



Tecnología inmersiva e inteligencia artificial para la mejora de la atención a la diversidad, la equidad e inclusión del alumnado: Estudio de caso con realidad aumentada

Tecnologia imersiva e inteligência artificial para melhorar a atenção à diversidade, equidade e inclusão dos alunos:

Estudo de caso com realidade aumentada

Immersive technology and artificial intelligence to improve attention to diversity, equity and inclusion of students:

Case study with augmented reality

 **Santiago Delgado-Rodríguez**

Doutor em Ciências da Educação

Universidade Nebrija – NEBRIJA

Madrid, Madrid – Espanha

sdelgado@nebrija.es

 **Rebeca García-Fandiño**

Doutor em Química

Universidade Santiago de Compostela – USC

Santiago de Compostela, La Coruña – Espanha

rebeca.garcia.fandino@usc.es

 **Silvia Carrascal-Domínguez**

Doutor em Belas Artes

Universidade San Jorge – USJ

Villanueva de Gállego, Zaragoza – Espanha

scarrascal@usj.es

Resumen: Los últimos informes publicados en el ámbito de la educación por organizaciones internacionales sugieren que, un uso inadecuado de recursos tecnológicos con fines educativos puede generar una brecha digital entre grupos de estudiantes. Este estudio, basado en fuentes primarias de información, aporta evidencia empírica mediante análisis de datos cuantitativos, que respaldan la hipótesis basada en que la ubicación geográfica de los centros educativos tiene un impacto significativo sobre factores como el grado de aceptación de la tecnología y de otros posibles factores. Estos resultados contribuyen a la comprensión de cómo un uso adecuado de recursos educativos basados en tecnología inmersiva de Realidad Aumentada y en otras tecnologías como la Inteligencia Artificial, pueden favorecer el desarrollo de procesos innovadores de enseñanza y aprendizaje que incentiven la eliminación de brechas digitales, mejorando los procesos de atención a la diversidad, la equidad y la inclusión del alumnado.

Palabras Clave: equidad; inclusión; innovación; realidad aumentada; inteligencia artificial.

Resumo: Os últimos relatórios publicados no domínio da educação por organizações internacionais sugerem que a utilização inadequada de recursos tecnológicos para fins educativos pode gerar uma exclusão digital entre grupos de estudantes. Este estudo, baseado em fontes primárias de informação, fornece evidências empíricas através da análise quantitativa de dados, o que apoia a hipótese baseada no fato de que a localização geográfica dos centros educacionais tem um impacto significativo em fatores como o grau de aceitação da tecnologia e outros possíveis fatores. Estes resultados contribuem para a compreensão de como uma utilização adequada de recursos educativos baseados na tecnologia imersiva de Realidade Aumentada e outras tecnologias como a Inteligência Artificial, pode favorecer o desenvolvimento de processos de ensino e aprendizagem inovadores que estimulem a eliminação de lacunas digitais, melhorando os processos de aprendizagem. atenção à diversidade, equidade e inclusão dos alunos.

Palavras-chave: patrimônio; inclusão; inovação; realidade aumentada; inteligência artificial.

Abstract: The latest reports published in the field of education by international organizations suggest that inappropriate use of technological resources for educational purposes can create a digital divide between groups of students. This study, based on primary sources of information, provides empirical evidence through quantitative data analysis, which supports the hypothesis that the geographic location of educational centers has a significant impact on factors such as the degree of acceptance of technology and other possible factors. These results contribute to the understanding of how an adequate use of educational resources based on immersive technology of Augmented Reality and other technologies such as Artificial Intelligence, can favor the development of innovative teaching and learning processes that encourage the elimination of digital gaps, improving the processes of attention to diversity, equity and the inclusion of students.

Keywords: equity; inclusion; innovation; augmented reality; artificial intelligence.

Cite como

(ABNT NBR 6023:2018)

DELGADO-RODRÍGUEZ, Santiago; GARCÍA-FANDIÑO, Rebeca; CARRASCAL-DOMÍNGUEZ, Silvia. Tecnologia imersiva e inteligência artificial para melhorar a atenção à diversidade, equidade e inclusão dos alunos. estudo de caso com realidade aumentada. *Dialogia*, São Paulo, n. 47, p. 1-13, e25204, set./dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/47.2023.25204>

American Psychological Association (APA)

Delgado-Rodríguez, S., García-Fandiño, R., & Carrascal-Domínguez, S. (2023, set./dez.). Tecnologia imersiva e inteligência artificial para melhorar a atenção à diversidade, equidade e inclusão dos alunos. estudo de caso com realidade aumentada. *Dialogia*, São Paulo, 47, p. 1-13, e25204. <https://doi.org/10.5585/47.2023.25204>

Introducción y marco teórico

La revolución tecnológica que se está produciendo a nivel global durante los últimos años, está favoreciendo el acceso generalizado a la información y la democratización del conocimiento. Liderando esta transformación existen actualmente tecnologías innovadoras como la Inteligencia Artificial (IA) y herramientas innovadoras como ChatGPT, que están revolucionando diversos sectores económicos y sociales, incluida la educación (Blanco-González, 2023). Junto a estas tecnologías más nuevas, existen otras ya más consolidadas, pero en constante proceso de evolución, como son las tecnologías inmersivas, en particular la Realidad Aumentada (RA) y que también han mostrado una marcada influencia positiva en el panorama educativo.

Sin embargo, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2020), asegura que la crisis del Covid-19, ha puesto de manifiesto muchas deficiencias y necesidades en la educación a distancia en el sistema educativo mundial, tanto de los docentes, como de los estudiantes y de la Administración. Rápidamente se tuvieron que buscar soluciones a todos los problemas que iban surgiendo para poder enseñar a distancia a millones de estudiantes en todo el mundo. Algunos de los principales problemas que han surgido según la UNESCO (2020) son los siguientes:

Por una parte, la mayoría de los docentes han tenido que formarse y aprender herramientas tecnológicas nunca utilizadas anteriormente para poder seguir formando a los alumnos. Los docentes empezaron utilizando el teléfono móvil para comunicarse con sus alumnos, el correo electrónico para enviarles tareas, lecciones, ejercicios, etc., y también tuvieron que formarse en plataformas educativas como *Teams*, *Classroom* o *Moodle*, entre otras. Por otra parte, muchos alumnos no tenían acceso a un ordenador o a Internet, con lo cual se dificultaba la enseñanza y la educación dejaba de ser inclusiva y equitativa para todos los estudiantes. Las Administraciones de los países más desarrollados han proporcionado a los alumnos equipos informáticos, conexión a Internet, o ambas cosas, para intentar paliar la brecha digital existente entre las diferentes clases sociales.

Algunos expertos afirman que el uso extendido de las nuevas tecnologías también tiene efectos no deseados sobre la sociedad, ya que la tecnología digital está favoreciendo la aparición de una brecha digital entre los países más desarrollados y los países menos desarrollados, lo que propicia el aumento de las desigualdades sociales (Gallego y De La Cruz, 2016; O'Neill, 2018).

Para intentar contrarrestar estos efectos, los centros educativos en todo el mundo están tratando de implantar iniciativas que favorezcan la diversidad, la equidad y la inclusión (DEI), para fomentar la accesibilidad del conjunto del alumnado a los procesos educativos y al aprendizaje digital. Sin embargo, actualmente, hay numerosos grupos de estudiantes que aún siguen teniendo limitaciones importantes para poder acceder a Internet o incluso a determinados recursos digitales

educativos, en función no sólo de la clase social, sino también de otros condicionantes, de manera que, hay indicios de la existencia de una brecha digital relacionada con el área geográfica en la que se encuentre cada estudiante. De esta forma, la existencia de una brecha digital geográfica favorecerá la prosperidad de aquellos estudiantes que tengan acceso a recursos educativos digitales, frente a aquellos otros grupos de estudiantes residentes en otras áreas geográficas que tienen un acceso limitado, o que no tengan ningún acceso a esos recursos digitales. En este sentido, el desarrollo de recursos tecnológicos educativos que no impliquen mejoras en aspectos esenciales como el acceso a Internet de alta velocidad o a espacios físicos adaptados a los nuevos procesos de enseñanza aprendizaje, favorecerán las desigualdades y aumentarán la brecha digital entre estudiantes. Además, para poder cerrar esta brecha digital y garantizar los procesos DEI al conjunto del alumnado en general, no es suficiente con asegurar el acceso temporal a recursos de *software*, *hardware*, Internet de alta velocidad o a espacios de aprendizaje adaptados. Es fundamental también garantizar su accesibilidad permanente ya que los avances en tecnologías educativas, como las tecnologías inmersivas y la IA requieren soluciones ilimitadas temporalmente para que la formación de los estudiantes sea continua y vanguardista. De no ser así, se corre el riesgo de aumentar las desigualdades ya que, por ejemplo, los algoritmos con los que se programa la IA utilizan datos actualizados constantemente. Evidentemente, esos datos, los pueden aportar y actualizar solamente aquellas personas que dispongan de acceso constante a estos recursos y de una voluntad firme de que los procesos de programación sirvan para devolver datos objetivos y referencias originales a los usuarios y a los estudiantes. De otra manera, se genera un sesgo en la capacidad de respuesta de estas herramientas (Buzato, 2023; Pelletier *et al.*, 2023).

Debido a las características intrínsecas de la IA, unido a que se trata de una tecnología innovadora, aún son necesarias más investigaciones que aporten evidencias científicas sobre su verdadero impacto en el sector académico (Flores-Vivar; García-Peñalvo, 2023).

Lo mismo ocurre con otras tecnologías inmersivas como la Realidad Aumentada (RA) que, aunque es una tecnología más consolidada que la IA, está en constante desarrollo y ha mostrado una gran capacidad de adaptabilidad y mejora en entornos educativos gracias a un desarrollo constante logrado por los programadores de *software* inmersivo.

Para muchos expertos, la RA es una tecnología con un elevado potencial de implantación en la educación ya que, en general, puede aumentar la motivación de los estudiantes hacia el propio proceso de aprendizaje, puede mejorar su satisfacción al utilizarla y por lo tanto puede producir una mejora tanto en el rendimiento como en los resultados académicos. Estas características confieren a esta tecnología una elevada significación para poder utilizarla en diferentes materias y niveles educativos (Cabero-Almenara *et al.*, 2019; Han *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2014).

La RA permite interactuar con el entorno desde un punto de vista enriquecedor porque utiliza información digital y objetos virtuales combinados con imágenes del mundo real. Esta característica, unida al uso de las cámaras incorporadas en los dispositivos móviles que son asequibles desde un punto de vista económico para la mayoría de las personas, son utilizadas para captar imágenes del mundo real y combinarlas con la información digital, lo que permite generar representaciones tridimensionales que pueden favorecer la capacidad de visión y las habilidades espaciales (Bressler; Bodzin, 2013; Han *et al.*, 2015) y pueden facilitar la interpretación de fenómenos complejos a los estudiantes (Akçayır *et al.*, 2016; Cai *et al.*, 2017; Tarng *et al.*, 2018).

Es importante destacar también las posibilidades que ofrece la RA para la implantación de metodologías educativas de carácter inclusivo, capaces de favorecer y facilitar el aprendizaje de los alumnos con necesidades educativas especiales (Cascales-Martínez *et al.*, 2017; Huang, *et al.*, 2019).

Aunque, durante los últimos años se han publicado numerosos estudios internacionales sobre las ventajas de la utilización de la RA en ámbitos educativos y a pesar de tratarse de una tecnología mucho más consolidada que la IA, actualmente sigue existiendo un vacío significativo en cuanto a investigaciones originales que aporten datos sobre usos y aplicaciones concretas que se puedan hacer tanto con la RA, como con otros tipos de tecnologías similares (Brown *et al.*, 2020). Precisamente, uno de los campos de investigación menos estudiados hasta el momento es el de la mejora en la adquisición de habilidades funcionales de los alumnos con necesidades educativas especiales utilizando recursos tecnológicos basados en RA en general (Sulaiman *et al.*, 2020).

Este estudio basado en fuentes primarias de información utiliza tecnología educativa inmersiva de RA para aportar evidencia empírica que permita determinar el grado de aceptación de la tecnología entre estudiantes de centros educativos urbanos y rurales. Se plantea como hipótesis la posibilidad de que los resultados obtenidos en este caso de estudio, pueden ser extrapolables también a otras tecnologías actuales como la IA al ser utilizadas en ámbitos educativos.

Diseño y metodología

El objetivo general de esta investigación se ha basado en el análisis del posible impacto que pueda generar el uso de una tecnología inmersiva basada en RA como recurso educativo complementario para favorecer la comprensión de cualquier concepto clave en asignaturas de Ciencias en Educación Secundaria, por parte de los estudiantes en general.

Como hipótesis principal de este estudio, se ha planteado que la situación geográfica del centro educativo puede impactar de manera positiva y significativa tanto sobre el grado de aceptación de la tecnología basada en RA, como también sobre otros factores.

Este estudio, se enmarca en el ámbito de una investigación multidisciplinar que combina varios estudios complementarios tanto cuantitativos como cualitativos (Delgado, 2021; Delgado-Rodríguez; Carrascal-Domínguez; García-Fandiño, 2023). Con la realización de este estudio en particular de corte cuantitativo, se pretendía conocer la opinión de los estudiantes relativa al uso de un recurso tecnológico inmersivo de RA, utilizado como complemento didáctico para la explicación de un concepto clave de la asignatura de Biología y Geología de cuarto curso de Educación Secundaria.

El concepto clave seleccionado para la realización del estudio, fue el desplazamiento de las ondas sísmicas por el interior de la Tierra. Con este fin, se desarrolló un *software* de RA denominado *SeismicAR*[®]. En primer lugar, se explicó a los estudiantes el concepto clave con ayuda del *software* de RA. Posteriormente, se evaluó a los alumnos con un sistema de evaluación digital en el que no se utilizaba papel. A continuación, para conocer la opinión de los estudiantes sobre la metodología didáctica empleada, se les administró *online* un cuestionario actitudinal creado *ad hoc* para este estudio.

La muestra de estudiantes que participaron en esta fase del estudio y a los que se administró el cuestionario estaba formada por 199 alumnos, pertenecientes tanto a centros públicos como concertados.

Para determinar el grado de aceptación de la tecnología por parte de los estudiantes respecto al uso de una metodología innovadora, se tomó como referencia el *Technology Acceptance Model (TAM)*. Este modelo, propuesto por Davis (1989), actualmente se sigue utilizando en diversas investigaciones en el marco de la aplicabilidad de la tecnología educativa (Cabero; Barroso; Gallego, 2018). Para determinar el Grado de motivación generado en los estudiantes por el uso de una metodología innovadora, se tomó como referencia el modelo propuesto por Keller (2010), denominado *Instructional Materials Motivation Survey (IMMS)*.

El instrumento que inicialmente estaba formado por 26 ítems, fue sometido a juicio de expertos para garantizar la validez de contenido. Una vez revisado por el conjunto de expertos, el instrumento final quedó conformado por un total de tres dimensiones (Grado de Motivación, Nivel de aceptación de Tecnología de RA y Grado de Comprensión de Conceptos Clave), siete indicadores y 35 ítems. La dimensión grado de aceptación de tecnología de RA, estaba conformada por dos indicadores: Utilidad y Facilidad de Uso percibidas y por 9 ítems. También se añadieron algunas variables categóricas de los estudiantes al cuestionario, como por ejemplo el sexo, la edad, el tipo y la situación geográfica del centro educativo al que pertenecían (Delgado, 2021).

Análisis de datos y resultados

El cuestionario actitudinal reveló, a partir de las respuestas de los estudiantes, promedios en las puntuaciones por encima de la media teórica de la escala en todas las dimensiones, con valores bajos en las desviaciones típicas, lo que indicó una homogeneidad media en las respuestas que, a su vez, denotó una evidente uniformidad en las mismas. Para determinar la fiabilidad del instrumento, se utilizó el procedimiento Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,980, considerando la consistencia interna del conjunto del instrumento como excelente (Sáez, 2017).

Considerando los criterios establecidos por expertos como Hair *et al.* (2018) y con el objetivo de establecer las posibles relaciones entre las variables y los factores, se realizó un Análisis Factorial Exploratorio (AFE), mediante el cual, se obtuvieron tres factores principales. El primer factor explicaba el 61,0%, el segundo el 5,1% y el tercero el 3,1% del total de la varianza respectivamente. Por lo tanto, el conjunto de los tres factores seleccionados explicaba el 70% del total de la varianza. Más tarde, se analizaron las variables que correlacionaban mejor con cada uno de los factores para ponerlos nombre. Los resultados obtenidos en el análisis efectuado permitieron nombrar los tres factores como: Nivel de Motivación, Grado de Aceptación de la Tecnología de RA y Grado de Aceptación de Sistema de Evaluación Digital Adaptado respectivamente (Delgado, 2021; Delgado-Rodríguez; Carrascal-Domínguez; García-Fandiño, 2023).

Una vez analizadas las respuestas ofrecidas por los estudiantes en el cuestionario, se obtuvieron los siguientes estadísticos descriptivos indicados en la Tabla 1.

Tabla 1 - Estadísticos descriptivos. localidad de ubicación del centro educativo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Localidad 1	39	19,6	19,6	19,6
Localidad 2	9	4,5	4,5	24,1
Localidad 3	10	5,0	5,0	29,1
Localidad 4	17	8,5	8,5	37,7
Localidad 5	105	52,8	52,8	90,5
Localidad 6	19	9,5	9,5	100,0
Total	199	100,0	100,0	

Fuente: Delgado (2021).

Para realizar el proceso de contraste de hipótesis en el estudio actitudinal, se aceptó un nivel de significación del 5%, asumiendo de esta manera un nivel de confianza del 95% en el estudio. En esta fase del estudio, participaron un total de 199 estudiantes, de manera que, se puede asumir que la distribución muestral presenta normalidad (Sáez, 2017).

Para el proceso de contraste de Hipótesis, en este caso de estudio, se tomó como variable independiente la Situación Geográfica del Centro Educativo. Como variables dependientes se tomaron las tres puntuaciones factoriales obtenidas (Nivel de Motivación, Grado de Aceptación de la Tecnología y Grado de Aceptación de un Sistema de Evaluación Digital Adaptado). Con el fin de comparar datos cuantitativos con más de dos grupos, se utilizó la prueba paramétrica para datos cuantitativos denominada *one-way ANOVA*, completamente aleatorizado. Teniendo en cuenta que se cumplían los supuestos para poder aplicar esta prueba: independencia, distribución normal de la muestra y homogeneidad de varianzas (Hair *et al.*, 2018; Pardo; San Martín, 2015).

En este caso de estudio, el criterio de independencia se cumple ya que todas y cada una de las puntuaciones obtenidas de los estudiantes que han participado en el estudio, son independientes tanto de las de su mismo grupo, como de las del resto de los grupos. Además, se asume que el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande para garantizar que se ha extraído de una población normal y que el estadístico *F* es lo suficientemente robusto. Para comprobar la homogeneidad de varianzas, según Sáez (2017), se aplicó el estadístico de Levene, obteniendo una significación superior a 0,05 en este caso de estudio.

En la Tabla 2, se puede observar que en la variable *Situación Geográfica del Centro Educativo*, el valor o nivel crítico *p* asociado al estadístico *F* (*sig.* = 0,006) es menor que 0,05. De manera que existen diferencias estadísticamente significativas, pudiendo interpretar que la citada variable independiente, influye sobre el segundo Factor denominado *Grado de Aceptación de la Tecnología de RA*: $F(5,154) = 3,39, p < ,05$.

Tabla 2 - Resumen del ANOVA de un factor. variable: situación geográfica centro educativo

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Nivel de motivación	Entre grupos	3,551	5	,710	,704	,622
	Dentro de grupos	155,449	154	1,009		
	Total	159,000	159			
Grado de aceptación de la Tecnología de RA	Entre grupos	15,777	5	3,155	3,393	,006
	Dentro de grupos	143,223	154	,930		
	Total	159,000	159			
Grado de aceptación de un sistema de evaluación adaptado	Entre grupos	10,467	5	2,093	2,170	,060
	Dentro de grupos	148,533	154	,964		
	Total	159,000	159			

Fuente: Delgado (2021)

Por lo tanto, la variable *Situación Geográfica del Centro Educativo*, tiene un impacto estadísticamente significativo sobre el *Grado de Aceptación de la Tecnología*. Con el objetivo de



determinar el grado de relación entre la variable categórica *Situación Geográfica del Centro Educativo* y la variable cuantitativa o dependiente *Grado de Aceptación de la Tecnología*, se calculó el valor de la medida de asociación llamada *eta-cuadrado* (η^2) corregida, que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 - Obtención del valor de eta-cuadrado. ANOVA de un factor

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada
Modelo corregido	15,777	5	3,155	3,393	,006	,099	16,965	,898
Interceptación	,469	1	,469	,504	,479	,003	,504	,109
EntDemog	15,777	5	3,155	3,393	,006	,099	16,965	,898
Error	143,223	154	,930					
Total	159,000	160						
Total corregido	159,000	159						

Fuente: Delgado (2021).

Para su correcta interpretación, se han tenido en cuenta los valores de referencia propuestos por Cohen (1988). En este caso de estudio, y de acuerdo con el criterio establecido por Cohen para esta clase de medidas, puede concluirse que, la intensidad de la asociación encontrada es media.

Por otra parte, un análisis *post hoc* más detallado de los datos obtenidos en este caso de estudio revela que, los alumnos de los centros educativos situados en municipios con más de 10.000 habitantes y entornos de grandes ciudades, obtuvieron mayores puntuaciones medias en el factor *F* en general, correspondiente al *Grado de Aceptación de la Tecnología*, en comparación con los alumnos de centros educativos situados en municipios con menor número de habitantes y en entornos de localidades más pequeñas (Delgado, 2021).

Una hipótesis que explique estos resultados puede deberse a la existencia de una posible brecha digital entre núcleos urbanos con una elevada densidad de población y con un mejor acceso a servicios como Internet, etc., frente a núcleos de población rurales o con una densidad población baja y con menor acceso a infraestructuras y servicios tecnológicos.

Discusión y conclusiones

Del análisis de las respuestas ofrecidas por los estudiantes en este estudio, se puede concluir que una metodología educativa innovadora basada en el uso de un recurso tecnológico inmersivo de RA para la explicación de conceptos clave curriculares, combinada con un sistema de evaluación digital y adaptado, influyen positivamente sobre el nivel de motivación de los estudiantes. Estos



datos, son congruentes y completan los resultados obtenidos por otros investigadores en estudios similares, efectuados en el ámbito de la Educación Secundaria (Garzón; Pavón; Baldiris, 2019).

Asimismo, el análisis de los datos obtenidos en este estudio reveló que los estudiantes pertenecientes a centros educativos situados en entornos urbanos y en municipios de más de 10.000 habitantes, muestran un mayor grado de aceptación de la tecnología de RA como recurso educativo, superior al resto de los estudiantes cuyos centros educativos se encuentran situados en localidades rurales con un número de habitantes menor. De manera que, evidencian la existencia de una brecha digital entre centros educativos situados en entornos con núcleos poblacionales mayores y centros educativos situados en áreas poblacionales más dispersas.

Por lo tanto, los datos obtenidos en este estudio son coherentes con la hipótesis planteada inicialmente. En esencia, la situación geográfica del centro educativo genera un impacto sobre el grado de aceptación de la tecnología de RA. Este impacto, además, es positivo y significativo en el caso de estudiantes residentes en entornos urbanos con grandes núcleos de población. Estos resultados, también son coherentes con las afirmaciones sugeridas por expertos e informes internacionales en este campo (Alalwan *et al.*, 2020; Pelletier *et al.*, 2023).

Estos hallazgos contribuyen a complementar desde una perspectiva empírica, los escasos datos obtenidos por fuentes primarias de información disponibles en la bibliografía actualmente en este campo. Cabe señalar también, el nivel de motivación positivo mostrado por los estudiantes en general, por el uso de recursos educativos de RA. Así como también, la utilidad que perciben para mejorar la comprensión de los conceptos clave de la asignatura, con la ayuda de las aplicaciones tecnológicas basadas en esta tecnología inmersiva (Delgado, 2021). Es fundamental asegurar la accesibilidad permanente a este tipo de tecnologías ya que, tanto las tecnologías inmersivas, como la IA requieren soluciones ilimitadas temporalmente para poder garantizar que la formación de los estudiantes sea continua. En este sentido, hay que considerar que los dispositivos móviles que incorporan *software* y aplicaciones de RA pueden utilizarse en lugares donde no existe una conexión a Internet, o cuando ésta es deficiente. Parece evidente que este hecho, puede favorecer la reducción de la citada brecha digital entre determinados grupos y entornos educativos.

Los futuros estudios que se realicen en este campo, necesariamente deberán establecer las características para el desarrollo de metodologías pedagógicas innovadoras que incluyan modelos teóricos y concreten sistemas de evaluación digitales, adaptados y compatibles con los recursos de RA disponibles actualmente para cada caso concreto, de manera que, su implementación se pueda realizar de manera eficiente en entornos educativos de Educación Secundaria (Pellas *et al.*, 2018).

Teniendo en cuenta las conclusiones de los últimos informes publicados a nivel internacional por Pelletier *et al.* (2023) y los resultados obtenidos en este estudio, todo ello tiene que servir como referencia para el desarrollo de nuevas políticas educativas. Las Administraciones tienen que establecer mecanismos que favorezcan la reducción y eliminación de la brecha digital existente actualmente para garantizar que los alumnos que viven en áreas geográficas diferentes y los estudiantes con necesidades educativas especiales tengan las mismas oportunidades en cuanto a accesibilidad digital, equidad y calidad en los nuevos procesos de enseñanza y aprendizaje.

Referencias

- AKÇAYIR, M. *et al.* Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, v. 57, p. 334–342, abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054>.
- ALALWAN, N. *et al.* Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective. *Studies in Educational Evaluation*, v. 66, p. 100876, set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100876>.
- BLANCO-GONZÁLEZ *et al.* The Role of AI in Drug Discovery: Challenges, Opportunities, and Strategies. *Pharmaceuticals* v. 16, n. 6, p. 891-891, 18 jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph16060891>.
- BRESSLER, D. M.; BODZIN, A. M. A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 29, n. 6, p. 505–517, 1 abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12008>.
- BROWN, M. *et al.* 2020 EDUCAUSE Horizon Report, Teaching and Learning Edition. [S.l.:S.n.]. Disponível em: <https://www.educause.edu/horizon-report-2020>. Acesso em: 7 jun. 2023.
- BUZATO, Marcelo El Khouri. Inteligência artificial, pós-humanismo e Educação: entre o simulacro e a assemblagem. *Dialogia [S.l.]*, n. 44, p. 1-11, e23906, jan./abr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5585/44.2023.23906>.
- CABERO, J.; BARROSO, J.; GALLEGO, Ó. La producción de objetos de aprendizaje en Realidad Aumentada por los estudiantes. Los estudiantes como prosumidores de información. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, p. 15–46, 14 set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.51302/tce.2018.221>.
- CABERO-ALMENARA, J. *et al.* Educational Uses of Augmented Reality (AR): Experiences in Educational Science. *Sustainability*, v. 11, n. 18, p. 4990, 12 set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11184990>.
- CAI, S. *et al.* Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. *Interactive Learning Environments*, v. 25, n. 6, p. 778–791, 24 maio 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1181094>.

CASCALES-MARTÍNEZ, A. *et al.* Using an Augmented Reality Enhanced Tabletop System to Promote Learning of Mathematics: A Case Study with Students with Special Educational Needs. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, v. 13, n. 2, 1 dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00621a>.

COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2. ed. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988.

DAVIS, F. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, v. 13, n. 2, p. 319-340, setembro 1989. DOI: <https://doi.org/10.2307/249008>.

DELGADO, S. *Diseño, desarrollo y validación de un modelo metodológico educativo basado en software inmersivo de Realidad Aumentada como recurso didáctico. Mejora en el aprendizaje de Ciencias en Educación Secundaria*. 2021. Tese de Doutorado-Camilo José Cela Universidade de Madrid. Disponível em: <https://www.ucjc.edu>. Acesso em: 18 Julho 2023.

DELGADO-RODRÍGUEZ, S.; CARRASCAL DOMÍNGUEZ, S.; GARCIA-FANDINO, R. Design, Development and Validation of an Educational Methodology Using Immersive Augmented Reality for STEAM Education. *Journal of New Approaches in Educational Research*, v. 12, n. 1, p. 19-39, jan. 2023. DOI: <http://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1250>.

FLORES-VIVAR, J.-M.; GARCÍA-PEÑALVO, F.-J. Reflections on the ethics, potential, and challenges of artificial intelligence in the framework of quality education (SDG4). *Comunicar*, v. 31, n. 74, 1 jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>.

GALLEGO, M. J.; DE LA CRUZ, G. A. Alfabetización tecnológica en la sociedad del conocimiento. En: GALLEGU-ARRUFAT, M.-J.; RAPOSO-RIVAS, M., *Formación para la educación con tecnologías*. Madrid: Pirámide, 2016. p. 69-82.

GARZÓN, J.; PAVÓN, J.; BALDIRIS, S. Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 14 fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>.

HAIR, J. *et al.* *Multivariate Data Analysis*. 8. ed. Andover: Cengage Learning, EMEA, 2018.

HAN, J. *et al.* Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Educational Technology Research and Development*, v. 63, n. 3, p. 455-474, 21 mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9374-9>.

HUANG, J. *et al.* An augmented reality sign-reading assistant for users with reduced vision. *PLoS ONE*, v. 14, n. 1, p. e0210630, 16 jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210630>.

KELLER, J. *Motivational Design for Learning and Performance. The ARCS Model Approach*. New York: Springer, 2010.

KIM, K. *et al.* Understanding users' continuance intention toward smartphone augmented reality applications. *Information Development*, v. 32, n. 2, p. 161-174, 4 jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1177/0266666914535119>.

O'NEILL, C. *Armas de destrucción matemática. Como el Big Data aumenta la desigualdad y amenaza la democracia*. Madrid: Capitan Swing, 2018.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Volver a encauzar la educación: el aprendizaje digital durante la pandemia de COVID-19*. UNESCO. Disponível em: <https://es.unesco.org>. Acesso em: 24 jun. 2023.

PARDO, A.; SAN MARTÍN, R. *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud II*. 2. ed. Madrid: Síntesis, 2015.

PELLAS, N. *et al.* Augmenting the learning experience in primary and secondary school education: a systematic review of recent trends in augmented reality game-based learning. *Virtual Reality*, v. 23, n. 4, p. 329-346, 21 may. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0347-2>.

PELLETIER, K. *et al.* 2023 EDUCAUSE Horizon Report, Teaching and Learning Edition. [S.l.: S.n.]. Disponível em: <https://www.educause.edu/horizon-report-teaching-and-learning-2023>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SÁEZ, J. *Investigación educativa. Fundamentos teóricos, procesos y elementos prácticos*. 1. ed. Madrid: UNED, 2017.

SULAIMAN, R. *et al.* Augmented Reality and Functional Skills Acquisition Among Individuals with Special Needs: A Meta-Analysis of Group Design Studies. *Journal of Special Education Technology*, v. 37, n. 1, p. 1-8, 6 mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/0162643420910413>.

TARNG, W. *et al.* A Sun Path Observation System Based on Augment Reality and Mobile Learning. *Mobile Information Systems*, v. 2018, p. 1-10, 29 mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/5950732>.