




El uso de la Realidad Virtual Inmersiva en las aulas: un meta-análisis

Using Immersive Virtual Reality in the classroom: a meta-analysis

L'ús de la Realitat Virtual Immersiva a les aules: una metaanàlisi

Jacobo Roda-Segarra^{1,*} , Santiago Mengual-Andrés^{1,*} , Rosabel Martínez-Roig² 

1 | Departamento de Educación Comparada e Historia de la Educación, Universitat de València, Valencia, España

2 | Dpto. Didáctica General y Didácticas Específicas, Universitat d'Alicant, Alicante, España

* Autores para correspondencia: jacobo.roda@uv.es (Jacobo Roda-Segarra), santiago.mengual@uv.es (Santiago Mengual-Andrés)

Recibido: 03/09/2021 | Aceptado: 10/11/2021 | Publicado: 15/07/2022

RESUMEN: A pesar de que los primeros diseños de dispositivos para acceder a mundos virtuales generados por ordenador datan de hace más de medio siglo, han tenido que confluír dos factores para que, en los últimos años, se haya producido una eclosión de proyectos relacionados con la Realidad Virtual: el primero es el progresivo aumento de la potencia de cálculo de los ordenadores de propósito general, mientras que el segundo es el abaratamiento de los dispositivos necesarios para acceder a esta tecnología. El presente estudio realiza un meta-análisis de 15 proyectos educativos en los que se utiliza la tecnología de la Realidad Virtual Inmersiva en las aulas entre los años 2015 y 2020, analizando variables como los objetivos que perseguían, la etapa y curso, la materia objeto del proyecto, así como el tipo de dispositivo utilizado y el software entre otros. Los resultados revelan que una gran parte de los proyectos tuvieron lugar en 2020, y cuyos objetivos se dirigieron a motivar hacia un campo de conocimiento o a estudiar la efectividad en la adquisición de los conceptos. También se ha identificado que educación secundaria ha sido la etapa que ha contado con más iniciativas, y que mayoritariamente se ha recurrido a dispositivos *low-cost* como *Google Cardboard*. Sin embargo, esta homogeneidad en cuanto a *hardware* no se ha identificado en lo referente al software, mucho más fragmentado, lo que deja a relucir las dificultades que pueden tener los docentes a la hora de seleccionar herramientas adecuadas para las iniciativas de Realidad Virtual Inmersiva.

PALABRAS CLAVE: realidad virtual; aprendizaje; innovación educativa; meta-análisis; TIC

Cómo citar: Roda-Segarra, J., Mengual-Andrés, S. y Martínez-Roig, R. (2022). El uso de la Realidad Virtual Inmersiva en las aulas: un meta-análisis. *Research in Education and Learning Innovation Archives*, 29, 1-13. [10.7203/realia.29.21488](https://doi.org/10.7203/realia.29.21488)

Copyright: El/La Autor/a.

Open Access: Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons

Attribution-NoDerivatives 4.0 International licence (CC BY-ND 4.0)

Financiación: Ayuda PRE2020-093276 financiada por MCIN /AEI /10.13039/501100011033 y por FSE invierte en tu futuro.

ABSTRACT: Although the first designs of devices for accessing computer-generated virtual worlds date back over half a century, two factors needed to come together to create the explosion of Virtual-Reality-related projects we have seen in recent years. The first was the progressive increase in the computing power of general-purpose computers. The second was the reduction in the cost of devices needed to access this technology. In this paper we conduct a meta-analysis of 15 educational projects that employed Immersive Virtual Reality technology in the classroom between 2015 and 2020. For this analysis we examined variables such as the projects' objectives, the educational stages and courses in which they were used, their subject matter, and the software and type of devices employed. Our results show that most of these projects were conducted in 2020 and that the aims of the projects were to develop students' interest in a field of knowledge or to analyse their effectiveness in enabling students' acquisition of concepts. We also found that secondary education was the educational stage at which most initiatives were developed and that low-cost devices such as Google Cardboard were mainly used. However, this homogeneity in hardware was not reciprocated when

it came to software, which was much more fragmented. The latter result highlights the difficulties teachers may have when selecting suitable tools for initiatives involving Immersive Virtual Reality.

KEYWORDS: virtual reality; learning; educational innovation; meta-analysis; ICT

RESUM: A pesar que els primers dissenys de dispositius per a accedir a mons virtuals generats per ordinador daten de fa més de mig segle, hi han hagut de confluïr dos factors perquè, en els últims anys, s'haja produït una eclosió de projectes relacionats amb la realitat virtual: el primer és el progressiu augment de la potència de càlcul dels ordinadors de propòsit general, i el segon és l'abaratiment dels dispositius necessaris per a accedir a aquesta tecnologia. El present estudi realitza un metaanàlisi de 15 projectes educatius en què s'utilitza la tecnologia de la realitat virtual immersiva a les aules entre els anys 2015 i 2020, i s'analitzen variables com els objectius que persegueixen, l'etapa i curs, la matèria objecte del projecte, així com el tipus de dispositiu utilitzat i el programari, entre d'altres. Els resultats revelen que una gran part dels projectes van tenir lloc l'any 2020, i els seus objectius es van dirigir a motivar cap a un camp de coneixement o a estudiar l'efectivitat en l'adquisició dels conceptes. També s'ha identificat que l'educació secundària ha sigut l'etapa que ha comptat amb més iniciatives, i que majoritàriament s'ha recorregut a dispositius de baix cost com Google Cardboard. No obstant això, aquesta homogeneïtat quant a maquinari no s'ha identificat pel que fa al programari, molt més fragmentat, fet que evidencia les dificultats que poden tenir els docents a l'hora de seleccionar eines adequades per a les iniciatives de realitat virtual immersiva.

PARAULES CLAU: realitat virtual; aprenentatge; innovació educativa; meta-anàlisi; TIC.

Notas de aplicación práctica

Qué se sabe de este tema

- Los primeros diseños de interfaces para interactuar de una manera más natural con un ordenador, lo que hoy en día denominaríamos interfaces de Realidad Virtual Inmersiva, datan de 1965. A pesar de esto, la tecnología del momento todavía no podía representar mundos virtuales a los que acceder mediante estos dispositivos.
- Aunque la potencia de los computadores ha crecido enormemente desde entonces, la evolución de las interfaces de Realidad Virtual Inmersiva ha seguido un camino mucho más lento.
- La educación no se ha quedado al margen de esta tecnología en los últimos años, poniendo en marcha proyectos en los que se utilizan dispositivos de Realidad Virtual Inmersiva en las aulas.

Qué añade este artículo

- La presente investigación realiza un análisis pormenorizado de las experiencias de uso de Realidad Virtual Inmersiva en las aulas entre 2015 y 2020.
- A nivel de contenidos, se han identificado los objetivos que perseguían estas experiencias, las etapas educativas en las que se utilizaron y el *hardware* y *software* con los que se pusieron en marcha los estudios.
- En lo que respecta a las características de los estudios analizados, identifica las metodologías de los mismos, el tamaño de las muestras y los países donde tuvieron lugar las experiencias.

Implicaciones para la práctica y/o política

- El estudio permite identificar características y dificultades de las experiencias del uso de la Realidad Virtual Inmersiva en las aulas que pueden ser de utilidad de cara a la planificación de futuros proyectos.
- El análisis realizado permite plantear preguntas sobre las razones por las que no se ha utilizado esta tecnología en determinadas etapas o con ciertos objetivos educativos, lo que puede ser un punto de partida de futuras investigaciones.
- Visibilizar determinadas experiencias educativas, acompañado de un análisis en profundidad y una reflexión sobre estas prácticas, permite ampliar la comprensión del fenómeno, analizando cuestiones como su viabilidad, beneficios para los alumnos o dificultades que se encontrarán los docentes durante su puesta en marcha.

1. INTRODUCCIÓN

Con el advenimiento de los primeros ordenadores surgió la problemática de cuál era la forma óptima de interactuar con la nueva tecnología desarrollada; las interfaces, que [Woletz \(2018\)](#) define como una frontera o superficie de contacto para la interacción entre humanos y ordenadores, se convirtieron en los dispositivos que permitían tanto enviar órdenes y comandos a los computadores, como recibir respuestas sensoriales. Aunque el teclado y el monitor (como interfaces de entrada y salida respectivamente) se popularizaron desde el primer momento, hubo autores que se cuestionaron si esta era la forma más natural de interactuar con un ordenador. Uno de ellos fue Ivan Sutherland, que en 1965 ([Sutherland, 1965](#)) se planteó la posibilidad de desarrollar un "monitor kinestésico". Aunque la propuesta es somera y no incluye ningún diseño técnico, propuso teóricamente que el ordenador podría recoger la posición de los músculos del cuerpo, así como la dirección hacia la que mirarían los ojos del usuario, de tal forma que se representara en el monitor una imagen acorde a esta información física. Incluso planteó que, a través de un *joystick*, el ordenador pudiera dar una respuesta de retroalimentación física, gustativa y olfativa ([Sutherland, 1965](#)).

Sutherland en su texto, no utilizó en ningún momento el término "realidad virtual" (RV en adelante), pero claramente estas definiciones intuitivas se asemejan bastante al concepto que tenemos en la actualidad de dicha tecnología. Por ejemplo, [Hsu \(2020\)](#) define la RV como una simulación por ordenador de un mundo virtual, tanto visual como de otros sentidos, lo que conecta con la idea original de Sutherland. Hsu continúa diciendo que el usuario siente como si el usuario estuviera inmerso en dicho mundo virtual.

Esta introducción del concepto de "inmersión" resulta interesante, ya que es algo que comparte con otros autores: [Conn, Lanier, Minsky, Fisher, y Druin \(1989\)](#) dicen que la RV es un entorno interactivo tridimensional creado por ordenador en el que el usuario puede estar inmerso. Incluso, [Kolomaznika, Sullivana, y Vyvyana \(2017\)](#) hablan directamente de "realidad virtual inmersiva" (RVI), diferenciándola de la RV, que se limitaría a una simulación tridimensional en la pantalla de un ordenador, pero sin ningún dispositivo que hiciera sentir al usuario inmerso en el mundo virtual. Otros autores como [Rupp et al. \(2016\)](#) utilizan un término similar al de la inmersión; lo llaman "presencia" y lo definen, citando a [Sheridan \(1992\)](#) y a [Witmer y Singer \(1998\)](#), como la "experiencia subjetiva de ser consciente de las sensaciones de estar espacialmente localizado en un lugar particular". Esta concreción al concepto de la inmersión también la diferenciaría de otras tecnologías similares, como la Realidad Aumentada (RA), que armoniza en tiempo real información generada por ordenador con la información del mundo físico ([Osuna, Gutiérrez-Castillo, Llorente-Cejudo, y Ortiz, 2019](#)).

Es precisamente el uso de una interfaz u otra la que va a determinar que podamos etiquetar la simulación como RVI (inmersiva) o simplemente RV (no inmersiva). De hecho, [Wu, Yu, y Gu \(2020\)](#) definen la RVI como aquel tipo de RV al que se accede mediante el uso de dispositivos del tipo *Head Mounted Display* (HMD).

De nuevo, Ivan Sutherland fue pionero en el campo ya que, solo tres años después de su propuesta teórica de la que se ha hablado al comienzo de este artículo, desarrolló el primer HMD funcional en el MIT que permitía cierto grado de inmersión. Mediante un complejo sensor mecánico, se recogía la posición de la cabeza del usuario y, con dichos datos, un programa informático realizaba unas operaciones matriciales para que la representación de un objeto concordara con la posición de la cabeza del usuario ([Sutherland, 1968](#)). Con la tecnología de la época el proceso era extremadamente lento. De hecho, Sutherland expresó que no había ningún ordenador de propósito general suficientemente rápido como para realizar los cálculos de perspectiva de una manera dinámica.

Aunque la potencia de cálculo de los ordenadores de propósito general se ha incrementado enormemente desde el prototipo de Sutherland, el desarrollo de las interfaces

para RVI ha ido muy despacio y sus elevados costes han hecho que dicha tecnología quedara relegada al mundo de los videojuegos, con una repercusión directa en áreas como las matemáticas, lingüísticas o ciencias naturales entre otras (Marín-Díaz, Morales-Díaz, y Reche-Urbano, 2019; Pérez, Duque, y García, 2018), haciendo que su adopción en el terreno educativo haya sido lenta, tal como afirman Kolomaznika et al. (2017).

Sin embargo, la aparición en los últimos años de dispositivos HMD de bajo coste, como las *Google Cardboard*, usados en combinación con un *smartphone* han permitido hacer accesible para el gran público la RVI. El mundo educativo no se ha quedado al margen de esta democratización de la RVI, lo que ha permitido el arranque de multitud de experiencias educativas virtuales inmersivas.

2. OBJETIVO

El objetivo general de la presente investigación ha sido realizar una revisión sistemática para la aproximación al campo de la RVI, realizando un análisis pormenorizado de las experiencias llevadas a cabo entre los años 2015 y mediados de 2020 en las aulas.

Se han analizado las iniciativas en cuyo proceso de enseñanza-aprendizaje se ha utilizado la tecnología de la RVI y se ha catalogado cuáles han sido los objetivos que perseguían, la etapa educativa a la que se dirigían, las materias con las que se ha trabajado, la tecnología usada (tanto a nivel de *hardware* como de *software*) y otros datos referentes al diseño del experimento, el país y el tamaño de las muestras.

3. METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo señalado se ha recurrido a la metodología del meta-análisis, propuesto por primera vez en un artículo de *Educational Researcher* (Glass, 1976). La revisión sistemática frente a la revisión narrativa permite un análisis riguroso (con unos criterios de inclusión definidos), informativo (respondiendo a una pregunta dada), exhaustivo (sin sesgos) y explícito (con una publicidad de todos los métodos y criterios utilizados), tal como describen González y Balaguer (2007).

Según las recomendaciones de la declaración PRISMA (Yepes-Nuñez, Urrútia, Romero-García, y Alonso-Fernández, 2021), se han seguido una serie de pasos como son la selección de la muestra desde una base de datos, cuyos resultados han sido filtrados atendiendo a unos criterios de exclusión e inclusión.

La base de datos escogida fue *Scopus* y la cadena de búsqueda, realizada el 17 de junio de 2020, fue:

```
TITLE-ABS-KEY ( ( "virtual reality" OR "immersive" ) AND ( "education" OR "teaching" OR "learning" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "SOCI" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) )
```

Los criterios de inclusión se ajustaron al objetivo general del estudio, que consistía en realizar un análisis pormenorizado de las experiencias de RVI en las aulas entre los años 2015 y mediados de 2020.

Así pues, dichos criterios de inclusión para la muestra inicial fueron que los documentos debían contener en el título, en el resumen o en las palabras clave los términos *virtual reality* o *immersive*. Además, debía de aparecer alguna de las siguientes expresiones: *education*, *teaching* o *learning*, de tal forma que la muestra se ciñera

a experiencias en el aula. El campo debía ser el de ciencias sociales, y el año de publicación debía estar contenido en la horquilla entre 2015 y 2020 (n = 222).

El siguiente paso fue aplicar a la muestra inicial las siguientes razones de exclusión, todos ellos en función del objetivo de la presente investigación, que se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1. Razones de exclusión

Razón de exclusión	Justificación según los objetivos
Solo visualización de datos	Aunque su función era la de clarificar un conjunto de información, lo que se podía entender en términos educativos, la tecnología inmersiva no era el centro de la investigación, sino una herramienta accesoria.
Solo aplicación de escritorio no inmersiva	En el estudio se usaban entornos virtuales, como Second Life, pero la experiencia se circunscribía a una interfaz tradicional como es el monitor, y no recurría a dispositivos inmersivos HMD.
La investigación no versa sobre RV o RVI	Los términos se mencionaban en el estudio, pero el estudio no giraba alrededor de dicha tecnología.
Uso de RV en medicina, química o biología, pero sin experiencias en el aula	Las visualizaciones tridimensionales versaban sobre campos de ciencias naturales (visualización de órganos, tejidos, moléculas...) como ayuda a la práctica laboral de estas disciplinas, pero no necesariamente dentro del marco de experiencias en el aula.
Uso de la RV en el ámbito laboral	Las investigaciones giraban alrededor del aprendizaje de protocolos o el entrenamiento de habilidades que, aunque relacionado con el campo de la formación, su finalidad era la aplicación práctica en unos puestos laborales concretos.
Solo cursos online	El estudio no incluía formación presencial, ya que la presente investigación se focaliza en el uso real de la tecnología inmersiva dentro de un aula, con la problemática asociada a la presencialidad y al trabajo con múltiples alumnos al mismo tiempo, dificultades que en un curso online desaparecen.
Uso de la RV para el entrenamiento de habilidades fuera del aula	El uso de la RV se focalizaba en el entrenamiento de habilidades sin los riesgos inherentes a su equivalente en el mundo real.
La muestra del estudio no eran alumnos	Los sujetos participantes en el estudio no seguían ningún programa formativo de alguna etapa educativa.
No se trataba de una experiencia en el aula	La experiencia inmersiva no estaba enmarcada dentro de un proceso de enseñanza-aprendizaje.

Tras el filtrado según los anteriores criterios de exclusión, el número de investigaciones se redujo sustancialmente hasta dejar una muestra de n = 15. Las investigaciones de dicha muestra resultante fueron analizadas para catalogar los datos especificados en los objetivos del presente estudio. Así pues, se extrajo y tabuló la información atendiendo a las variables de la Tabla 2:

Tabla 2. Variables extraídas de la muestra

Variable
Objetivo de la investigación
Materia o área de conocimiento (si procede)

Continued on next page

Table 2 continued

Variable
Etapa educativa
Curso
Metodología
Dispositivo HMD utilizado
Software utilizado
Muestra
Año de publicación
País donde tuvo lugar la experiencia

En resumen, los pasos seguidos en esta fase de la investigación son los que se pueden observar en el diagrama de flujo representado en la Figura 1 :

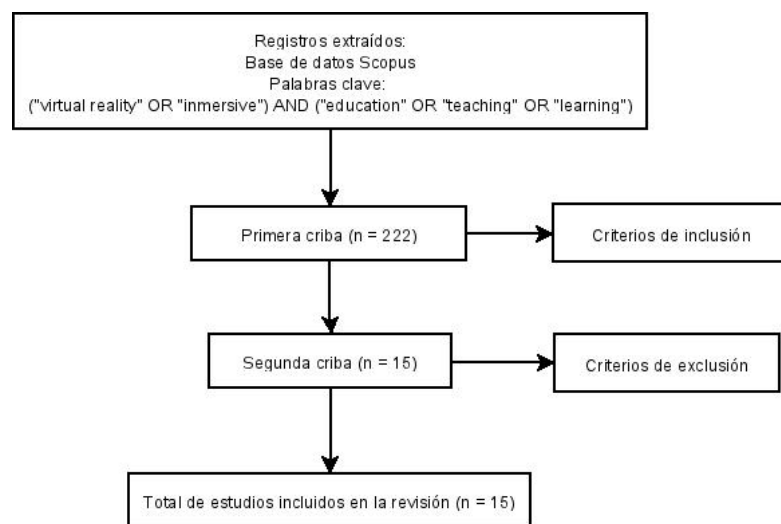


Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de la muestra. Fuente: elaboración propia

Una vez catalogada la información, se realizó un análisis estadístico cuyos resultados y discusión se detallan en la siguiente sección.

4. RESULTADOS

Puesto que el centro de la presente investigación gira alrededor de la aplicación de la RVI en el aula, la primera de las variables a analizar ha sido el objetivo educativo que perseguían los autores del estudio. Los objetivos que eran bastante similares se agruparon por temáticas generales, dando lugar al siguiente listado: desarrollar estrategias de aprendizaje, motivar hacia un campo del conocimiento, desarrollar la creatividad, analizar la reacción y percepciones en visitas virtuales, estudiar la efectividad en la adquisición de conceptos, analizar la relación entre tipo de dispositivo/inmersión y capacidad para retener información y desarrollar habilidades.

Los valores más elevados de frecuencia absoluta se encontraron en los objetivos «motivar hacia un campo del conocimiento» ($f_i = 5$) y «estudiar la efectividad en la adquisición de conceptos» ($f_i = 5$). El resto de objetivos repitieron la misma frecuencia absoluta ($f_i = 1$). En la Figura 2 se presentan los objetivos con las frecuencias absolutas.

Cada uno de los estudios en los que aparecían los objetivos con mayor frecuencia absoluta se centraban, a su vez, en diferentes materias o campos del conocimiento. Así pues, un 60% de las investigaciones cuyo objetivo era motivar hacia un campo



Figura 2. *Objetivos de las investigaciones. Fuente: elaboración propia*

del conocimiento pusieron su foco en las ciencias; esto fue en los estudios de [Boda y Brown \(2020\)](#); [Cheng y Tsai \(2020\)](#); [Makransky, Petersen, y Klingenberg \(2020\)](#). La motivación hacia la arqueología, en el estudio de [Shackelford, Huang, Craig, Merrill, y Chen \(2019\)](#), o hacia el trabajo en equipo, en el trabajo de [Kolomaznika et al. \(2017\)](#), supusieron sendos 20%. En lo que se refiere al objetivo de "estudiar la efectividad en la adquisición de conceptos" todas las materias tuvieron a misma frecuencia absoluta ($f_i = 1$), dando el mismo porcentaje de 20% a las áreas de geografía en [Jong, Tsai, Xie, y Wong \(2020\)](#), matemáticas en [Hsu \(2020\)](#), química en [Astuti, Sugiyarto, y Ikhsan \(2020\)](#), geometría en [Demitriadou, Stavroulia, y Lanitis \(2020\)](#) y naturales en [Jitmahantakul y Chenrai \(2019\)](#).

El objetivo del estudio de [Han \(2020\)](#) se focalizó en "analizar las reacciones y percepción de visitas virtuales". Las excursiones virtuales son simulaciones por ordenador que permiten experimentar una determinada localización, pero sin los riesgos y las barreras logísticas de una excursión real, tal como explica [Han \(2020\)](#) en el mismo estudio. Continúa diciendo que dichas excursiones virtuales pueden alinearse con contenidos curriculares, que serán reforzados posteriormente por el profesor con actividades, haciendo que los alumnos creen conexiones entre conocimientos ya existentes y nuevas ideas.

Dos estudios más tenían un objetivo educativo común, ya que se centraron en los procesos involucrados en la memoria y el aprendizaje, pero fueron catalogados en categorías diferentes ya que el papel que ocupaba la RVI era radicalmente opuesto: en la investigación de [Zhao, Lin, Sun, y Liao \(2020\)](#) el objetivo principal fue analizar si la estrategia de aprendizaje del resumen mejoraba en un entorno de RVI. Para ello se utilizó un diseño 2x2 factorial con las variables independientes de uso de RVI o simplemente vídeos, y uso o no de la estrategia de aprendizaje del resumen. Por contra, el estudio de [Rupp et al. \(2016\)](#) se centró en la relación entre el grado de inmersión y la capacidad para retener información, pero en ningún momento analiza el hecho sin el uso de RVI.

Para finalizar el análisis de los objetivos de los estudios, el trabajo de [Mcfaul y Fitzgerald \(2020\)](#) se dirigió hacia el uso de la RVI para el entrenamiento de habilidades, en concreto para alumnos universitarios de derecho.

En lo que se refiere a las etapas educativas, un 26,67% de los estudios se dirigieron a educación primaria ($f_i = 4$), un 40% a secundaria o bachiller ($f_i = 6$) y un 33,33% a

las enseñanzas universitarias ($fi = 5$). No se registró ningún estudio para la etapa de infantil.

En las experiencias en el ámbito universitario, las ramas del conocimiento donde se aplicó la RVI fueron dispares: por ejemplo, el estudio de [Zhao et al. \(2020\)](#) se llevó a cabo con alumnos de educación, psicología, química e ingeniería del software. El de [Mcfaul y Fitzgerald \(2020\)](#) tuvo lugar en derecho. La investigación de [Rupp et al. \(2016\)](#) estuvo dirigida a alumnos de ciencias naturales, en la de [Kolomaznika et al. \(2017\)](#) la muestra fueron estudiantes de ciencias de la comunicación y, por último, el trabajo de [Shackelford et al. \(2019\)](#) se centró en alumnos de arqueología.

Respecto a las metodologías utilizadas, en la Figura 3 se presentan los datos obtenidos.

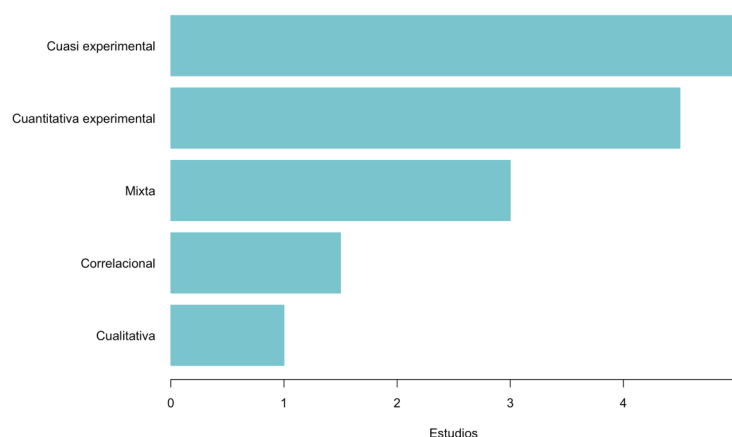


Figura 3. Metodologías de los estudios. Fuente: elaboración propia

Los dos valores decimales de frecuencias absolutas corresponden al artículo de [Makranksy et al. \(2020\)](#), que detallaba dos estudios realizados con diferentes metodologías: uno cuantitativo experimental y otro correlacional.

También cabe destacar que, dentro de esta clasificación metodológica, hay dos investigaciones que también usaron modelos de diseño iterativo: [Astuti et al. \(2020\)](#) utilizaron el modelo ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) y [Boda y Brown \(2020\)](#) recurrieron al modelo DbR (Design-Based Research).

Pasando a detallar el tipo de dispositivo utilizado, las cifras son contundentes: un 56,67% de los estudios recurrió a *smartphones* junto con un *HMD* simple tipo *Google Cardboard*; le siguen, con un 20%, el *HMD HTC Vive*. En un 10% de los proyectos se usaron dispositivos de *Oculus*.

Al final de la lista, con un 6,67%, encontramos un *VR Box* y, con el mismo porcentaje, un *HMD Samsung Gear*. Este último, aún teniendo un principio técnico similar a las *Google Cardboard* (hace falta un *smartphone* que se inserta en un *HMD*), no resulta tan económico, así que se decidió extraer a otro grupo independiente.

Cuando nos centramos en el software que se escogió para la experiencia, nos encontramos con unos porcentajes mucho más fragmentados. De hecho, solo tres herramientas repitieron en más de un estudio. Estas fueron *Videos VR 360*, *Expedition* y *Unity*, cada una de las cuales apareció en dos investigaciones. En el resto de estudios se usaron herramientas diferentes: *GoPro VR Player*, *Open Justice VR*, *Explorer*, *Frankin's Lab-Cyber Science 3D-Leopoly 3D*, *VR Full lauch-VR 3planes-VR Quizzes-VR Challenges*, *Google Tour Creator*, *Unreal Engine*, *Speak and Seek* y *IVR Laboratory*.

En lo que se refiere a los años en los que se publicaron los estudios, el 73,33% de las investigaciones ($fi = 11$) aparecieron publicados en la primera mitad de 2020. En 2019

el porcentaje descendió hasta un 13,33% ($f_i = 2$) y en 2017 solo apareció un estudio (6,67%), al igual que en 2016.

En 2018 no hubo ningún artículo publicado según los criterios de inclusión de este estudio, pero sí que se excluyeron varios que usaban RV no inmersiva.

Para finalizar los resultados, se presentan la Figura 4 y la Figura 5 con los valores extraídos en lo referente a los tamaños de las muestras de cada uno de los estudios y a los países donde tuvieron lugar las experiencias.

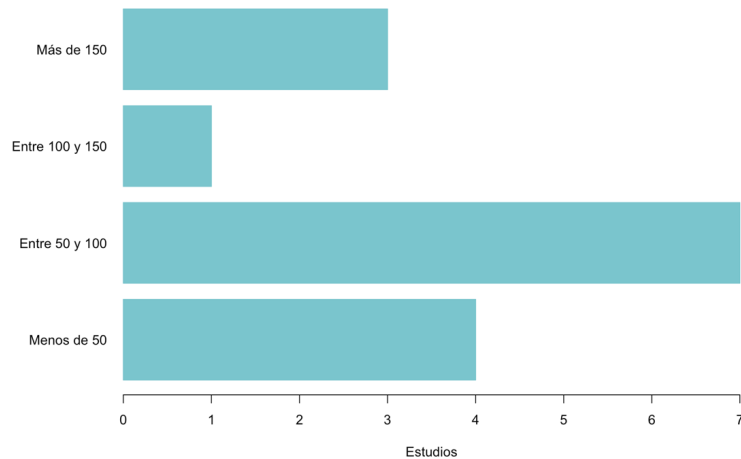


Figura 4. Tamaño de las muestras. Fuente: elaboración propia

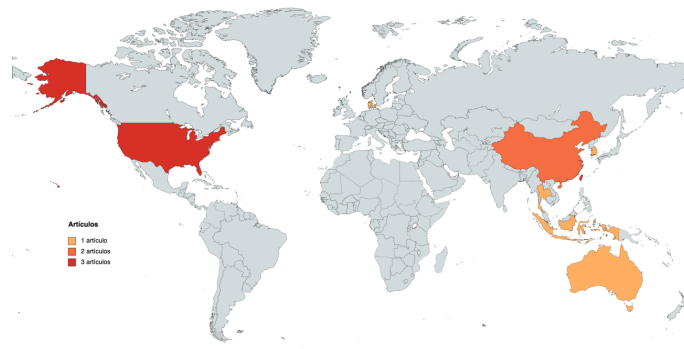


Figura 5. Países donde tuvieron lugar las experiencias. Fuente: elaboración propia

5. DISCUSIÓN

La presente investigación se ha dirigido a analizar los proyectos educativos en los que se ha utilizado la tecnología de la RVI en las aulas entre los años 2015 y mediados de 2020. Para ello se ha recurrido a la metodología del meta-análisis, detallando el proceso mediante el cual se han seleccionado los artículos que formarían parte de la muestra, así como explicitando los criterios de inclusión y exclusión, lo que ha dado como resultado una muestra de 15 documentos.

Sobre esta muestra se ha extraído y tabulado la información referente a los objetivos que perseguían, la etapa educativa en la que se implementaron, así como las materias en las que se utilizó. También se identificó el *software* y *hardware* utilizado, así como

otros datos referidos al diseño del experimento, el país donde tuvo lugar y el tamaño de las muestras.

Respecto a los objetivos de los estudios, la mayor parte se centraron en motivar hacia un campo del conocimiento y en estudiar la efectividad en la adquisición de conceptos, con sendos 33,33%. Dentro de las experiencias en las que se utilizó la RVI para motivar a los alumnos, un 60% escogieron las ciencias como campo de conocimiento. En los documentos que se centraron en estudiar la efectividad en la adquisición de conceptos, todas las materias descritas (geografía, matemáticas, química, geometría y naturales) aparecieron con la misma frecuencia (20%).

A la luz de los datos de esta muestra, un 60% de los estudios que tenían el objetivo de usar la RVI para la motivación de los alumnos hacia un campo del conocimiento se centraron en la motivación hacia las ciencias. Incluso el estudio de Chang (2020), cuyo objetivo fue desarrollar la creatividad, estuvo dirigido hacia la enseñanza en las áreas de STEAM (*Science Technology Engineering Art Mathematics*) y el diseño en ingeniería.

Aún dentro de los objetivos que menos aparecieron en la investigación, cabe destacar el estudio de Han (2020), extremadamente específico, cuyo objetivo consistió en analizar las reacciones y percepción de visitas virtuales. A pesar de lo interesante de este enfoque, puesto que las excursiones virtuales permiten tener la experiencia de visitar localizaciones sin riesgos para los alumnos, solo se identificó este estudio alrededor de esta idea.

A colación de la ausencia de riesgos que permite una experiencia mediante RVI, el entrenamiento de habilidades es otro de los aspectos que se pueden trabajar mediante esta tecnología. Sin embargo, en la muestra estudiada solo se identificó un estudio que tuviera este objetivo. El trabajo de Mcfaul y Fitzgerald (2020) se centró en el uso de la RVI para el entrenamiento de habilidades en los alumnos universitarios de derecho. A pesar de esto, se excluyeron diversos estudios de la muestra a analizar que se centraban en el entrenamiento de habilidades, pero exclusivamente en el ámbito laboral, lo que denota que este uso de la RVI puede tener más relevancia en el ámbito profesional que en el educativo.

La mayor parte de las experiencias de RVI en las aulas se dirigió a secundaria o bachiller (40%), seguidas por las iniciativas en enseñanzas universitarias (33,33%) y las de educación primaria (26,67%). Cabe destacar que no se registró ningún estudio para la etapa de educación infantil, lo que podría sugerir que el uso de RVI en el aula no es factible antes de los 6 años, tanto por cuestiones logísticas como por la falta de madurez de los alumnos. De hecho, aunque más de un cuarto de los estudios ocurrieron en las aulas de primaria, la experiencia más temprana fue en 4º, con lo que, a la luz de los resultados de la presente investigación, la edad mínima en la que los investigadores se plantearon usar la RVI en el aula fue los 10 años.

Respecto a los dispositivos *hardware* utilizados, más de la mitad de los estudios (56,67%) recurrió a *smartphones* junto con dispositivos como *Google Cardboard*. El hecho de que este tipo de dispositivos sean de bajo coste ha permitido un uso más amplio en las experiencias de RVI en las aulas. Atendiendo al software utilizado, el panorama cambia, ya que de la muestra de 15 estudios se identificaron más de 10 herramientas diferentes, de las cuales solo se repitieron en más de un estudio *Videos VR 360*, *Expedition* y *Unity*. Esta variedad refleja la enorme diversidad donde escoger en lo que se refiere al software, de tal forma que este pueda ajustarse de la mejor manera posible a los objetivos planeados en cada uno de los estudios lo que, adicionalmente, puede suponer una dificultad adicional para los docentes debido al amplio abanico donde escoger.

Los datos referidos a los años de publicación de los estudios refuerzan la opinión de Kolomaznika et al. (2017), que se mencionó al principio de esta investigación, y que hacía referencia a que la adopción de la RVI en el terreno educativo ha sido lenta, ya que el 73,33% de los estudios fueron publicados en la primera mitad de 2020, descendiendo

hasta un 13,33% en 2019 y sendos 6,67% en 2017 y 2016, sin ningún estudio identificado en 2018.

La limitación fundamental del presente estudio recae en los criterios de exclusión de investigaciones, en concreto el que ha dejado fuera las experiencias en las que se usaban aplicaciones de escritorio de RV no inmersiva. Si bien es cierto que el objeto de esta investigación recaía en las investigaciones inmersivas con HMDs, se localizó una cantidad importante de experiencias no inmersivas que todavía no habían recurrido a la RVI; muchos de estos estudios podrían dar el salto a la RVI con pocas adaptaciones, lo que abriría las posibilidades a estudiar más experiencias variadas y diversas.

En lo que se refiere a futuras líneas de investigación, no se encontraron estudios que hicieran uso de la RVI en alumnos menores de 10 años. Como se ha expuesto en el presente estudio, una hipótesis atiende a cuestiones logísticas y de falta de madurez de estos alumnos, pero también podría ser debido a otro tipo de cuestiones pendientes de analizar en estudios específicos dirigidos a estas franjas de edad tempranas.

Otro de los datos obtenidos hace referencia a la enorme diversidad de *software* para un aula en la que se use RVI. Esto, aunque a priori pueda suponer algo positivo, en la práctica puede significar una gran cantidad de tiempo para los docentes, que deben cribar y seleccionar cuál es la más adecuada para la experiencia de enseñanza-aprendizaje planeada. Esta problemática abre la puerta al desarrollo de un protocolo o herramienta de evaluación de aplicaciones para RVI.

6. CONCLUSIONES

Aunque los primeros diseños de dispositivos para acceder a mundos tridimensionales generados por ordenador datan de 1965, con el "monitor kinestésico de Ivan Sutherland, no ha sido hasta los últimos años en los que el progresivo abaratamiento de los costes, con la aparición de los HMD *low-cost*, ha permitido la puesta en marcha de proyectos basados en RVI en las aulas.

Esta investigación ha analizado, mediante la metodología del meta-análisis, una muestra de 15 artículos en los que se utilizaba la tecnología de la RVI en las aulas, extrayendo y catalogando la información relativa a los objetivos, etapas educativas, materias, medios (*software* y *hardware*), tipos de experimentos, países y tamaño de las muestras.

La muestra ha revelado que el grueso de los proyectos tuvo lugar en 2020, habiendo un número muy escaso anteriormente a esta fecha, y estando la mayor parte de ellos orientados a motivar hacia un campo de conocimiento, así como a estudiar la efectividad en la adquisición de los conceptos. En ambos casos, las materias mayoritarias formaban parte del grupo de las ciencias. A pesar de las características propias de la RVI, como es el poder simular la presencia en un lugar o realizar un entrenamiento en habilidades sin los riesgos asociados a llevarlo a cabo en la vida real, solo se identificaron dos estudios que tenían como objetivo estas cuestiones.

Las etapas de educación secundaria y bachiller fueron las que coparon el mayor número de estudios, seguidas por las enseñanzas universitarias y educación primaria, no habiéndose detectado ningún estudio para educación infantil, lo que podría indicar que esta tecnología no sea adecuada para dicha etapa. De hecho, la edad mínima de los estudios de la muestra fueron 10 años.

Las tecnologías *low-cost* como el uso de *smartphones* con HMDs como *Google Cardboard* se utilizaron en más de la mitad de los estudios, mientras que en lo referido al software, aparece una fragmentación notable de programas y soluciones, lo que refleja la problemática que pueden tener los docentes a la hora de escoger aplicaciones para sus sesiones de RVI.

REFERENCIAS

- Astuti, T. N., Sugiyarto, K. H., y Ikhsan, J. (2020). Effect of 3D visualization on students' critical thinking skills and scientific attitude in chemistry. *International Journal of Instruction*, 13(1), 151–164. Descargado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1239288.pdf>
- Boda, P. A., y Brown, B. (2020). 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>
- Chang, Y. (2020). Influence of virtual reality on engineering design creativity. *Educational Studies*. <https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1754767>
- Cheng, K., y Tsai, C. (2020). Students' motivational beliefs and strategies, perceived immersion and attitudes towards science learning with immersive virtual reality: A partial least squares analysis. *British Journal of Educational Technology*. <http://dx.doi.org/10.1111/bjet.12956>
- Conn, C., Lanier, J., Minsky, M., Fisher, S., y Druin, A. (1989). Virtual environments and interactivity: Windows to the future. *ACM Siggraph Computer Graphics*, 23(5), 7–18. <https://doi.org/10.1145/77277.77278>
- Demitriadou, E., Stavroulia, K., 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>
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5, 3–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X005010003>
- González, J., y Balaguer, A. (2007). Revisión sistemática y metanálisis (I): conceptos básicos. *Evidencias en Pediatría*, 3, 107–107. <https://evidenciasenpediatria.es/articulo/5204/revision-sistemica-y-metaanalisis-i-conceptos-basicos>
- Han, I. (2020). Immersive virtual field trips and elementary students' perceptions. *British Journal of Educational Technology*, 52(1). <https://doi.org/10.1111/bjet.12946>
- Hsu, Y. (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>
- Jitmahantakul, S., y Chenrai, P. (2019). Applying virtual reality technology to geoscience classrooms. *Review of International Geographical Education Online*, 9(3), 577–590. Descargado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1244538.pdf>
- Jong, M. S., Tsai, C., Xie, H., y Wong, F. K.-K. (2020). Integrating interactive learner-immersed video-based virtual reality into learning and teaching of physical geography. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.12947>
- Kolomaznika, M., Sullivana, M., y Vyvyana, K. (2017). Can Virtual Reality Engage Students With Teamwork? *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 25(4), 32–44. Descargado de <https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/CAL/article/view/12172>
- Makransky, G., Petersen, G. B., y Klingenberg, S. (2020). Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science? *British Journal of Educational Technology*, 51(6). <https://doi.org/10.1111/bjet.12954>
- Marín-Díaz, V., Morales-Díaz, M., y Reche-Urbano, E. (2019). Educational Possibilities of Video Games in the Primary Education Stage According to Teachers in Training. A Case Study. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(1), 42–49. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.1.330>
- Mcfaul, H., y Fitzgerald, E. (2020). A realist evaluation of student use of a virtual reality smartphone application in undergraduate legal education. *British Journal of Educational Technology*, 51(2), 572–589. <https://doi.org/10.1111/bjet.12850>
- Osuna, J. B., Gutiérrez-Castillo, J., Llorente-Cejudo, M., y Ortiz, R. V. (2019). Difficulties in the Incorporation of Augmented Reality in University Education: Visions from the

- Experts. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(2), 126–141. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.7.409>
- Pérez, M. D. M., Duque, A. G., y García, L. (2018). Game-Based Learning: Increasing the Logical-Mathematical, Naturalistic, and Linguistic Learning Levels of Primary School Students. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(1), 31–39. <https://doi.org/10.7821/naer.2018.1.248>
- Rupp, M. A., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Odette, K. L., Smither, J. A., y McConnell, D. S. (2016). The effects of immersiveness and future VR expectations on subjective-experiences during an educational 360° video. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 60(1), 2101–2105. <https://doi.org/10.1177/1541931213601477>
- Shackelford, L., Huang, W. D., Craig, A., Merrill, C., y Chen, D. (2019). Relationships between motivational support and game features in a game-based virtual reality learning environment for teaching introductory archaeology. *Educational Media International*, 56(3), 183–200. <https://doi.org/10.1080/09523987.2019.1669946>
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(1), 120–126. <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1992.1.1.120>
- Sutherland, I. (1965). The Ultimate Display. *Proceedings IFIP Congress* (pp. 506–508). Descargado de <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.136.3720>
- Sutherland, I. (1968). A Head-Mounted Three Dimensional Display. *Proceedings of the Fall Joint Computer Conference, AFIPS Conference Proceedings*, 33, 757–764. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Witmer, B. G., y Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Woletz, J. (2018). Interfaces of Immersive Media. *Interface Critique Journal*, 1. Descargado de <https://interfacecritique.net/journal/volume-1/woletz-interfaces-of-immersive-media/>
- 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>
- Yepes-Nuñez, J. J., Urrútia, G., Romero-García, M., y Alonso-Fernández, S. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. [Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas]. *Revista Espanola De Cardiologia*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Zhao, J., Lin, L., Sun, J., y Liao, Y. (2020). Using the summarizing strategy to engage learners: Empirical evidence in an immersive virtual reality environment. *Asia-Pacific Education Researcher*, 29(5), 473–482. <https://doi.org/10.1007/s40299-020-00499-w>