

**REALIDAD AUMENTADA Y SIMULACIÓN 3D EN LA ENSEÑANZA ANATÓMICA:  
REVISIÓN SISTEMÁTICA**  
**AUGMENTED REALITY AND 3D SIMULATION IN ANATOMICAL TEACHING: A  
SYSTEMATIC REVIEW**

**Autores: <sup>1</sup>Bryan David Cabezas Ramos, <sup>2</sup>Blanca Belén Guilcapi Baldeón, <sup>3</sup>María José Barreno Sánchez y <sup>4</sup>Katherine Jeannette Chimborazo Constante.**

<sup>1</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-5682-852X>

<sup>2</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-0975-1435>

<sup>3</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1863-199X>

<sup>4</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1294-8143>

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [bd.cabezas@uta.edu.ec](mailto:bd.cabezas@uta.edu.ec)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [bb.guilcapi@uta.edu.ec](mailto:bb.guilcapi@uta.edu.ec)

<sup>3</sup>E-mail de contacto: [mj.barreno@uta.edu.ec](mailto:mj.barreno@uta.edu.ec)

<sup>4</sup>E-mail de contacto: [kj.chimborazo@uta.edu.ec](mailto:kj.chimborazo@uta.edu.ec)

Afiliación: <sup>1\*2\*3\*4\*</sup>Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

Artículo recibido: 29 de mayo del 2025

Artículo revisado: 31 de mayo del 2025

Artículo aprobado: 25 de junio del 2025

<sup>1</sup>Médico graduado en la Universidad de Guayaquil, (Ecuador). Médico - Especialista Cirujano General graduado en el Belgorod National Research University, (Rusia).

<sup>2</sup>Médico graduada en la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador). Especialista en Cirugía General graduada en la Universidad Central del Ecuador, (Ecuador).

<sup>3</sup>Ingeniera Bioquímica graduada en la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). Máster Universitario en Bioquímica, Biología Molecular y Biomedicina (Especialidad en Biomoléculas en Investigación Biomédica) graduada en la Universitat Autònoma de Barcelona, (España).

<sup>4</sup>Médico Cirujano graduada en la Universidad Regional Autónoma de los Andes, (Ecuador). Médico Especialista en Endocrinología graduada en la Belgorod State University, (Rusia).

### **Resumen**

La enseñanza de la anatomía, tradicionalmente basada en textos y disección cadavérica, enfrenta nuevas oportunidades gracias a las tecnologías emergentes. La realidad aumentada (RA) y la simulación 3D han demostrado mejorar la comprensión espacial, la retención del conocimiento y el aprendizaje de estructuras complejas. El objetivo se centró en analizar la eficacia del aprendizaje sustentado en realidad aumentada y simulación tridimensional en la enseñanza de la anatomía humana. Se realizó una revisión sistemática siguiendo las guías PRISMA y PROSPERO, con el objetivo de evaluar la efectividad de la realidad aumentada y la simulación 3D en la enseñanza de la anatomía. Se incluyeron estudios publicados entre 2020 y 2025 que involucraran a estudiantes de ciencias de la salud y aplicaran estas tecnologías en contextos educativos. La búsqueda se llevó a cabo en bases como PubMed y Elsevier. La selección y

evaluación de los estudios fue realizada por dos revisores independientes. Se incluyeron 10 estudios seleccionados de PubMed y Elsevier. Los hallazgos mostraron que la realidad aumentada y la simulación 3D mejoran la comprensión espacial y el aprendizaje anatómico en estudiantes de ciencias de la salud. La realidad aumentada y la simulación 3D mejoran la enseñanza de la anatomía, favoreciendo un aprendizaje más visual y autónomo, aunque son útiles, la disección cadavérica sigue siendo importante, por lo que combinar ambas metodologías optimiza la educación en ciencias de la salud.

**Palabras clave: Anatomía, Educación, Realidad aumentada, Simulación 3D, Estudiantes.**

### **Abstract**

Anatomy teaching, traditionally based on texts and cadaveric dissection, faces new opportunities thanks to emerging technologies. Augmented reality (AR) and 3D simulation

have been shown to improve spatial understanding, knowledge retention, and learning of complex structures. The objective was to analyze the effectiveness of learning supported by augmented reality and 3D simulation in teaching human anatomy. A systematic review was conducted following the PRISMA and PROSPERO guidelines, with the aim of evaluating the effectiveness of augmented reality and 3D simulation in teaching anatomy. Studies published between 2020 and 2025 that involved health science students and applied these technologies in educational contexts were included. The search was carried out in databases such as PubMed and Elsevier. The selection and evaluation of the studies was conducted by two independent reviewers. Ten studies selected from PubMed and Elsevier were included. The findings showed that augmented reality and 3D simulation improve spatial understanding and anatomical learning in health science students. Augmented reality and 3D simulation enhance the teaching of anatomy, promoting more visual and autonomous learning. Although useful, cadaveric dissection remains important, so combining both methodologies optimizes health science education.

**Keywords: Anatomy, Education, Augmented reality, 3D Simulation, Students.**

### **Sumário**

O ensino de anatomia, tradicionalmente baseado em textos e dissecação de cadáveres, enfrenta novas oportunidades graças às tecnologias emergentes. A realidade aumentada (RA) e a simulação 3D demonstraram melhorar a compreensão espacial, a retenção de conhecimento e a aprendizagem de estruturas complexas. O objetivo foi analisar a eficácia da aprendizagem apoiada pela realidade aumentada e simulação 3D no ensino de anatomia humana. Uma revisão sistemática foi conduzida seguindo as diretrizes PRISMA e PROSPERO, com o objetivo de avaliar a eficácia da realidade aumentada e da simulação 3D no ensino de anatomia. Foram incluídos estudos publicados

entre 2020 e 2025 que envolveram estudantes de ciências da saúde e aplicaram essas tecnologias em contextos educacionais. A busca foi realizada em bases de dados como PubMed e Elsevier. A seleção e avaliação dos estudos foram conduzidas por dois revisores independentes. Dez estudos selecionados do PubMed e Elsevier foram incluídos. Os resultados mostraram que a realidade aumentada e a simulação 3D melhoram a compreensão espacial e a aprendizagem anatômica em estudantes de ciências da saúde. A realidade aumentada e a simulação 3D aprimoram o ensino de anatomia, promovendo uma aprendizagem mais visual e autônoma. Embora útil, a dissecação cadavérica continua sendo importante, portanto, a combinação de ambas as metodologias otimiza o ensino de ciências da saúde.

**Palavras-chave: Anatomia, Educação, Realidade aumentada, Simulação 3D, Estudantes.**

### **Introducción**

La instrucción anatómica es fundamental en la formación de los profesionales de la salud porque proporciona el conocimiento esencial sobre la estructura del cuerpo humano, base indispensable para la práctica clínica segura y efectiva. Tradicionalmente, esta enseñanza se ha apoyado en la lectura de textos especializados y la disección cadavérica, métodos que permiten combinar teoría y experiencia práctica directa, facilitando la comprensión tridimensional y la variabilidad anatómica real. Sin embargo, la disponibilidad limitada de cadáveres debido a factores éticos, legales, económicos y logísticos restringe el acceso de los estudiantes a esta práctica vital, generando la necesidad de alternativas que aseguren una formación adecuada. Además, el avance acelerado de las tecnologías digitales ha abierto nuevas posibilidades pedagógicas que pueden complementar o sustituir parcialmente los métodos clásicos, ofreciendo experiencias de aprendizaje más accesibles, seguras y

adaptables. En este contexto, la incorporación de la realidad aumentada y la simulación tridimensional se presenta como una alternativa eficaz y prometedora porque permite a los estudiantes interactuar con modelos anatómicos en entornos inmersivos y dinámicos, facilitando una comprensión más profunda y visual de la anatomía. Estas tecnologías mejoran la motivación, la retención del conocimiento y el desempeño práctico, al ofrecer la posibilidad de repetir procedimientos sin limitaciones materiales ni riesgos biológicos.

Por tanto, la integración de estas herramientas digitales con los métodos tradicionales responde a la necesidad de optimizar la enseñanza anatómica, garantizando una formación más completa, actualizada y acorde con las exigencias educativas y profesionales actuales. Diversas investigaciones recientes han evidenciado la efectividad de las tecnologías emergentes en el fortalecimiento del proceso de aprendizaje anatómico. Bölek et al. (2021) a través de una revisión sistemática y metaanálisis, concluyeron que la realidad aumentada (RA) contribuye significativamente a una mejor interpretación espacial y a una mayor retención de los contenidos anatómicos, en comparación con los enfoques pedagógicos tradicionales (Weeks et al., 2021). En un estudio complementario Greuter et al. (2021) evaluaron el aprendizaje de la anatomía cerebrovascular mediante modelos tridimensionales en realidad virtual frente a imágenes bidimensionales convencionales, identificando una clara ventaja de los modelos 3D en términos de percepción espacial y comprensión visual.

Estos estudios reflejan el potencial transformador de la AR y la simulación 3D en la enseñanza de la anatomía, lo que justifica la necesidad de explorar más a fondo su impacto y

su aplicabilidad en la educación médica. A pesar de los resultados prometedores, deben reconocerse ciertas limitaciones inherentes a la investigación, tales como la variabilidad en los diseños metodológicos de los estudios seleccionados, la limitada disponibilidad de ensayos controlados aleatorizados y las diferencias en los criterios de medición del aprendizaje. Sin embargo, la relevancia de este trabajo radica en su contribución al cuerpo de conocimiento actual sobre estrategias educativas innovadoras, proporcionando una base sólida para futuras decisiones curriculares que busquen integrar tecnologías inmersivas en la formación médica. Este estudio tuvo como propósito general analizar la eficacia del aprendizaje sustentado en realidad aumentada y simulación tridimensional en la enseñanza de la anatomía humana. Para ello, se realizó una revisión sistemática de investigaciones publicadas entre 2020 y 2025, con el objetivo de identificar el impacto de dichas herramientas tecnológicas sobre la comprensión espacial, la retención del conocimiento y el desempeño académico de estudiantes de ciencias de la salud.

### **Materiales y Métodos**

La presente revisión sistemática tuvo como objetivo evaluar la efectividad del aprendizaje basado en realidad aumentada (AR, Augmented Reality) y simulación 3D en la enseñanza de la anatomía. Para ello, se siguieron las directrices establecidas por las guías PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) y PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews). A continuación, se describen los criterios de inclusión y exclusión, la estrategia de búsqueda, el proceso de selección de los estudios, la extracción de datos, la evaluación de la calidad metodológica y el análisis de los resultados. Se establecieron criterios específicos para la

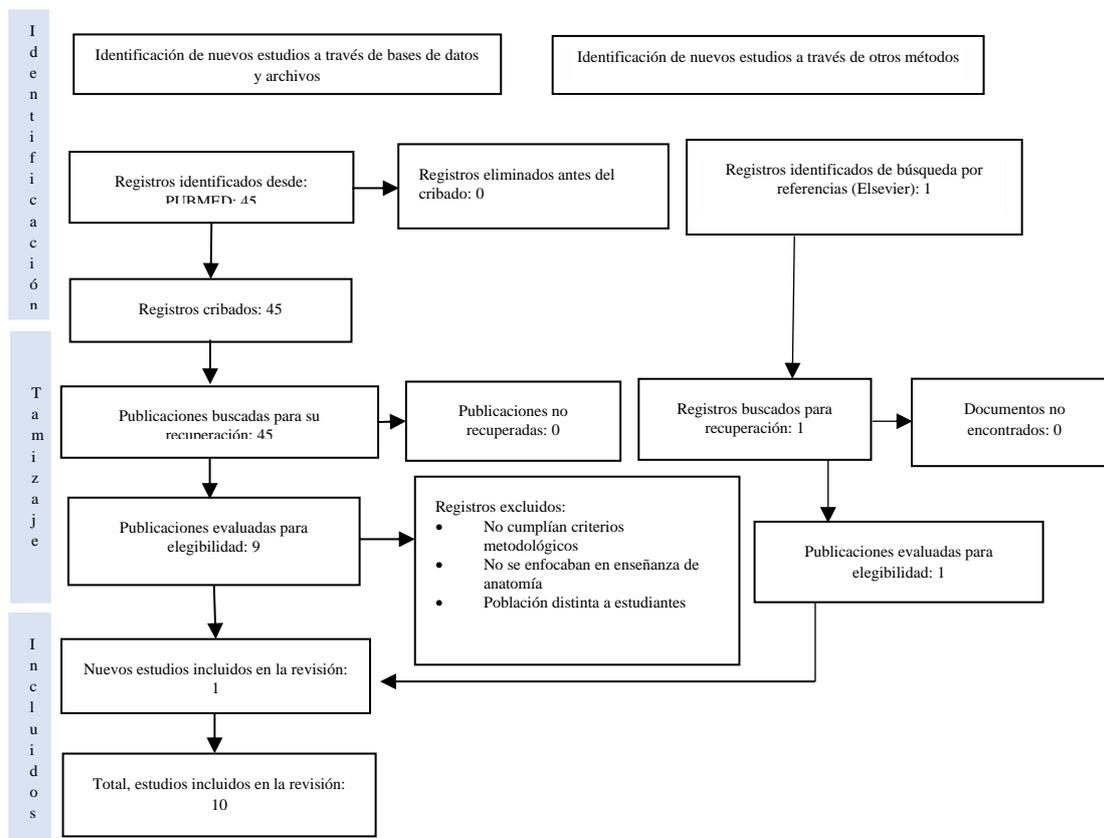
inclusión y exclusión de los estudios en esta revisión sistemática. Los estudios fueron seleccionados si cumplían con los siguientes criterios de inclusión: 1) estudios que incluyeron a estudiantes de medicina o ciencias de la salud como población, 2) investigaciones que emplearon tecnologías de realidad aumentada o simulación 3D en la enseñanza de la anatomía, 3) estudios cuantitativos, cualitativos o mixtos que reportaron resultados sobre la efectividad de estas tecnologías en la educación anatómica, y 4) artículos publicados en inglés o español entre 2020 y 2025.

En cuanto a los criterios de exclusión, se desecharon estudios que: 1) no estuvieron relacionados con la enseñanza de anatomía, 2) no utilizaron realidad aumentada o simulación 3D como herramienta educativa, 3) se centraron en poblaciones fuera del ámbito de los estudiantes de ciencias de la salud, 4) fueron revisiones, editoriales, cartas al editor o estudios sin revisión por pares, y 5) no tuvieron acceso al texto completo. La búsqueda bibliográfica se realizó en una de las principales bases de datos electrónicas como PubMed y Elsevier, utilizando una combinación de los siguientes términos de búsqueda: Anatomy AND Education AND Augmented AND reality 3D AND simulation AND students. Se buscaron artículos relevantes publicados entre 2020 y 2025. La selección de los estudios se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase, se realizó una evaluación preliminar de los títulos y resúmenes de los estudios identificados para determinar su relevancia. En la segunda fase, se procedió a la revisión del texto completo de aquellos estudios que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos en la primera fase. La selección de los estudios fue realizada por dos revisores independientes, y en caso de desacuerdo, se resolvió mediante consenso o con la intervención de un tercer revisor.

### **Resultados y Discusión**

La estrategia de búsqueda sistemática se desarrolló conforme a las directrices del protocolo PRISMA, utilizando como palabras clave: Anatomy, Education, Augmented, Reality 3D, Simulation y Students, combinadas mediante operadores booleanos. La búsqueda se llevó a cabo en dos bases de datos electrónicas: PubMed y Elsevier. En PubMed, se identificaron inicialmente 45 artículos. Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos que consideraron aspectos como la población objetivo (estudiantes de anatomía), el tipo de intervención (uso de realidad aumentada o simulación 3D), el enfoque educativo y el idioma (inglés o español) se procedió con la revisión de títulos y resúmenes. De esta fase, se excluyeron 36 artículos por no cumplir con los criterios establecidos, lo cual dejó un total de 9 estudios seleccionados para la lectura completa y evaluación de elegibilidad.

Posteriormente, se realizó una búsqueda específica adicional en la base de datos Elsevier, utilizando los mismos términos de búsqueda y filtros. Como resultado de esta búsqueda, se seleccionó un artículo adicional que cumplía con todos los criterios de inclusión y mostraba pertinencia directa con el objetivo de la presente revisión. En total, la revisión sistemática integró 10 estudios finales, los cuales fueron analizados en profundidad para valorar el impacto de las herramientas basadas en realidad aumentada y simulación 3D en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la anatomía en contextos universitarios. El proceso detallado de identificación, selección, elegibilidad e inclusión se presenta en la Figura 1: el diagrama de flujo PRISMA, en el cual, se incluyeron diez artículos para su análisis e interpretación.



**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA

La implementación de tecnologías innovadoras como la realidad aumentada (AR) y los modelos 3D ha demostrado ser un avance significativo en la enseñanza de la anatomía y otras disciplinas médicas. Diversos estudios han comparado la efectividad de estas tecnologías en el aprendizaje de estudiantes de medicina, y en general, los resultados indican que las tecnologías inmersivas pueden ofrecer mejoras notables sobre los métodos tradicionales. A continuación, se realiza una comparación y discusión de los hallazgos más relevantes de los estudios seleccionados, estableciendo significados. Pinsky et al. (2023) destacaron el potencial de los modelos 3D y la realidad aumentada para mejorar la enseñanza de la radiología transversal, demostrando que los modelos interactivos pueden facilitar una mejor comprensión espacial de las estructuras anatómicas. En este estudio, se observó que el

uso de AR permitió a los estudiantes visualizar de manera más efectiva las estructuras en un espacio tridimensional, lo que mejoró su capacidad para integrar información compleja. Este enfoque resalta la ventaja de la visualización espacial que es limitada en métodos de enseñanza tradicionales, como las imágenes bidimensionales en pantallas. Bölek et al. (2021) en su revisión sistemática y metaanálisis, corroboraron que la realidad aumentada es altamente efectiva en la enseñanza de la anatomía, al mejorar la motivación y el rendimiento de los estudiantes. Este estudio subraya que, aunque muchos de los estudios analizados en la revisión informaron resultados positivos, la falta de estandarización de las herramientas tecnológicas utilizadas representó una limitación importante. No obstante, el metaanálisis refuerza la idea de que AR es especialmente útil para la visualización

interactiva de estructuras complejas que los métodos tradicionales no pueden representar adecuadamente.

Greuter et al. (2021) realizaron un estudio comparativo entre modelos de realidad virtual (VR) en 3D y los métodos tradicionales bidimensionales para la enseñanza de la anatomía cerebrovascular. Los resultados mostraron que los estudiantes que utilizaron la VR tuvieron una mejor orientación espacial y comprensión de las relaciones anatómicas en comparación con aquellos que utilizaron imágenes tradicionales en 2D. Esta investigación se alinea con los hallazgos de Pinsky et al. (2023), ya que también destaca cómo los modelos 3D inmersivos, al ofrecer interactividad y manipulación de estructuras, mejoran la comprensión anatómica de los estudiantes. Bölek et al. (2022), en su investigación sobre el uso de AR en la educación de neuroanatomía, identificaron que el uso de tecnologías inmersivas no solo mejoró la comprensión de las estructuras anatómicas, sino que también incrementó la motivación y la satisfacción de los estudiantes. Este estudio señala que el uso de AR permitió un aprendizaje más autónomo, ya que los estudiantes podían interactuar con los modelos anatómicos de manera independiente, lo que no es posible con métodos tradicionales. Además, la personalización del aprendizaje a través de estas tecnologías fue destacada como una de las principales ventajas.

En el contexto de la neurocirugía, Efe et al. (2023) exploraron el uso de modelos cerebrales sin cadáveres y realidad aumentada en un curso de simulación para estudiantes de medicina. Los autores encontraron que esta combinación de tecnologías proporcionó una experiencia educativa significativa, permitiendo a los estudiantes interactuar con modelos virtuales de

alta fidelidad para estudiar la anatomía del cerebro. Este enfoque también demuestra la flexibilidad de AR y 3D en diferentes campos anatómicos y su potencial para reemplazar el uso de cadáveres, lo cual es una ventaja importante en muchas instituciones donde el acceso a cadáveres es limitado. Gurses et al. (2024) crearon un modelo educativo para la neuroanatomía utilizando realidad aumentada y realidad virtual para simular los tractos de materia blanca en el cerebro. Su estudio muestra que, al integrar estas tecnologías, los estudiantes pudieron comprender de manera más efectiva las complejas interacciones entre las distintas estructuras del cerebro. Este modelo educativo también destacó cómo la tecnología 3D mejora la interacción con el contenido, lo que permite un aprendizaje más detallado y enriquecido. Fernandez et al. (2022), en una revisión sistemática sobre el uso de realidad virtual y realidad aumentada en la enseñanza de la fisioterapia, compararon los métodos tradicionales con los tecnológicos. Si bien su enfoque fue diferente, al centrarse en la fisioterapia, los hallazgos corroboran la tendencia observada en la anatomía, ya que la VR y la AR demostraron ser más eficaces que los métodos tradicionales en la mejora del aprendizaje práctico y teórico.

Cercenelli et al. (2022) combinaron la realidad aumentada y la impresión 3D en su herramienta educativa AEducaAR, mostrando cómo estas tecnologías pueden ser utilizadas para mejorar el aprendizaje de la anatomía básica, permitiendo a los estudiantes estudiar la anatomía en un entorno inmersivo. El estudio subraya la efectividad de estas tecnologías para facilitar la comprensión de estructuras anatómicas complejas, especialmente cuando el acceso a cadáveres es limitado. La presente revisión permite contrastar diferentes perspectivas en torno al uso de herramientas

tradicionales y tecnológicas en la enseñanza de la anatomía. El artículo de (Hernández Navarro, 2024) reflexiona sobre la vigencia de la disección anatómica de cadáveres como método docente, reconociendo su valor histórico, pedagógico y visual, pero también señalando sus limitaciones logísticas, económicas y sanitarias. La autora destaca que, si bien la práctica con cadáveres continúa siendo una herramienta formativa relevante, su aplicación debe complementarse con metodologías más innovadoras que respondan a las exigencias actuales del entorno educativo.

En contraposición, el estudio de Pinsky et al. (2023) adopta un enfoque empírico y tecnológicamente orientado, centrado en la eficacia del uso de modelos tridimensionales y realidad aumentada en la enseñanza de la anatomía radiológica. Los autores reportan resultados positivos en términos de mejora en la comprensión espacial, la interacción estudiantil con el contenido y la asimilación de estructuras anatómicas complejas, argumentando que estas tecnologías representan una evolución significativa frente a los métodos convencionales. Ambos trabajos coinciden en reconocer la utilidad pedagógica de las nuevas tecnologías aplicadas a la anatomía. No obstante, mientras Hernández (2024) plantea una postura más crítica y equilibrada, abogando por la coexistencia de ambos enfoques, Pinsky et al. (2023) se posicionan a favor de una transición hacia modelos digitales con base en evidencia cuantitativa. Esta diferencia sugiere la necesidad de continuar generando investigaciones comparativas que permitan establecer criterios sólidos sobre la efectividad de cada estrategia en contextos diversos.

En consecuencia, se evidencia que la integración de tecnologías emergentes no busca desplazar completamente los métodos

tradicionales, sino complementarlos, optimizando así la experiencia de aprendizaje anatómico y respondiendo a las limitaciones actuales de recursos humanos y materiales en la educación médica. A partir de lo expuesto, resulta evidente que la enseñanza de la anatomía se encuentra en un punto de convergencia entre tradición y modernidad. En este contexto, el estudio de Pinsky et al. (2023) complementa el análisis planteado por (Hernández Navarro, 2024) al ofrecer evidencia cuantitativa sobre la eficacia de las tecnologías emergentes, particularmente los modelos tridimensionales y la realidad aumentada, en la mejora de la comprensión espacial en anatomía radiológica. Mientras que Hernández (2024) plantea la necesidad de revisar críticamente la continuidad de la disección cadavérica frente al auge de las herramientas digitales, Pinsky et al. (2023) afirman con base empírica que estas innovaciones no solo optimizan el aprendizaje, sino que pueden superar en ciertos aspectos a los métodos tradicionales, especialmente en términos de accesibilidad, seguridad y representación visual.

No obstante, al incorporar el estudio de Huynh et al. (2021) se refuerza la idea de que la disección anatómica sigue siendo una estrategia valiosa, particularmente cuando se implementa en condiciones controladas, con acompañamiento experto y dentro de un enfoque pedagógico estructurado. Esta investigación demostró que la experiencia directa con cuerpos humanos mejora significativamente el rendimiento académico y es percibida positivamente por los estudiantes, lo que sugiere que el contacto físico con las estructuras anatómicas sigue teniendo un valor formativo insustituible. Así, al contrastar las tres perspectivas, se evidencia que no existe una solución única ni excluyente para la enseñanza de la anatomía. Por el contrario, el diálogo entre

la tradición representada por la disección y la innovación representada por la realidad aumentada y la simulación 3D debe guiar la construcción de un currículo integrador. La clave está en diseñar experiencias educativas híbridas que aprovechen las ventajas pedagógicas de cada enfoque, considerando tanto la evidencia empírica como las condiciones institucionales, recursos disponibles y perfiles estudiantiles. Desde los referentes teóricos analizados resulta

importante definir los tres componentes del estudio, el primero relacionado con el impacto de la realidad aumentada y la simulación tridimensional, el segundo relacionado con la retención del conocimiento y el tercero con el desempeño académico. Para comparar las potencialidades de la realidad aumentada, la simulación 3D y la disección tradicional en la enseñanza anatómica, se elaboró una tabla matriz (ver Tabla 1) que resume los principales hallazgos de la revisión sistemática.

**Tabla 1.** Potencialidades comparadas de la Realidad Aumentada, Simulación 3D y Disección Tradicional en la enseñanza anatómica, según los componentes de impacto, retención y desempeño

Componente	Realidad Aumentada (RA) y Simulación 3D	Disección Tradicional
<b>Impacto</b>	Ofrece una experiencia inmersiva y dinámica que incrementa la motivación y el interés del estudiante. Permite la visualización y manipulación de estructuras anatómicas complejas en 3D, facilitando la comprensión espacial y la integración de conocimientos teóricos y prácticos. Reduce barreras éticas y emocionales asociadas al uso de cadáveres, y elimina riesgos biológicos. Proporciona acceso repetido e ilimitado a los contenidos, permitiendo la repetición de procedimientos sin desgaste de materiales.	Permite la experiencia directa con tejidos reales, lo que facilita la comprensión de la variabilidad anatómica y la textura de los órganos. Puede generar un fuerte impacto emocional, tanto positivo (mayor respeto por la vida humana) como negativo (estrés o rechazo). Implica riesgos biológicos y requiere consideraciones éticas y logísticas (adquisición, almacenamiento y disposición de cadáveres).
<b>Retención</b>	El aprendizaje activo e interactivo, junto con la retroalimentación inmediata, mejora la memorización y comprensión de conceptos complejos. Las herramientas 3D y RA permiten la repetición y la personalización del aprendizaje, adaptándose al ritmo y estilo de cada estudiante. Estudios muestran que los estudiantes que utilizan simulación 3D obtienen mejores puntajes en pruebas de retención de conocimientos frente a métodos tradicionales (ej. 80% vs 65%)	El contacto físico y la manipulación real pueden favorecer la memoria sensorial y la comprensión tridimensional del cuerpo humano. La retención puede verse limitada por la imposibilidad de repetir procedimientos y la variabilidad entre los cadáveres disponibles. La experiencia puede ser menos consistente y depender de la habilidad del instructor y la calidad del material biológico.
<b>Desempeño</b>	Mejora el desempeño académico y práctico, permitiendo a los estudiantes practicar técnicas y procedimientos de forma segura antes de enfrentarse a situaciones reales. Facilita el desarrollo de habilidades quirúrgicas y la exploración de errores sin consecuencias irreversibles. La posibilidad de simular patologías y variaciones anatómicas amplía el espectro de aprendizaje y preparación clínica.	Favorece el desarrollo de destrezas manuales y la familiarización con instrumentos reales, esenciales en la formación quirúrgica. Permite la observación directa de la anatomía real, pero los errores pueden ser irreversibles y limitar el aprendizaje posterior. El desempeño depende de la disponibilidad de cadáveres y del tiempo limitado de práctica.

Fuente: elaboración propia

### Conclusiones

Los avances tecnológicos, en particular la implementación de la realidad aumentada y la simulación tridimensional (3D), han demostrado generar un impacto educativo profundo y transformador en la enseñanza de la anatomía. Estas herramientas innovadoras no solo captan la atención y motivación de los

estudiantes, sino que también facilitan una comprensión más clara, visual y dinámica de las estructuras anatómicas, superando en muchos aspectos a los métodos tradicionales, y estimulando los componentes sensoriales de las estructuras cognitivas de los sujetos que aprenden. En términos de análisis del aprendizaje interrelacionado con la

RA y la simulación 3D ofrecen experiencias inmersivas e interactivas que fomentan un aprendizaje activo y significativo, eliminando barreras éticas y logísticas asociadas con la disección cadavérica. Esto contribuye a un entorno educativo más accesible y atractivo, que potencia el interés y la participación del estudiante en los procesos de resignificación de los contenidos.

Respecto a la retención, estas tecnologías permiten la exploración repetitiva y personalizada de modelos anatómicos desde múltiples perspectivas y escalas, lo que fortalece la comprensión espacial y la memorización de conceptos complejos. La posibilidad de interactuar con los contenidos de forma autónoma y recibir retroalimentación inmediata contribuye a consolidar el conocimiento a largo plazo, superando las limitaciones de la enseñanza tradicional. En cuanto al desempeño, la RA y la simulación 3D facilitan la práctica segura y controlada de habilidades técnicas y procedimientos clínicos, mejorando la destreza manual y la confianza del estudiante antes de enfrentarse a escenarios reales. Estas tecnologías permiten simular situaciones clínicas variadas, lo que amplía el espectro de aprendizaje de la anatomía en la educación médica y prepara mejor a los futuros profesionales de la salud. No obstante, es importante reconocer que la disección cadavérica continúa siendo una herramienta fundamental para el desarrollo de habilidades manuales y la comprensión de la variabilidad anatómica real, aspectos que las tecnologías digitales aún no pueden replicar completamente. Por ello, la integración estratégica y complementaria de la realidad aumentada, la simulación 3D y la disección tradicional representa la vía más prometedora para optimizar la formación anatómica, ofreciendo una educación más completa,

efectiva y acorde con los avances y demandas actuales del ámbito educativo en ciencias de la salud.

### **Referencias Bibliográficas**

- Bölek, K., De Jong, G., & Henssen, D. (2021). The effectiveness of the use of augmented reality in anatomy education: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, *11*(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-021-94721-4>
- Bölek, K., De Jong, G., Van der Zee, C., Van, A., & Henssen, D. (2022). Mixed-methods exploration of students' motivation in using augmented reality in neuroanatomy education with prosected specimens. *Anatomical Sciences Education*, *15*(5), 839–849. <https://doi.org/10.1002/ASE.2116>
- Cercenelli, L., De Stefano, A., Billi, A. M., Ruggeri, A., Marcelli, E., Marchetti, C., Manzoli, L., Ratti, S., & Badiali, G. (2022). A EducaAR, Anatomical Education in Augmented Reality: A Pilot Experience of an Innovative Educational Tool Combining AR Technology and 3D Printing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(3), 1024. <https://doi.org/10.3390/IJERPH19031024/S1>
- Efe, I., Çinkaya, E., Kuhrt, L., Bruesseler, M. M., & Mührer, A. (2023). Neurosurgical Education Using Cadaver-Free Brain Models and Augmented Reality: First Experiences from a Hands-On Simulation Course for Medical Students. *Medicina (Lithuania)*, *59*(10). <https://doi.org/10.3390/MEDICINA59101791>
- Fernández, D., Pacheco, J., García, A., Moral-C., Virtual, J., Pérez, C., Belén, A., Martín, B., Lucena, D., Fernández, J., Pacheco, A., García, C., & Moral, J. (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>

Greuter, L., De Rosa, A., Cattin, P., Croci, D. M., Soleman, J., & Guzman, R. (2021). Randomized study comparing 3D virtual reality and conventional 2D on-screen teaching of cerebrovascular anatomy. *Neurosurgical Focus*, *51*(2), E18. <https://doi.org/10.3171/2021.5.FOCUS21212>

Gurses, M., Gökalp, E., Gecici, N., Gungor, A., Berker, M., Ivan, M., Komotar, R., Cohen-A., & Türe, U. (2024). Creating a neuroanatomy education model with augmented reality and virtual reality simulations of white matter tracts. *Journal of neurosurgery*, *141*(3), 865–874. <https://doi.org/10.3171/2024.2.JNS2486>

Hernández, E. (2024). Una reflexión oportuna sobre la disección anatómica de cadáveres en la enseñanza de la anatomía. *Educación Médica*, *25*(2), 100902. <https://doi.org/10.1016/J.EDUMED.2024.100902>

Huynh, N., Burgess, A., Wing, L., & Mellis, C. (2021). Anatomy by Whole Body Dissection as an Elective: Student Outcomes. *Journal of Surgical Education*, *78*(2), 492–501. <https://doi.org/10.1016/J.JSURG.2020.07.041>

Pinsky, B., Panicker, S., Chaudhary, N., Gemmete, J., Wilseck, Z., & Lin, L. (2023). The potential of 3D models and augmented reality in teaching cross-sectional radiology. *Medical Teacher*, *45*(10), 1108–1111. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2023.2242170>



Esta obra está bajo una licencia de **Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional**. Copyright © Bryan David Cabezas Ramos, Blanca Belén Guilcapi Baldeón, María José Barreno Sánchez y Katherine Jeannette Chimborazo Constante.

