



ARGENTINA

Anatomía en la era digital: Construcción de un museo virtual con modelos 2D y 3D

Anatomy in the digital age: Building a virtual museum with 2D and 3D models

Schmidt, Leonel Iván; Antoniazzi Pozzer, Guido Gracián; Perrotta Villacorta, María Pilar; González Vedoya, Gastón; Solón Teruel, Lucía Belén; Regonat, Selene; Gorodner, Arturo Martín

Universidad Nacional del Nordeste (U.N.N.E). Facultad de Medicina. Cátedra II de Anatomía Humana Normal. Corrientes, Argentina.

E-mail de autor: Guido Gracián Antoniazzi Pozzer guidoantoniazzi11@gmail.com

Resumen

La enseñanza en diversas áreas, especialmente en anatomía humana, ha estado tradicionalmente vinculada al uso de materiales físicos, como la demostración directa de piezas o preparados anatómicos en museos y laboratorios. Aunque estos recursos siguen siendo fundamentales, los avances tecnológicos y la digitalización, incluyendo la creación de animaciones y modelos 3D, han revolucionado los métodos educativos, brindando nuevas oportunidades para complementar el aprendizaje, sin reemplazar las piezas físicas originales. Por lo que, el presente trabajo tiene como principal objetivo describir el proceso de digitalización del Museo Antonio R. Terraes, detallando las tecnologías empleadas y el impacto en la formación académica. Además, busca trazar las bases para futuros proyectos, estableciendo una guía de referencia para la integración de nuevas tecnologías y herramientas interactivas en la enseñanza de la anatomía.

Palabras Clave: Metodología, Anatomía, Modelos Anatómicos

Abstract

Teaching in various areas, especially in human anatomy, has traditionally been linked to the use of physical materials, such as the direct demonstration of pieces or anatomical preparations in museums and laboratories. Although these resources remain fundamental, technological advances and digitalization, including the creation of animations and 3D models, have revolutionized educational methods, providing new opportunities to complement learning, without replacing the original physical pieces. Therefore, the main objective of this work is to describe the digitalization process of the Antonio R. Terraes Museum, detailing the technologies used and the impact on academic training. In addition, it seeks to lay the foundations for future projects, establishing a reference guide for the integration of new technologies and interactive tools in the teaching of anatomy.

Keywords: Methodology, Anatomy, Anatomical Models

Introducción

La enseñanza en diversas áreas, especialmente en anatomía humana, ha estado tradicionalmente vinculada al uso de materiales físicos, como la demostración directa de piezas y preparados anatómicos en museos y laboratorios. Aunque estos recursos siguen siendo fundamentales, los avances tecnológicos y la digitalización, incluyendo la creación de animaciones y modelos 3D, han revolucionado los métodos educativos, brindando nuevas oportunidades para complementar el aprendizaje, sin reemplazar las piezas físicas originales.

En este contexto, los museos virtuales se han convertido en una alternativa innovadora, ofreciendo a estudiantes y profesionales la posibilidad de acceder a recursos anatómicos sin las limitaciones de tiempo y espacio impuestas por las visitas presenciales.^{1,2,3}

El Museo de Anatomía Antonio R. Terraes, perteneciente a la Cátedra II de Anatomía Humana Normal de la Facultad de Medicina, UNNE, ha implementado el desarrollo de una

versión digital del mismo. Este museo digital no solo incluye modelos anatómicos, sino que también facilita el acceso a trabajos científicos, posters, tesis doctorales y libros históricos. Con ello, se enriquece la experiencia educativa y se ofrece un recurso accesible a estudiantes y profesionales del área.

Este trabajo tiene como objetivo principal describir el proceso de digitalización del Museo Antonio R. Terraes, detallando las tecnologías utilizadas para su implementación.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Cátedra II de Anatomía Humana Normal de la Facultad de Medicina, UNNE utilizando los materiales correspondientes al Museo Antonio R. Terraes aprobado por la Resolución N° 3779/17 – CD.

El mismo proporcionó los recursos anatómicos para su digitalización, incluyendo desde maquetas hasta cortes coronales,

axiales, sagitales y parasagitales de las distintas regiones del cuerpo humano. Además, contamos con los especímenes de la fetoteca, que contienen fetos en diferentes etapas gestacionales.

El proceso de creación de la Versión Digital del Museo de Anatomía Antonio R. Terraes se dividió en varias fases las cuales se describen a continuación.

La primera fase fue de Planificación y Diseño en donde se realizó una investigación preliminar sobre museos virtuales existentes y estudios anatómicos con el objetivo de definir el contenido y la estructura del museo.

Durante este proceso, se seleccionaron las tecnologías más adecuadas para la creación y visualización de las imágenes 2D y 3D, así como las herramientas necesarias para garantizar la interacción del usuario. Para ello, se emplearon computadoras de alto rendimiento, dispositivos móviles con escáneres 3D para capturar y editar elementos anatómicos con precisión y cámaras de alta resolución para la toma de imágenes en 2D.

Finalmente, se dispuso de servidores de almacenamiento donde se alojó la base de datos de imágenes y modelos 3D generados durante el desarrollo del museo. Los programas empleados incluyeron Blender para la edición de los modelos anatómicos tridimensionales y Adobe Photoshop para el procesamiento y optimización de las imágenes en 2D.

Una vez finalizada la primera fase, se dio inicio a la segunda fase la cual correspondía a la Creación de los Modelos Anatómicos utilizando los materiales de trabajo mencionados anteriormente.

Para la creación de los modelos tridimensionales, se emplearon los escáneres 3D de los dispositivos móviles de alta resolución y el material anatómico. Paralelamente, se capturaron imágenes en 2D de alta resolución desde diferentes ángulos. Estos modelos fueron posteriormente editados para corregir imperfecciones y mejorar su precisión.

También se digitalizaron Trabajos de Investigación en formato Póster presentados en congresos anteriores por los Docentes y Ayudantes Alumnos de la Cátedra junto a Tesis Doctorales, Libros de Anatomía y otros materiales históricos. Culminada la segunda fase, se procedió a continuar con la tercera fase, la cual consistió en el Desarrollo del Entorno Virtual en donde los modelos 3D fueron integrados en una plataforma web diseñada para ofrecer una experiencia interactiva y accesible.

Se utilizó Sketchfab como herramienta principal para la vi-

sualización e interacción con los modelos, permitiendo rotaciones, zooms, entre otras funciones.

El entorno virtual fue diseñado para ofrecer una experiencia intuitiva, con una interfaz fácil de utilizar facilitando la navegación por las distintas secciones anatómicas. Para esto se utilizó la versión premium correspondiente a la página bajo el dominio SITE123.

Se dividió al museo en diferentes secciones correspondientes al Museo 3D y al Museo 2D, esta última fue dividida a su vez en Cabeza y Cuello, Sistema Nervioso, Tórax, Abdomen, Pelvis, Miembro Superior e Inferior.

Además, se crearon secciones para la Fetoteca, Actividades realizadas por la Cátedra, Tesis Doctorales, Trabajos de Investigación, Presentaciones en Congresos Internacionales, Posters Históricos y Biblioteca Histórica.

Con esto se dio por finalizada la tercera fase y entramos a la cuarta fase, donde se realizó la Prueba y Optimización del Entorno Virtual en donde se evaluó el rendimiento y del sitio en distintos dispositivos utilizando Mobile-Friendly Test de Google y la herramienta de análisis de rendimiento web, Google Analytics, para medir el tiempo de carga, la optimización de imágenes y la capacidad de respuesta del sitio.

Además, se analizaron aspectos como la fluidez de la navegación y la accesibilidad de los modelos. Asimismo, se realizaron pruebas con usuarios, quienes proporcionaron retroalimentación sobre la experiencia de navegación y la presentación del contenido anatómico.

Con base en estas pruebas, se hicieron ajustes en la calidad de los modelos, mejorando la interfaz y optimizando la accesibilidad del museo. Tras esta etapa, el proyecto fue presentado a las autoridades de la Facultad y de la Universidad para su evaluación y posterior aprobación.

Finalmente, con la aprobación institucional, se procedió a la quinta y última fase del desarrollo correspondiente al Lanzamiento y Mantenimiento donde se realizó la publicación mediante servidores dedicados, garantizando la seguridad y estabilidad de la plataforma.

Se implementó un sistema de monitoreo para analizar el tráfico de usuarios y optimizar la experiencia de navegación, asegurando la actualización constante de los contenidos y continuidad del proyecto.

Resultados

La creación del Museo Virtual de Anatomía Antonio R. Terras se llevó a cabo durante un período de 6 meses. En dicho tiempo, se realizaron la Fotografías de Alta Resolución del material del museo, incluyendo la fetoteca, y se escanearon los materiales presentes en las peceras anatómicas.

Las diversas tareas fueron organizadas en grupos de trabajo, distribuidos de la siguiente manera:

- **Generación o Digitalización del Material 2D:** Esta sección, que comprende el contenido del Museo en formato 2D, se completó en un período relativamente corto de dos semanas de trabajo intensivo. Se llevaron a cabo tanto las sesiones fotográficas como la edición y acondicionamiento de las imágenes. (Figs. 1, 2 y 3)
- **Generación o Digitalización del Material de la Fetoteca:** De manera similar a la sección anterior, esta fase se completó en un período de 2 a 3 semanas. Durante este tiempo, se realizaron las fotografías de alta resolución de los especímenes fetales, seguidas de su edición y acondicionamiento para asegurar una adecuada representación visual. (Fig. 4)
- **Generación o Digitalización de los Póster Históricos de la Cátedra:** Esta sección, dedicada a los Trabajos de Investigación presentados en formato póster a lo largo de la Historia de la cátedra, se desarrolló en dos etapas. La primera consistió en la recolección de los pósteres antiguos que se encuentran en las instalaciones de la Cátedra II de Anatomía Humana Normal, y la segunda, en su digitalización. Además, se incorporaron los trabajos recientes que ya se encontraban en formato PDF, proporcionado por los propios autores de cada uno.
- **Generación del Material 3D:** Esta fase se desarrolló durante un período de 5 meses, en las cuales se realizaron los escaneos 3D, seguidos de la edición y la carga de los modelos en la página web, incluyendo las referencias correspondientes. (Fig. 5)
- **Generación de la Biblioteca Histórica:** En esta sección, se llevó a cabo la recopilación de todo el material digital proporcionado por diferentes profesores y autoridades. Estos documentos fueron almacenados en cuentas de Google Drive, y posteriormente se exportó el link de acceso para facilitar la lectura y consulta de los mismos.

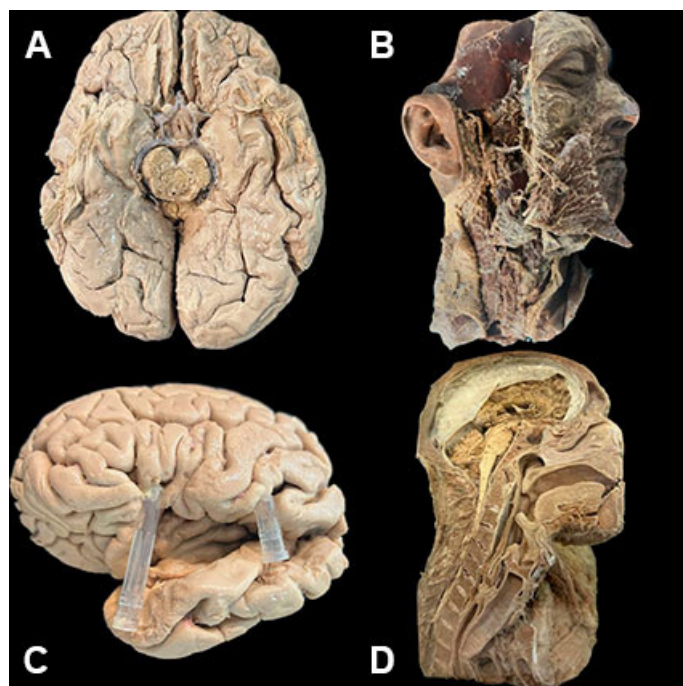


Fig. 1: Digitalización 2D de las piezas de Sistema Nervioso Central, Cabeza y Cuello. A) Vista Inferior de Cerebro; B) Vista Lateral de Corte Sagital de Cabeza y Cuello; C) Vista Lateral de Cerebro donde se observa el Lóbulo de la Ínsula; D) Vista Medial de Corte Sagital de Cabeza y Cuello.

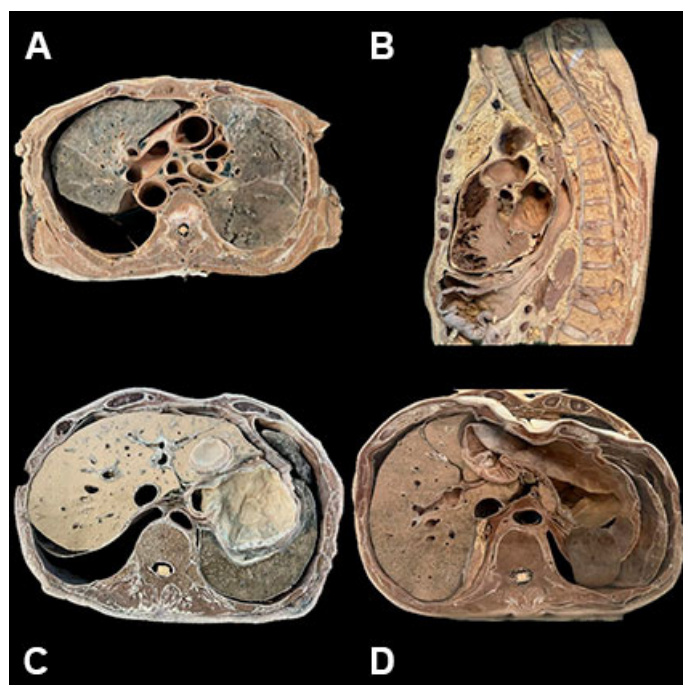


Fig. 2: Digitalización 2D de las piezas de Tórax y Abdomen. A) Corte Transversal o Axial de Tórax Lado Derecho; B) Corte Sagital de Tórax; C y D) Corte Transversal o Axial de Abdomen.

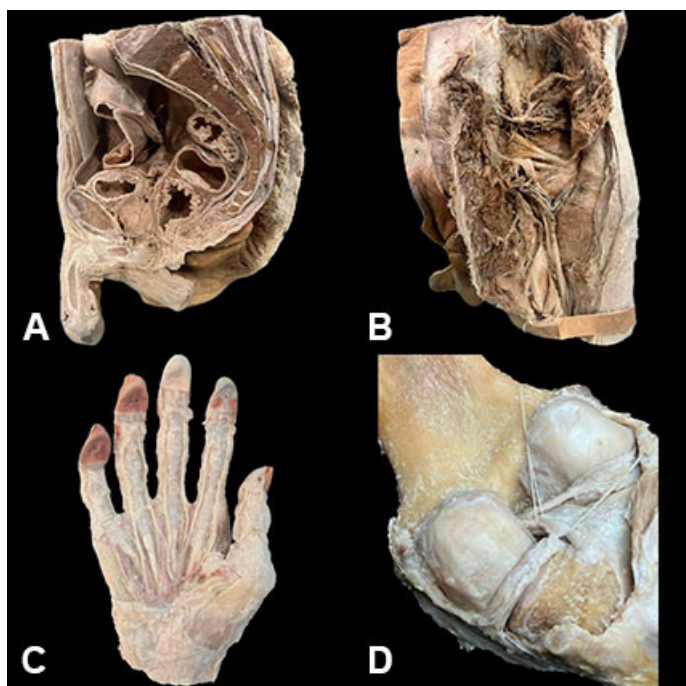


Fig. 3: Digitalización 2D de las piezas de Pelvis y Miembros (superior e inferior). A) Vista Medial de Corte Sagital de Pelvis; B) Vista Posterior de Corte Sagital de Pelvis; C) Región Palmar; D) Vista Posterior de la Articulación de la Rodilla.

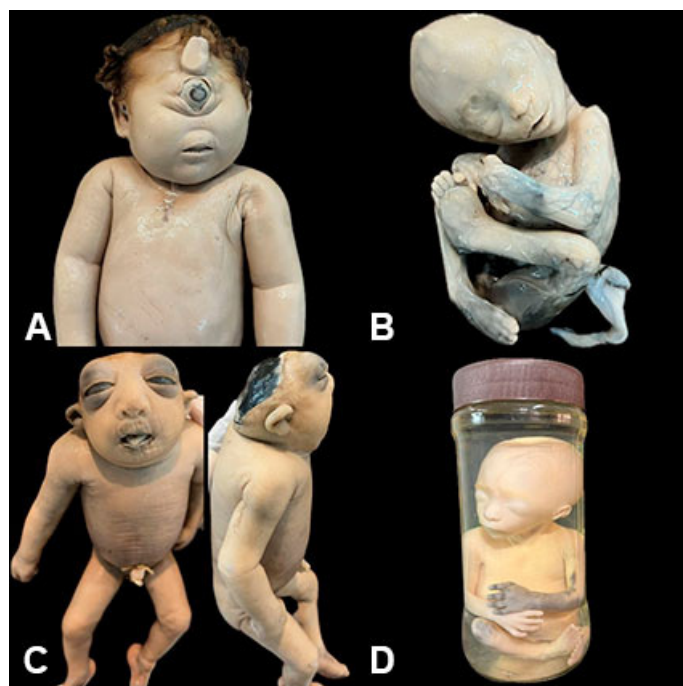


Fig. 4: Digitalización 2D de la Fetoteca. A) Cíclope; B y D) Espécimen Fetal; C) Vista Anterior y Lateral de Feto Anencefálico

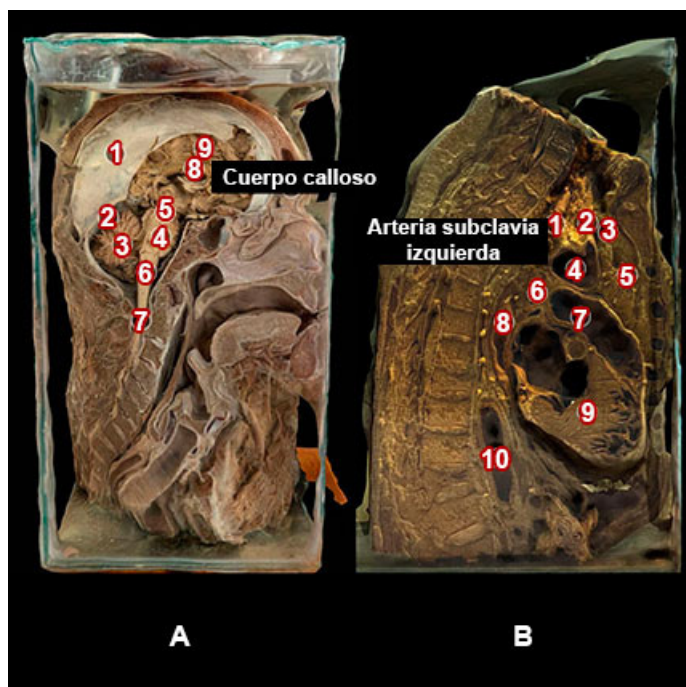


Fig. 5: Modelos 3D con referencias. A) Modelo 3D de Corte Sagital de Cabeza y Cuello Izquierdo; B) Corte Sagital de Tórax Izquierdo.

Una vez generado todo el material se procedió a la creación de la página web, proceso que tomó aproximadamente dos semanas. Durante este tiempo, cada elemento fue organizado en secciones. Una vez finalizada la estructura del sitio, fue presentada a las autoridades de la Facultad y Universidad para su evaluación.

Tras superar este proceso de revisión y obtener la aprobación institucional, el museo fue publicado y puesto a disposición del público. (Fig. 6)

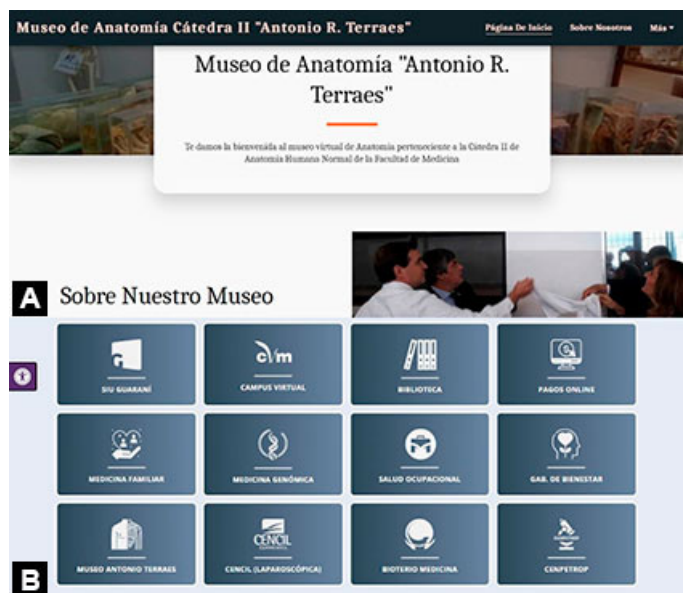


Fig. 6: A) Página de Inicio del Museo Virtual de Anatomía "Antonio R. Terraes"; B) Link de acceso directo al Museo Virtual de Anatomía Antonio R. Terraes disponible en la página principal de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste.

Se puede acceder al mismo a través del siguiente enlace:
<https://www.museoantoniorterraes.com/>

Además, el acceso directo se encuentra disponible en la página principal de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional del Nordeste, en el siguiente enlace: <https://med.unne.edu.ar/> (Fig. 6 B)

Discusión

La digitalización del Museo de Anatomía Antonio R. Terraes representa un avance significativo en cuanto a la docencia y el acceso al material inanimado por parte de los estudiantes de ciencias de la salud.

Esta plataforma facilita el acceso a los recursos del museo desde los dispositivos móviles y computadoras, complementando así el aprendizaje presencial en clases prácticas.

Gracias a los modelos 3D, los usuarios pueden visualizar las estructuras anatómicas desde diferentes ángulos, realizar zoom, rotar las piezas, y consultar referencias para identificar y comprender las diferentes estructuras con mayor detalle.

Diversos estudios han demostrado la eficacia de los modelos 3D en el aprendizaje activo de anatomía humana.^{4,5} Sin embargo, la utilización de estos modelos es de utilidad como material complementario y no como un material sustituto al presencial.

Esto último se ve reflejado en el trabajo publicado por Gutierrez y Viana² donde demuestran que el reconocimiento y el aprendizaje de estructuras anatómicas del sistema músculo esquelético es superior utilizando modelos cadavéricos en comparación a los modelos 3D.

La experiencia táctil que ofrecen los cadáveres y la observación directa de los órganos y tejidos humanos proporcionan una comprensión más profunda de sus características tridimensionales y sus interacciones en el cuerpo vivo.

Sin embargo, la digitalización de estos recursos permite a los estudiantes acceder a un entorno que, antes, estaba limitado por restricciones físicas, proporcionando así una plataforma rica en contenido anatómico y científico.

Como se mencionó anteriormente, una de las ventajas ofrecidas por las digitalizaciones es la capacidad de interactuar con los modelos 3D mediante rotaciones, zoom, y la posibilidad de clicar las referencias para visualizar desde distintos ángulos.

Agregando un valor educativo adicional al método tradicional, esta interactividad promueve una comprensión más profunda de las relaciones anatómicas. Además, los modelos pueden compararse con estudios por imágenes, como resonancias magnéticas o tomografías computarizadas, lo que ayuda a los estudiantes a correlacionar la anatomía con la práctica clínica.

Esta interactividad agrega un valor educativo adicional al método tradicional, promoviendo una comprensión más profunda de las relaciones anatómicas.⁶

Además, los modelos digitales pueden compararse con estudios por imágenes, como resonancias magnéticas o tomografías computarizadas, lo que ayuda a los estudiantes a correlacionar la anatomía con la práctica clínica.⁷

Esta integración de modelos anatómicos con tecnologías de imágenes avanzadas puede mejorar la formación de los estudiantes, al proporcionar una conexión más estrecha entre la teoría y la práctica.

Otro aspecto importante es la inclusión del material adicional en la versión digital del museo. Al digitalizar los pósteres científicos, tesis doctorales y trabajos de investigación realizados por docentes y ayudantes alumnos de la Cátedra, se ofrece a los usuarios un recurso que no se limita únicamente a observar modelos y preparados anatómicos, sino que, también abarca el conocimiento académico y científico producido en nuestra cátedra.

Este enfoque integral mejora o enriquece la experiencia combinando teoría y práctica en un entorno virtual, un estudio reciente mostró que el uso de recursos virtuales para el aprendizaje de anatomía mejora el compromiso y rendimiento de los estudiantes de medicina, lo que respalda la utilidad de las plataformas digitales en la enseñanza de esta disciplina.⁸

Sin embargo, aunque las ventajas de la digitalización son evidentes, es importante subrayar que la experiencia presencial sigue siendo insustituible en el aprendizaje de la anatomía.²

El contacto físico con piezas reales permite a los estudiantes desarrollar habilidades que no pueden replicarse enteramente en el entorno virtual. La textura, el peso, las proporciones y sensaciones que ofrecen las piezas anatómicas son elementos que contribuyen a la comprensión de la anatomía humana, lo cual es inherente a la formación médica.⁹

A pesar de esta gran desventaja, el entorno virtual brinda una oportunidad o solución para estudiantes que, por diversas razones, no pueden acceder a los recursos del museo de forma física.

La accesibilidad que proporciona esta plataforma es muy valiosa en contextos donde las visitas presenciales se vean limitadas, como lo fue durante la pandemia de COVID – 19, además, ofrece la oportunidad de revisar el contenido en cualquier momento permitiendo un aprendizaje más flexible y ajustado a necesidades individuales.¹⁰

Conclusión

La digitalización ha transformado significativamente la enseñanza de la anatomía, proporcionando herramientas innovadoras que complementan y potencian el aprendizaje tradicional. La integración de modelos en 3D, simulaciones interactivas y recursos digitales ha permitido a los estudiantes desarrollar una comprensión más profunda y precisa de la estructura y función del cuerpo humano.

El uso de estas tecnologías facilita el acceso a la información, optimiza los tiempos de estudio y refuerza la asimilación del conocimiento. Además, la digitalización favorece un aprendizaje más dinámico e individualizado, adaptándose a las necesidades y ritmos de cada estudiante, lo que contribuye a una formación más eficiente y efectiva.

Sin embargo, la implementación de estas herramientas digitales en la educación médica requiere un equilibrio entre la tecnología y la práctica tradicional, asegurando que los estudiantes adquieran tanto habilidades técnicas como un conocimiento integral de la anatomía. Asimismo, es fundamental seguir investigando sobre la efectividad de estas estrategias y su impacto en el desempeño académico y clínico de los futuros profesionales de la salud.

En definitiva, la incorporación de la digitalización en la enseñanza de la anatomía representa un avance clave en la educación médica, ofreciendo nuevas oportunidades para mejorar la formación de los estudiantes y prepararlos para los desafíos de la práctica clínica en un mundo cada vez más tecnológico.

Referencias

1. Hecht-López E, Maturana-Arancibia JC, Parra-Villegas E. *Nuevos recursos digitales y 3D en la enseñanza de anatomía. Experiencia internacional reportada en el "Sectra Users Meeting 2019"*, Karolinska Institutet, Suecia, antes de la pandemia de COVID-19. *Int J Morphol*. 2023; 41(3):690-698. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022023000300690&script=sci_arttext
2. Gutiérrez A, Viana S. *Modelos 3D basados en la web vs modelos cadavéricos: un estudio comparativo en la enseñanza de la anatomía humana*. *Rev Argent Anat Online*. 2018;9(2):42-48. Disponible en: <https://www.revista-anatomia.com.ar/archivos-parciales/2018-2-revista-argentina-de-anatomia-online-b.pdf>
3. Arrondo G, Bernacer J, Díaz Robredo L. *Visualización de modelos digitales tridimensionales en la enseñanza de anatomía: principales recursos y una experiencia docente en neuroanatomía*. *Educ médica* 2017; 18:267–9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575181316301048?via%3Dihub>
4. Pantelidis P, Chorti A, Papagiouvanni I, Paparoidamis G, Drosos C, Panagiotakopoulos T, et al. *Virtual and augmented reality in medical education*. En: Tsoulfas G, editor. *Medical and Surgical Education – Past, Present and Future*. Londres, Inglaterra: InTech; 2018.
5. Keenan ID, Ben Awadh A. *Integrating 3D visualisation technologies in undergraduate anatomy education*. *Adv Exp Med Biol* [Internet]. 2019; 1120:39–53. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-06070-1_4
6. Yow H-Y. *A case study of virtual anatomy museum: Facilitating student engagement and self-paced learning through an interactive platform*. *Int J Inf Educ Technol* 2022; 12:1345–53. Disponible en: <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.12.1758>
7. Codd, A.M. and Choudhury, B. (2011), *Virtual reality anatomy: Is it comparable with traditional methods in the teaching of human forearm musculoskeletal anatomy?* *Anat Sci Ed*, 4: 119-125.
8. Nicholson D T, Chalk C, Funnell W R J, Daniel S J. *Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model*. *Medical Education* 2006; 40: 1081-1087.
9. Biasutto SN, Cuadrado L, Novillo JP, Postacchini MdP, Sanchez Barneix V, Viccini MM, Perea MA, Longoni N. *Educación médica y pandemia: valoración de los cambios impuestos por las restricciones de la pandemia en la docencia-aprendizaje de la anatomía según los estudiantes de primer año de medicina*. *Rev Argent Anat Clin*. 2021; 13(2):67-78
10. Parodi Chocano D. *Realidad virtual para la enseñanza de Anatomía y Fisiología*. Universidad Continental. 2022. Disponible en: <https://ucontinental.edu.pe/innovacionpedagogica/realidad-virtual-ensenanza-anatomia-fisiologia/notas-destacadas/>