



ORIGINAL

Characteristics, trends, and impact of immersive technologies in medical education: A bibliometric analysis

Características, tendencias e impacto de las tecnologías inmersivas en la educación médica: Un análisis bibliométrico

Victor Velásquez-Rimachi¹ , Martin Hemeryth Rengifo¹ , Grecia Enciso Liñan¹ , Álvaro Priale-Zevallos¹ 

¹Grupo de investigación en Healthcare Simulation & Medical Education (HeSIM), Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

Citar como: Velásquez-Rimachi VV, Rengifo MH, Liñan GE, Priale-Zevallos Á. Characteristics, trends, and impact of immersive technologies in medical education: A bibliometric analysis. Salud, Ciencia y Tecnología 2023;3:384. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023384>.

Enviado: 01-05-2023

Revisado: 04-07-2023

Aceptado: 31-10-2023

Publicado: 01-11-2023

Editor: Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

Introduction: in the realm of medical education, immersive technologies such as Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and the Metaverse are provoking a profound and fast shift. These technologies are fostering the development of essential professional competencies in healthcare. Nevertheless, conducting a systematic evaluation of the scientific output in this area and its impact on the learning process of health professionals is critical.

Objective: to analyze the scientific production related to these technologies in medical education, identifying research trends and their impact on the learning of health professionals.

Methods: a bibliometric analysis was conducted using the Scopus database until May 2023. VOSviewer software was employed to analyze the interaction among thesauri.

Results: a total of 243 documents with 4600 citations were identified. The output on immersive technologies in medical education is emerging. The United States and Canada are the main producers, and an increase in international collaboration has been observed. The topics of greatest interest to authors were “humans,” “virtual reality,” and “education.” The thematic areas identified were “primary studies designs,” “technical skills training,” “curricular proposals,” and “computer sciences.”

Conclusions: there is a steady increase in the production and citations of research on immersive technologies, mostly originating from high-income countries. No clear areas of specialization have yet been identified, although studies are focused on integrating these technologies into the curriculum and on learning technical skills.

Keywords: Virtual Reality; Augmented Reality; Health Education; Medical Education; Bibliometrics.

RESUMEN

Introducción: en el ámbito de la educación médica, las tecnologías inmersivas como la realidad virtual, la realidad aumentada y el metaverso están generando un cambio profundo y rápido. Estas tecnologías promueven el desarrollo de competencias profesionales esenciales en salud. Sin embargo, es crucial llevar a cabo una evaluación sistemática de la producción científica en este ámbito y su impacto en el proceso de aprendizaje de los profesionales de la salud.

Objetivo: analizar la producción científica relacionada con estas tecnologías en la educación médica, identificando las tendencias de investigación y el impacto en el aprendizaje de los profesionales de la salud.

Métodos: se realizó un análisis bibliométrico en la base de datos Scopus hasta mayo de 2023. Se empleó el software VOSviewer para analizar la interacción entre tesauros.

Resultados: se identificaron 243 documentos con 4600 citaciones. La producción sobre tecnologías inmersivas en educación médica es emergente. Estados Unidos y Canadá son los principales productores, y se ha

observado un incremento en la colaboración internacional. Los tópicos con mayor interés para los autores fueron “humanos”, “realidad virtual”, y “educación”. Las áreas temáticas identificadas fueron diseños tipo “estudios primarios”, “entrenamiento de habilidades técnicas”, “propuestas curriculares” y “ciencias de la informática”.

Conclusiones: existe un incremento constante en la producción y citaciones de investigaciones sobre tecnologías inmersivas mayormente proveniente de países de altos ingresos. No se han identificado aún áreas de especialización, aunque los estudios se centran en la integración de estas tecnologías en el currículo y en el aprendizaje de competencias técnicas.

Palabras clave: Realidad Virtual; Realidad Aumentada; Educación En Salud; Educación Médica; Bibliometría.

INTRODUCCIÓN

En años recientes, la educación médica ha evolucionado rápidamente debido a la integración de tecnologías inmersivas como la realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA) y el metaverso. Estos son conceptos interrelacionados, pero fundamentalmente distintos que están reformando la manera en que interactuamos con el mundo digital. La RV nos sumerge en un entorno completamente digital, brindándonos la capacidad de manipular e interactuar de manera intuitiva con este espacio. Se trata de una inmersión total en un mundo creado por ordenador, un escenario ideal para la simulación de procedimientos médicos donde los usuarios pueden practicar habilidades clínicas en un ambiente seguro y controlado.⁽¹⁾ Paralelamente, la RA se posiciona como una extensión digital del mundo real, superponiendo información digital, como imágenes o datos, sobre nuestro entorno físico. A diferencia de la RV, no reemplaza el mundo real, sino que añade capas de información digital a nuestra percepción de este.⁽²⁾ Por último, el metaverso es un universo digital paralelo que va más allá de los límites de la RV y la RA, proporcionando un espacio virtual en línea en el que los usuarios pueden interactuar en tiempo real con objetos y otros usuarios a través de avatares.^(3,4)

Estas tecnologías prometen mejorar el desarrollo de competencias profesionales en salud como la atención al paciente, el conocimiento médico, la capacitación de procedimientos, el trabajo en equipo interprofesional, el razonamiento diagnóstico y el pensamiento crítico.⁽⁵⁾ Esta capacidad de mejorar nuestro entorno físico con información contextual relevante abre enormes posibilidades en el campo de la medicina, desde el diagnóstico hasta la intervención quirúrgica.⁽²⁾ En la educación médica, este espacio digital inmersivo tiene el potencial de revolucionar la formación y la práctica, brindando una plataforma para el desarrollo de competencias profesionales esenciales.⁽⁶⁾

A medida que se expande el uso de estas tecnologías en la educación médica, es necesario realizar una evaluación sistemática de la producción científica y su impacto en el proceso de aprendizaje futuro. Para ello, la bibliometría permite el análisis cuantitativo de la producción científica en un área temática y la evaluación del impacto y relevancia de las obras publicadas, para identificar las tendencias actuales de investigación.⁽⁷⁾ Un análisis bibliométrico exhaustivo ayudará a identificar las brechas de investigación de estudio futuro y la dirección general de la investigación sobre tecnologías inmersivas en la educación médica.⁽⁸⁾

El objetivo de este estudio bibliométrico fue analizar la producción científica relacionada con el uso de tecnologías inmersivas en la educación médica. Comprender esta realidad permitirá comprender los nuevos escenarios que influyen en el aprendizaje. Los hallazgos de este estudio pueden ser de gran utilidad para investigadores, educadores y formuladores de políticas que buscan mejorar la formación y evaluación de habilidades clínicas en medicina.

MÉTODOS

Se realizó un análisis bibliométrico de la producción científica publicada sobre el uso de tecnologías inmersivas en educación médica en revistas indexadas en la base de datos Scopus (Elsevier BV Company, Estados Unidos, disponible en: <https://www.scopus.com/>) hasta mayo del 2023.

Se emplearon términos tesaurus y de entrada relacionados con RV, RA y metaverso unidos con operadores booleanos y truncadores (*) para elaborar la estrategia de búsqueda final. Se realizó la búsqueda en temas médicos y un período de corte de 2001-2023. Mostramos la estrategia de búsqueda completa en el material suplementario 1.

El 25 de mayo del 2023, se recopilaron los siguientes indicadores bibliométricos: (a) número de documentos (Ndoc); (b) número de citas (Ncit); c) producción científica por países y regiones; y (d) tipo de documento. Con estos datos se calculó: (e) citas por documento para evaluar el impacto (según país y tipo de documento); y (b) número de documentos con colaboración internacional (NCI, documentos que presentaron afiliaciones de 2 o más países). Se utilizó el software VOSviewer (versión 1.6.10) para analizar la interacción entre los tesauros para identificar cuáles fueron los tópicos de interés para los autores y cuáles son las áreas temáticas de mayor

estudio.⁽⁹⁾

RESULTADOS

Se identificaron 243 documentos con un total de 4600 citas y un promedio de 18,9 citas por publicación. El Ndoc sobre tecnologías inmersivas en la educación médica mostró una tendencia al aumento a partir del año 2013. Esta tendencia que se mantuvo constante hasta el 2020 con un notorio incremento en la producción sobre este tema desde el año 2012. El conjunto de estudios del año 2020 cuenta con el mayor número de citas, lo cual coincide con el aumento en el volumen de documentos durante este año. Es notable que hay una mayor cantidad de citas que número de documentos publicados en el periodo 2004-2010. Además, se observa que la colaboración internacional ha incrementado desde el año 2014, lo cual podría estar relacionado con el aumento en el Ndoc y Ncit. Estos resultados se muestran en la figura 1.

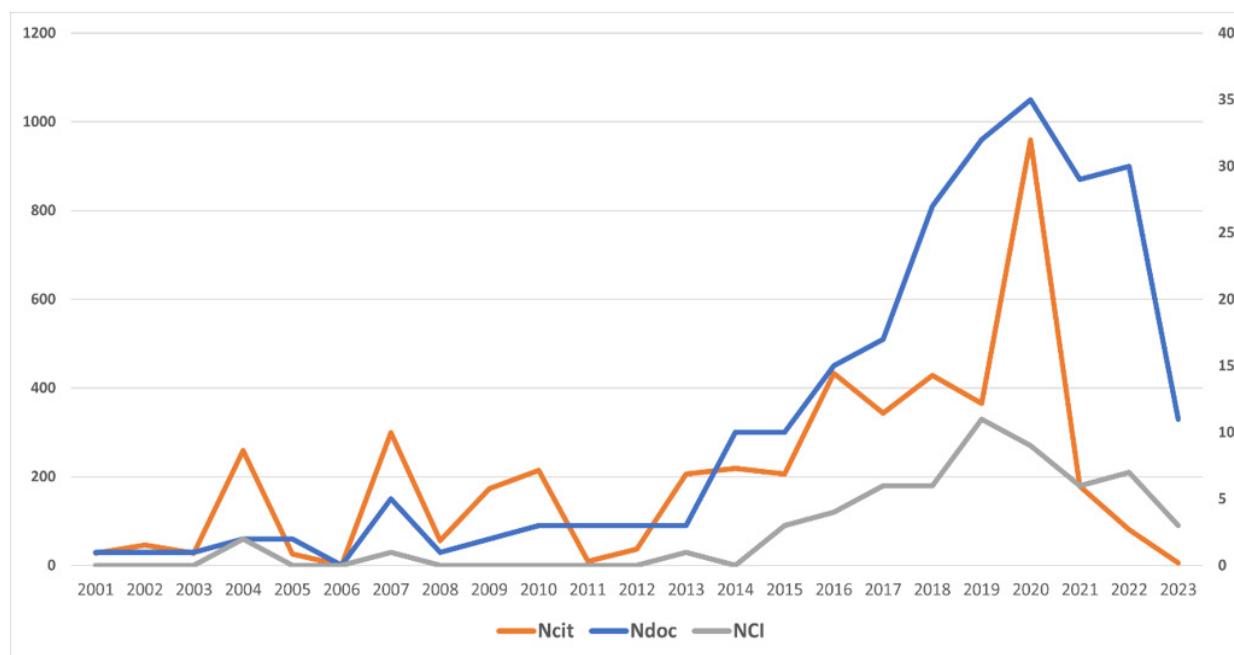


Figura 1. Distribución de los estudios publicados sobre RV, RA y metaverso de 2021 a 2023

El análisis de la producción científica conglomerada según países mostró a Estados Unidos y Canadá como máximos productores, donde concentraron el 36,21 % y 11,52 % de publicaciones en Scopus. Los documentos de Estados Unidos mostraron una mayor cantidad de citas y los documentos de Reino Unido una mayor relación de Cpd. Los países con un mayor porcentaje de NCI fueron Arabia Saudita y Países bajos.

Tabla 1. Distribución de los artículos sobre RV, RA y metaverso por país de procedencia (n = 243)

País	Ndoc	%Ndoc	Ncit	Cpd	%CI
Estados Unidos	88	36,21 %	2421	27,51	27,27 %
Canadá	28	11,52 %	754	26,93	53,57 %
Reino Unido	24	9,88 %	764	31,83	50 %
Alemania	20	8,23 %	346	17,30	30 %
China	19	7,82 %	131	6,89	42,11 %
Dinamarca	17	7 %	175	10,29	11,76 %
France	15	6,17 %	119	7,93	26,67 %
Países bajos	11	4,53 %	205	18,64	54,55 %
Arabia Saudita	8	3,29 %	156	19,50	100 %
Italia	7	2,88 %	121	17,29	42,86 %

Ndoc: Número de documentos, %Ndoc: Porcentaje de número de documentos, Ncit: Número de citas, Cpd: Citas por documento, %CI: Porcentaje de documentos que tuvieron colaboración internacional

En la figura 2 se muestra cómo, en contraste al resultado anterior, los países de América Latina, el Caribe,

África y, en menor medida, Asia presentan un Ndoc considerablemente menor o nulo.

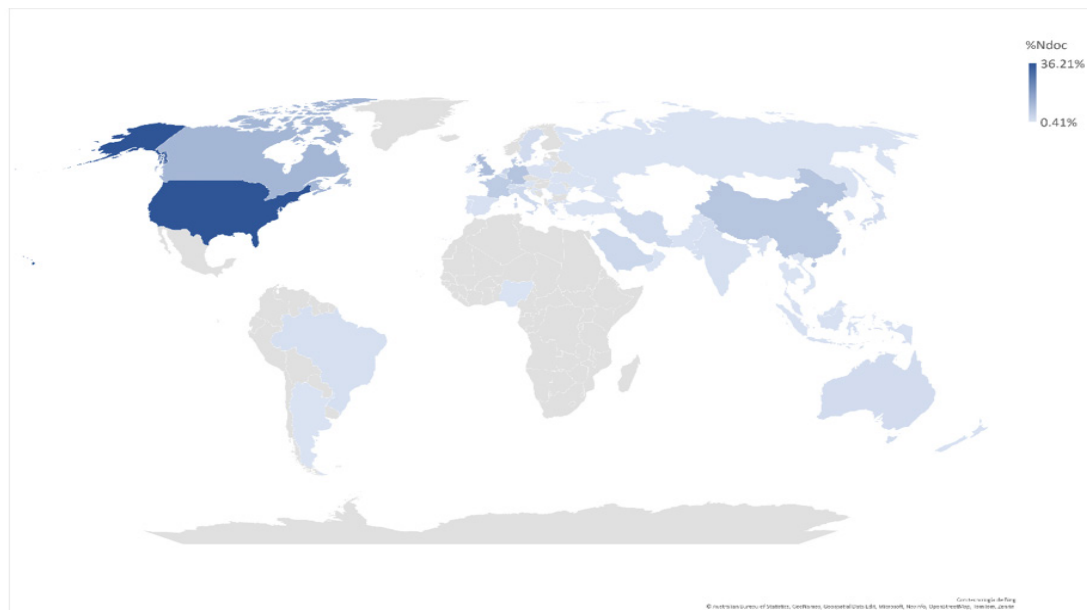


Figura 2. Distribución geográfica por regiones de los artículos publicados sobre RV, RA y metaverso en Scopus

Los artículos originales constituyeron la tipología más común (71,6 %) con una mayor cantidad de citas. Mientras que las revisiones presentaron una mayor relación Cpd (tabla 2).

Tipo	Ndoc	%Ndoc	Ncit	Cpd
Artículos originales	174	71,60 %	2793	16,05
Artículos de conferencia	36	14,81 %	640	17,78
Revisiones	26	10,70 %	1141	43,88
Notas	3	1,23 %	10	3,33
Cartas al editor	2	0,82 %	11	5,50
Originales breves	1	0,41 %	3	3
Editoriales	1	0,41 %	2	2

Basado en la concordancia de términos tesauro, se identificó que los tópicos con mayor interés para los autores fueron los relacionados a “humanos”, “realidad virtual”, y “educación” (figura 3).

Por otro lado, no se identificaron áreas especializadas de estudio. Sin embargo, se delimitaron 4 zonas de mayor concordancia centrados en diseños de “estudios primarios”, “entrenamiento de habilidades técnicas”, “propuestas curriculares” y “ciencias de la informática” (figura 4).

DISCUSIÓN

La revisión bibliométrica de 243 documentos sobre la aplicación de la RV, RA y metaverso en la educación médica reveló que es un tema emergente con una tendencia al incremento constante en su producción (desde el año 2014), tanto en el volumen de publicaciones como en su Ncit. La mayor parte de los documentos provenían de países de altos ingresos de América del Norte y la colaboración internacional tuvo el mayor impacto en términos de citas por artículo. Estos hallazgos indican que el metaverso en la educación médica de pregrado es un tema emergente de interés científico con potencial para la innovación y el crecimiento.⁽¹⁰⁾ Esta tendencia se alinea con la integración más amplia de tecnologías inmersivas y el aprendizaje basado en simulación en la educación médica.⁽¹¹⁾ Esto respalda la necesidad de aumentar la investigación y la colaboración para abordar las lagunas en el conocimiento y promover la innovación. En el aumento de la producción científica durante el año 2020 por la pandemia COVID-19, se ha reportado áreas como la realidad virtual,⁽¹²⁾ metaverso⁽¹³⁾ y las tecnologías de la información y las comunicaciones en la educación.⁽¹⁴⁾

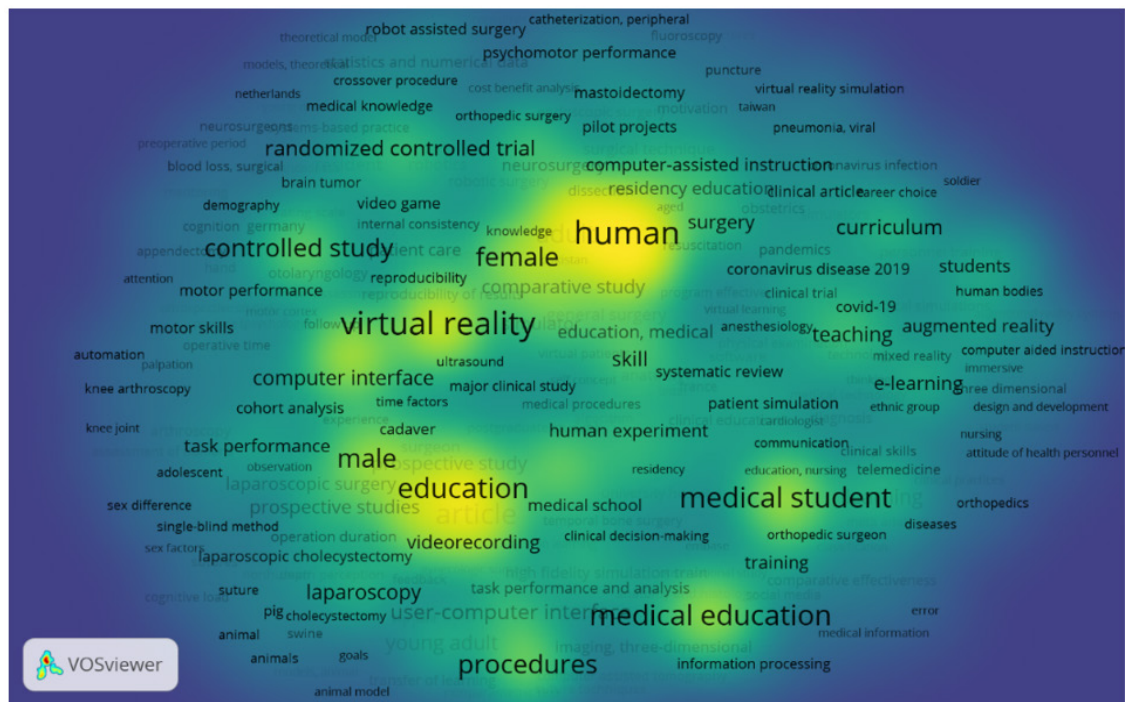


Figura 3. Gráfico de densidad de los términos tesoro identificados en los artículos publicados sobre RV, RA y metaverso en Scopus

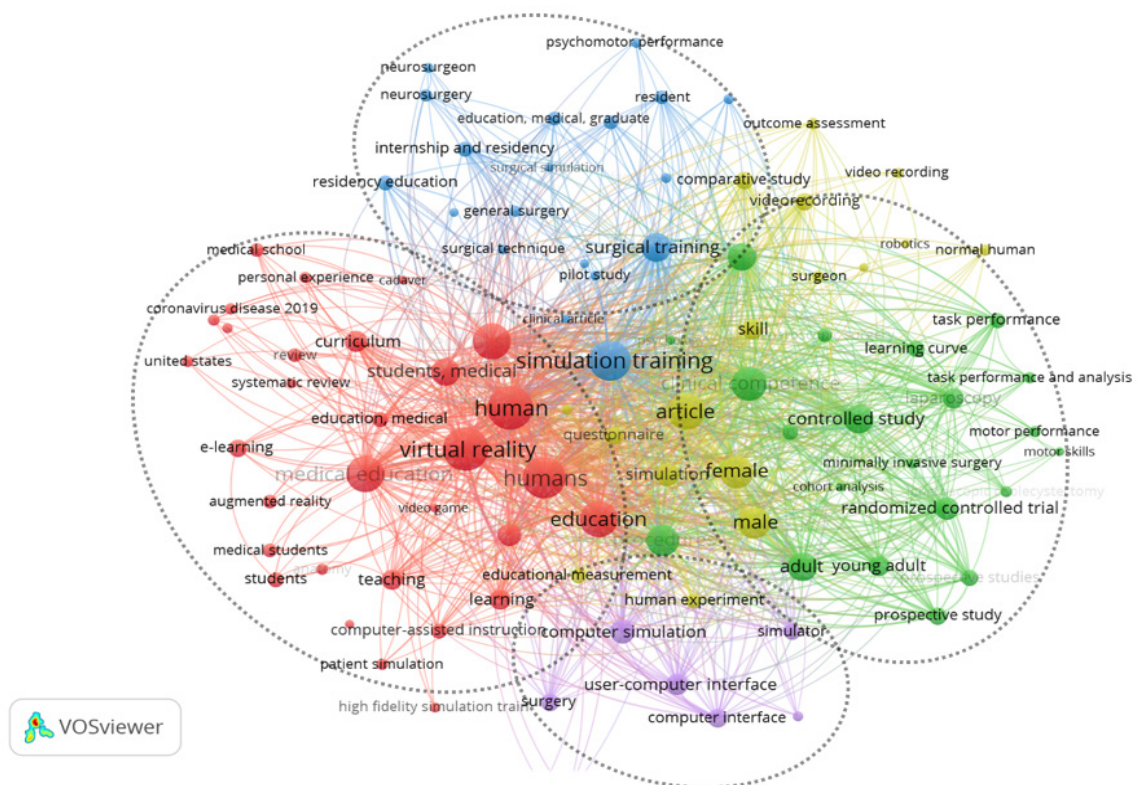


Figura 4. Gráfico de áreas temáticas que agrupa los términos tesoro con más de 3 concordancias identificados en los artículos publicados sobre RV, RA y metaverso en Scopus

Curiosamente, este análisis reveló una preferencia por la colaboración internacional, la cual tuvo el mayor impacto en términos de citas por artículo. Este hallazgo subraya el valor de fomentar asociaciones de investigación internacional para avanzar en el campo y expandir la comprensión global del papel de estas tecnologías en la educación médica. Los investigadores deben priorizar la investigación en contextos de bajos recursos a través de colaboraciones o financiación para recopilar información de entornos diversos, fomentando

la innovación en la enseñanza inmersiva.⁽¹⁵⁾

Si bien se observa que entre las tecnologías inmersivas la RV es uno de los tópicos de mayor interés esto puede deberse a que es la más accesible actualmente, debido a que las estrategias para lograr RA y metaverso demandan una mayor cantidad de recursos y logística.^(16,17) Las áreas temáticas de “estudios primarios”, “entrenamiento de habilidades técnicas”, “propuestas curriculares” y “ciencias de la informática” incluyeron el mayor número de publicaciones. Esto se comprende porque al ser un área emergente la mayoría de los documentos publicados habitualmente son estudios primarios de propuestas académicas e informática que se enfocarían en proporcionar propuestas curriculares que incluyan estrategias de enseñanza o desarrollo de dispositivos con tecnología inmersiva.⁽¹¹⁾ Por otro, lado el entrenamiento en habilidades técnicas en especialidades quirúrgicas se adaptan muy bien a ser proporcionada mediante tecnologías inmersivas debido a que requieren actividades operativas en comparación con las áreas clínicas.^(18,19,20,21,22)

El plan de trabajo consistió en descargar los datos bibliométricos directamente de Scopus y analizarlos en Excel, en lugar de utilizar la herramienta SciVal. Esta metodología permitió aprovechar todos los documentos disponibles. Uno de los beneficios de utilizar Excel es su flexibilidad y accesibilidad, lo cual permitió un análisis personalizado y detallado de los datos. Sin embargo, también presenta desafíos como la posibilidad de errores humanos durante el procesamiento de datos, la dificultad de manejar grandes volúmenes de información y la necesidad de tener habilidades técnicas para realizar análisis más avanzados. En un estudio con una cantidad relativamente pequeña de resultados como este, el análisis de los datos en Excel puede ser una opción más práctica y eficiente. No obstante, es importante tener en cuenta que tanto SciVal como Excel tienen sus propias fortalezas y limitaciones, y la elección de la herramienta depende en última instancia de las necesidades y recursos específicos del estudio.

CONCLUSIONES

Las tendencias emergentes en el campo de la RV, la RA y el metaverso indican un incremento constante en la producción y consumo de investigaciones desde 2014. Dada la naturaleza costosa de estas tecnologías, las publicaciones colaborativas suelen provenir de países de ingresos altos, lo que repercute en un mayor impacto y visibilidad de sus instituciones. Hasta la fecha, no se han identificado áreas de especialización claras dentro de este campo. Sin embargo, se observa que los estudios más comunes se centran en la incorporación de estas tecnologías en las actividades curriculares, el aprendizaje de competencias técnicas y el desarrollo de nuevas estrategias que emplean las ciencias de la informática. En resumen, las tecnologías inmersivas están ganando reconocimiento como herramientas valiosas en la educación médica, pero aún queda mucho por explorar y entender para maximizar su potencial. La inversión en investigación adicional y la colaboración a nivel internacional pueden ser esenciales para impulsar la innovación y la aplicación efectiva de estas tecnologías en contextos educativos y más allá.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Li L, Yu F, Shi D, Shi J, Tian Z, Yang J, et al. Application of virtual reality technology in clinical medicine. *Am J Transl Res*. 2017 ;9(9):3867.
2. Vaughan N, Dubey VN, Wainwright TW, Middleton RG. A review of virtual reality based training simulators for orthopaedic surgery. *Med Eng Phys*. 2016 Feb 1 ;38(2):59-71.
3. Hwang GJ, Chien SY. Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022 Jan 1;3:100082.
4. Zhang X, Chen Y, Hu L, Wang Y. The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Front Psychol*. 2022 Oct 11 ;13.
5. Boulos MNK, Wheeler S. The emerging Web 2.0 social software: an enabling suite of sociable technologies in health and health care education. *Health Info Libr J* . 2007 Mar ;24(1):2-23.
6. Chengoden R, Victor N, Huynh-the T, Yenduri G, Hjhaveri R, Member S, et al. Metaverse for Healthcare: A Survey on Potential Applications, Challenges and Future Directions. 2022 Sep 9 ;4. <https://arxiv.org/abs/2209.04160v1>
7. Hood WW, Wilson CS. The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. *Scientometrics*. 2001 ;52(2):291-314. <https://doi.org/10.1023/A:1017919924342>
8. Mingers J, Leydesdorff L. A review of theory and practice in scientometrics. *Eur J Oper Res*. 2015 Oct

1;246(1):1-19.

9. van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. 2010 Dec 31 ;84(2):523-38. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

10. Sandrone S. Medical education in the metaverse. *Nature Medicine*. 2022;28(12):2456-7.

11. Radianti J, Majchrzak TA, Fromm J, Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Comput Educ*. 2020;147:103778.

12. Lepez CO. Metaverse and education: a panoramic review. *Metaverse Basic and Applied Research* 2022;1:2-2. <https://doi.org/10.56294/mr20222>.

13. Vitón-Castillo AA, Quesada AJF, Valdes Y de la CR, Rivero LB. Metaverso: un área de investigación emergente. *Metaverse Basic and Applied Research*. 2022;1:3-3. <https://doi.org/10.56294/mr20223>

14. Hernandez RM, Saavedra-López MA, Wong-Fajardo EM, Campos-Ugaz O, Calle-Ramírez XM, García-Pérez M V. Producción científica Iberoamericana sobre TIC en el contexto educativo. *Propósitos y Representaciones*. 2021;9(3):e1443-e1443.

15. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2011;306(9):978-88.

16. Akçayır M, Akçayır G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educ Res Rev*. 2017;20:1-11.

17. Kye B, Han N, Kim E, Park Y, Jo S. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *J Educ Eval Health Prof*. 2021;18.

18. Tang YM, Chau KY, Kwok APK, Zhu T, Ma X. A systematic review of immersive technology applications for medical practice and education - Trends, application areas, recipients, teaching contents, evaluation methods, and performance. *Educ Res Rev*. 2022 Feb 1;35:100429.

19. Pears M, Konstantinidis S. The Future of Immersive Technology in Global Surgery Education. *Indian J Surg*. 2022;84(Suppl 1):281.

20. Prakash A, Haque A, Islam F, Sonal D. Exploring the Potential of Metaverse for Higher Education: Opportunities, Challenges, and Implications. *Metaverse Basic and Applied Research* 2023;2:40-40. <https://doi.org/10.56294/mr202340>.

21. Kumar D, Haque A, Mishra K, Islam F, Mishra BK, Ahmad S. Exploring the Transformative Role of Artificial Intelligence and Metaverse in Education: A Comprehensive Review. *Metaverse Basic and Applied Research* 2023;2:55-55. <https://doi.org/10.56294/mr202355>.

22. Mao RQ, Lan L, Kay J, Lohre R, Ayeni OR, Goel DP, et al. Immersive Virtual Reality for Surgical Training: A Systematic Review. *Journal of Surgical Research*. 2021;268:40-58.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Ninguno.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación no recibió ningún subsidio específico de agencias de financiamiento en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Victor Velásquez-Rimachi, Martin Hemeryth, Rengifo Grecia, Enciso Liñan y Álvaro Prialé-Z.

Curación de datos: Victor Velásquez-Rimachi, Martin Hemeryth.

Análisis formal: Victor Velásquez-Rimachi.

Metodología: Victor Velásquez-Rimachi.

Administración del proyecto: Victor Velásquez-Rimachi, Álvaro Prialé-Z.

Software: Victor Velásquez-Rimachi.

Supervisión: Álvaro Prialé-Z.

Visualización: Álvaro Prialé-Z.

Redacción - borrador original: Victor Velásquez-Rimachi, Martin Hemeryth, Rengifo Grecia, Enciso Liñan.

Redacción - revisión y edición: Victor Velásquez-Rimachi, Álvaro Prialé-Z.

Material suplementario 1. Estrategia de búsqueda para Scopus

Estrategia de búsqueda	
#1: Metaverse (Area: Medicine)	(INDEXTERMS ("simulation training") OR TITLE-ABS ("simulation training") OR TITLE-ABS ("clinical simulation*") OR TITLE-ABS ("interactive learning") OR TITLE-ABS ("patient simulation*") OR TITLE-ABS ("healthcare simulation*") OR TITLE-ABS ("medical simulation*")) AND (INDEXTERMS ("augmented reality") OR INDEXTERMS ("virtual reality") OR TITLE-ABS ("augmented reality") OR TITLE-ABS ("virtual reality") OR TITLE-ABS ("mixed reality") OR TITLE-ABS ("extended reality") OR TITLE-ABS (metaverse) OR TITLE-ABS (lifelogging) OR TITLE-ABS ("mirror world") OR TITLE-ABS ("virtual space")) AND (INDEXTERMS ("Education, Medical, Undergraduate") OR TITLE-ABS ("medical student*") OR TITLE-ABS ("medicine student*") OR TITLE-ABS ("medicine undergraduate*") OR TITLE-ABS ("medical school*") OR TITLE-ABS ("medical universit*") OR TITLE-ABS ("medical college*") OR TITLE-ABS ("medical facult*")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "MEDI"))