Çakır, R. (2019). Pupils' opinions on an educational virtual reality game in terms of flow experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(15). <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i15.10576>
- Akman, E., y Çakır, R. (2020). The effect of educational virtual reality game on primary school students' achievement and engagement in mathematics. *Interactive Learning Environments*, 3, 1-18. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1841800>
- Alamirah, H., Schweiker, M. y Azar, E. (2022). Immersive virtual environments for occupant comfort and adaptive behavior research – A comprehensive review of tools and applications. *Building and Environment*, 207, 108396. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108396>
- Basaran, M. y Erol, M. (2021). Recognizing aesthetics in nature with STEM and STEAM education. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 326-342. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1908248>
- Boda, P. A. y Brown, B. (2020a). Designing for relationality in virtual reality: context-specific learning as a primer for content relevancy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 691-702. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09849-1>
- Boda, P. A. y Brown, B. (2020b). Priming urban learners' attitudes toward the relevancy of science: a mixed-methods study testing the importance of context. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(4), 567-596. <https://doi.org/10.1002/tea.21604>
- Bogusevski, D. y Muntean, G. M. (2020). Virtual reality and virtual lab-based technology-enhanced learning in Primary School physics. En *International Conference on Computer Supported Education* (pp. 467-478). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58459-7_22

- Bogusevski, D. y Muntean, G. M. (2019). Water cycle in nature-an innovative virtual reality and virtual lab: improving learning experience of Primary School students. En *CSEDU* (1) (pp. 304-309). <https://doi.org/10.5220/0007760803040309>
- Bogusevski, D., Muntean, C. H., Gorji, N. E. y Muntean, G. M. (2018). Earth course: a primary school large-scale pilot on STEM education. In *EDULEARN18 Proceedings* (pp. 3769-3777). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2018.0958>
- Cañellas, A. (2016). Apuntes docentes: posibilidades educativas de la realidad virtual inmersiva. *Comunicación y Pedagogía: Nuevas Tecnologías y Recursos Didácticos*, 295, 18-25. <https://bit.ly/3Foxfse>
- Cao, Q., Png, B. T., Cai, Y., Cen, Y. y Xu, D. (2021). Interactive virtual reality game for online learning of science subject in Primary Schools. En *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE)* (pp. 383-389). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TALE52509.2021.9678916>
- Casado Fernández, R. y Checa-Romero, M. (2023). Creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo en educación primaria: Un enfoque interdisciplinar a través de proyectos STEAM. *Revista Complutense de Educación*, 34(3), 629-640. <https://doi.org/10.5209/rced.79861>
- Coban, M., Bolat, Y. I. y Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning: a meta-analysis. *Educational Research Review*, 36, 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>
- Coenraad, M. y Weintrop, D. (2018). Introducing computational thinking across the curriculum with virtual reality. En S. C. Kong, D. Andone, G. Biswas, T. Crick, H.U. Hoppe, T.C. Hsu, R.H. Huang, K. Y. Li, C. K. Looi, M. Milrad, J. Sheldon, J. L. Shih, K. F. Sin, M. Tissenbaum, y J. Vahrenhold. (Eds.). *Proceedings of the International Conference on Computational Thinking Education 2018*. The Education University of Hong Kong. <https://bit.ly/3WjdHf0>
- Cohen, J. (1968). Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin*, 70(4), 213-220.
- Consejo de la Unión Europea (2018). Recomendación del Consejo, de 22 de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente. *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://bit.ly/2TjdCqw>
- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències: Revista del Professorat de Ciències de Primària i Secundària*, (34), 22-30. <https://bit.ly/3DmHEln>
- Cuesta, U. y Mañas, L. (2016). Integración de la realidad virtual inmersiva en los Grados de Comunicación. *Revista ICONO14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 14(2), 1. <https://doi.org/10.7195/ri14.v14i2.953>
- Chou, C. C. y Hart, R. K. (2012). The pedagogical considerations in the design of virtual worlds for organization learning. En H. H. Yang y S. Yuen (Eds.). *Handbook of research on practices and outcomes in virtual worlds and environments* (pp. 551-569). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5942-1.ch071>
- Dalari, A. (2019). The subject of Arts Education through the use of new technologies. The case of the Virtual Museum. *Australian Educational Computing*, 34(1) <https://bit.ly/3Do5Aow>

- 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 Natale, A.F., Repetto, C., Riva, G. y Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: a 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2006-2033. <https://doi.org/10.1111/bjet.13030>
- Edirisingha, P., Nie, M., Pluciennik, M. y Young, R. (2009). Socialisation for learning at a distance in a 3-D multi-user virtual environment. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 458-479. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00962.x>
- Elias, C. M., Vargas, S. I. y Castillo, K. V. (2021). La realidad virtual en la experiencia educativa de pregrado. *Delectus*, 4(1), 139-145. <https://doi.org/10.36996/delectus.v4i1.72>
- Esper, S., Foster, S. R., Griswold, W. G., Herrera, C. y Snyder, W. (2014). CodeSpells: bridging educational language features with industry-standard languages. En *Proceedings of the 14th Koli calling international conference on computing education research* (pp. 05-14). <https://doi.org/10.1145/2674683.2674684>
- Foerster, K. T. (2017). Teaching spatial geometry in a virtual world: using minecraft in mathematics ingrade 5/6. En *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1411-1418). IEEE. <http://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7943032>
- Freina, L. y Bottino, R. (2016). A visual thinking skills training in support of STEM education. En *10th European Conference on Games Based Learning: ECGBL 2016* (pp. 224-231). Academic Conferences and Publishing Limited. <https://bit.ly/3DjKjwb>
- Frydenberg, M. y Andone, D. (2019). Does creating shared projects in Virtual Reality capture students' interest in technology? An international project in STEM education. *2019 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 311-315. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2019.8882080>
- García Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50 <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- García-Fuentes, O., Raposo-Rivas, M. y Martínez Figueira, M.E. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*, 34(1), 191-202. <https://dx.doi.org/10.5209/rced.77261>.
- García Peñalvo, F. J. (2022). Desarrollo de estados de la cuestión robustos: revisiones sistemáticas de literatura. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 23, e28600-e28600. <https://doi.org/10.14201/eks.28600>
- Georges-Reyes, C. E., Ruiz-Ramírez, J. A., Contreras Fuentes, Y. B. y López-Caudana, E. O. (2023). Aprendizaje de los componentes del pensamiento computacional mediado por una aplicación virtual de la Educación 4.0 en el entorno del pensamiento complejo. *Educar*, 59(2), 281-300. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1645>
- Hui, J., Zhou, Y., Oubibi, M., Di, W., Zhang, L. y Zhang, S. (2022). Research on art teaching practice supported by Virtual Reality (VR) technology in the primary schools. *Sustainability*, 14(3), 1246. <https://doi.org/10.3390/su14031246>
- Innocenti, D. E., Geronazzo, M., Vescovi, D., Nordahl, R., Serafin, S., Ludovico, L. A. y Avanzini, F. (2019). Mobile virtual reality for musical genre learning in primary education. *Computers & Education*, 139, 102-117. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.010>

- Jerónimo, J. A., Andrade, L. C. y Robles, A. (2011). El diseño educativo en los mundos virtuales: la curva de aprendizaje inmersivo. *Revista Icono*, 14(2), 21-38. <https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.47>
- 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://bit.ly/3fjZRbu>
- Kazanidis, I., Palaigeorgiou, G., Chintiadis, P. y Tsinakos, A. (2018). A pilot evaluation of a virtual reality educational game for history learning. En *ECEL 2018 17th European Conference on e-Learning* (p.245). Academic Conferences and Publishing Limited. <https://bit.ly/3sICpaQ>
- Kennedy, T. J. y Odell, M. R. L. (2014). Engaging students In STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. <https://bit.ly/2Id6eK6>
- Levinson, R. y PARRISE Consortium. (2014). Socio-scientific issue-based learning: taking off from STEPWISE. En J. Bencze (Ed.). *Science & technology education promoting wellbeing for individual, societies & environments*, 14. Springer Science + Business Media B.V https://doi.org/10.1007/978-3-319-55505-8_22
- Liu, R., Liu, C. y Ren, Y. (2018, July). A virtual reality application for primary school mathematics class. En *2018 International Symposium on Educational Technology (ISET)* (pp. 138-141). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISET.2018.00038>
- Liu, R., Wang, L., Koszalka, T. A. y Wan, K. (2022). Effects of immersive virtual reality classrooms on students' academic achievement, motivation and cognitive load in science lessons. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(5), 1422-1433. <https://doi.org/10.1111/jcal.12688>
- López Simó, V., Couso Lagarón, D. y Simarro Rodríguez, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62), 1-29. <https://doi.org/10.6018/red.410011>
- Luigini, A., y Basso, A. (2021). Heritage education for primary age through an immersive serious game. En C. Bolognesi y D. Villa (Eds.). *From building information modelling to mixed reality* (pp. 157-174). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49278-6_10
- Luigini, A., Parricchi, M. A., Basso, A. y Basso, D. (2020). Immersive and participatory serious games for heritage education, applied to the cultural heritage of South Tyrol. *Interaction Design and Architecture(s)*, 43, 42-67. <https://bit.ly/3zQkgvZ>
- Maas, M.J. y Hughes, J.M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: a review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(2), 231-249. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1737210>
- Maher, D. y Buchanan, J. (2021). 360 degree representation: desktop virtual reality combined with analytics in the Primary School classroom. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(4), 609-622. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2021.1939770>
- Mañas Pérez, A. y Roig Vila, R. (2019). Las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito educativo. Un tándem necesario en el contexto de la sociedad actual. *Revista Internacional d'Humanitats*, 45, 75-86 <https://core.ac.uk/download/pdf/162130302.pdf>

- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney Kennicutt, W. y Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: a meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Papanastasiou, G., Drigas, A. y Skianis, C. (2019). Virtual and augmented reality effects on K-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23, 425-436. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0363-2>
- Pellas, N., Dengel, A. y Christopoulos, A. (2020). A scoping review of immersive virtual reality in STEM education. *Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 748-761. <http://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>
- Pineda Caro, D. Y. (2022). Enfoque STEAM: retos y oportunidades para los docentes. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 3(1), 229-244. <https://editic.net/ripie/index.php/ripie/article/view/115/100>
- Quiroz Vallejo, D. A., Carmona Mesa, J. A., Castrillón Yepes, A. y Villa Ochoa, J. A. (2021). Integración del pensamiento computacional en la educación primaria y secundaria en Latinoamérica: una revisión sistemática de literatura. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 68(21), Art. 7. <http://dx.doi.org/10.6018/red.485321>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm J. y Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Radziwill, N., Benton, M. y Moellers, C. (2015). From STEM to STEAM: reframing what it means to learn. *The STEAM Journal*, 2(1), Art. 3. 10.5642/steam.20150201.3
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 52, de 2 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-3296>
- Rodríguez García, T. y Baños González, M. (2011). E-learning en mundos virtuales 3D. Una experiencia educativa en Second Life. *Revista ICONO, 14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 9(2), 39-58. <https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.39>
- Salmon, G. (2009). The future of second life and learning. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 526-538. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00967.x>
- Sang, G., Liang, J. C., Chai, C. S., Dong, Y. y Tsai, C. C. (2018). Teachers' actual and preferred perceptions of twenty-first century learning competencies: a Chinese perspective. *Asia Pacific Education Review*, 19, 307-317. <https://doi.org/10.1007/s12564-018-9522-0>
- Silva Díaz, F., Carrillo Rosúa, J. y Fernández Plaza, J. A. (2021). Uso de tecnologías inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Revista Educar*, 57(1), 119-138. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1136>
- Sun, J., Li, H., Liu, Z., Cai, S. y Li, X. (2017). An empirical case on integration of immersive virtual environment into primary school science class. En *Proceedings of 25th International Conference on Computers in Education (ICCE)* (pp. 566-575). <https://bit.ly/3gWv7h9>
- Tilhou R., Taylor V. y Crompton H. (2020). 3D Virtual Reality in K-12 Education: a Thematic systematic review. En Yu S., Ally M., Tsinakos A. (Eds). *Emerging technologies and*

- pedagogies in the Curriculum. Bridging human and machine: future education with intelligence*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0618-5_10
- Torres, Y. D., Román, M. y Pérez, J. C. (2021). Specific didactic Strategies used for the development of computational thinking in the female collective in Primary and Secondary Education: a systematic review protocol. En *Proceedings of the 9th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2021)* (pp. 25-29). <https://doi.org/10.1145/3486011.3486414>
- Vert, S. y Andone, D. (2019). Virtual reality authoring tools for educators. *ITM Web of Conferences*, 29(4), 03008. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20192903008>
- Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R. y González-Calero, J. B. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: a meta-analysis. *Educational Research Review*, 35, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100434>
- Villena Taranilla, R., Cózar Gutiérrez, R., González Calero, J. A. y López Cirugeda, I. (2022). Strolling through a city of the Roman Empire: an analysis of the potential of virtual reality to teach history in Primary Education. *Interactive Learning Environments*, 30(4), 608-618. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674886>
- Warburton, S. (2009). Second Life in higher education: assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 414-426. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00952.x>
- White, D. y Delaney, S. (2021). Full STEAM ahead, but who has the map? A PRISMA systematic review on the incorporation of interdisciplinary learning into schools. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(2), 9-32. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1387>
- Wu, B., Yu, X. y Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991-2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>
- Wu, W. C. V., Manabe, K., Marek, M. W. y Shu, Y. (2021). Enhancing 21st-century competencies via virtual reality digital content creation. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(3), 388-410. <https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1962455>
- Yepes Núñez, J. J., Urrutia, G., Romero García, M. y Alonso Fernández, S. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Revista Española de Cardiología (English ed.)*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Yu, Z. (2023). A meta-analysis of the effect of virtual reality technology use in education. *Interactive Learning Environments*, 31(8), 4956-4976. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1989466>
- 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>