

El estudiantado de secundaria ante la RV en materias STEM. Efecto de la variable de género

Perceptions of secondary school students towards virtual reality in STEM subjects. Effect of the gender variable



- David García-Marín - Universidad Rey Juan Carlos, URJC (España)
Ricardo Roncero Palomar - Universidad Rey Juan Carlos, URJC (España)
Marina Santín - Universidad Rey Juan Carlos, URJC (España)
Victoria Mora de la Torre - Universidad Rey Juan Carlos, URJC (España)

RESUMEN

El presente estudio pretende medir las percepciones y actitudes del estudiantado de Secundaria hacia el uso de la realidad virtual (RV) en materias científicas y tecnológicas, así como analizar los posibles sesgos de género en la valoración de este recurso. Este segundo objetivo se justifica en la escasez de trabajos que aúnan el uso de la RV para la formación STEM con la variable de género. Se llevó a cabo un estudio cuasi-experimental ($n = 510$) basado en la aplicación en el aula y utilización por parte del estudiantado de cuatro lecciones de asignaturas STEM en RV elaboradas *ad hoc* para esta investigación en tres centros de Secundaria españoles de diferentes entornos poblacionales y con distintos niveles de experiencia de uso de esta tecnología. Se utilizó para ello el test Instructional Material Motivational Survey (IMMS) validado en anteriores estudios. Los datos resultantes fueron analizados mediante estadística descriptiva e inferencial. Nuestros resultados evidencian que los aspectos mejor valorados de la RV son los relativos a la estructura y diseño de las lecciones, así como su capacidad para facilitar la atención en el contenido. Se observa un notable efecto de la variable de género. Las mujeres perciben de forma significativa una mayor dificultad en la usabilidad de las lecciones y afirman que la experiencia con RV les ayuda menos a mantener la atención. Manifiestan haber aprendido menos que sus compañeros varones y se sienten menos confiadas en su aprendizaje durante el uso de estas tecnologías inmersivas.

Palabras clave: realidad virtual; STEM; educación secundaria; sesgo de género; estudio cuasi-experimental.

ABSTRACT

This paper aims to examine the perceptions and attitudes of students in the secondary educational cycle towards the use of VR in scientific and technological subjects, as well as to analyze possible gender biases in the valuation of this technology. This second objective is justified by the scarcity of research that combines the use of VR for STEM education with the gender variable. A quasi-experimental study was carried out ($n = 510$) based on the application in the classroom and use by students of four VR STEM lessons developed *ad hoc* for this research in three Spanish secondary schools located in different population environments and with different levels of experience in the use of this technology. The Instructional Material Motivational Survey (IMMS) test –validated in previous studies– was used for this purpose. The resulting data were analyzed using descriptive and inferential statistics based on a predictive factor analysis using ordinal logistic regression. The results show that the most highly rated aspects of VR are those related to the structure and design of the lessons, as well as their potential to facilitate attention to the content. A notable effect of the gender variable is detected. Women significantly perceive greater difficulty in the usability of the lessons and report that the VR experience helps them less to maintain attention. They claim to have learned less than their male peers. They also feel less confident in their learning while using these immersive technologies.

Keywords: virtual reality; STEM; secondary school; gender bias; quasi-experimental study.

INTRODUCCIÓN

La formación sobre las disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se ha demostrado esencial para dar respuesta a la creciente demanda de habilidades en estas materias en el mundo laboral. En toda la etapa educativa y concretamente en el ciclo de Bachillerato, la formación STEM resulta fundamental y puede considerarse una inversión estratégica para el progreso personal de los estudiantes y, por extensión, de la sociedad en su conjunto, pues en esa etapa se asientan las bases para el desarrollo de habilidades críticas como el pensamiento lógico, la resolución de problemas complejos y la innovación.

En torno a este campo y al estudio integrado de estas disciplinas, los trabajos académicos han prestado atención a la capacitación docente del profesorado (Boel et al., 2023), los métodos para evaluar el rendimiento y las competencias (Aguilera et al., 2022), la aplicación de métodos pedagógicos innovadores (Fuentes Hurtado y González Martínez, 2017) o el uso de la tecnología en el aula (Marrero Galván y Hernández Padrón, 2022) sin dejar de lado los análisis sobre la equidad (Archer et al., 2020; Martín Carrasquilla et al., 2022).

A la obligación de formar a los más jóvenes en esas materias se une la necesidad de prestar mayor atención al alumnado femenino. La literatura científica ha identificado que existe una brecha de género en las áreas STEM en todos los niveles de la educación y, por ende, en el mercado laboral. El desequilibrio se percibe desde edades tempranas. Martín Carrasquilla et al. (2022) ponen en evidencia que, entre los 10 y los 14 años, los estudiantes varones manifiestan actitudes más favorables hacia la ciencia. Lejos de minimizarse, la brecha aumenta a lo largo de la Educación Secundaria. Las causas que parecen estar detrás de este sesgo responden a razones psicológicas (creencias individuales sobre la propia habilidad y cómo se valora), socioculturales (influencia parental y socialización, discriminación, estereotipos y roles de género) e incluso biológicas, según Morales Inga y Morales Tristán (2020).

Para reducir esta brecha, las administraciones públicas buscan con distintos programas promover la inclusión de las mujeres en el campo de las ciencias y la tecnología. En sintonía con esas acciones, la tecnología se ha integrado en el sistema educativo como una vía con la que aumentar el interés y la motivación hacia materias STEM entre el alumnado. La implementación tecnológica ha llevado al aula el uso de la realidad virtual (RV en adelante), la realidad aumentada (RA), la robótica o la inteligencia artificial. De estas tecnologías emergentes en el campo educativo, la RV parece ocupar la primera posición como instrumento más aplicado, seguida de la robótica, “considerándose ambas tecnologías como las que muestran más recorrido temporal y experiencia en su aplicabilidad” (Palacios Ortega et al., 2022, p. 14).

Possiblemente por ello, en los últimos años, la literatura científica sobre RV y educación ha sido crecientemente prolífica. Los trabajos que analizan las experiencias en las aulas señalan que la RV combinada con el aprendizaje basado en problemas o la indagación resulta de gran utilidad para la formación en materias STEM (Marrero Galván y Hernández Padrón, 2022). El elemento motivacional aparece destacado en todas las experiencias al margen de que los experimentos versen o no sobre asignaturas de ciencias. La mayoría de las conclusiones recogidas en los artículos son, en general, positivas y señalan un mayor aprendizaje significativo, un aumento de la eficacia del proceso de enseñanza-aprendizaje (Cabero-Almenara et al., 2023; Bermejo et al., 2023) y una mejora en la motivación (Marrero Galván y Hernández Padrón, 2022). La

mayoría de los autores señalan logros cognitivos (adquisición de conocimientos) y afectivos (estimulación, cooperación, etc.) con estas tecnologías, lo que justifica la utilización de la RV para motivar a los estudiantes.

Asimismo, se incide en otros aspectos positivos que permite la RV como son el incremento del compromiso, el acceso a entornos inaccesibles, una mejora en la comprensión de conceptos complejos (Spiriev et al., 2022), el perfeccionamiento de la educación a distancia o incluso el entrenamiento de la empatía (Marrero Galván y Hernández Padrón, 2022). En la misma línea, trabajos como el de Giakoni-Ramírez et al. (2023) demuestran que tanto la RV como la RA tienen prometedores beneficios como apoyo al proceso de enseñanza. Los trabajos de Marín-Díaz y Sampedro-Requena (2023) revelan que, en lo que respecta a aspectos relacionados con la metodología de enseñanza, la RV promueve la autonomía y la iniciativa de los estudiantes en Educación Secundaria.

Desde el punto de vista de las estrategias de elaboración de las producciones en RV para la educación, la investigación en diferentes países concluye que los componentes gamificados en esta tecnología apoyan a los estudiantes en su aprendizaje (Lucena-Antón et al., 2022; Castellano et al., 2023). Numerosos estudios evidencian que los grupos que trabajan con laboratorios virtuales y programas de simulación en RV obtienen resultados significativamente mejores que aquellos que lo hacen de forma tradicional (Arce et al., 2022; Tatiana Cox et al., 2022; Pontes Pedrajas, 2022). Estos estudios destacan también el hecho de que el uso de estos espacios virtuales inmersivos fomenta la motivación del estudiantado y son una herramienta que debe considerarse para el trabajo en clase, confirmando así trabajos anteriores como el de Mercado et al. (2019).

En cuanto a la valoración de los docentes, estudios como el de Castaño-Calle et al. (2022) muestran una opinión favorable hacia estas tecnologías, aunque evidencian el escaso conocimiento que tiene el profesorado de estas. Los resultados apoyan la relevancia de proporcionar conocimientos y potenciar habilidades en el profesorado, fomentando así actitudes positivas hacia estos instrumentos. Sin una capacitación adecuada, muchos educadores pueden sentirse intimidados o incapaces de utilizar estas nuevas tecnologías en sus aulas (De Moraes Rossetto et al., 2023).

En el contexto español, son escasos los trabajos que aún no unen el uso de la RV para la formación STEM con la variable de género. Para paliar este déficit, este trabajo pretende no solo medir la percepción del estudiantado de Secundaria hacia el uso de la RV educativa en materias científicas y tecnológicas, sino indagar en los posibles sesgos de género en la valoración de este recurso educativo. En concreto, nuestro estudio se centra en cuatro dimensiones esenciales para el proceso de enseñanza-aprendizaje: (1) atención, (2) relevancia, (3) confianza y (4) satisfacción del estudiante con la tecnología o metodología utilizada. La elección de estas dimensiones se fundamenta en el modelo ARCS (Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction) definido por Keller (1987, 2010), que basa la activación de la motivación en el proceso educativo en un constructo constituido por estos cuatro aspectos. Con respecto a la atención, nuestro trabajo pretende medir la capacidad que tiene la herramienta para hacer que el alumnado atienda exclusivamente a las tareas a realizar dentro del entorno en RV. La relevancia se define como el grado de utilidad percibida de los aprendizajes. La confianza se relaciona con la seguridad del estudiante en el aprendizaje durante la interacción con los materiales, se encuentra estrechamente conectada con las experiencias pasadas (Cózar Gutiérrez et al., 2019) y resulta la dimensión más complicada de mejorar porque requiere de un mayor tiempo de dedicación (Huett et al., 2008). Estas tres dimensiones

confluyen en la cuarta, la satisfacción, “resultando en la predicción de buenos resultados durante la realización de la tarea” (Cózar Gutiérrez et al., 2019, p. 2005). De acuerdo con Cabero et al. (2017), estas cuatro dimensiones tienen una relación encadenada de forma que la atención resulta esencial para la relevancia que, a su vez, conduce a la confianza en el aprendizaje y, como enunciábamos anteriormente, el conjunto de estas tres dimensiones determina la satisfacción.

A las cuatro dimensiones anteriormente definidas se añadieron otras dos específicas de la tecnología en RV: (1) el diseño, jugabilidad e interactividad de la herramienta y (2) su facilidad de uso y navegación.

Objetivos e hipótesis

Teniendo todo esto en cuenta, nuestro trabajo persigue los siguientes objetivos:

- O1. Medir la percepción y actitud del estudiantado en Secundaria hacia la aplicación de RV educativa en materias STEM, en especial tomando como referencia las dimensiones de (1) diseño e interactividad, (2) facilidad de uso, (3) atención, (4) relevancia, (5) confianza y (6) satisfacción del estudiantado con esta tecnología.
- O2. Examinar las posibles diferencias de género en la percepción y actitud hacia esta tecnología en su aplicación a la enseñanza STEM. Este objetivo se despliega en un subobjetivo (O2a), condicionado a la existencia de diferencias de género estadísticamente significativas en las percepciones y actitudes, consistente en la medición de la variable de género como factor predictor de las dimensiones expuestas en el O1.

La hipótesis de partida establece que no deberían detectarse sesgos de género estadísticamente significativos en ninguna de las seis dimensiones del estudio. Aunque existen numerosos trabajos que evidencian que las docentes de sexo femenino muestran una actitud más positiva y una mayor inclinación que sus compañeros varones hacia el uso de la RV y de otras tecnologías avanzadas con fines educativos (Ateş y Kölemen, 2024), los estudios específicos practicados sobre estudiantes no observan diferencias de género en la percepción sobre la RV educativa ni en el ciclo de Educación Secundaria (Cózar Gutiérrez et al., 2019) ni a nivel universitario (Alsalleh et al., 2024). En esta línea, investigaciones recientes realizadas con estudiantes de Secundaria descartan la influencia del género en la aceptación de las tecnologías de vanguardia con fines pedagógicos (An et al., 2024).

MÉTODO

Diseño de la investigación

Se llevó a cabo un estudio cuasi-experimental basado en la aplicación en el aula y utilización por parte del estudiantado de cuatro lecciones o píldoras educativas de asignaturas STEM en RV con contenido propio del currículo de Educación Secundaria en España para las asignaturas de Física, Química, Matemáticas y Biología. El trabajo de campo se ejecutó en tres centros con casuísticas diferentes situados en la provincia de Toledo y en dos ciudades de la comunidad de Madrid. El centro de Toledo pertenece a un entorno rural (Centro Rural, CR) con un tamaño poblacional pequeño (10.000

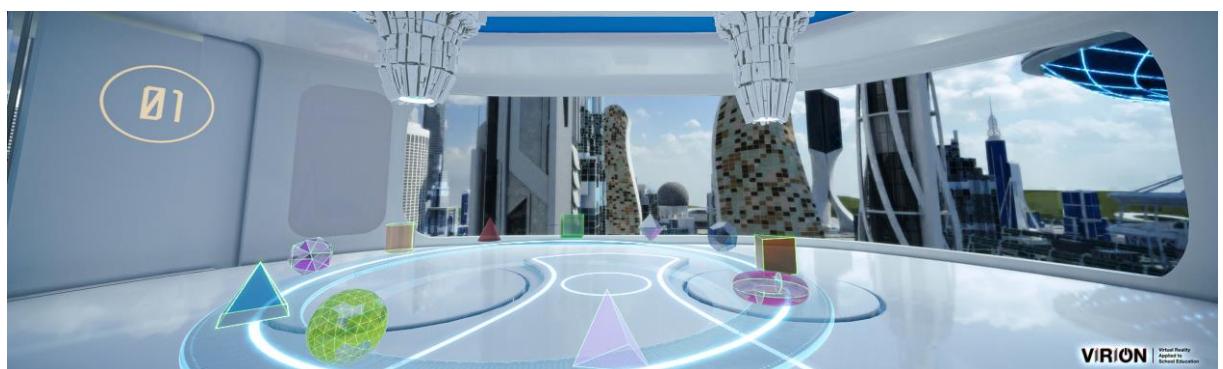
habitantes) y rentas bajas. Uno de los centros de Madrid se sitúa en un municipio urbano (72.500 habitantes con rentas muy altas) y no cuenta con especialización en RV (Centro Urbano No Especializado, CUNE) y el restante se emplaza también en contexto urbano (171.700 habitantes con rentas medias) y tiene especialización en esta tecnología (Centro Urbano Especializado).

Una de las principales fortalezas del trabajo de campo reside en que las cuatro píldoras educativas fueron elaboradas *ad hoc* de forma específica y exclusiva para este estudio (no se trabajó con material educativo en RV preexistente). La información sobre estas lecciones está disponible en: <https://bit.ly/3Ye9AUg>

La intervención se dividió en las siguientes fases:

- Fase 1: Elección del contenido de las píldoras educativas. El equipo de investigación y la empresa especializada en RV contaron con el asesoramiento de los docentes del ámbito STEM de los tres centros participantes, quienes en esta fase preliminar del estudio eligieron los contenidos específicos de cada una de las cuatro píldoras educativas. Los contenidos elegidos fueron: (1) la geometría y visualización espacial (Matemáticas), (2) la estructura y las funciones celulares (Biología), (3) la tabla periódica y sus elementos (Química) y (4) conceptos de electricidad y magnetismo (Física).
- Fase 2: Diseño y elaboración de las píldoras educativas por la empresa encargada de la realización del software educativo en RV, en coordinación con el equipo de investigación (Figura 1).

Figura 1
Captura de la lección en RV de Matemáticas



- Fase 3: Formación de los docentes de los tres centros implicados en el uso de la RV. Una vez elaboradas las cuatro lecciones en RV, varios docentes de los tres institutos de Secundaria participantes en el proyecto asistieron durante una semana a un taller formativo (Figura 2) organizado en la universidad del equipo investigador para familiarizarse con las piezas resultantes y recibir instrucción sobre su aplicación durante las pruebas con su alumnado (distancia de seguridad entre los estudiantes, necesidad de requerimientos informáticos en el aula, incompatibilidad de esta tecnología con determinados problemas de salud, etc.).

Figura 2

Taller formativo en RV impartido a los profesores participantes



- Fase 4. Aplicación del software educativo en RV. Cada centro contó con el equipamiento para la realización de las pruebas durante dos semanas (Figura 3). De forma previa a su utilización por parte del alumnado, los investigadores, con el apoyo de los docentes, explicaron las actividades a realizar en cada lección, así como el funcionamiento de los equipos con el fin de nivelar las posibles diferencias de experiencia previa en el uso de esta tecnología. El equipamiento utilizado consistió en las gafas Meta Quest 2, uno de los dispositivos de RV con mayor penetración en el mercado. La elección de este equipo se basó en su seguridad a la hora de ser utilizadas por adolescentes. El dispositivo es ajustable y no opriime la cara ni la cabeza. Es adaptable para las personas que utilizan gafas. No producen ningún daño a la vista, funcionan con batería recargable (como un *smartphone*) y no se utilizan conectadas a la corriente eléctrica, aspecto que facilitó su integración en el aula.

Figura 3

Trabajo con los materiales en RV en uno de los centros educativos



- Fase 5. Realización de un cuestionario por parte del alumnado. Justo al término del trabajo con cada una de las píldoras, el alumnado debía cumplimentar un cuestionario (Tabla 1) cuyos resultados se exponen en este artículo.

Muestra e instrumentos

Se utilizó una muestra por conveniencia procurando que los centros participantes tuvieran carácter público, procedieran de contextos con diferentes tamaños poblacionales y entornos socioeconómicos y tuvieran diferentes niveles de especialización tecnológica, tal como se explicó en el punto anterior. Dado que se utilizaron los mismos equipos de RV en los tres centros, resultaba necesario que los centros participantes quedaran próximos en términos geográficos y con respecto a la universidad del equipo investigador a fin de trasladar el material utilizado en el trabajo de campo. Se decidió que un total de tres centros participantes resultaba ideal a fin de tener un volumen suficiente de respuestas y no extender demasiado el tiempo de realización del experimento, que se habría alargado en demasía en caso de haber incorporado a algún centro más.

La muestra estuvo compuesta por jóvenes estudiantes de Secundaria (itinerario de ciencias) entre los 14 y los 16 años. Se obtuvieron un total de 510 respuestas de los tres centros. El promedio de edad de los participantes se sitúa en 15.10 años ($DT = .822$). La distribución por géneros es la siguiente: mujeres ($n = 188$; 36.9 %), hombres ($n = 296$; 58 %), prefiero no decirlo ($n = 26$; 5.1 %). Por centros, la procedencia de la muestra es: CR ($n = 106$; 20.8 %), CUNE ($n = 171$; 33.5 %), CUE ($n = 233$; 45.7 %). El 52,7 % de

los participantes no tenía experiencia previa en el uso de la RV. Casi 6 de cada 10 participantes (56 %) se declaró jugador habitual de videojuegos.

Como se indicó anteriormente, el instrumento utilizado fue un cuestionario basado en el test IMMS (Instructional Material Motivational Survey) propuesto por Keller (2010) y validado por Loorbach et al. (2015). En su versión original, el instrumento establece 12 ítems en escala de Likert con 7 opciones de respuesta. Para nuestro estudio, el instrumento sufrió las siguientes adaptaciones: (1) se incluyeron nuevos ítems para incluir las dimensiones de diseño / jugabilidad / interactividad y la facilidad de uso y navegación, (2) se simplificó la redacción de algunas cuestiones para hacerlas más comprensibles al nivel del alumnado y (3) se redujeron las opciones de respuesta a un total de 5 (1=Totalmente en desacuerdo; 5=Totalmente de acuerdo). Numerosos trabajos que han utilizado este mismo instrumento han realizado la misma adaptación de la escala a 5 puntos (Cardoso-Júnior y Delbone de Faria, 2021; Huang y Hew, 2016). Esta reducción de los tramos se justifica en que las escalas de 5 puntos son más fáciles de comprender y responder para los participantes, por lo que reduce la carga cognitiva durante su cumplimentación. El equipo investigador consideró este aspecto fundamental dado que los estudiantes debían responder el test justo después de haber probado el material en RV, con el consiguiente cansancio que esta actividad podría comportar en algunos estudiantes. La juventud del alumnado fue otro de los motivos para reducir el número de puntos, dado que con menos opciones los participantes podrían tener menos dudas sobre qué opciones elegir. En determinados contextos, como es el caso de audiencias poco familiarizadas con la realización de encuestas, una escala de 5 puntos puede resultar más adecuada.

Para medir la fiabilidad del instrumento, se ejecutaron pruebas de consistencia interna por medio del coeficiente alfa de Cronbach ($\alpha = .946$) y utilizando el Método de Dos Mitades (coeficiente de Spearman-Brown = .896), que revelaron una alta consistencia del cuestionario. Aunque se intentó, no resultó posible realizar una prueba de fiabilidad mediante test-retest por cuestiones operativas de los centros, necesidad de trasladar el equipo al resto de institutos participantes y dificultad de contar exactamente con los mismos estudiantes en ambas pruebas. En todo caso, los resultados de los coeficientes de consistencia interna (altamente satisfactorios), junto con el hecho de que el cuestionario ya había sido previamente refrendado en numerosas investigaciones (Cook y Pankratz, 2024) (incluso reducido a escalas de 5 puntos), llevaron al equipo investigador a validar el instrumento.

La Tabla 1 recoge el cuestionario resultante.

Tabla 1
Cuestionario

Ítem (pregunta) del cuestionario	Categorías
P1. Género	Mujer Hombre Prefiero no decirlo
P2. Edad	14 15 16
P3. Centro	Rural (CR) Urbano No Especializado (CUNE) Urbano Especializado (CUE)

Ítem (pregunta) del cuestionario	Categorías
P4. Asignatura (píldora)	Matemáticas Biología Química Física
P5. Me gusta la asignatura	Likert (1-5)
P6. ¿Tienes gafas de RV o las has utilizado con anterioridad?	Sí No
P7. Tengo experiencia con videojuegos y juego con ellos habitualmente.	Likert (1-5)
Instrumento IMMS	
Dimensión 1. Diseño-Jugabilidad-Interactividad	
P8. La lección parece un juego.	Likert (1-5)
P9. Me ha gustado el diseño de la aplicación.	Likert (1-5)
P10. La lección es interactiva.	Likert (1-5)
Dimensión 2. Facilidad de uso y navegación	
P11. La pieza es fácil de usar.	Likert (1-5)
P12. Las instrucciones de la lección son fáciles de entender.	Likert (1-5)
P13. La navegación es sencilla.	Likert (1-5)
P14. No percibo sensación de mareo al navegar por la lección.	Likert (1-5)
Dimensión 3. Atención	
P15. La experiencia en realidad virtual me ayuda a mantener la atención.	Likert (1-5)
P16. El diseño de la app me ayuda a mantener la atención.	Likert (1-5)
P17. Tener muchos ejercicios dentro de la app me ayuda a mantener la atención.	Likert (1-5)
Dimensión 4. Relevancia	
P18. Esta clase está relacionada con cosas que ya había estudiado.	Likert (1-5)
P19. Después de esta experiencia, tengo ganas de conocer más sobre la lección.	Likert (1-5)
P20. La lección es útil desde el punto de vista educativo.	Likert (1-5)
P21. He aprendido cosas nuevas gracias a la lección.	Likert (1-5)
Dimensión 5. Confianza / seguridad en el aprendizaje	
P22. Mientras trabajaba en esta lección, estaba seguro de que iba a aprender los contenidos.	Likert (1-5)
P23. Después de trabajar en esta lección, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	Likert (1-5)
P24. El diseño de la lección me asegura que voy a aprender los contenidos.	Likert (1-5)
Dimensión 6. Satisfacción	
P25. He disfrutado tanto en esta clase con realidad virtual que me gustaría saber más sobre su contenido.	Likert (1-5)
P26. Me ha gustado esta lección con realidad virtual.	Likert (1-5)

Fuente: elaboración propia.

Téngase en cuenta que, para alcanzar los objetivos propuestos, las preguntas P8-P26 (integradas en el instrumento IMMS), funcionan como variables dependientes del estudio, mientras que la independiente es la relativa al género del estudiantado.

Análisis de los datos

Los datos resultantes fueron analizados mediante estadística descriptiva e inferencial. Antes de decidir la realización de cálculos paramétricos o no paramétricos, se ejecutaron pruebas de normalidad mediante test de Kolmogorov-Smirnov, que observó ausencia de normalidad ($p < .001$) en todos los ítems del cuestionario (ver resultados completos de las pruebas de normalidad en <https://bit.ly/4gRmD5r>). Por tanto, se optó por aplicar estudios no paramétricos (prueba U de Mann-Whitney) para determinar la existencia de diferencias significativas en los resultados de las respuestas en función del género del estudiantado. Nótese que la variable de género se despliega en tres categorías (Mujer / Hombre / Prefiero no decirlo), por lo que para los cálculos estadísticos se redujeron las opciones solo a Mujer / Hombre considerando la tercera opción (Prefiero no decirlo) como valor perdido.

Una vez detectados los ítems donde se establecen tales diferencias estadísticamente significativas, se analizó si la variable de género resulta factor predictor de los resultados de tales ítems. Para ello, se ejecutaron regresiones logísticas ordinales. Para medir el tamaño del efecto, se utiliza el R^2 (en esta prueba, el pseudo R^2 de Nagelkerke es el más habitual), que es el más recomendado en los estudios de este tipo (Domínguez-Lara, 2017). Todo el trabajo estadístico fue realizado con el programa SPSS v.26 (base de datos completa en <https://bit.ly/4dzW3uK>).

El estudio obtuvo la aprobación del Comité de Ética de la universidad del equipo investigador (número de registro interno: 200420242632024).

RESULTADOS

Datos generales

De acuerdo con los resultados obtenidos (y en cumplimiento del O1), los participantes se muestran generalmente satisfechos con la experiencia educativa en RV ($M = 3.84$) (Tabla 3). Casi 6 de cada 10 (58.6 %) están de acuerdo con la afirmación «He disfrutado tanto en esta clase con RV que me gustaría saber más sobre su contenido» y prácticamente 3 de cada 4 (73.2 %) afirman que les ha gustado la experiencia educativa en RV (Tabla 2). A pesar de esta satisfacción general, las mujeres evalúan todos los ítems con puntuaciones inferiores con respecto a sus compañeros varones.

Tabla 2

Frecuencia de valores en cada ítem

Ítem (variable dependiente)	1	2	3	4	5
Dimensión 1. Diseño-Jugabilidad-Interactividad					
P8. La lección parece un juego.	6.1 %	6.5 %	14.5 %	26.1 %	46.9 %
P9. Me ha gustado el diseño de la aplicación.	7.1 %	3.9 %	13.1 %	27.8 %	48 %
P10. La lección es interactiva.	5.1 %	3.3 %	12.2 %	26.3 %	53.1 %
Dimensión 2. Facilidad de uso y navegación					
P11. La pieza es fácil de usar.	6.3 %	8.8 %	20.6 %	29.8 %	34.5 %
P12. Las instrucciones de la lección son fáciles de entender.	7.1 %	8.4 %	18 %	31.6 %	34.9 %
P13. La navegación es sencilla.	8 %	9 %	18,8 %	33,1 %	31 %

Ítem (variable dependiente)	1	2	3	4	5
P14. No percibo sensación de mareo al navegar por la lección.	27.8 %	14.7 %	15.3 %	15.5 %	26.7 %
Dimensión 3. Atención					
P15. La experiencia en realidad virtual me ayuda a mantener la atención.	9.4 %	7.5 %	21 %	27.3 %	34.9 %
P16. El diseño de la app me ayuda a mantener la atención.	9 %	8.6 %	23.3 %	27.6 %	31.4 %
P17. Tener muchos ejercicios dentro de la app me ayuda a mantener la atención.	8.4 %	7.8 %	26.3 %	29.8 %	27.6 %
Dimensión 4. Relevancia					
P18. Esta clase está relacionada con cosas que ya había estudiado.	9.4 %	5.3 %	14.9 %	22.5 %	47.8 %
P19. Después de esta experiencia, tengo ganas de conocer más sobre la lección.	13.7 %	10.4 %	21 %	25.1 %	29.8 %
P20. La lección es útil desde el punto de vista educativo.	8.2 %	10.4 %	16.9 %	28.6 %	35.9 %
P21. He aprendido cosas nuevas gracias a la lección.	20.4 %	14.7 %	23.5 %	18.4 %	22.9 %
Dimensión 5. Confianza / seguridad en el aprendizaje					
P22. Mientras trabajaba en esta lección, estaba seguro de que iba a aprender los contenidos.	15.1 %	14.9 %	30 %	19.4 %	20.6 %
P23. Después de trabajar en esta lección, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	20 %	15.5 %	23.9 %	16.5 %	24.1 %
P24. El diseño de la lección me asegura que voy a aprender los contenidos.	14.7 %	11.8 %	28.2 %	21.2 %	24.1 %
Dimensión 6. Satisfacción					
P25. He disfrutado tanto en esta clase con realidad virtual que me gustaría saber más sobre su contenido.	10.4 %	9.2 %	21.8 %	20.6 %	38 %
P26. Me ha gustado esta lección con realidad virtual.	7.5 %	7.8 %	11.6 %	22.2 %	51 %

Fuente: elaboración propia.

La dimensión más valorada es la relativa al diseño de las piezas como juegos dotados de una alta interactividad ($M = 4.08$). El 73 % de los participantes está de acuerdo con el carácter gamificado de las lecciones («La lección parece un juego»), mientras que casi 8 de cada 10 (79.4 %) consideran que las piezas tienen carácter interactivo. En el polo negativo, resulta destacable que la confianza en el aprendizaje durante el uso de las diferentes lecciones es la dimensión que registra los valores más bajos ($M = 3.17$).

Tabla 3

Promedio y desviación típica generales y desagregados por género

Ítem (variable dependiente)	Media (DT)	Media Mujeres	Media Hombres	p^a
Dimensión 1. Diseño-Jugabilidad-Interactividad	4.08			
P8. La lección parece un juego.	4.01 (1.19)	3.97	4.05	.477
P9. Me ha gustado el diseño de la aplicación.	4.06 (1.18)	4.03	4.12	.986
P10. La lección es interactiva.	4.19 (1.10)	4.13	4.23	.528

Ítem (variable dependiente)	Media (DT)	Media Mujeres	Media Hombres	p^a
Dimensión 2. Facilidad de uso y navegación	3.56			
P11. La pieza es fácil de usar.	3.77 (1.19)	3.58	3.91	.002*
P12. Las instrucciones de la lección son fáciles de entender.	3.79 (1.20)	3.61	3.92	.003*
P13. La navegación es sencilla.	3.70 (1.22)	3.54	3.79	.015*
P14. No percibo sensación de mareo al navegar por la lección.	2.98 (1.57)	2.64	3.21	<.001*
Dimensión 3. Atención	3.65			
P15. La experiencia en realidad virtual me ayuda a mantener la atención.	3.71 (1.27)	3.55	3.83	.016*
P16. El diseño de la app me ayuda a mantener la atención.	3.64 (1.25)	3.57	3.72	.218
P17. Tener muchos ejercicios dentro de la app me ayuda a mantener la atención.	3.60 (1.20)	3.39	3.77	<.001*
Dimensión 4. Relevancia	3.56			
P18. Esta clase está relacionada con cosas que ya había estudiado.	3.94 (1.29)	3.91	3.97	.858
P19. Despues de esta experiencia, tengo ganas de conocer más sobre la lección.	3.47 (1.37)	3.37	3.56	.181
P20. La lección es útil desde el punto de vista educativo.	3.74 (1.27)	3.65	3.80	.128
P21. He aprendido cosas nuevas gracias a la lección	3.09 (1.43)	2.85	3.26	.002*
Dimensión 5. Confianza / seguridad en el aprendizaje	3.17			
P22. Mientras trabajaba en esta lección, estaba seguro de que iba a aprender los contenidos.	3.15 (1.32)	2.95	3.32	.003*
P23. Despues de trabajar en esta lección, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	3.09 (1.44)	2.76	3.33	<.001*
P24. El diseño de la lección me asegura que voy a aprender los contenidos.	3.28 (1.34)	3.12	3.41	.017*
Dimensión 6. Satisfacción	3.84			
P25. He disfrutado tanto en esta clase con realidad virtual que me gustaría saber más sobre su contenido.	3.67 (1.34)	3.46	3.79	.008*
P26. Me ha gustado esta lección con realidad virtual.	4.01 (1.27)	3.88	4.10	.268

Fuente: elaboración propia.

Nota: ^a Prueba U de Mann-Whitney; * Nivel de significación: < .05.

Efecto de la variable de género

Como también recoge la Tabla 3, se observan diferencias notables en las respuestas en función del género de los participantes en 11 de las 19 preguntas formuladas (O2). Este dato obliga a rechazar la hipótesis de partida del estudio.

La dimensión donde se observan las mayores diferencias de género es la relativa a la facilidad de uso. Se registran tales desviaciones en todos los ítems de esta dimensión. Las mujeres perciben de forma significativa una mayor dificultad en la usabilidad de las lecciones ($U = 32180.50$; $p = .002$). Asimismo, tienden a considerar más complicadas las instrucciones para utilizarlas ($U = 32127.50$; $p = .003$), a la vez que consideran que la navegación por el software en RV les resulta menos sencilla en comparación con la percepción de sus compañeros varones ($U = 31318.00$; $p = .015$). Sin embargo, donde se detectan las mayores diferencias –dentro de esta dimensión– es en la percepción de mareo: las chicas manifiestan sentir una mayor sensación de mareo durante el uso de las piezas en RV ($U = 33423.00$; $p < .001$).

Estas desviaciones en la facilidad de uso percibida podrían estar afectadas por la existencia de diferencias de género significativas en la experiencia previa con tecnologías de RV (P6) y el hábito de jugar a videojuegos (P7). Para comprobar tales diferencias en la pregunta sobre la experiencia previa con tecnologías de RV («P6. ¿Tienes gafas de RV o las habías utilizado con anterioridad?»), se ejecutó un análisis por tablas bivariadas, que observó que los hombres tienen una experiencia previa con esta tecnología casi 8 puntos superior a la manifestada por las mujeres (50.3 % frente a 42.6 %). Por otro lado, a fin de observar las desviaciones de género en el hábito de jugar a videojuegos («P7. Tengo experiencia con videojuegos y juego con ellos habitualmente»), se llevó a cabo la prueba U de Mann-Whitney, cuyos resultados observan que los estudiantes varones tienen un hábito en el uso de videojuegos significativamente superior al reconocido por sus compañeras ($U = 43985.50$; $p < .001$). Estas desviaciones de género relativas al hábito y experiencia con tecnologías de RV y videojuegos podrían, en parte, explicar estas diferencias entre hombres y mujeres en cuanto a la percepción de facilidad de uso de la tecnología educativa en RV testada en nuestro trabajo.

Al igual que en la facilidad del uso, se registran desviaciones notables en todos los ítems de la dimensión relativa a la confianza en el aprendizaje. Las mujeres perciben una menor seguridad de aprendizaje durante el uso de la RV ($U = 32245.00$; $p = .003$), a la vez que manifiestan menor confianza en aprobar un examen tras el trabajo con las lecciones ($U = 34061.00$; $p < .001$). También tienden a percibir en menor medida que el diseño de las piezas en RV asegura el aprendizaje de los contenidos ($U = 31314.00$; $p = .017$).

La atención es la tercera dimensión donde se registran las desviaciones de género más notables. Por un lado, las alumnas participantes en el estudio afirman que la experiencia en RV les ayuda menos a mantener la atención en el contenido ($U = 31301.00$; $p = .016$). También son menos proclives a afirmar que el hecho de realizar muchas actividades durante la experiencia en RV les ayuda a mantener su atención en los contenidos ($U = 32823.00$; $p < .001$).

Finalmente, la relevancia educativa y los aspectos formales de diseño / jugabilidad / interacción son las dimensiones donde el género tiene menor impacto.

Estudio de factores predictivos

Una vez detectados cuáles son los ítems donde se registran diferencias estadísticamente significativas entre las y los jóvenes estudiantes participantes en el estudio (y en cumplimiento del O2a), se ejecutó un estudio de factores predictivos – mediante regresiones logísticas ordinales– para establecer relaciones de causalidad entre los 11 ítems del cuestionario donde se observan tales desviaciones (que funcionan como variables dependientes) y el género del estudiantado (variable independiente). Para determinar la idoneidad del estudio, se realizó previamente la prueba de líneas paralelas, que resultó satisfactoria ($p > .05$ en todas las variables).

Se observa que el género es factor predictor de las 11 variables dependientes, lo que refuerza la asociación entre la variable de género y los ítems medidos. La Tabla 4 recoge los resultados del efecto del género en todas las variables en orden decreciente.

Tabla 4

Estudio de factores predictivos (regresión ordinal)

Ítem (variable dependiente)	Valor p del modelo (pseudo R ² Nagelkerke)	β(ES)	Wald	p
P23. Despues de trabajar en esta lección, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	<.001 (.039)	.710	17.922	<.001*
P14. No percibo sensación de mareo al navegar por la lección.	<.001 (.031)	-.638	14.428	<.001*
P17. Tener muchos ejercicios dentro de la app me ayuda a mantener la atención.	<.001 (.026)	.596	12.422	<.001*
P21. He aprendido cosas nuevas gracias a la lección.	.002 (.021)	.515	9.570	.002*
P11. La pieza es fácil de usar.	.002 (.020)	.510	9.119	.003*
P22. Mientras trabajaba en esta lección, estaba seguro de que iba a aprender los contenidos.	.002 (.020)	.506	9.179	.002*
P12. Las instrucciones de la lección son fáciles de entender.	.003 (.019)	.505	8.881	.003*
P25. He disfrutado tanto en esta clase con realidad virtual que me gustaría saber más sobre su contenido.	.007 (.015)	.450	7.155	.007*
P13. La navegación es sencilla.	.015 (.013)	.412	5.970	.015*
P15. La experiencia en realidad virtual me ayuda a mantener la atención.	.015 (.013)	.408	5.866	.016*
P24. El diseño de la lección me asegura que voy a aprender los contenidos.	.016 (.012)	.399	5.748	.017*

Fuente: elaboración propia.

Nota: * Nivel de significación: < .05.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En términos generales, los estudiantes participantes en el estudio valoran positivamente su experiencia con la RV educativa para materias STEM, si bien existen diferencias relevantes entre las puntuaciones obtenidas en las diferentes dimensiones medidas. Los aspectos mejor valorados son los relativos a la estructura y diseño de las lecciones (interactividad y gamificación), así como su capacidad para ayudarles a mantener la atención en el contenido. Los buenos resultados obtenidos en la cuestión relativa a la utilidad educativa percibida se alinean con la evidencia aportada por trabajos anteriores como los de Cabero-Almenara et al. (2023) y Bermejo et al. (2023). En el polo negativo, la facilidad de uso, la relevancia del contenido percibida y, sobre todo, la confianza en el aprendizaje a través del uso de esta tecnología son las dimensiones peor valoradas. Aun así, las puntuaciones generales en todos los aspectos medidos resultan positivas.

De acuerdo con nuestros resultados, podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. **Sesgo de género.** En línea con recientes estudios como el de Pan et al. (2024), nuestro trabajo evidencia un notable efecto de la variable de género en las actitudes hacia la RV educativa, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis de partida del estudio. Trabajos previos ya habían mostrado que la variable de género influye en los resultados de aprendizaje obtenidos en los recursos de aprendizaje dinámicos como la RV (Saha y Halder, 2016; Castro-Alonso et al., 2019). Sin embargo, también existe evidencia empírica que contradice este sesgo de género, tanto en España (Cózar Gutiérrez et al., 2019) como en otros contextos (Ateş y Kölemen, 2024; Alsalleeh et al., 2024).
2. **Diferencias en la percepción de facilidad de uso.** Estas desviaciones de género son especialmente significativas en las cuestiones de manejo y uso de la aplicación. Quizá las diferencias de género encontradas en la experiencia previa con esta tecnología y en el uso de videojuegos (Halpern, 2000) puedan explicar las desviaciones observadas no solo en la facilidad de uso sino también en otras dimensiones como la confianza en el aprendizaje, la atención o la motivación para seguir conociendo más aspectos de las materias STEM tras la experiencia con RV. Que el género sea un factor predictor de la sensación de mareo refuerza esta hipótesis. En el mismo sentido, estudios previos han evidenciado que los estudiantes varones encuentran mayor facilidad que las mujeres en las tareas de habilidad espacial (Heo y Toomey, 2020; Roach et al., 2021), aspecto clave en el trabajo con recursos educativos en RV. Por este motivo, las alumnas podrían enfrentarse a una carga cognitiva excesiva cuando interactúan con tecnologías que exigen una elevada habilidad espacial (como es el caso de la RV), lo que podría traducirse en un menor rendimiento en el aprendizaje (Jian y Abu Bakar, 2024).
3. **Alumnado femenino y materias STEM.** En la misma línea, nuestros datos apuntan hacia una posible ineeficacia de esta tecnología a la hora de fomentar vocaciones STEM entre el alumnado femenino, al menos en el ciclo de Secundaria y en el contexto español. Por ello, en futuros trabajos, la variable de género debería tenerse en cuenta para que todo el estudiantado pueda obtener experiencias similares en su interacción con los recursos de aprendizaje (Castro-Alonso et al., 2019). En el caso de los materiales inmersivos, se debería reducir la carga cognitiva para que las personas menos acostumbradas al uso de esta

- tecnología puedan experimentar un adecuado entorno de aprendizaje (Heo y Toomey, 2020).
4. Recomendaciones prácticas. Aunque no es el aspecto central de nuestro estudio, algunas consideraciones prácticas pueden ser tenidas en cuenta a la hora de reducir el trabajo cognitivo con RV a fin de resolver las brechas de género anteriormente señaladas:
- Se recomienda implementar tutoriales introductorios que expliquen el manejo de las gafas y los controles.
 - El diseño de interfaces debe ser claro e intuitivo a fin de evitar la sobrecarga de información. Se deben establecer controles básicos y una navegación clara y sencilla.
 - Limitar las sesiones a 10-15 minutos por grupo, con intervalos de descanso entre usos.
 - Incorporar un sistema de alertas para recordar a los estudiantes cuándo deben hacer pausas.
 - Priorizar sesiones breves para conceptos concretos, evitando actividades prolongadas y complejas en una sola sesión.
 - Diseñar actividades colaborativas donde los estudiantes trabajen en parejas para optimizar el aprendizaje.
 - Establecer roles alternos: un estudiante usa las gafas y otro guía desde una pantalla o tableta.
 - Implementar un ciclo de retroalimentación para evaluar el impacto pedagógico.
5. Falsa dicotomía entre nativos e inmigrantes digitales. Asimismo, nuestros resultados también ponen de manifiesto la imposibilidad de atribuir a los jóvenes y adolescentes unas percepciones y actitudes homogéneas hacia la tecnología, lo que nos debería llevar a abandonar la dicotomía entre nativos e inmigrantes digitales. Resulta evidente que existen otras variables, al margen de la etaria, que influyen en la facilidad de uso percibida de las tecnologías, lo que sugiere la adopción de un nuevo sistema de distinciones en términos de sabiduría digital (Prensky, 2009), que puede distribuirse de manera disímil dentro del mismo grupo etario en función de otros factores sociales y educativos.

Este trabajo tiene las limitaciones habituales de este tipo de estudios, que habitualmente se centran en contextos locales o nacionales. La investigación con los mismos materiales elaborados en RV en diferentes países (o en zonas muy alejadas del mismo país) resulta ciertamente compleja, de ahí la ausencia de este tipo de estudios. La limitación de la muestra a un solo país podría condicionar los resultados obtenidos. La literatura científica evidencia que las diferencias culturales influyen significativamente en las creencias, actitudes e intenciones individuales hacia la tecnología, lo que podría repercutir profundamente en los resultados de las investigaciones (Ateş y Kölemen, 2024). La posible variación de los datos en los distintos contextos culturales subraya la necesidad de tener en cuenta estas diferencias a la hora de interpretar y analizar los hallazgos obtenidos (Bedenlier et al., 2020; Lynch et al., 2024). En el mundo actual, donde la tecnología trasciende las fronteras geográficas, cada vez es más importante tener en cuenta el contexto cultural en el que

se realizan los estudios (Arpací et al., 2020). De ahí la necesidad de poner nuestros resultados a la luz de los obtenidos en otros países con mayor y menor penetración de la RV a fin de medir el efecto de los factores contextuales en las actitudes hacia la aplicación de la RV en entornos educativos. Otras futuras vías de investigación relevantes son la aplicación de estudios longitudinales replicando los mismos instrumentos aquí utilizados y, sobre todo, la triangulación de los datos cuantitativos con técnicas cualitativas que, sin duda, podrían profundizar y matizar los resultados aquí obtenidos.

Financiación

Esta investigación está financiada por el proyecto VIRION (Virtual Reality Applied to School Education) cofinanciado por el Programa *Erasmus +* de la Comisión Europea con número de referencia ES01-KA220-SCH-000089414.

REFERENCIAS

- Aguilera, D., García-Yeguas, A., Perales Palacios, F. y Vélchez-González, J. (2022). Diseño y validación de una rúbrica para la evaluación de propuestas didácticas STEM (RUBESTEM). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(36.1), 11-34. https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1_92409
- Alsalleeh, F., Okazaki, K., Alkahtany, S., Alrwais, F., Bendahmash, M. y Al Sadhan, R. (2024). Augmented reality improved knowledge and efficiency of root canal anatomy learning: A comparative study. *Applied Sciences*, 14(15), 6813. <https://doi.org/10.3390/app14156813>
- An, F., Xi, L. y Yu, J. (2024). The relationship between technology acceptance and self-regulated learning: The mediation roles of intrinsic motivation and learning engagement. *Education and Information Technologies*, 29(3), 2605-2623. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11959-3>
- Arce, E., Zayas-Gato, F., Suárez-García, A., Michelena, Á., Jove, E., Casteleiro-Roca, J.-L., Quintián, H. y Calvo-Rolle, J. L. (2022). Experiencia blended learning apoyada en un laboratorio virtual para educación de materias STEM. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 125-143. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.95592>
- Archer, L., Moote, J., MacLeod, E., Francis, B. y DeWitt, J. (2020). *ASPIRES 2: Young people's science and career aspirations, age 10-19*. UCL Institute of Education.
- Arpací, I., Al-Emran, M. y Al-Sharafi, M. A. (2020). The impact of knowledge management practices on the acceptance of massive open online courses (MOOCs) by engineering students: A cross-cultural comparison. *Telematics and Informatics*, 54, 101468. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101468>
- Ateş, H. y Kölemen, C. Ş. (2024). Integrating theories for insight: An amalgamated model for gamified virtual reality adoption by science teachers. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12892-9>
- Bedenlier, S., Bond, M., Buntins, K., Zawacki-Richter, O. y Kerres, M. (2020). Facilitating student engagement through educational technology in higher education: A systematic review in the field of arts and humanities. *Australasian Journal of Educational Technology*, 36(4), 126-150. <https://doi.org/10.14742/ajet.5477>
- Bermejo, B., Juiz, C., Cortes, D., Oskam, J., Moilanen, T., Loijas, J., Govender, P., Hussey, J., Schmidt, A. L. y Burbach, R. (2023). AR/VR teaching-learning experiences in higher education

- institutions (HEI): A systematic literature review. *Informatics*, 10(2), 45. <https://doi.org/10.3390/informatics10020045>
- 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>
- Cabero, J., Fernández, B. y Marín, V. (2017). Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado universitario. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2). <https://doi.org/10.5944/ried.20.2.17245>
- Cabero-Almenara, J., De-La-Portilla-De-Juan, F., Barroso-Osuna, J. y Palacios-Rodríguez, A. (2023). Technology-enhanced learning in health sciences: Improving the motivation and performance of medical students with immersive reality. *Applied Sciences*, 13(14), 8420. <https://doi.org/10.3390/app13148420>
- Cardoso-Júnior, A. y Delbone de Faria, R. M. (2021). Psychometric assessment of the instructional materials motivation survey (IMMS) instrument in a remote learning environment. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 45(4), e197. <https://doi.org/10.1590/1981-5271v45.4-20210066.ing>
- Castaña-Calle, R., Jiménez-Vivas, A., Poy Castro, R., Calvo Álvarez, M. I. y Jenaro, C. (2022). Perceived benefits of future teachers on the usefulness of virtual and augmented reality in the teaching-learning process. *Education Sciences*, 12(12), 855. <https://doi.org/10.3390/educsci1212085>
- Castellano, M. S., Contreras-McKay, I., Neyem, A., Farfán, E., Inzunza, O., Ottone, N. E., del Sol, M., Alario-Hoyos, C., Alvarado, M. S. y Tubbs, R. S. (2023). Empowering human anatomy education through gamification and artificial intelligence: An innovative approach to knowledge appropriation. *Clinical Anatomy*, 36(8), 1171-1183. <https://doi.org/10.1002/ca.24074>
- Castro-Alonso, J. C., Wong, M. y Adesope, O. O. (2019). Gender imbalance in instructional dynamic versus static visualizations: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 31(2), 361-387. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09469-1>
- Cook, D. A. y Pankratz, V. S. (2024). Validation of the instructional materials motivation survey among medicine resident physicians. *MedEdPublish*, 14(58). <https://doi.org/10.12688/mep.20408.1>
- Cózar Gutiérrez, R., González-Calero Somoza, J. A., Villena Taranilla, R. y Merino Armero, J. M. (2019). Análisis de la motivación ante el uso de la realidad virtual en la enseñanza de la historia en futuros maestros. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (68), 1-14. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.68.1315>
- De Moraes Rossetto, A. G., Martins, T. C., Silva, L. A., Leithardt, D. R. F., Bermejo-Gil, B. M. y Leithardt, V. R. Q. (2023). An analysis of the use of augmented reality and virtual reality as educational resources. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(6), 2091-2105. <https://doi.org/10.1002/cae.22671>
- Domínguez-Lara, S. (2017). Magnitud del efecto en análisis de regresión. *Interacciones*, 3(1), 3-5. <https://doi.org/10.24016/2017.v3n1.46>
- Fuentes Hurtado, M. y González Martínez, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 17(54). <https://doi.org/10.6018/red/54/8>
- Giakoni-Ramírez, F., Godoy-Cumillaf, A., Fuentes-Merino, P., Farías-Valenzuela, C., Duclos-Bastías, D., Bruneau-Chávez, J., Merellano-Navarro, E. y Velásquez-Olavarría, R. (2023). Intensity of a physical exercise programme executed through immersive virtual reality. *Healthcare*, 11(17), 2399.

- <https://doi.org/10.3390/healthcare11172399>
- Halpern, D. F. (2000). *Sex differences in cognitive abilities*. Psychology Press.
- <https://doi.org/10.4324/9781410605290>
- Heo, M. y Toomey, N. (2020). Learning with multimedia: The effects of gender, type of multimedia learning resources, and spatial ability. *Computers & Education*, 146, 103747.
- <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103747>
- Huang, B. y Hew, K. F. (2016). Measuring learners' motivation level in massive open online courses. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(10), 759-764.
- <https://doi.org/10.7763/IJIET.2016.V6.788>
- Huett, J. B., Moller, L., Young, J., Bray, M. y Huett, K. C. (2008). The effect of ARCS-based strategies on confidence and performance. *The Quarterly Review of Distance Education*, 9(2), 113-126.
- Jian, Y. y Abu Bakar, J. A. (2024). Comparing cognitive load in learning spatial ability: Immersive learning environment vs. digital learning media. *Discover Sustainability*, 5(1), 111.
- <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00310-6>
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2-10.
- <https://doi.org/10.1007/BF02905780>
- Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. Springer.
- <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J. y Steehouder, M. (2015). Validation of the instructional materials motivation survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 204-218.
- <https://doi.org/10.1111/bjet.12138>
- Lucena-Antón, D., Fernández-López, J. C., Pacheco-Serrano, A. I., García-Muñoz, C. y Moral-Muñoz, J. A. (2022). Virtual and augmented reality versus traditional methods for teaching physiotherapy: A systematic review. *European Journal of Investigation in Health Psychology and Education*, 12(12), 1780-1792.
- <https://doi.org/10.3390/ejihpe12120125>
- Lynch, P., Singal, N. y Francis, G. A. (2024). Educational technology for learners with disabilities in primary school settings in low- and middle-income countries: A systematic literature review. *Educational Review*, 76(2), 405-431.
- <https://doi.org/10.1080/00131911.2022.2035685>
- Marín-Díaz, V. y Sampedro-Requena, B. E. (2023). Views of secondary education teachers on the use of mixed reality. *Frontiers in Education*, 7.
- <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1035003>
- Martín Carrasquilla, O., Santaolalla Pascual, E. y Muñoz San Roque, I. (2022). La brecha de género en la educación STEM. *Revista de Educación*, (396), 15-39.
- <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533>
- Marrero Galván, J. J. y Hernández Padrón, M. (2022). La trascendencia de la realidad virtual en la educación STEM: Una revisión sistemática desde el punto de vista de la experimentación en el aula. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 45-63.
- <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94179>
- Mercado, A. E., Sánchez, E. y Rodríguez, A. V. (2019). Estrategias de motivación en ambientes virtuales para el autoaprendizaje en matemáticas. *Revista Espacios*, 40(12), 14-21.
- Morales Inga, S. y Morales Tristán, O. (2020). ¿Por qué hay pocas mujeres científicas? Una revisión de literatura sobre la brecha de género en carreras STEM. *Revista Internacional de Investigación en Comunicación aDResearch*, (22), 118-133.
- <https://doi.org/10.7263/adresic-022-06>
- Palacios Ortega, A., Pascual López, V. y Moreno Mediavilla, D. (2022). El papel de las nuevas tecnologías en la educación STEM. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 11-21.

- <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.96550>
- Pan, J., Liu, Y. J. y Yang, C. (2024). Comparison of intelligent virtual reality first-aid training outcomes among individuals with different demographic characteristics. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 30(3), 723-729. <https://doi.org/10.1111/jep.14135>
- Pontes Pedrajas, A. (2022). Uso didáctico de un laboratorio virtual para favorecer la progresión de los modelos mentales de los estudiantes sobre circuitos de corriente eléctrica. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 145-160. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.93290>
- Prensky, M. (2009). H. sapiens digital: From digital immigrants and digital natives to digital wisdom. *Journal of Online Education*, 5(3).
- Roach, V. A., Mi, M., Mussell, J., Van Nuland, S. E., Lufler, R. S., DeVeau, K. M., Dunham, S. M., Husmann, P., Herriott, H. L., Edwards, D. N., Doubleday, A. F., Wilson, B. M. y Wilson, A. B. (2021).
- Correlating spatial ability with anatomy assessment performance: A meta-analysis. *Anatomical Sciences Education*, 14(3), 317-329. <https://doi.org/10.1002/ase.2020>
- Saha, S. y Halder, S. (2016). He or she: Does gender affect various modes of instructional visual design? *Journal of Research on Women and Gender*, 7(1), 47-58.
- Spiriev, T., Mitev, A., Stoykov, V., Dimitrov, N., Maslarski, I. y Nakov, V. (2022). Three-dimensional immersive photorealistic layered dissection of superficial and deep back muscles: Anatomical study. *Cureus*, 14(7), e26727. <https://doi.org/10.7759/cureus.26727>
- Tatiana Cox, F., González, D., Magreñán, Ángel A. y Orcos, L. (2022). Enseñanza de estadística descriptiva mediante el uso de simuladores y laboratorios virtuales en la etapa universitaria. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 103-123. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.94121>

Fecha de recepción del artículo: 1 de diciembre de 2024

Fecha de aceptación del artículo: 4 de marzo de 2025

Fecha de aprobación para maquetación: 18 de marzo de 2025

Fecha de publicación en OnlineFirst: 3 de abril de 2025

Fecha de publicación: 1 de julio de 2025