

Valoración de tecnologías inmersivas y enfoque STEM en la formación inicial del profesorado

Assessment of immersive technologies and STEM focus in initial teacher training



- Francisco Silva Díaz - *Universidad de Granada (España), Centro de Innovación y Desarrollo Docente, Universidad Autónoma de Chile*
- Javier Carrillo Rosúa - *Universidad de Granada (España), Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR) (España)*
- Gracia Fernández Ferrer - *Universidad de Granada (España), IES Alonso Cano (España)*
- Rafael Marfil Carmona - *Universidad de Granada (España)*
- Romina Narváez - *Universidad de Granada (España)*

RESUMEN

Durante los últimos años se ha detectado un progresivo interés por la integración de diversas Tecnologías Emergentes en el ámbito de la Educación, especialmente aquellas de tipo inmersivo como la Realidad Virtual Inmersiva y Realidad Aumentada. En la presente investigación se tiene por objetivo valorar la utilidad que le atribuyen los docentes en Formación Inicial en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada a este tipo de tecnologías, específicamente en el ámbito STEM, y cómo evalúan la capacidad de integrarlas en sus futuras prácticas docentes. Se utilizó una metodología mixta, donde se aplicó un cuestionario previo a toda la población (N=544) para describir las valoraciones de los participantes, seguido de un post test a una submuestra (N=58) luego de participar de una Formación Complementaria para la creación de recursos educativos inmersivos desarrollados con la plataforma CoSpaces. Los resultados revelaron una alta utilidad atribuida a las tecnologías inmersivas, destacando su potencial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito STEM. Sin embargo, se identificaron desafíos relacionados con la facilidad de integración y la falta de formación adecuada en el uso de estas tecnologías. Se enfatiza la importancia de promover la capacitación docente y la alfabetización digital para aprovechar plenamente los beneficios de estas tecnologías emergentes en la educación. Se sugiere la realización de futuras investigaciones que profundicen en estrategias de formación docente y que aborden otros contextos educativos para ampliar el conocimiento sobre las implicaciones y ventajas de las tecnologías inmersivas.

Palabras clave: educación científica; tecnología de la educación; innovación pedagógica; formación de profesores; didáctica; educación STEM.

ABSTRACT

In recent years, there has been a growing interest in the integration of various Emerging Technologies in the field of Education, especially immersive technologies such as Virtual Reality and Augmented Reality. This research aims to assess the perceived usefulness of these technologies by pre-service teachers at the Faculty of Education Sciences of the University of Granada, specifically in the STEM field, and how they evaluate their potential for integration into their future teaching practices. A mixed-methods approach was employed, including a pre-questionnaire administered to the entire population (N=544) to describe the participants' perceptions, followed by a posttest conducted with a subset (N=58) after their participation in a Complementary Training program on the creation of immersive educational resources using the CoSpaces platform. The results revealed a high perceived utility of immersive technologies, highlighting their potential for enhancing teaching and learning in the STEM domain. However, challenges related to ease of integration and the lack of adequate training in the use of these technologies were identified. The importance of promoting teacher training and digital literacy to fully leverage the benefits of these emerging technologies in education is emphasized. Further research is suggested to delve into teacher training strategies and explore other educational contexts to expand the understanding of the implications and advantages of immersive technologies.

Keywords: scientific education; educational technology; educational innovation; teacher education; didactics; STEM education.

Cómo citar: Silva Díaz, F., Carrillo Rosúa, J., Fernández Ferrer, G., Marfil Carmona, R., & Narváez, R. (2024). Assessment of immersive technologies and STEM focus in initial teacher training. [Valoración de tecnologías inmersivas y enfoque STEM en la formación inicial del profesorado]. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1).

<https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37688>

INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo, especialmente en la enseñanza de las Ciencias, el enfoque STEM (*Science-Technology-Engineering-Mathematics*) ha adquirido una creciente relevancia en los últimos años. Este enfoque se centra en promover la integración interdisciplinaria de estas áreas del conocimiento, con el objetivo de fomentar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad en los estudiantes (Martín-Páez et al., 2019; Thibaut et al., 2018; Toma y Greca, 2018). La educación STEM, entre otros propósitos, busca preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI, donde la tecnología juega un papel fundamental en la sociedad y la economía (Bybee, 2013; Sanders, 2009). La implementación de la educación STEM en los planes de estudio a nivel nacional e internacional se ha fundamentado en investigaciones que demuestran los beneficios de estos enfoques pedagógicos para el desarrollo de competencias fundamentales en los estudiantes (Fleer, 2013; Toma y Meneses-Villagrà, 2019; Zollman, 2012).

A medida que este enfoque se consolida, se reconoce cada vez más la importancia de integrar tecnologías emergentes como parte integral de la enseñanza de las ciencias, especialmente desde el enfoque STEM (Makhoka, 2017; Chng et al., 2023; Ferrada et al., 2020; Silva-Díaz et al., 2021; Xia y Zhong, 2018). La incorporación de Tecnologías Emergentes en la educación STEM ha demostrado tener un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, ya que ofrece numerosos beneficios, entre ellos, la mejora de las actitudes hacia las ciencias (Aguilera y Perales-Palacios, 2018; Cabello et al., 2021; Makransky et al., 2020; Thibaut et al., 2018). Entre las tecnologías emergentes más relevantes se encuentran la Realidad Virtual Inmersiva (RVI), la Realidad Aumentada (RA), la Impresión 3D, la Robótica Educativa y los Sensores, entre otras (Freeman et al., 2017; Dubé y Wen, 2022; Silva-Díaz et al., 2022).

Sin embargo, la integración de la tecnología en la educación también ha supuesto nuevos retos y desafíos para los docentes (Barroso et al., 2019; Cabero-Almenara, Romero Tena et al., 2021; Silva-Díaz et al., 2021). En muchos casos, el profesorado no se siente capacitado o carece de las competencias necesarias para utilizar de manera efectiva los recursos tecnológicos en el aula. Esta brecha entre la demanda de tecnología en el entorno educativo y la preparación de los docentes ha sido objeto de preocupación y debate (Christensen, 2002; Ertmer et al., 2012; Boel et al., 2023; Sanchez-Prieto et al., 2019). La necesidad de desarrollar la competencia digital docente se ha vuelto cada vez más evidente, ya que los educadores deben adquirir habilidades y conocimientos para aprovechar al máximo las herramientas tecnológicas y garantizar una enseñanza de calidad en el contexto STEM (Del Moral et al., 2022; Cabello et al., 2021). Además, resulta imperativo que los docentes desarrollen la capacidad de diseñar y crear recursos tecnológicos innovadores con el fin de enriquecer y potenciar sus actividades educativas (Cabero-Almenara, Vázquez-Cano et al., 2021; Cviko et al., 2014; Del Moral et al., 2022). De esta manera, podrán adaptarse a las demandas y desafíos de la era digital, promoviendo un aprendizaje más interactivo y significativo para sus estudiantes. Aunque, de cara a conseguir un correcto diseño de actividades que impliquen la integración tecnológica en la educación STEM, es sumamente importante proporcionarles oportunidades de formación y desarrollo profesional, así como garantizar el acceso a recursos tecnológicos y el apoyo institucional necesario para implementar de manera efectiva estas herramientas en el aula (Buss et al., 2018; Cabero Almenara, Romero-Tena et al., 2021; Nistor et al., 2019).

En cuanto al uso de Tecnologías Emergentes como recurso didáctico, diversos estudios dan cuenta de la importancia que han ido adquiriendo en el plano internacional, especialmente en lo relativo a la educación STEM (Freeman et al., 2017; Dubé y Wen, 2022; Hod, 2017; Hung y Khine, 2006; Lui y Slotta, 2014).

Considerando estos antecedentes, se ha diseñado una investigación que tiene los siguientes objetivos:

- O1. Caracterizar el posicionamiento de los docentes en formación inicial frente a la tecnología, el uso de la Realidad Virtual (Aumentada e Inmersiva), la facilidad de uso de tecnologías para el aprendizaje STEM y el potencial de las tecnologías para el aprendizaje y la enseñanza.
- O2. Analizar las percepciones y experiencias de los docentes en formación inicial respecto a la formación complementaria para la creación de recursos inmersivos con CoSpaces¹.
- O3. Identificar los beneficios y desafíos de la integración de Tecnologías Emergentes a través de un seminario y actividades de creación de recursos educativos en la formación de futuros docentes en el ámbito de la Educación STEM.
- O4. Proporcionar recomendaciones para la integración de Tecnologías Emergentes dentro de la formación inicial de docentes en el ámbito de la Educación STEM, considerando los hallazgos y resultados obtenidos en la investigación.

MÉTODO

El presente estudio se lleva a cabo utilizando una metodología de investigación mixta con un diseño explicativo secuencial de dos fases (Hernández Sampieri et al., 2014). En la primera fase, se emplea un enfoque cuantitativo descriptivo para analizar los datos recopilados a través de un cuestionario. La segunda fase implica un análisis más específico de una muestra mediante la aplicación del cuestionario a seis ítems específicos que dan cuenta de la facilidad y potencialidad del uso de Laboratorios Virtuales (ítems 13 y 19), Realidad Aumentada (14 y 20) y Realidad Virtual Inmersiva (15 y 21). Se realiza la aplicación post test a los ítems señalados debido a que solo se trabajó con este tipo de tecnologías durante la Fase 2. Este contraste entre aplicación pre a la muestra total y post a la muestra participante de la Actividad de Creación de Recursos Inmersivos con CoSpaces (ACRI), permite obtener una comprensión más profunda de los resultados obtenidos en el análisis descriptivo. Además, se utiliza un enfoque cualitativo basado en el análisis de contenido de las preguntas abiertas del mismo instrumento. Al combinar estos enfoques, se busca proporcionar una visión integral y detallada de los resultados del estudio, contribuyendo así al conocimiento y la comprensión en el campo de investigación.

Participantes

La investigación se desarrolló como parte de un Seminario ofrecido a estudiantes de distintas titulaciones, en su casi totalidad, pertenecientes a asignaturas del ámbito de la Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Universidad de Granada durante los cursos 2020/21, 2021/22 y 2022/23. En relación con los periodos académicos 2020/21 y 2021/22, cabe destacar que, a pesar de los desafíos presentados por la

Silva Díaz, F., Carrillo Rosúa, J., Fernández Ferrer, G., Marfil Carmona, R., & Narváez, R. (2024). Assessment of immersive technologies and STEM focus in initial teacher training. [Valoración de tecnologías inmersivas y enfoque STEM en la formación inicial del profesorado]. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1).
<https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37688>

pandemia de COVID-19, la Universidad de Granada adoptó medidas para asegurar la continuidad de las actividades presenciales, siempre bajo estrictos protocolos de seguridad. Por su parte, el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales decidió mantener las actividades de laboratorio en formato presencial, adaptando los aforos y garantizando la seguridad de estudiantes y personal académico.

Así, en la primera fase, los participantes han sido seleccionados mediante un muestreo no probabilístico intencional (Cardona, 2002) debido a criterios de accesibilidad a la muestra. La muestra se encuentra determinada por 554 participantes que han respondido el instrumento en una única aplicación previa al desarrollo del Seminario pertenecientes a 16 grupos-clase (12 grupos-clase de 3º curso y uno de 2º curso del Grado de Educación Primaria, un grupo-clase de 2º curso y dos grupos-clase del Máster Universitario de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas).

En una segunda fase, se cuenta con una submuestra de 58 participantes (62,1 % y 37,9 %, autoidentificados, respectivamente, de género femenino y masculino), autoseleccionados por su interés en realizar las actividades de trabajo autónomo post-seminario propuestas a cuatro grupos-clase (3 grupos-clase de 3º curso del Grado de Educación Primaria –53,4 % de los participantes– y un grupo-clase del Máster Universitario de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, especialidad de Biología y Geología –46,6 % de los participantes–) y que respondieron el cuestionario en una segunda aplicación post intervención y tras la realización de estas actividades.

Instrumento

Para la recolección de datos se utilizó el Cuestionario de Tecnologías Emergentes en Educación STEM (CUTE-STEM), desarrollado ad-hoc para este estudio. Se encuentra compuesto por 27 ítems, con 23 preguntas cerradas y cuatro dimensiones para los ítems cuantitativos. Diecisiete preguntas (ítems 1-5 y 12-23) se calificaron mediante una escala de Likert de 5 opciones de respuesta, mientras que los cinco ítems restantes son dicotómicos (ítems 6-11). La fiabilidad del cuestionario se determinó por medio del coeficiente alfa de Cronbach para todos los ítems de tipo likert (17), obteniendo una fiabilidad aceptable ($\alpha = 0,823$).

Adicionalmente, se incluyeron cuatro preguntas abiertas, orientadas a evaluar actitudes, creencias y conocimientos relacionados con la integración de tecnologías en el ámbito educativo STEM (PA_01), valorar las diferencias entre Realidad Aumentada y Realidad Virtual Inmersiva (PA_02), describir ventajas e inconvenientes de utilizar la Realidad Virtual como recurso para la educación STEM (PA_03) y ofrecer un espacio de reflexión al estudiantado en el que aporten las observaciones que estimen oportunas sobre la inclusión de tecnología en el ámbito de la educación STEM (PA_04). En la Tabla 1 se presenta la distribución de los ítems del cuestionario agrupados por dimensiones, junto con la descripción de las mismas.

Tabla 1*Distribución de ítems y dimensiones del cuestionario*

Dimensiones e ítems	Definición
A. Posicionamiento frente a la tecnología. ($\alpha = 0.806$)	
1. Me interesan las tecnologías.	Esta categoría examina el grado de interés en la tecnología, el uso personal que hacen de la misma y su competencia tecnológica para fines educativos. También implica evaluar la capacidad de pensamiento crítico frente al contenido digital (Internet, redes sociales, etc.).
2. Utilizo las tecnologías en mi ocio personal.	
3. Utilizo la tecnología en mi proceso de aprendizaje.	
4. Tengo capacidad crítica ante los contenidos digitales.	
5. Soy competente en el uso de las tecnologías.	
B. Uso de la Realidad Virtual (ítems dicotómicos)	
6. Realidad Aumentada con fines lúdicos.	Esta categoría mide la frecuencia y el propósito del uso de la Realidad Virtual para actividades de entretenimiento personal o educativas. El objetivo es evaluar el grado en que los participantes integran herramientas y dispositivos tecnológicos en su rutina diaria.
7. Realidad Aumentada como aprendizaje en una asignatura.	
8. Realidad Aumentada con fines docentes.	
9. Realidad Virtual Inmersiva con fines lúdicos.	
10. Realidad Virtual Inmersiva como aprendizaje en una asignatura.	
11. Realidad Virtual Inmersiva con fines docentes.	
C. Facilidad del uso de tecnologías para el aprendizaje STEM ($\alpha = 0.734$)	
12. Facilidad del uso de la Impresión 3D.	Esta categoría evalúa la viabilidad del uso de Tecnologías Emergentes como recursos educativos. El enfoque se centra en evaluar la practicidad y facilidad de implementación potencial de estas tecnologías en la educación STEM.
13. Facilidad del uso de Laboratorios Virtuales.*	
14. Facilidad del uso de Realidad Aumentada.*	
15. Facilidad del uso de Realidad Virtual Inmersiva.*	
16. Facilidad del uso de Robótica Educativa.	
17. Facilidad del uso de Sensores.	
D. Potencial de las tecnologías como recurso para el aprendizaje STEM ($\alpha = 0.847$)	
18. Potencial de la Impresión 3D.	Esta categoría se refiere a la evaluación del uso potencial de tecnologías específicas para la enseñanza y el aprendizaje en las áreas STEM.
19. Potencial de los Laboratorios Virtuales.*	
20. Potencial de la Realidad Aumentada.*	
21. Potencial de la Realidad Virtual Inmersiva.*	
22. Potencial de la Robótica Educativa.	
23. Potencial de los Sensores.	

Fuente: elaboración propia. *Nota:* La dimensión B se compone de ítems dicotómicos, por lo que no se aplica el cálculo para alpha de Cronbach. * Se utilizan para la aplicación post test (ítems 13, 14, 15, 19, 20 y 21).

Procesamiento de datos

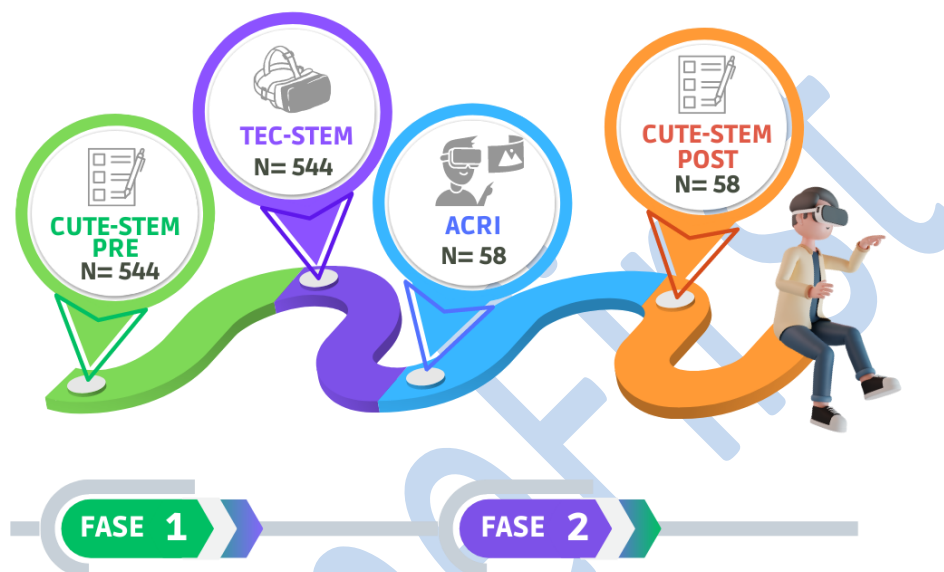
El tratamiento estadístico para los datos cuantitativos de la investigación se realizó mediante el software SPSS v26, mientras que para el desarrollo del análisis cualitativo se utilizó el software MAXQDA en la versión del año 2020.

Procedimiento

La investigación se ha desarrollado en dos fases (Figura 1). La primera fase corresponde a la aplicación del instrumento descrito anteriormente, esta aplicación

nos permitió caracterizar las necesidades del estudiantado respecto al diseño de una ruta formativa orientada a la integración de las Tecnologías Emergentes en la educación STEM. La aplicación inicial del cuestionario CUTE-STEM a los distintos cursos nos facilitó una optimización constante de los Seminarios. La segunda fase se desarrolla a partir de las necesidades detectadas, diseñando dos acciones formativas para el estudiantado universitario.

Figura 1
Fases de aplicación de la investigación



Fuente: elaboración propia.

La primera de ellas corresponde a un Seminario Formativo de dos horas que se desarrolla en modalidad presencial. Se encuentra orientado a ofrecer una visión general de las Tecnologías Emergentes al servicio de la educación STEM, poniendo énfasis en la Realidad Virtual (Aumentada e Inmersiva). Adicionalmente, se desarrolla una formación complementaria voluntaria, de forma virtual asincrónica, ofrecida a los participantes del Seminario. Implica la elaboración, por parte del estudiante, de un recurso educativo inmersivo creado con la plataforma CoSpaces. Tras la realización de la actividad en la que el estudiante cuenta con un plazo de unas tres semanas, se aplica el post test.

Seminario “Tecnologías Emergentes para la Educación STEM” (TEC-STEM)

En el Seminario TEC-STEM, se presenta una panorámica respecto de las tecnologías que se encuentran en proceso de implementación como recursos para el aprendizaje, dentro de ellas, se desarrollan actividades didácticas que implican el uso de la Realidad Virtual Inmersiva para el desarrollo de una situación de aprendizaje. Los estudiantes utilizan diversos visores de Realidad Virtual (PlayStation VR, Oculus Go, Oculus Rift-S, Meta Quest 2, Pico Neo 3 Pro y visores VR para móviles), lo que les permite comprender de mejor forma el uso de los mismos y la integración de estos como recursos para el aprendizaje.

Dentro de las actividades, se utilizó la aplicación de RVI “Titans of Space Plus”² junto con los visores Quest 2. Como parte de la actividad, se les plantea que manifiesten sus ideas previas respecto a las relaciones proporcionales de tamaño y distancia para los planetas del Sistema Solar a través de un dibujo. Luego, realizan la experiencia inmersiva (Figura 2).

Con la finalidad de que los estudiantes comprendan una adecuada distribución de los recursos tecnológicos, se configuran “estaciones de trabajo colaborativo” compuestas por un visor de Quest 2 y una tablet (Lenovo M10) con sistema operativo Android. Las *tablets* se utilizan para proyectar la imagen que observan los estudiantes que se encuentran utilizando los visores, de esta forma, es posible conocer lo que los estudiantes visualizan en la experiencia de RVI y asistirlos de forma rápida y simple, pero, además, ofrece una solución para el estudiantado que no se encuentra usando las gafas, puesto que “acompañan” el viaje de sus compañeros a través del Sistema Solar. Además, la actividad contempla la búsqueda de información relevante para el desarrollo de actividades posteriores y que se encuentra contenida dentro de la experiencia inmersiva, con lo cual, todos los integrantes del equipo se encuentran realizando la actividad de búsqueda y registro de información.

Figura 2
Seminario “Tecnologías Emergentes para la Educación STEM”



Fuente: elaboración propia.

De cara a replicar la configuración propuesta en esta investigación, los autores recomiendan utilizar un sistema de conexión inalámbrica independiente, para ello, una buena solución es el uso de internet por radio (chip móvil) junto con un router inalámbrico 4G/5G.

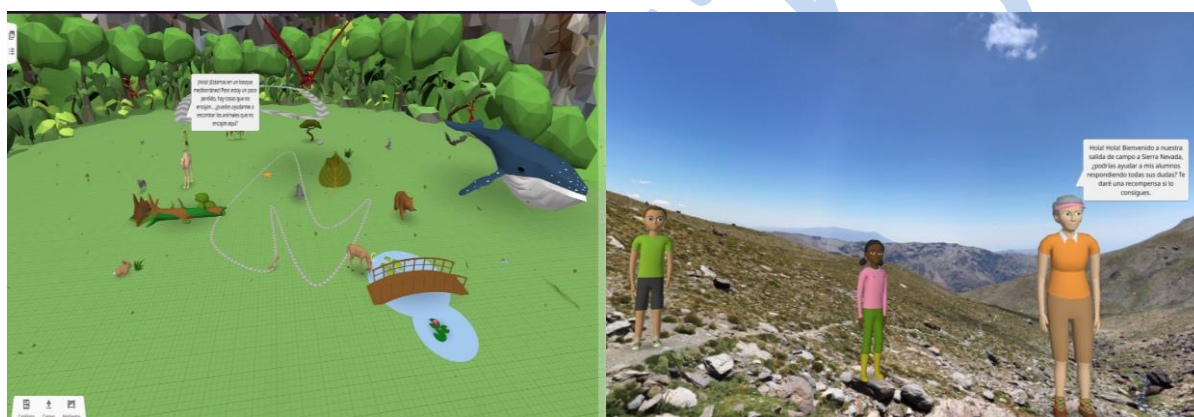
Actividad de creación de recursos inmersivos con CoSpaces

Con relación a la formación virtual, se implementó de manera asincrónica la “Actividad complementaria de recursos inmersivos con CoSpaces” (ACRI), esta se ofreció como parte del Seminario TEC-STEM. Esta actividad fue ofrecida de forma

voluntaria a los estudiantes de cuatro grupos participantes. El objetivo principal de esta actividad consistió en que los estudiantes diseñaran un recurso educativo inmersivo utilizando la plataforma CoSpaces. Se les propuso diseñar una escena en 360 grados que integrara diversos objetos y elementos disponibles en la plataforma, con el propósito de aplicarlos en actividades escolares relacionadas con la enseñanza de las ciencias y enfoques STEM. Para brindar apoyo y orientación, se creó y se les proporcionó un tutorial detallado que describía paso a paso cómo diseñar una escena en CoSpaces. Adicionalmente, se les proporcionó un video tutorial desarrollado por parte de los autores de esta investigación. Esta actividad se llevó a cabo con el objetivo de fomentar el uso de recursos inmersivos y promover la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales. En la Figura 3 se presentan ejemplos de las actividades desarrolladas por los estudiantes.

Figura 3

Recursos inmersivos desarrollados en CoSpaces



Fuente: elaboración propia

RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentan de acuerdo con las fases y los tipos de análisis realizados. En la primera fase, se realizaron estadísticas descriptivas para caracterizar la muestra.

En la segunda fase, se llevaron a cabo análisis mixtos. En términos del análisis cuantitativo, se aplicaron pruebas no paramétricas de comparación pre-post mediante la prueba de Wilcoxon, considerando que la muestra no cumplía con los criterios de normalidad. Además, se utilizó el tamaño del efecto como complemento para el análisis estadístico, evaluando el valor delta (d) de Cohen.

Respecto del análisis cualitativo, se realizó un análisis de contenido de las respuestas de los participantes, con el propósito de identificar patrones temáticos y obtener una comprensión profunda de las experiencias y sus percepciones.

Fase 1

Se analizan cuatro dimensiones a partir de la aplicación inicial del cuestionario CUTE-STEM: A) Posicionamiento frente a la tecnología, B) Uso de la Realidad Virtual,

C) Facilidad del uso de tecnologías para el aprendizaje STEM y D) Potencial de las tecnologías para el aprendizaje y la enseñanza.

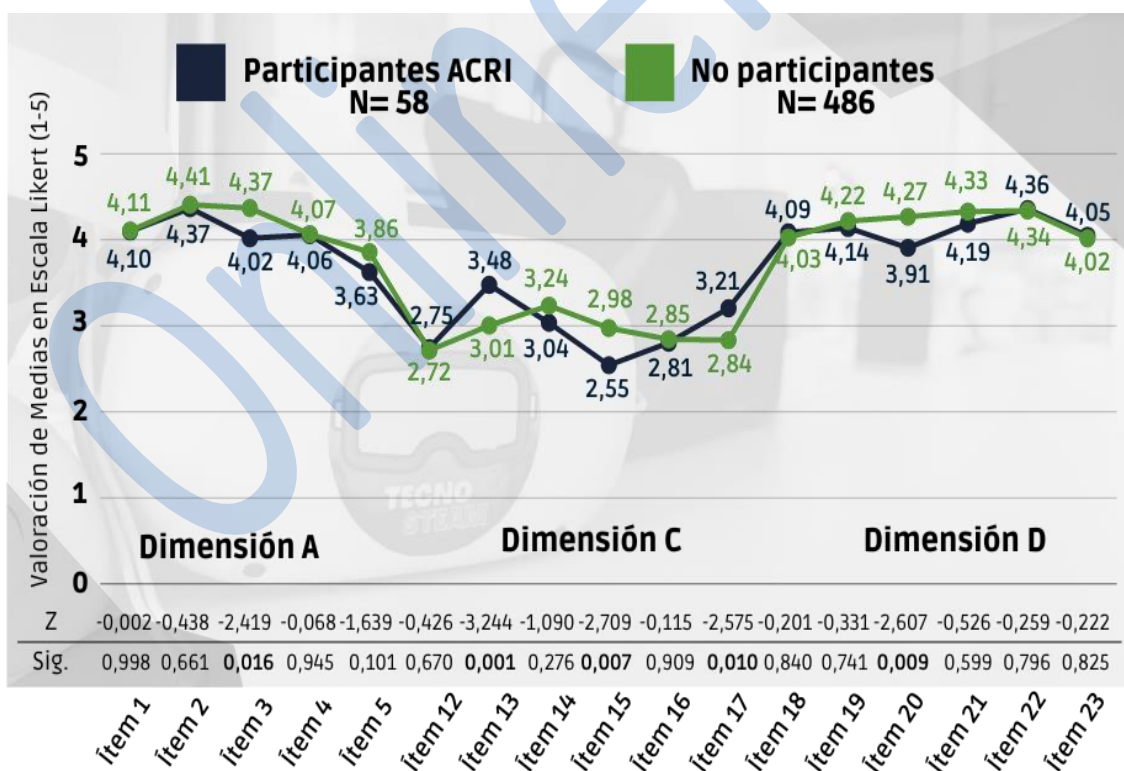
Se presentan las puntuaciones medias del cuestionario registradas por la muestra de participantes de la formación complementaria ACRI y de quienes no participaron de esta formación (Figura 4). Para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre ambos grupos, se aplicó la prueba U-Mann Whitney. Los resultados revelaron que no había diferencias significativas salvo en cinco ítems.

En el ítem "Utilizo la tecnología en mi proceso de aprendizaje" (ítem 3), se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($\text{sig} = 0,016$) entre el grupo participante y el no participante. La puntuación media del grupo participante ($X = 4,02$) fue inferior a la del grupo no participante ($X = 4,37$), lo que indica que los participantes reportaron un menor uso de la tecnología en su proceso de aprendizaje en comparación con el grupo no participante.

En los ítems "Facilidad del uso de Laboratorios Virtuales" (ítem 13), "Facilidad del uso de Realidad Virtual Inmersiva" (ítem 15) y "Facilidad del uso de Sensores" (ítem 17), también se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($\text{sig} = 0,001$, $\text{sig} = 0,007$ y $\text{sig} = 0,010$ respectivamente). Mientras que los participantes valoraron favorablemente los ítems 13 y 17, por sobre los no participantes, en el caso del ítem 15 son los no participantes quienes ponderan mejor media.

Figura 4

Puntuaciones medias por ítem de los ítems de escala likert del instrumento CUTE-STEAM



Fuente: elaboración propia. Nota: en negrita se señalan los valores estadísticamente significativos.

Por último, en el ítem "Potencial de la Realidad Aumentada" (ítem 20), se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($\text{sig} = 0,009$). Sin embargo, en este caso, la puntuación media del grupo participante ($X = 3,91$) fue inferior a la del grupo no participante ($X = 4,27$), lo que indica que los participantes percibieron un menor potencial en la realidad aumentada en comparación con el grupo no participante.

Estos resultados sugieren que, si bien existen diferencias entre ambos grupos, estas diferencias son relativamente pequeñas y no indican una marcada divergencia en las respuestas del cuestionario inicial por parte de quienes participaron de la formación ACRI con respecto de quienes no lo hicieron. Esto nos permite determinar que los resultados post test son, probablemente, representativos respecto de la muestra inicial. A continuación, se presentan los resultados iniciales para las cuatro dimensiones del instrumento.

Posicionamiento frente a la tecnología (Dimensión A)

Se observaron puntuaciones medias elevadas en todos los ítems evaluados. Los participantes demostraron un gran interés por las tecnologías ($X = 4,11$), indicando que las utilizaban tanto en su tiempo libre ($X = 4,41$) como en su proceso de aprendizaje ($X = 4,34$). Asimismo, mostraron una actitud crítica hacia los contenidos digitales ($X = 4,07$). Sin embargo, su percepción de competencia en el uso de las tecnologías fue ligeramente inferior ($X = 3,84$) (Tabla 2 y Figura 4).

Tabla 2

Frecuencia, media y desviación estándar de los ítems de la dimensión Posicionamiento frente a la tecnología del instrumento CUTE-STEM

	N	1	2	3	4	5	X	DT
1. Me interesan las tecnologías.	489	1	12	119	156	201	4,11	0,872
2. Utilizo las tecnologías en mi ocio personal.	489	1	5	55	160	268	4,41	0,744
3. Utilizo la tecnología en mi proceso de aprendizaje.	489	0	9	63	172	245	4,34	0,770
4. Tengo capacidad crítica ante los contenidos digitales (Internet, redes sociales, etc.).	489	3	14	94	213	165	4,07	0,834
5. Soy competente en el uso de las tecnologías.	489	2	24	148	191	124	3,84	0,875

Fuente: elaboración propia. Nota: Escala Likert: 1: Muy poco; 2: Poco; 3: Nivel intermedio; 4: Bastante; 5: Mucho. X= Media; DT= Desviación Estándar. Nc= No sabe / No contesta.

Facilidad del uso de tecnologías para el aprendizaje STEM (Dimensión C)

Se observaron diferencias en las puntuaciones medias de los ítems evaluados. Los participantes percibieron mayor dificultad en el uso de la Impresión 3D ($X = 2,72$). Por otra parte, consideraron relativamente más fácil el uso de la Realidad Virtual Inmersiva ($X = 2,94$), Laboratorios Virtuales ($X = 3,06$) y Realidad Aumentada ($X = 3,22$) (Tabla 3 y Figura 4).

Tabla 3

Frecuencia, media y desviación estándar de los ítems de la dimensión Facilidad del uso de tecnologías para el aprendizaje STEM del instrumento CUTE-STEM

	N	1	2	3	4	5	Nc	X	DT
12. Facilidad de uso de la Impresión 3D.	544	50	168	170	88	21	47	2,72	1,006
13. Facilidad de uso de Laboratorios Virtuales.	544	33	124	171	132	45	39	3,06	1,060
14. Facilidad de uso de la RA.	544	24	96	185	140	56	43	3,22	1,032
15. Facilidad de uso de la RVI.	544	42	122	168	118	29	65	2,94	1,045
16. Facilidad de uso de la Robótica Educativa.	544	68	136	157	123	34	26	2,84	1,125
17. Facilidad de uso de sensores.	544	43	131	179	115	22	54	2,88	1,010

Fuente: elaboración propia. Nota: Escala Likert: 1: Muy difícil; 2: Difícil; 3: Dificultad intermedia, ni fácil, ni difícil; 4: Fácil; 5: Muy fácil. X= Media; DT= Desviación Estándar. Nc= No sabe / No contesta.

Potencial de la tecnología para el aprendizaje STEM (Dimensión D)

Se obtuvieron altas puntuaciones medias en todos los ítems evaluados. Los participantes reconocieron el alto potencial de los Sensores (X= 4,03), la Impresión 3D (X= 4,04), los Laboratorios Virtuales (X= 4,21), la Realidad Aumentada (X= 4,23), y, sobre todo, la Realidad Virtual Inmersiva (X= 4,31) y la Robótica Educativa (X= 4,34) como recursos valiosos para el aprendizaje STEM (Tabla 4 y Figura 4).

Tabla 4

Frecuencia, media y desviación estándar de los ítems de la dimensión Potencial de la tecnología para el aprendizaje STEM del instrumento CUTE-STEM

	N	1	2	3	4	5	Nc	X	DT
18. Potencial de la Impresión 3D en Educación.	544	5	17	117	202	186	17	4,04	0,888
19. Potencial de Laboratorios Virtuales en Educación.	544	4	13	84	193	231	19	4,21	0,852
20. Potencial de la RA en Educación.	544	1	13	74	208	220	28	4,23	0,799
21. Potencial de la RVI en Educación.	544	1	12	61	178	243	49	4,31	0,795
22. Potencial de la Robótica en Educación.	544	4	10	48	192	252	38	4,34	0,793
23. Potencial de Sensores en Educación.	544	2	25	99	187	167	64	4,03	0,895

Fuente: elaboración propia. Nota: Escala Likert: 1: Nada útil; 2: Poco útil; 3: Algo útil; 4: Bastante útil; 5: Muy útil. X= Media; DT= Desviación Estándar. Nc= No sabe / No contesta.

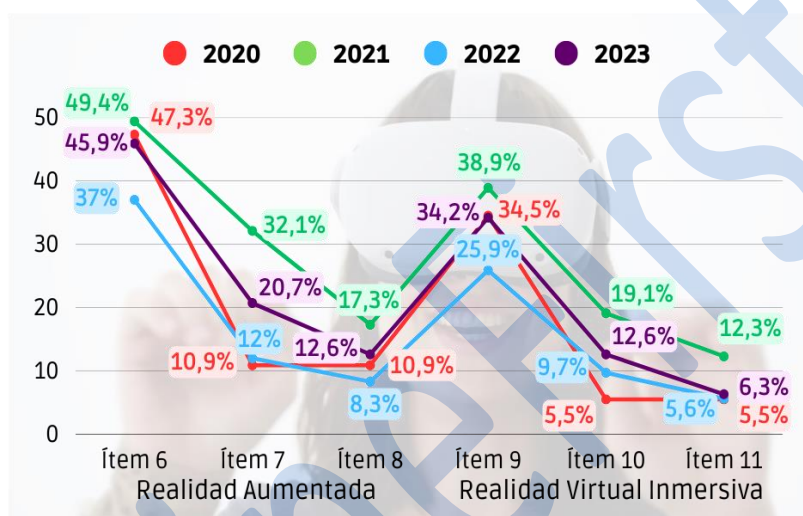
Uso de la Realidad Virtual (Dimensión B)

En cuanto a los ítems dicotómicos, en lo que respecta a la Realidad Aumentada, se aprecia que un porcentaje considerable de participantes (43,6 %) indica haberla utilizado con fines lúdicos, mientras que una proporción mucho menor (19,7 %) la ha empleado como herramienta de aprendizaje para una asignatura específica. Además, se evidencia que solo un reducido número de participantes (12,1 %) ha utilizado la Realidad Aumentada con fines docentes en su rol de profesor/a.

En relación con la RVI, se observa una frecuencia de uso similar a la de la Realidad Aumentada. Aproximadamente un tercio de los participantes (32,4 %) ha utilizado la Realidad Virtual Inmersiva con fines lúdicos, mientras que un porcentaje mucho menor (12,7 %) la ha empleado como recurso de aprendizaje en una asignatura. En cuanto al uso de la Realidad Virtual Inmersiva con fines docentes, la frecuencia es aún más baja, con solo un 7,7 % de los participantes que la ha utilizado en su rol de profesor/a (Tabla 5 y Figura 5).

Figura 5

Evolución de la Frecuencia de uso de Realidad Virtual (Aumentada e Inmersiva) agrupada por año



Fuente: elaboración propia. Nota: Valores expresados en porcentaje.

Al examinar las respuestas relacionadas con el uso de la Realidad Virtual (Aumentada e Inmersiva) desglosadas por año de aplicación del instrumento, aunque las valoraciones pueden variar en cierta medida, no muestran una tendencia clara de evolución temporal. Además, se observa una distribución en forma de "diente de sierra" con picos en el uso de la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual Inmersiva en el ámbito lúdico, pero con una menor valoración en el uso en contextos educativos.

Tabla 5

Frecuencia y desviación estándar de los ítems de la dimensión Uso de la Realidad Virtual del instrumento CUTE-STEM

	N	Sí	No	X	DT
6. Realidad Aumentada con fines lúdicos.	544	237	307	1,56	0,496
7. Realidad Aumentada como aprendizaje de una asignatura.	544	107	437	1,80	0,398
8. Realidad Aumentada con fines docentes (como profesora/a).	544	66	478	1,88	0,327
9. Realidad Virtual Inmersiva con fines lúdicos.	544	176	368	1,68	0,468
10. Realidad Virtual Inmersiva como aprendizaje de una asignatura.	544	69	475	1,87	0,333
11. Realidad Virtual Inmersiva con fines docentes (como profesora/a).	544	42	502	1,92	0,267

Fuente: elaboración propia. Nota: X= Media; DT= Desviación Estándar.

Los resultados expuestos sugieren una actitud positiva y una percepción favorable hacia el uso de la tecnología en el ámbito educativo STEM. Sin embargo, también se identificaron áreas de mejora, como la percepción de competencia en el uso de las tecnologías y la dificultad experimentada al utilizar algunas de ellas. Respecto de las tecnologías valoradas en esta investigación, se observa que, aunque existe cierto grado de familiaridad y experiencia con la Realidad Virtual (Aumentada e Inmersiva) en contextos lúdicos, su aplicación en el ámbito educativo aún es limitada. Es evidente que se requiere un mayor esfuerzo para promover el uso de estas tecnologías como herramientas de enseñanza y aprendizaje, tanto en asignaturas específicas como en la práctica docente.

Fase 2

Se presentan los resultados obtenidos en los ítems de valoración de la facilidad de uso de los laboratorios virtuales, Realidad Aumentada y Realidad Virtual Inmersiva (ítems 13, 14 y 15), así como en los ítems que evalúan la potencialidad de estas tecnologías como recursos para el aprendizaje y la enseñanza en el ámbito STEM de la Educación Primaria/Secundaria (ítems 19, 20 y 21) (Tabla 6). Se observa una variabilidad en la muestra debido a la naturaleza voluntaria de la aplicación del instrumento. Además, en el caso de los ítems 14 y 20, que se centran específicamente en la evaluación de la Realidad Aumentada, solo un grupo diseñó actividades basadas en esta tecnología, por lo tanto, la aplicación del instrumento posttest se limitó a dicho grupo.

Tabla 6

Resultados de la prueba de Wilcoxon y tamaños del efecto de ítems de CUTE-STEM pretest y posttest

	Pretest						Posttest						Sig	d
	N	Σ	X	Min	Max	Mo	N	Σ	X	Min	Max	Mo		
ítem 13	56	195	3,5	1	5	4	56	195	3,5	2	5	4	0,906	0
ítem 14	25	67	2,7	1	5	2	27	100	3,7	1	5	4	0,005**	0,975
ítem 15	51	130	2,6	1	5	2	58	176	3,0	1	5	3	0,019*	0,461
ítem 19	58	240	4,1	1	5	5	57	257	4,5	3	5	5	0,024*	0,460
ítem 20	27	99	3,7	1	5	4	26	101	3,9	1	5	4	0,302	0,199
ítem 21	53	222	4,2	1	5	5	58	247	4,3	1	5	5	0,742	0,068

Fuente: elaboración propia. N= participantes; Σ= suma; X= Media; Min= Mínimo; Max: Máximo; Mo= Moda; Sig= Significatividad bilateral (0,05); d= delta de Cohen.

Respecto de los resultados, en el ítem 13 (laboratorios virtuales), se obtuvieron resultados pre y post con una muestra de 56 participantes. La puntuación media del pretest (X= 3,5) indica una percepción de dificultad intermedia en la utilización de laboratorios virtuales, mientras que en el posttest se obtiene el mismo valor (X= 3,5) lo que indica una consistencia en la percepción de dificultad. Tanto la prueba de Wilcoxon (p= 0,906) como el Tamaño del Efecto (d= 0) no revelaron diferencias significativas entre los puntajes pre y post.

En cuanto al ítem 14, que evaluó la Realidad Aumentada, se contó con una muestra de 25 participantes en el pretest y 27 en el posttest. La media pretest sugiere una cierta

percepción de dificultad ($X= 2,7$), mientras que la media postest ($X= 3,7$) muestra una mejora significativa en la percepción de facilidad. La prueba de Wilcoxon reveló diferencias significativas entre los puntajes pre y post ($p = 0,005$), con un Tamaño del Efecto grande ($d= 0,975$), esto indica una mejora sustancial en la percepción de facilidad de uso de la Realidad Aumentada como recurso para el aprendizaje y enseñanza del ámbito STEM en Educación Primaria/Secundaria.

En relación con el ítem 15, que evaluó la RVI, se contó con una muestra de 51 participantes en el pretest y 58 en el postest. La media pretest ($X= 2,6$) indica una percepción de dificultad, mientras que la media postest ($X= 3,0$) refleja una ligera mejoría en la facilidad de uso. La prueba de Wilcoxon reveló diferencias significativas entre los puntajes pre y post ($p = 0,019$), con un Tamaño del Efecto moderado ($d= 0,461$), indicando una mejoría estadísticamente significativa en la percepción de facilidad de uso de la RVI.

Por otra parte, respecto de la potencialidad de estas tecnologías (ítems 19, 20 y 21), se observan altas puntuaciones medias tanto en el pre como el post test.

Los resultados revelan una serie de hallazgos relevantes sobre la percepción de los participantes con relación al uso de la Realidad Virtual (Aumentada e Inmersiva) en el ámbito educativo. Los participantes valoraron positivamente la potencialidad de estas tecnologías tanto en el pretest como en el postest, evidenciando un reconocimiento de sus posibilidades educativas y de aprendizaje. Estas altas puntuaciones medias en los ítems que evaluaron la potencialidad de las tecnologías (ítems 19, 20 y 21) respaldan la idea de que los participantes perciben su relevancia y valor en el contexto educativo.

Se observaron diferencias en la percepción de la facilidad de uso de las tecnologías emergentes. En cuanto al uso de laboratorios virtuales (ítem 13), los resultados indicaron una percepción de dificultad intermedia tanto en pretest como postest, sin encontrar diferencias significativas. Esto sugiere que la percepción de dificultad se mantuvo constante a lo largo del tiempo, indicando una necesidad de abordar aspectos relacionados con la accesibilidad y la usabilidad de los laboratorios virtuales en el ámbito educativo.

Sin embargo, se observó una mejora significativa en la percepción de facilidad de uso en el postest en comparación con el pretest en relación a la Realidad Aumentada (ítem 14) y la Realidad Virtual Inmersiva (ítem 15). Estos resultados indican que la formación complementaria (TEC-STEM + ACRI) tuvo un impacto positivo en la percepción de los participantes respecto a la facilidad de uso de estas tecnologías. La presencia de diferencias significativas entre los puntajes pre y post, respaldadas por tamaños de efecto considerables, enfatiza la importancia de brindar capacitación adecuada para fomentar la adopción y el uso efectivo de estas tecnologías emergentes en el ámbito educativo.

Análisis de contenido (P. abiertas)

En cuanto a la valoración cualitativa del cuestionario, esta se realizó a partir de una codificación inductiva de las respuestas ($N= 58$) con la finalidad de comprender la realidad desde la perspectiva de los participantes y descubrir nuevas perspectivas a partir de ellas. En la Figura 6 se presentan los resultados de la pregunta abierta (PA_03): ¿Qué ventajas o inconvenientes, según tu opinión, crees que tiene o puede tener el uso de la Realidad Virtual Inmersiva en la enseñanza de las Ciencias en Educación Primaria/Secundaria?

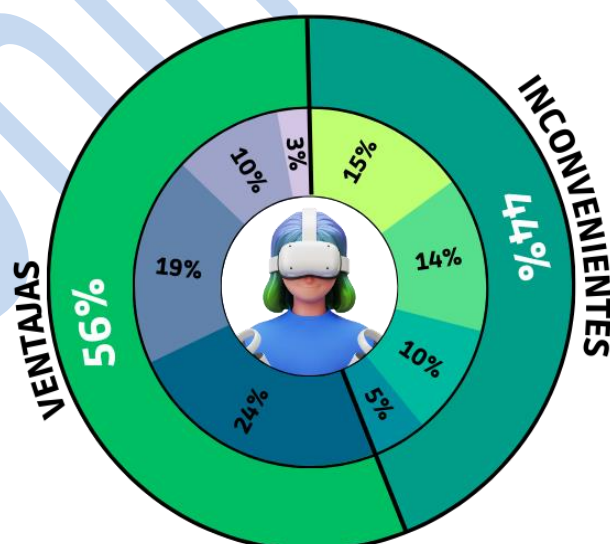
En general, las respuestas reflejan una percepción positiva de la Realidad Virtual Inmersiva en el ámbito educativo, por ejemplo, entre las respuestas se señala que: “*el uso de la Realidad Virtual Inmersiva incrementa de forma muy significativa la motivación e implicación del alumnado, por lo que el aprendizaje de las ciencias tendría lugar de forma significativa*” (P_41). Además, se observa que las experiencias inmersivas se constituyen como recurso favorecedor en la adquisición de conceptos abstractos o complejos, debido a que “*Entre las numerosas ventajas que tiene este recurso, encontramos la gran capacidad que tiene para acercar conceptos/hechos abstractos o poco accesibles a los estudiantes...*” (P_42).

Sin embargo, también se destacan preocupaciones y desafíos relacionados con el costo y la disponibilidad de recursos. Por ejemplo, entre las respuestas podemos encontrar que: “*no todos los centros pueden disponer de los recursos que se necesitan para trabajar la realidad virtual inmersiva y esto crea diferencias entre unos centros y otros*” (P_28). Por otra parte, también preocupa el descontrol que podría generarse durante una clase, debido a que podría situarse como un elemento distractor del proceso de enseñanza: “*es un elemento muy distractor, dependiendo del tipo de alumno puedes usarlo o no, tienes que aumentar la vigilancia...*” (P_10). Otro elemento que se considera relevante para la utilización de la Realidad Virtual Inmersiva está relacionado con las carencias en la Formación Docente: “*Escasa alfabetización del profesorado para impartir las clases*” (P_57), puesto que “*No todos los maestros tienen las habilidades de usar este tipo de herramientas*” (P_33).

Figura 6

Resultados cualitativos

- | | |
|---|--|
| ● Experiencia Inmersiva de aprendizaje | ● Costo y disponibilidad de recursos |
| ● Motivación por el aprendizaje | ● Distracción y control de aula |
| ● Favorece la comprensión y aprendizaje | ● Formación y habilidades docentes |
| ● Desarrollo de competencias claves | ● Integración curricular y diseño de actividades |



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados cuantitativos obtenidos en la investigación encuentran respaldo en las valoraciones cualitativas proporcionadas por los participantes. Estas valoraciones cualitativas destacan la percepción positiva de la Realidad Virtual Inmersiva en el ámbito educativo, resaltando su impacto en la motivación y participación de los estudiantes. Estos resultados se encuentran en línea con investigaciones en las que se ha concluido que el uso de la Realidad Aumentada (Del Moral et al., 2022; Nikimaleki y Rahimi, 2022; Martínez Pérez y Fernández Robles, 2018) y la Realidad Virtual Inmersiva (Álvarez et al., 2023; Radianti et al., 2020; Silva-Díaz et al., 2021) favorecen de manera significativa la motivación y la implicación del alumnado, lo que potencialmente mejora el proceso de aprendizaje, especialmente en el área de las ciencias. Además, se identifica que las experiencias inmersivas pueden ser beneficiosas para la comprensión de conceptos abstractos o complejos, sugiriendo que acercan estos conceptos de manera accesible a los estudiantes (Chang et al., 2019; Cheng y Tsai, 2020; Liu et al., 2020). No obstante, también se hacen evidentes preocupaciones y desafíos asociados al uso de la Realidad Virtual, especialmente la de tipo Inmersiva, en el ámbito educativo. Uno de los principales desafíos identificados se relaciona con el costo y la disponibilidad de los recursos necesarios para implementar la tecnología, lo que puede generar desigualdades entre los centros educativos. Estas preocupaciones ya habían sido observadas en estudios anteriores (García-Vandewalle et al., 2022; Silva-Díaz et al., 2021). Además, se señala la preocupación por la pérdida del control del aula por el docente durante las clases, ya que la Realidad Virtual Inmersiva puede convertirse en un elemento distractor del proceso de enseñanza si no se maneja adecuadamente (Barroso et al., 2019; Nistor et al., 2019). Otro aspecto relevante es la falta de formación docente en el uso de estas herramientas, evidenciando la necesidad de una mayor alfabetización y capacitación de los profesores para aprovechar al máximo el potencial de la Realidad Virtual Inmersiva en el contexto educativo (Boel et al., 2023; Del Moral et al., 2022; Nistor et al., 2019; Pellas et al., 2019).

En conjunto, las valoraciones cualitativas complementan y respaldan los hallazgos cuantitativos al proporcionar una perspectiva más detallada y contextualizada de la percepción de los participantes. Estas valoraciones revelan la importancia de considerar tanto los beneficios como los desafíos asociados al uso de la Realidad Virtual Inmersiva en el ámbito educativo, y resaltan la necesidad de abordar aspectos como la accesibilidad, la gestión de recursos, el control durante las clases y la formación docente para maximizar los beneficios de esta tecnología emergente en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Los hallazgos principales de esta investigación proporcionan información relevante para el diseño de estrategias que promuevan un mayor desarrollo de habilidades tecnológicas y una mejor integración de las tecnologías en el contexto educativo, con el objetivo de fomentar el aprendizaje y la enseñanza en el ámbito STEM.

En conclusión, se destaca el notable interés de las(os) futuras(os) docentes por diversas Tecnologías Emergentes y la gran potencialidad que les atribuyen, especialmente a aquellas de tipo inmersivo, poniendo de manifiesto que la integración de estas, en entornos educativos, puede potenciar la motivación, el compromiso y la comprensión de los contenidos, así como favorecer experiencias de aprendizaje más inmersivas y significativas.

Por otra parte, se enfatiza la importancia de desarrollar estrategias de Formación Inicial Docente que acerquen a los estudiantes a este tipo de tecnologías y les permitan comprender de manera más precisa cómo integrarlas en el aula, resaltando en la necesidad de incorporar estas tecnologías en los programas de formación docente para mejorar las prácticas pedagógicas.

En futuras investigaciones, se sugiere explorar enfoques innovadores para la formación docente y abordar las implicaciones prácticas y las ventajas de las tecnologías inmersivas en diversos contextos educativos.

Es importante tener en cuenta las siguientes limitaciones al interpretar los resultados de esta investigación. En primer lugar, el Seminario (TEC-STEM), sobre Tecnologías Emergentes en Educación, ha experimentado alguna variación a lo largo del tiempo, lo cual puede haber afectado los resultados en las diferentes fases del estudio. Por otra parte, se debe tener en cuenta la variabilidad en el tamaño de la muestra en las medidas pre y post. Sin embargo, es fundamental mencionar que se tomaron medidas para minimizar cualquier sesgo relacionado con la variación en el tamaño de la muestra (aplicación de prueba de Wilcoxon, que tiene en cuenta las diferencias en el tamaño de la muestra al comparar las puntuaciones medias pre y post).

Agradecimientos

Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). Becas Chile, Folios 72210150 y 72210075. Proyecto TED2021-129474B-I00 financiado por MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU / PRTR.

NOTAS

¹ <https://cospaces.io/edu/>

² <https://www.oculus.com/experiences/quest/2359857214088490/>

REFERENCIAS

- Aguilera, D. y Perales-Palacios, F. J. (2018). What effects do didactic interventions have on students' attitudes towards science? A meta-analysis. *Research in Science Education*, 50, 573-597. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9702-2>
- Álvarez, I. M., Manero, B., Morodo, A., Suñé-Soler, N. y Henao, C. (2023). Realidad Virtual Inmersiva para mejorar la competencia de gestión del clima del aula en secundaria. *Educación XXI*, 26(1), 249-272. <https://doi.org/10.5944/educxxi.33418>
- Barroso, J., Gutiérrez-Castillo, J. J., Llorente-Cejudo, M. C. y Valencia, R. (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. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.7.409>
- Boel, C., Rotsaert, T., Valcke, M., Rosseel, Y., Struyf, D. y Schellens, T. (2023). Are teachers ready to immerse? Acceptance of mobile immersive virtual reality in secondary education teachers. *Research in learning technology*, 31. <https://doi.org/10.25304/rlt.v31.2855>
- Buss, R. R., Foulger, T. S., Wetzel, K. y Lindsey, L. (2018). Preparing teachers to integrate technology into K-12 instruction II: Examining the effects of technology-infused methods courses and student teaching. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(3), 134-150. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1437852>

- Bybee, R. W. (2013). *The case of STEM education: challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.
- Cabello, V. M., Martínez, M. L., Armijo, S. y Maldonado, L. (2021). Promoting STEAM learning in the early years: "Pequeños Científicos" Program. *LUMAT International Journal on Math Science and Technology Education*, 9(2). <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1401>
- Cabero-Almenara, J., Romero-Tena, R., Llorente-Cejudo, C. y Palacios-Rodríguez, A. (2021). Academic Performance and Technology Acceptance Model (TAM) Through a Flipped Classroom Experience: Training of Future Teachers of Primary Education. *Contemporary Educational Technology*, 13(3), ep305. <https://doi.org/10.30935/cedtech/10874>
- Cabero-Almenara, J., Vázquez-Cano, E., Villota-Oyarvide, W. R. y López-Meneses, E. (2021). La innovación en el aula universitaria a través de la realidad aumentada. Análisis desde la perspectiva del estudiantado español y latinoamericano. *Revista Electrónica Educare*, 25(3), 1-17. <https://doi.org/10.15359/ree.25-3.1>
- Cardona, M. (2002). *Introducción a los métodos de investigación en educación*. EOS.
- Chang, S. C., Hsu, T. C., Kuo, W. C. y Jong, M. S. Y. (2019). Effects of applying a VR-based two-tier test strategy to promote elementary students' learning performance in a Geology class. *British Journal of Educational Technology*, 51(1), 148-165. <https://doi.org/10.1111/bjet.12790>
- Cheng, K. H. y Tsai, C. 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*, 51(6) 2139-2158. <https://doi.org/10.1111/bjet.12956>
- Chng, E., Tan, A. L. y Tan, S. C. (2023). Examining the use of emerging technologies in schools: A review of artificial intelligence and immersive technologies in STEM education. *Journal for STEM Education Research*. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00092-y>
- Christensen, R. (2002). Effects of technology integration education on the attitudes of teachers and students. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(4), 411-433. <https://doi.org/10.1080/15391523.2002.10782359>
- Cviko, A., McKenney, S. y Voogt, J. (2014). Teacher roles in designing technology-rich learning activities for early literacy: A cross-case analysis. *Computers & Education*, 72, 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.014>
- Del Moral Pérez, M. E., Neira Piñeiro, M. R., Castañeda Fernández, J. y López-Bouzas, N. (2022). Competencias docentes implicadas en el diseño de Entornos Literarios Inmersivos: conjugando proyectos STEAM y cultura maker. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 59-82. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.33839>
- Dubé, A. K. y Wen, R. (2022). Identification and evaluation of technology trends in K-12 education from 2011 to 2021. *Education and Information Technologies*, 27(1), 1929-1958. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10689-8>
- Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E. y Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423-435. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001>
- Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, F. J., Díaz-Levicoy, D. y Silva-Díaz, F. (2020). La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: una revisión sistemática. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21(0), 18. <https://doi.org/10.14201/eks.22036>
- Fleer, M. (2013). Affective imagination in science education: determining the emotional nature of scientific and technological learning of young children. *Research in Science Education*, 43(5), 2085-2106. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9344-8>
- Freeman, A., Adams, S., Cummins, M., Davis, A. y Hall, C. (2017). NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition. The New Media Consortium.
- García-Vandewalle, J. M., García-Carmona, M., Trujillo Torres, J. M. y Moya-Fernández, P. (2022). The integration of emerging technologies in socioeconomically disadvantaged educational contexts. The view of international experts. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 1185-1197. <https://doi.org/10.1111/jcal.12677>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hung, D. y Khine, M. S. (Eds.). (2006). *Engaged learning with emerging technologies*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3669-8>

- Hod, Y. (2017). Future learning spaces in schools: Concepts and designs from the learning sciences. *Journal of Formative Design in Learning*, 1(2), 99-109. <https://doi.org/10.1007/s41686-017-0008-y>
- Liu, R., Wang, L., Lei, J., Wang, Q. y Ren, Y. (2020). Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students' learning performance in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2034-2049. <https://doi.org/10.1111/bjet.13028>
- Lui, M. y Slotta, J. D. (2014). Immersive simulations for smart classrooms: exploring evolutionary concepts in secondary science. *Technology Pedagogy and Education*, 23(1), 57-80. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2013.838452>
- Makokha, J. (2017). Emerging technologies and science teaching. En K. S. Taber y B. Akpan (eds.), *Science education* (pp. 369-383). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_27
- 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), 2079-2097. <https://doi.org/10.1111/bjet.12954>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vélchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Martínez Pérez, S. y Fernández Robles, B. (2018). Objetos de Realidad Aumentada: percepciones del alumnado de Pedagogía. *Pixel bit*, 53, 207-220. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i53.14>
- Nikimaleki, M. y Rahimi, M. (2022). Effects of a collaborative AR-enhanced learning environment on learning gains and technology implementation beliefs: Evidence from a graduate teacher training course. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(3), 758-769. <https://doi.org/10.1111/jcal.12646>
- Nistor, N., Stanciu, D., Lerche, T. y Kiel, E. (2019). "I am fine with any technology, as long as it doesn't make trouble, so that I can concentrate on my study": A case study of university students' attitude strength related to educational technology acceptance. *British Journal of Educational Technology: Journal of the Council for Educational Technology*, 50(5), 2557-2571. <https://doi.org/10.1111/bjet.12832>
- Pellas, N., Fotaris, P., Kazanidis, I. y Wells, D. (2019). Augmenting the learning experience in primary and secondary school education: a systematic review of recent trends in augmented reality game-based learning. *Virtual Reality*, 23(4), 329-346. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0347-2>
- 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>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-27.
- Sánchez-Prieto, J. C., Huang, F., Olmos-Migueláñez, S., García-Peñalvo, F. J. y Teo, T. (2019). Exploring the unknown: The effect of resistance to change and attachment on mobile adoption among secondary pre-service teachers. *British Journal of Educational Technology: Journal of the Council for Educational Technology*, 50(5), 2433-2449. <https://doi.org/10.1111/bjet.12822>
- 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. *Educar*, 57(1), 119-138. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1136>
- Silva-Díaz, F., Fernández-Ferrer, G., Vázquez-Vélchez, M., Ferrada, C., Narváez, R. y Carrillo-Rosúa, J. (2022). Tecnologías emergentes en la educación STEM. Análisis bibliométrico de publicaciones en Scopus y WoS (2010-2020). *Bordón Revista de Pedagogía*, 74(4), 25-44. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94198>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. y Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European journal of STEM education*, 3(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>

- Toma, R. B. y Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Toma, R. B. y Meneses-Villagrà, J. A. (2019). Preferencia por contenidos científicos de física o de biología en educación primaria: un análisis clúster. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1104. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1104
- Xia, L. y Zhong, B. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in K-12. *Computers & Education*, 127, 267-282. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.007>
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>

Fecha de recepción del artículo: 1 de junio de 2023

Fecha de aceptación del artículo: 26 de agosto de 2023

Fecha de aprobación para maquetación: 15 de septiembre de 2023

Fecha de publicación en OnlineFirst: 2 de octubre de 2023

Fecha de publicación: 1 de enero de 2024