

TRANSFORMACIÓN DEL APRENDIZAJE ANATÓMICO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA ANATOMAGE

REDEFINING ANATOMY EDUCATION THROUGH THE INTEGRATION OF ANATOMAGE TECHNOLOGY

Andrea Stefania Pinzón Perez¹, Johana Estefania Orna Quintanilla², Cristina Anahí Mantilla Pazmiño³, Carlos Javier Miño Acurio⁴, Estalin José Romero Morales⁵

{apinzon@pucesa.edu.ec¹, jorna@pucesa.edu.ec², cmantilla@pucesa.edu.ec³, cmino@pucesa.edu.ec⁴, estalinromero@uti.edu.ec⁵}

Fecha de recepción: 12/02/2026 / Fecha de aceptación: 21/04/2026 / Fecha de publicación: 12/05/2026

RESUMEN: La enseñanza de la anatomía en medicina requiere estrategias que faciliten la comprensión estructural y la aplicación clínica del conocimiento. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar los efectos académicos de integrar la tecnología Anatomage en el proceso formativo de estudiantes de Medicina. Se desarrolló un diseño cuantitativo con evaluación antes y después de la intervención, incorporando análisis estadístico de desempeño y medición de percepción estudiantil. La intervención se implementó durante cuatro semanas mediante actividades de exploración anatómica tridimensional y trabajo colaborativo orientado a la correlación morfofuncional. Los resultados evidenciaron mejoras en el rendimiento académico y en la precisión para identificar relaciones espaciales complejas. En la discusión se interpreta que el uso sistemático de visualización digital favorece la construcción activa del conocimiento. Se recomienda integrar tecnologías anatómicas interactivas como complemento estructural en los programas de ciencias de la salud.

Palabras clave: Simulación anatómica digital, competencias espaciales, aprendizaje aplicado

ABSTRACT: Anatomy education in medical training requires instructional approaches that enhance structural comprehension and support the clinical application of knowledge. Within this framework, the present study aimed to examine the academic effects of integrating Anatomage technology into the educational process of medical students. A quantitative design was employed, incorporating pre- and post-intervention assessments, statistical performance analysis, and evaluation of student perceptions. The four-week intervention involved three-dimensional anatomical exploration and collaborative activities focused on morphofunctional correlation. The findings demonstrated

¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Ambato, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0004-2541-4610>

²Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Ambato, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-1910-8049>

³Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Ambato, Ecuador, <http://orcid.org/0000-0001-7443-3683>

⁴Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Ambato, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-8877-4059>

⁵Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato, Tungurahua, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-0334-9863>



improvements in academic performance and increased accuracy in identifying complex spatial relationships. The discussion suggests that systematic use of digital visualization promotes active knowledge construction and deeper conceptual understanding. It is recommended that interactive anatomical technologies be incorporated as a structural complement within health sciences curricula to strengthen competency-based medical education.

Keywords: digital anatomical simulation, spatial competencies, applied learning

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las transformaciones tecnológicas han impactado profundamente en múltiples campos, y la educación no ha sido la excepción (1). Las instituciones educativas, en particular las centradas en las ciencias de la salud, se enfrentan a crecientes desafíos para mantenerse alineadas con los avances tecnológicos y satisfacer las demandas educativas de los futuros profesionales (2).

Históricamente, la enseñanza de la anatomía se ha basado en la disección de cadáveres, modelos físicos y libros de texto. Durante siglos, la disección fue considerada el estándar de oro. Sin embargo, el acceso a cadáveres se ha restringido por razones éticas y legales (4,13, 17). Además, los recursos tradicionales suelen ofrecer representaciones bidimensionales que limitan la comprensión espacial. Según (18), la enseñanza tradicional tiende a ser pasiva, lo que reduce la participación estudiantil y puede llevar a un aprendizaje superficial. Esto ha impulsado la búsqueda de métodos más dinámicos que promuevan participación activa, visualización espacial y aplicación práctica del conocimiento (19).

El campo de las ciencias de la salud se beneficia especialmente de estas innovaciones debido a la complejidad del contenido que debe impartir (3). Uno de los ejemplos más representativos es la enseñanza de la anatomía, que es una disciplina crucial en la formación de los futuros médicos, ya que proporciona los conocimientos fundamentales necesarios para comprender las relaciones espaciales entre los órganos, tejidos y sistemas del cuerpo humano.

Desarrollar la capacidad de visualizar estas estructuras en tres dimensiones es esencial para desarrollar habilidades clínicas posteriores en la carrera médica. Sin embargo, lograr esto a través de medios estáticos, como imágenes bidimensionales o modelos físicos limitados, puede ser un desafío (5).

Esta situación ha impulsado a las instituciones educativas a explorar métodos alternativos que puedan replicar la experiencia de la disección en formatos virtuales o digitales (6). Otro desafío importante es la motivación de los estudiantes, que a menudo disminuye cuando se enfrentan a contenido muy abstracto y con alta densidad de información. La Anatomía, como disciplina exige tanto memorización como comprensión, requiere estrategias pedagógicas que involucren activamente a los estudiantes y estimulan su participación durante todo el proceso de aprendizaje (7).

La integración de tecnologías interactivas en la enseñanza de la anatomía se ha convertido en una herramienta esencial para superar las limitaciones de los métodos tradicionales (8). Estas



tecnologías responden a la creciente demanda de entornos de aprendizaje dinámicos y atractivos, y se alinean con las necesidades cambiantes de la educación médica al preparar a los estudiantes para la práctica clínica real (9).

Entre las herramientas más innovadoras y efectivas se encuentran la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RV), los simuladores anatómicos y las mesas interactivas. La realidad virtual permite a los estudiantes ingresar en entornos completamente digitales y explorar estructuras complejas desde el interior. Por su parte, la realidad aumentada superpone contenido digital en el entorno real, permitiendo visualizar modelos anatómicos a través de dispositivos móviles o gafas especializadas (10).

Los simuladores anatómicos ofrecen experiencias prácticas que imitan situaciones reales. Por ejemplo, los simuladores de cadáveres virtuales permiten practicar disecciones en modelos digitales que reproducen la variabilidad anatómica humana (11).

Entre las herramientas más sofisticadas destaca la mesa interactiva Anatomage. Esta tecnología presenta modelos anatómicos tridimensionales de alta resolución obtenidos mediante tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM). Permite realizar disecciones virtuales, rotar estructuras, ampliar detalles específicos y explorar casos clínicos integrados (12).

Asimismo, la mesa Anatomage integra módulos interactivos que vinculan la anatomía con la patología clínica. Por ejemplo, los estudiantes pueden analizar cómo un tumor afecta tejidos circundantes o cómo una fractura altera inserciones musculares, fomentando el pensamiento crítico y la resolución de problemas (14).

La enseñanza de la anatomía es un componente esencial en la formación de estudiantes de ciencias de la salud, ya que constituye la base para comprender la fisiología, la patología y la práctica clínica. Desde esta visión formativa la realidad aumentada (RA) representa un avance destacado en el ámbito educativo. Por ejemplo, las aplicaciones de RA pueden proyectar modelos 3D de órganos o sistemas completos dentro del aula, lo que permite a los estudiantes interactuar con ellos desde distintos ángulos y en contextos clínicamente relevantes (15).

Esta tecnología facilita una mejor comprensión de las relaciones complejas entre las estructuras anatómicas y su ubicación dentro del cuerpo humano, donde la mesa interactiva Anatomage ha emergido como un recurso destacado que ofrece una experiencia inmersiva, detallada y adaptable a las necesidades del estudiante (16).

En cambio, la realidad virtual (RV) ofrece un entorno completamente inmersivo que permite interactuar con modelos 3D detallados de estructuras anatómicas. Esta tecnología permite que los estudiantes practiquen procedimientos médicos de forma segura y los repitan cuantas veces sea necesario hasta alcanzar el dominio (18).

Diversos estudios han evaluado su implementación en diferentes contextos geográficos. En Estados Unidos analizaron la incorporación de Anatomage como complemento a la disección tradicional y encontraron que los estudiantes reportaron mayor claridad en la comprensión tridimensional, aunque enfatizaron que la herramienta resulta más efectiva cuando se integra



dentro de una estrategia pedagógica estructurada y no como recurso aislado (20).

En este contexto, el objetivo del presente estudio es analizar los efectos académicos de integrar la tecnología Anatomage en el proceso formativo de estudiantes de Medicina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación empleó un enfoque cuantitativo y descriptivo, mediante un diseño preexperimental con mediciones antes y después de la intervención. El propósito fue evaluar el impacto de la mesa interactiva Anatomage en el aprendizaje de anatomía a través de la implementación de una estrategia educativa innovadora.

La muestra estuvo conformada por 30 estudiantes de ciencias de la salud matriculados en la asignatura Morfofunción 1, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Todos cursaban la materia por primera vez y pertenecían a la misma cohorte académico, lo que garantizó condiciones de aprendizaje homogéneas. Se diseñó una estrategia pedagógica innovadora integrando la mesa Anatomage como recurso didáctico. Esta herramienta permitió explorar el cuerpo humano mediante modelos 3D, facilitando la comprensión de estructuras anatómicas complejas.

Se utilizaron varios instrumentos para evaluar el impacto de la estrategia educativa. En primer lugar, se aplicaron pruebas de conocimiento (pretest y postest) compuesta por 20 preguntas de opción múltiple con única respuesta correcta, orientadas a evaluar identificación anatómica, relaciones espaciales y correlación morfofuncional.

El instrumento fue diseñado por el equipo docente de la asignatura Morfofunción 1, considerando los resultados de aprendizaje y los contenidos programáticos establecidos. Posteriormente, fue sometido a una revisión académica interna por docentes con experiencia en enseñanza anatómica, quienes evaluaron la claridad, pertinencia y coherencia de los ítems. Las observaciones realizadas permitieron optimizar la redacción y ajustar el nivel de complejidad de algunas preguntas, asegurando su alineación con los objetivos formativos del curso.

Para evaluar la confiabilidad interna del instrumento se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach a partir de una aplicación piloto realizada con estudiantes de un curso previo, obteniéndose un valor de $\alpha = 0,82$, lo que indica una consistencia interna adecuada para fines académicos.

Además, se aplicó una encuesta de satisfacción al finalizar la intervención, compuesta por ítems tipo Likert de cinco puntos, orientados a evaluar percepción de utilidad, claridad visual, motivación y apoyo al aprendizaje. Este instrumento también fue revisado por los mismos expertos para garantizar su validez de contenido.

Finalmente, se empleó una lista de cotejo estructurada para registrar niveles de participación, interacción con la herramienta y desempeño durante las sesiones prácticas.

Los resultados del pretest y postest se analizaron mediante pruebas t para muestras

relacionadas, con el fin de determinar si existían diferencias significativas antes y después de la intervención. Las respuestas de la encuesta de satisfacción se analizaron de forma descriptiva, aportando información relevante sobre la aceptación y la percepción del recurso tecnológico.

La intervención se llevó a cabo en tres fases. En la primera, se aplicó el pretest para evaluar los conocimientos iniciales. En la segunda, se implementó durante cuatro semanas la estrategia educativa con la mesa Anatomage. En la tercera, se aplicó el postest para evaluar los resultados de aprendizaje y se recolectaron las encuestas de satisfacción.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS. Para comparar los resultados obtenidos antes y después de la intervención se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas, dado que las mediciones correspondieron al mismo grupo de estudiantes evaluado en dos momentos distintos. Esta prueba se seleccionó por tratarse de datos cuantitativos continuos y por el carácter intra-grupo del diseño. Se estableció un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$

RESULTADOS

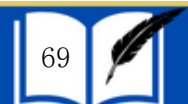
El análisis de resultados muestra un impacto positivo de la estrategia educativa basada en el uso de la mesa interactiva Anatomage sobre el aprendizaje y los niveles de satisfacción estudiantil.

Se realizó una prueba t para muestras relacionadas para comparar las calificaciones antes y después de la intervención. La media del pretest fue de 6,5/10, lo que indica una comprensión moderada de conceptos anatómicos básicos. En esta medición inicial, 7 de los 30 estudiantes alcanzaban o superaban el umbral de aprobación establecido en 7/10.

En contraste, la media del postest aumentó a 8,9/10, mostrando una mejora importante del rendimiento. Tras la intervención, 27 estudiantes superaron el umbral de aprobación, lo que refleja un incremento considerable en la proporción de desempeño satisfactorio dentro del grupo. El análisis estadístico reportó un valor de $p < 0,05$, lo que confirma que la diferencia entre pretest y postest fue significativa.

Tabla 2. Resultados del Pretest and Postest

Estudiantes	Puntaje Pretest	Puntaje Postest	Diferencia
1	7.0	8.9	1.9
2	6.4	10.0	3.6
3	7.1	9.5	2.4
4	8.0	9.6	1.6
5	6.3	9.4	3.1



6	6.3	7.7	1.4
7	8.1	10.0	1.9
8	7.3	8.1	0.8
9	6.0	7.3	1.3
10	7.0	9.6	2.6
11	6.0	9.0	3.0
12	6.0	8.5	2.5
13	6.7	9.0	2.3
14	4.6	6.8	2.2
15	4.8	6.0	1.2
16	5.9	7.7	1.8
17	5.5	7.5	2.0
18	6.8	10.0	3.2
19	5.6	8.3	2.7
20	5.1	6.1	1.0
21	8.0	10.0	2.0
22	6.3	8.4	2.1
23	6.6	8.5	1.9
24	5.1	8.0	2.9
25	6.0	9.2	3.2
26	6.6	9.7	3.1
27	5.3	7.0	1.7
28	6.9	9.1	2.2
29	5.9	8.6	2.7
30	6.2	9.4	3.2

En la Tabla 2 evidencia una mejora significativa en el desempeño estudiantil tras la implementación del nuevo método. El incremento de puntajes osciló entre 0,8 y 3,6 puntos, lo que demuestra variabilidad en los beneficios obtenidos entre los participantes. Estos hallazgos sugieren que la intervención educativa con la mesa interactiva Anatomage fue efectiva para mejorar el rendimiento académico en la asignatura Morfofunción 1.

Resultados de la encuesta de satisfacción

Los resultados de la encuesta de satisfacción muestran un alto nivel de aceptación de la nueva metodología de enseñanza.

Tabla 3. Resumen de resultados de la encuesta de satisfacción

Aspecto evaluado	Porcentaje de aceptación
Porcentaje de aceptación	95%
Mejora en la comprensión de estructuras anatómicas	90%
Desarrollo de habilidades de resolución de problemas y trabajo en equipo	87%
Conexión entre conceptos teóricos y aplicaciones prácticas	Destacado por los estudiantes

La Tabla 3 indica de manera complementaria, los estudiantes destacaron que la propuesta facilitó la articulación entre los contenidos teóricos y su aplicación en situaciones prácticas.

La lista de cotejo confirmó altos niveles de participación y compromiso durante las sesiones prácticas. Los estudiantes interactuaron activamente con los modelos 3D, formularon preguntas y colaboraron de manera efectiva en discusiones grupales. Además, el uso de casos clínicos estimuló el pensamiento crítico y facilitó la aplicación del conocimiento anatómico en escenarios reales.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio resaltan el impacto significativo del uso de la mesa interactiva Anatomage como estrategia educativa en anatomía. Los resultados evidenciaron una mejora clara en el rendimiento académico, reflejada en el aumento sustancial de las evaluaciones del pretest al postest (6,5/10 a 8,9/10). Esta mejora no solo muestra la efectividad de la mesa interactiva para facilitar la comprensión de estructuras anatómicas complejas, sino que también coincide con la literatura existente, que respalda la integración de tecnología en la educación para promover el aprendizaje activo.

Estos resultados son consistentes con la literatura que describe a las tecnologías interactivas como facilitadoras del aprendizaje activo y la retención del conocimiento (8,10). Diversos autores han señalado que la visualización digital tridimensional mejora la comprensión espacial y promueve una construcción más significativa del conocimiento cuando se integra dentro de una estrategia pedagógica estructurada (9,12). En este sentido, la mesa Anatomage no solo actúa como recurso visual, sino como mediador didáctico que permite repetir

disecciones virtuales, explorar estructuras desde múltiples planos y vincular contenidos anatómicos con casos clínicos (12,14,20), lo cual puede explicar el incremento observado en el desempeño académico.

Los resultados de satisfacción refuerzan la buena recepción de esta metodología innovadora. Con un 95% de estudiantes indicando que la mesa Anatomage hizo el aprendizaje más atractivo e interactivo, se observa que el enfoque logró captar el interés del estudiantado (13). Además, el 90% reportó que las visualizaciones 3D mejoraron su comprensión, lo que sugiere que los apoyos visuales son especialmente relevantes en materias que requieren comprensión espacial.

Además, el 90% reportó que las visualizaciones 3D mejoraron su comprensión, lo que sugiere que los apoyos visuales son especialmente relevantes en materias que requieren comprensión espacial (2).

CONCLUSIONES

La implementación de la mesa interactiva Anatomage demostró ser una estrategia pedagógica efectiva para fortalecer el aprendizaje anatómico en estudiantes de ciencias de la salud. Los resultados obtenidos evidenciaron un incremento significativo en el rendimiento académico, reflejado en el aumento de la media del postest respecto al pretest, así como en el mayor número de estudiantes que alcanzaron niveles satisfactorios de desempeño. Estos hallazgos confirman que la visualización tridimensional y la exploración digital del cuerpo humano favorecen la comprensión de relaciones espaciales complejas y contribuyen al desarrollo de competencias anatómicas esenciales para la formación médica.

Asimismo, la integración de tecnología interactiva promovió una experiencia educativa más dinámica, participativa y centrada en el estudiante. Los altos niveles de satisfacción reportados evidencian que el uso de modelos anatómicos digitales incrementó la motivación, la interacción durante las sesiones prácticas y la capacidad para relacionar contenidos teóricos con aplicaciones clínicas reales. La posibilidad de manipular estructuras anatómicas, realizar disecciones virtuales y analizar casos clínicos permitió fortalecer el aprendizaje activo y el pensamiento crítico dentro del proceso formativo.

Finalmente, se concluye que la incorporación de herramientas como Anatomage representa una alternativa innovadora y complementaria a los métodos tradicionales de enseñanza de la anatomía. Su implementación no pretende reemplazar completamente las estrategias convencionales, sino enriquecerlas mediante recursos tecnológicos que potencien la comprensión morfofuncional y la construcción significativa del conocimiento. En este sentido, se recomienda que las instituciones de educación superior integren progresivamente tecnologías anatómicas digitales dentro de sus programas académicos, promoviendo modelos educativos orientados al desarrollo de competencias clínicas, espaciales y analíticas acordes con las demandas actuales de la educación médica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A. Ahuja y B. Polascik, «The digital metaverse: Applications in artificial intelligence, medical education, and integrative health,» *Integrative Medicine Research*, vol. 12, nº 1, p. 100917, 2023.
2. A. Ahuja, B. Polascik, D. Doddapaneni, E. Byrnes y J. Sridhar, «The digital metaverse: Applications in artificial intelligence, medical education, and integrative health,» *Integrative Medicine Research*, vol. 12, nº 1, p. 100917, 2023.
3. R. Baker, «Challenges for the future of educational data mining: The Baker learning analytics prizes,» *Journal of Educational Data Mining*, vol. 11, nº 1, pp. 1-17, 2019.
4. B. Bonami, L. Piazzentini y A. Dala-Possa, «Educación, Big Data e Inteligencia Artificial: Metodologías mixtas en plataformas digitales,» *Comunicar*, nº 65, pp. 43-52, 2020.
5. T. Crowley y F. Daniels, «Nursing education reform in South Africa: Implications for postgraduate nursing programmes,» *International Journal of Africa Nursing Sciences*, vol. 18, p. 100528, 2023.
6. R. Diogo, N. Santos y E. Loures, «Digital Transformation of Engineering Education for Smart Education: A systematic literature review,» *Reliability Modeling in Industry 4.0*, pp. 407-438, 2023.
7. A. Diwani y M. Mohammed, «Introduction of ICT subject in Zanzibar primary education: Challenges and opportunities,» *Social Sciences & Humanities Open*, p. 1005522, 2023.
8. C. Helfat y R. Raubitschek, «Dynamic and integrative capabilities for profiting from innovation in digital platform-based ecosystems,» *Research Policy*, vol. 47, nº 8, pp. 391-1399, 2018.
10. O. Hennon, E. McSharry, I. MacLaren y P. Carr, «The use of educational technology in teaching and assessing clinical psychomotor skills in nursing and midwifery education: A state-of-the-art literature review,» *Journal of Professional Nursing*, vol. 45, pp. 35-50, 2023.
11. L. Hung-Ming, W. Jiun-Yu, L. Jyh-Chong, L. Yuan-Hsuan, H. Pin-Chi, K. Oi-Man y T. Chin-Chung, «A review of using multilevel modeling in e-learning research,» *Computers & Education*, p. 104762, 2023.
12. M. Jean-Baptiste, «Examining student ICT use and learning outcomes: Evidence from Japanese PISA data,» *Computers and Education Open*, p. 100141, 2023.
13. K. Luht-Kallas, E. Laanemaa, M. Taukar, A. Hatšaturjan, J. Kapura, T. Kibar y M. Pöld, «Assessing the comprehensibility of SMS warnings: An example of crisis communication in the Estonian trilingual landscape,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 97, p. 104014, 2023.
14. R. Magar y A. Barati, «Learning from mistakes: Sampling strategies to efficiently train machine learning models for material property prediction,» *Computational Materials Science*, p. 112167, 2023.
15. K. Meng-Chun, Y. Yu-Hsi y W. Yu-Xian, «The study on designed gamified mobile learning model to assess students' learning outcome of accounting education,» *Heliyon*, p. e13409, 2023.
16. J. Petchamé, I. Iriondo, O. Korres y J. Paños-Castro, «Digital transformation in higher education: A qualitative evaluative study of a hybrid virtual format using a smart classroom system,» *Heliyon*, vol. 9, nº 6, p. e16675, 2023.
17. Ramesh et al., «Machine learning-based intrusion detection: A comparative analysis among datasets and innovative feature reduction for enhanced cybersecurity,»

- International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, vol. 12, 2024.
18. W. Romalee, F. Tsai, Y. Hsu, M. Hsu y D. Wang, «A mobile augmented reality- integrated oral health education for community dwelling older adults: A pilot study,» *Journal of Dental Sciences*, vol. 18, nº 4, pp. 1838-1844, 2023.
 19. M. Santamaria, R. Ramírez, R. Antequera y N. Lay, «Types of competencies of human talent supported by ICT: definitions, elements, and contributions,» *Procedia Computer Science*, vol. 210, pp. 368-372, 2022.
 20. S. Tanaka, T. Amano, S. Uchida, H. Ito, S. Morikawa, Y. Inoue y R. Tanaka, «A clinical prediction rule for predicting a delay in quality of life recovery at 1 month after total knee arthroplasty: A decision tree model,» *Journal of Orthopaedic Science*, pp. 515-420, 2021.
 21. Hadie SNH, Hassan A, Ismail ZIM, Asari MA, Khan AA, Kasim F, Yusof NAM, Manan Sulong HA, Tg Muda TFM, Arifin WN, Yusoff MSB. Anatomy education environment measurement inventory: A valid tool to measure the anatomy learning environment. *Anat Sci Educ*. 2017 Sep;10(5):423-432. doi: 10.1002/ase.1683. Epub 2017 Jan 30. PMID: 28135037.