



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2025,
Volumen 9, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

ATLAS ANATÓMICO 3D PARA EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y EL DESARROLLO DE HABILIDADES ESPACIALES EN ESTUDIANTES DE MEDICINA

3D ANATOMICAL ATLAS FOR ACADEMIC PERFORMANCE AND SPATIAL SKILLS DEVELOPMENT IN MEDICAL STUDENTS

Gerardo Villalobos Valdez
Universidad Autónoma de Sinaloa

Crisanto Salazar González
Universidad Autónoma de Sinaloa

Jesús Leobardo Garibay López
Universidad Autónoma de Sinaloa

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17304

Atlas anatómico 3D para el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de medicina

Gerardo Villalobos Valdez¹

gerardovillalobos@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0002-5189-1539>

Universidad Autónoma de Sinaloa
México

Crisanto Salazar González

crisantosalazar@uas.edu.mx

<http://orcid.org/0000-0002-8784-346X>

Universidad Autónoma de Sinaloa
México

Jesús Leobardo Garibay López

leobardo.garibay@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0507-1994>

Universidad Autónoma de Sinaloa
México

RESUMEN

Este estudio evalúa el impacto del uso de atlas anatómicos virtuales en 3D en el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de la licenciatura en Médico General. Se empleó un diseño cuasiexperimental con enfoque mixto, involucrando a 96 estudiantes divididos en dos grupos: uno experimental (50 estudiantes) que utilizó el atlas 3D, y uno de control (46 estudiantes) que siguió el método tradicional en una clase de anatomía. Para medir el rendimiento académico se aplicó un examen departamental, mientras que las habilidades espaciales se evaluaron mediante la prueba de visualización espacial PSVT:R. Los resultados revelaron mejoras significativas en el grupo experimental, tanto en el rendimiento académico como en habilidades espaciales. Se concluye que el uso de atlas anatómicos 3D es una estrategia didáctica efectiva que optimiza el aprendizaje, mejora la visualización tridimensional y favorece la aplicación de conocimientos en contextos clínicos. Estos hallazgos sugieren la integración de los atlas 3D como herramienta complementaria en la enseñanza de anatomía en educación médica, potenciando así la formación integral de los futuros profesionales de la salud.

Palabras clave: atlas anatómicos 3d, habilidades espaciales, rendimiento académico, educación médica

¹ Autor principal.

Correspondencia: gerardovillalobos@uas.edu.mx

3D anatomical atlas for academic performance and spatial skills development in medical students

ABSTRACT

This study evaluates the impact of the use of virtual 3D anatomical atlases on academic performance and the development of spatial skills in students of the Bachelor of General Medicine. A quasi-experimental design with a mixed approach was used, involving 96 students divided into two groups: an experimental group (50 students) that used the 3D atlas, and a control group (46 students) that followed the traditional method in an anatomy class. To measure academic performance, a departmental exam was applied, while spatial skills were assessed using the PSVT:R spatial visualization test. The results revealed significant improvements in the experimental group, both in academic performance and spatial skills. It is concluded that the use of 3D anatomical atlases is an effective teaching strategy that optimizes learning, improves three-dimensional visualization and favors the application of knowledge in clinical contexts. These findings suggest the integration of 3D atlases as a complementary tool in the teaching of anatomy in medical education, thus enhancing the comprehensive training of future health professionals.

Keywords: 3D anatomical atlas, spatial skills, academic performance, medical education

*Artículo recibido 08 febrero 2025
Aceptado para publicación: 15 marzo 2025*



INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la anatomía humana es un componente esencial en la formación médica, ya que proporciona la base estructural para comprender los principios fisiológicos y patológicos del cuerpo humano. Tradicionalmente, esta disciplina se ha enseñado sobre disecciones de cadáveres y el uso de atlas anatómicos impresos. No obstante, de acuerdo con D'Angelo & Airasca (2022), estos métodos presentan múltiples desafíos, como la disponibilidad limitada de especímenes, la conservación de los mismos, la falta de acceso a laboratorios de anatomía en algunas instituciones públicas y la dificultad de los estudiantes para visualizar estructuras tridimensionales complejas.

Aunado a esto, la enseñanza de la anatomía de la cabeza y el cuello representa una de las áreas más complejas dentro de la formación médica, dado que involucra una alta densidad de estructuras vasculares, nerviosas y musculares en un espacio reducido. Incluso, algunos investigadores (Giler-Medina et al., 2024) reconocen que muchos estudiantes presentan dificultades significativas para conceptualizar estas estructuras en tres dimensiones, lo que impacta su desempeño académico y su capacidad para aplicar estos conocimientos en contextos clínicos y quirúrgicos.

Por otra parte, con el aumento de la matrícula en las facultades de medicina y la reducción del tiempo dedicado a la enseñanza de la anatomía en los planes de estudio, se han implementado programas y métodos complementarios que optimicen el aprendizaje sin depender exclusivamente de la disección de cadáveres. En este contexto, los atlas anatómicos en 3D han sido propuestos como una herramienta innovadora que permite a los estudiantes explorar la anatomía de manera interactiva, mejorando la percepción espacial y facilitando la transferencia de conocimientos en entornos clínicos reales (Zhao et al., 2023).

Lo cierto es que, con el avance de las tecnologías digitales se han abierto nuevas posibilidades para la enseñanza de la anatomía, al implementar modelos anatómicos en 3D como una alternativa eficaz para mejorar la comprensión y superar algunas de las limitaciones de los métodos tradicionales (González & García, 2014). Aunado a esto, diversos estudios han demostrado que el uso de modelos tridimensionales puede favorecer la retención del conocimiento, aumentar la motivación del estudiante y mejorar la capacidad de reconocer estructuras en imágenes médicas y situaciones clínicas.

De aquí que, este estudio responda a una necesidad concreta de la Facultad de Medicina de la



Universidad Autónoma de Sinaloa, donde la enseñanza de la anatomía enfrenta retos significativos debido a la falta de acceso a suficientes cadáveres para la disección y al uso predominante de materiales didácticos bidimensionales. Por ello, evaluar la efectividad del uso de atlas anatómicos 3D permitirá generar evidencia sobre su impacto en el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades espaciales, proporcionando datos para fundamentar su inclusión en los programas educativos de la licenciatura en Médico General.

Desde un punto de vista pedagógico, esta investigación es relevante porque contribuye a la innovación en la enseñanza de la anatomía. Si los atlas anatómicos en 3D muestran un impacto positivo en el aprendizaje, podrían convertirse en una herramienta estándar en la educación médica, optimizando la formación de futuros médicos y fortaleciendo su capacidad para interpretar estructuras anatómicas en el ejercicio clínico de la profesión.

En los últimos años, diversos estudios han explorado el impacto de la tecnología en la enseñanza de la anatomía. Por ejemplo, Giler-Medina *et al.* (2024) analizaron el uso de atlas 3D en estudiantes de bachillerato que mostraban interés por las ciencias médicas, encontrando que esta herramienta mejoraba la percepción espacial y la retención del conocimiento anatómico en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza.

Por su parte, Zhao *et al.* (2023) realizaron un metaanálisis sobre la efectividad de los modelos anatómicos digitales en la educación médica, concluyendo que los estudiantes que utilizaban estas herramientas tenían un mejor desempeño en evaluaciones prácticas y teóricas en comparación con aquellos que empleaban únicamente recursos bidimensionales. Del mismo modo, D'Angelo y Airasca (2022) estudiaron la percepción de los estudiantes de kinesiología sobre el uso de aplicaciones 3D en la enseñanza de la anatomía, encontrando una aceptación generalizada y una mejora en la comprensión de conceptos espaciales.

En el contexto latinoamericano, el acceso a estas tecnologías aún es limitado, sin embargo se ha demostrado que la implementación de modelos anatómicos digitales en universidades de la región ha generado un impacto positivo en el aprendizaje, particularmente en instituciones con dificultades para acceder a cadáveres para la disección.

Esta investigación se sustenta en el enfoque constructivista del aprendizaje, al reconocer que el



conocimiento se construye activamente a través de la interacción con el entorno y la experiencia (Piaget, 1950; Vygotsky, 1978). Desde esta premisa, el atlas anatómico en 3D permitirá que los estudiantes manipulen modelos interactivos, facilitando la construcción de representaciones mentales más precisas y reforzando el aprendizaje significativo.

Además, el estudio se apoya en la teoría cognitiva, propuesta por Sweller (1988), al sugerir que los recursos educativos deben estar diseñados para optimizar la capacidad del estudiante en el procesamiento de la información. En este sentido, los modelos tridimensionales reducen la sobrecarga cognitiva y producen una mayor visualización intuitiva de las estructuras anatómicas, facilitando el aprendizaje y la retención del conocimiento.

Por último, se retoma la teoría del aprendizaje espacial, al enfatizar el desarrollo de habilidades espaciales en disciplinas como la medicina. Al respecto, Sorby (2009) considera que la capacidad de visualizar y manipular objetos en 3D es crucial para interpretar imágenes médicas y realizar procedimientos quirúrgicos con mayor precisión.

Desde esta perspectiva, este estudio se plantea como pregunta de investigación ¿Cuál es el impacto que tiene el uso de atlas anatómico 3D en el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades espaciales en los estudiantes de medicina? Para dar respuesta a esta pregunta se ha planteado como objetivo: Evaluar el impacto del uso de atlas anatómicos 3D en el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de medicina. Y, como hipótesis, se acepta que, el uso de atlas anatómicos virtuales en 3D mejora significativamente el rendimiento académico, el desarrollo de habilidades espaciales y la transferencia de conocimientos en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza.

Por otra parte, la integración de tecnologías digitales en la enseñanza de la anatomía representa una evolución en la educación médica, al proponer soluciones innovadoras para mejorar la formación de los estudiantes. De esta manera, esta investigación aportará evidencia empírica sobre los beneficios de los atlas anatómicos en 3D, proporcionando datos concretos sobre su impacto en el aprendizaje y su potencial para ser implementados en los planes de estudio de anatomía en la educación médica.



METODOLOGÍA

Para este estudio se empleó un diseño cuasiexperimental con enfoque mixto, en el cual se comparó el rendimiento académico y el desarrollo de habilidades espaciales entre un grupo experimental, que utilizó atlas anatómicos virtuales en 3D, y un grupo control, que recibió instrucción tradicional mediante atlas impresos y diapositivas de *Power Point*.

El diseño cuasiexperimental permite establecer relaciones de causalidad entre las variables sin necesidad de una asignación aleatoria estricta, lo que resulta adecuado en entornos educativos donde los estudiantes están organizados en grupos predefinidos (Campbell & Stanley, 1963). Además, el enfoque mixto combina métodos cuantitativos para evaluar el impacto del uso de los atlas en el rendimiento académico y métodos cualitativos para analizar la experiencia de los estudiantes, proporcionando una visión integral del fenómeno estudiado (Creswell & Plano Clark, 2018).

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Sinaloa y contó con la participación de 96 estudiantes de la licenciatura en Médico General, distribuidos en dos grupos:

- Grupo experimental (n = 50): estudiantes que utilizaron atlas anatómicos virtuales en 3D como herramienta principal de aprendizaje.
- Grupo control (n = 46): estudiantes que siguieron el método tradicional basado en clases magistrales, diapositivas y material impreso.

La selección de los participantes se realizó mediante muestreo intencional no probabilístico, ya que se eligieron grupos preexistentes con características homogéneas en términos de nivel académico y condiciones de aprendizaje además, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para aumentar la validez interna del estudio.

Tabla 1.

Criterios de inclusión y exclusión de la muestra

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Alumnos inscritos en la Licenciatura en Médico General.	Alumnos que no pertenecen a la Licenciatura en Médico General.
Alumnos inscritos al segundo semestre	Alumnos que no están inscritos al segundo semestre
Alumnos que pertenecen al turno matutino	Alumnos que no pertenecen al turno matutino
Alumnos que pertenecen al grupo control y experimental	Alumnos no pertenecen al grupo control y experimental



Alumnos con un rango de edad entre 18-20 años	Alumnos con un rango de edad fuera de los 18-20 años
Alumnos regulares que asistan puntuales y realicen los ejercicios	Alumnos que no asistan puntual a clases y / o no realicen los ejercicios
Formulario diagnostico con resultados positivos	Formulario diagnostico con resultados negativos
Consentimiento informado firmado	Consentimiento informado no firmado

Para evaluar los efectos de la intervención se utilizaron diversas pruebas estadísticas que permitieron comparar los resultados entre ambos grupos: la prueba t de Student, la cual se utiliza para comparar las medias de dos grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellas (Sampieri, 2018). En este estudio, se aplicó para evaluar si el rendimiento académico de los estudiantes mejoró significativamente después de la intervención con el atlas anatómico 3D. La prueba t de Student para muestras relacionadas permitió comparar los puntajes obtenidos en el pre-test y el post-test dentro de cada grupo.

Ademas, se utilizó la prueba Chi-cuadrada, para analizar las diferencias en la distribución de categorías dentro de las habilidades espaciales evaluadas mediante la prueba de visualización espacial PSVT:R. Esta prueba estadística es útil para determinar si existe una asociación significativa entre variables categóricas, como el nivel de habilidad espacial antes y después de la intervención en los grupos control y experimental.

Por ultimo, se aplico la prueba ANOVA (Análisis de Varianza) la cual permite comparar las medias de más de dos grupos o condiciones y evaluar si existen diferencias significativas entre ellas (Sampieri, 2018). En este estudio, el ANOVA se aplicó para analizar la variabilidad en la transferencia de conocimientos anatómicos en competencias teóricas, prácticas y actitudinales entre los estudiantes del grupo experimental y del grupo control.

Para medir el impacto del uso del atlas anatómico 3D, se utilizaron los siguientes instrumentos, los cuales fueron adaptados al contexto del estudio y validados por expertos en educación médica y anatomía. Además, se realizó un pilotaje previo para verificar la confiabilidad de los instrumentos mediante la prueba de Alpha de Cronbach, obteniendo valores adecuados para cada uno.



Tabla 2.
Alpha de Cronbach

Instrumento	Valor Alpha
Prueba de visualización espacial de Purdue (PSVT: R) revisada	.909
Escala tipo Likert para medir la transferencia de conocimientos anatómicos ante cadáver real	.892

1. Examen departamental de anatomía: Evaluación objetiva aplicada antes y después de la intervención para medir el rendimiento académico en ambos grupos. Se incluyeron preguntas de opción múltiple y de identificación de estructuras anatómicas, siguiendo criterios estandarizados para la evaluación en educación médica.

2. Prueba de visualización espacial PSVT:R: Se aplicó la *Prueba de Visualización Espacial de Purdue: Rotaciones (PSVT:R)*, un test validado ampliamente utilizado para medir habilidades espaciales en contextos educativos (Guay, 1977). Esta prueba evalúa la capacidad de los estudiantes para manipular mentalmente figuras tridimensionales, una habilidad clave en la comprensión anatómica (Yoon, 2011).

3. Escala tipo Likert para medir la transferencia de conocimientos anatómicos ante cadáver real: Se diseñó una escala de cinco puntos para evaluar la capacidad de los estudiantes para identificar estructuras anatómicas en cadáver real tras el uso del atlas 3D. Se incluyeron ítems relacionados con el reconocimiento de estructuras en el anfiteatro, la relación entre el aprendizaje digital y la práctica en cadáver y la confianza en la identificación anatómica, basados en modelos de transferencia de conocimientos en educación médica (Yammine & Violato, 2015).

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina, garantizando el cumplimiento de principios éticos en la investigación educativa (World Medical Association, 2013). Además, se aseguró la confidencialidad de los datos y la participación voluntaria, obteniendo el consentimiento informado de todos los participantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos cuantitativos se realizó mediante pruebas estadísticas paramétricas para determinar la distribución normal de los datos. Así, para evaluar el impacto del uso de atlas anatómicos



en 3D sobre el rendimiento académico se compararon las calificaciones obtenidas por los estudiantes en el examen departamental de anatomía, antes y después de la intervención. También se utilizó una prueba t de student de muestras relacionadas para analizar las diferencias significativas entre el pre-test y el post-test en ambos grupos de estudio.

Tabla 3.

Resultados de la prueba T de Student para muestras relacionadas

Grupo	t- Statistic	P - Value
Control	-1.6132582386192198	0.1137
Experimental	-7.985325884119279	0.0000

Nota: La tabla muestra los resultados de la prueba t aplicada a los puntajes de los grupos control y experimental

En el caso del grupo control se obtuvo un *valor t* de -1.6133, lo que indica que la media de las diferencias entre el pre-test y el post-test no es muy grande y su *valor p* es mayor que los niveles de significancia comunes (como 0.05 o 0.01). Esto demuestra que la diferencia observada no es estadísticamente significativa y no se rechaza la hipótesis nula (H0). Por lo que, se puede afirmar que no hay suficiente evidencia estadística para concluir que hubo una diferencia significativa en las calificaciones del pre-test y el post-test para el grupo control de estudio.

Mientras que para el grupo experimental, el valor t es muy alto en valor absoluto (-7.9853), lo que sugiere una gran diferencia entre las medias del pre-test y el post-test para el grupo experimental y el *valor p* (0.0000) es menor que cualquier nivel de significancia comúnmente utilizado (como 0.05 o 0.01). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H0) que establece que, no hay diferencia entre las medias del pre-test y el post-test para el grupo experimental. En otras palabras, hay evidencia estadística suficiente para concluir que la intervención tuvo un efecto significativo en las calificaciones del grupo experimental de estudio. Además, la varianza de las calificaciones del post-test para el grupo control es 2.1266. Esto indica que las calificaciones de los estudiantes en el grupo control están más dispersas alrededor de la media en comparación con el grupo experimental. Esto sugiere que, la falta de intervención adicional en este grupo podría haber resultado en una mayor variabilidad en el rendimiento académico de los estudiantes.



No obstante, la varianza de las calificaciones del post-test para el grupo experimental es 1.0374, lo que significa que las calificaciones de los estudiantes en el grupo experimental tienen una dispersión moderada alrededor de la media. Es decir, la intervención educativa con el atlas anatómico 3D parece haber tenido un impacto consistente en el rendimiento de los estudiantes, con una variabilidad relativamente baja en sus calificaciones.

En este sentido, los resultados muestran que la varianza de las calificaciones del post-test es menor en el grupo experimental que en el grupo control. Esto sugiere que la intervención educativa con el atlas anatómico 3D no solo ha sido efectiva para mejorar el rendimiento académico promedio, sino que también resulta en una mayor consistencia en el rendimiento académico de los estudiantes. Es decir, la menor variabilidad en el grupo experimental puede ser indicativa de una comprensión más uniforme de los conceptos anatómicos facilitada por el uso del atlas 3D. Estos hallazgos coinciden con estudios previos realizados por Zhao et al. (2020), quienes han demostrado que el aprendizaje mediante herramientas digitales mejora la comprensión anatómica y la retención del conocimiento en comparación con métodos tradicionales. Por otra parte, la mejora en el rendimiento del grupo experimental sugiere que la exploración tridimensional permite a los estudiantes construir una representación mental más clara de las estructuras anatómicas, lo que favorece la memoria a largo plazo y el aprendizaje significativo (Sweller, 1988).

Para el caso de las habilidades espaciales se utilizaron los datos de la prueba PS-VT (*Purdue Spatial Visualization Test*) para evaluar las diferencias en las capacidades de visualización espacial entre dos grupos de estudiantes (control y experimental), antes y después de la intervención educativa. Las puntuaciones obtenidas en la prueba de visualización espacial fueron categorizadas en cuatro niveles: "Muy baja" (0-12 aciertos), "Baja" (13-18 aciertos), "Alta" (19-27 aciertos) y "Muy alta" (28-30 aciertos). Estas categorías se asignaron tanto para los resultados del pre-test como del post-test y son consideradas como variables categóricas no continuas. Esto hace que la prueba de Chi-cuadrado sea apropiada para su análisis.



Tabla 4.
Distribución de las habilidades espaciales

	PRE-TEST				POS-TEST										
	Muy baja (0-12 aciertos)	Baja (13-18 aciertos)	Alta (19-27 aciertos)	Muy alta (28-30 aciertos)	Muy baja (0-12 aciertos)	Baja (13-18 aciertos)	Alta (19-27 aciertos)	Muy alta (28-30 aciertos)							
	Recue nto	%	Recue nto	%	Recue nto	%	Recue nto	%	Recue nto	%					
Control	26	56	10	21	10	21	0	0.13	28	27	58	5	10	1	2.
		.6		.7		.7		0		.3		.7		.9	1
Experimental	27	54	15	30	8	16	0	0.9	18	13	26	24	48	4	8.
		.0		.0		.0		0		.0		.0		.0	0

Al aplicarse la prueba de Chi-cuadrado los resultados del pre-test sugieren que, antes de la intervención, las capacidades de visualización espacial de los estudiantes en ambos grupos eran comparables, como lo indica el valor p no significativo ($p = 0.5838$). Sin embargo, después de la intervención, las capacidades de visualización espacial de los estudiantes mostraron diferencias significativas entre los grupos, con un valor p altamente significativo ($p = 0.0002$). Específicamente, un mayor porcentaje de estudiantes en el grupo Experimental avanzó a las categorías "Alta" y "Muy alta" en comparación con el grupo control.

Tabla 3.
Resultados de la prueba de Chi-cuadrado para las categorías de visualización espacial (PS-VT)

PRUEBA PS-VT	VALOR	SIGNIFICANCIA ASINTONICA (BILATERAL)
PRE-TEST	2.920	0.5838
<i>Grupo control vs experimental</i>		
POST-TEST	22.457	0.0002



El incremento en los puntajes del PSVT:R en el grupo experimental es consistente con investigaciones previas que han demostrado que la interacción con modelos 3D mejora la capacidad de rotación mental y percepción espacial (Sorby, 2009). Estas habilidades son esenciales en anatomía, ya que permiten a los estudiantes visualizar estructuras en diferentes planos y comprender mejor la relación entre órganos y tejidos.

En esta idea, las investigaciones de Yammine y Violato (2015) reconocen que el aprendizaje basado en tecnologías tridimensionales es particularmente beneficioso para estudiantes con dificultades en la percepción espacial, lo que se reflejó en este estudio, donde el grupo experimental mostró un avance significativo en este aspecto.

Por último, para analizar cómo el uso del atlas 3D impactó en la capacidad de los estudiantes para identificar estructuras anatómicas en un cadáver real, se aplicó un cuestionario tipo escala de *Likert* para medir la transferencia de conocimientos anatómicos ante cadáver real, en tres esferas del conocimiento (competencias teóricas, prácticas y actitudinales). Aquí, resulta importante destacar que el cuestionario se aplicó una sola vez después de la intervención, dado que el número de sujetos fue suficiente para realizar análisis con medidas de dispersión. Esto significa que no hubo un pre-test, y los resultados presentados reflejan el estado de los participantes únicamente después de la intervención.

Los resultados obtenidos con esta escala muestran una diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo control al medir la transferencia de conocimientos frente al cadáver real. Para esto se realizaron diversas pruebas estadísticas con los resultados obtenidos, como la prueba t, el ANOVA y análisis descriptivos, con las cuales se ha demostrado que, el uso de herramientas tecnológicas, como el atlas anatómico en 3D, tiene un impacto positivo en el desarrollo de competencias teóricas, prácticas y actitudinales. Mismas que vienen propuestas en el plan de estudios de la asignatura de anatomía de cabeza y cuello.

En este caso, los resultados de la prueba t para muestras independientes y el ANOVA muestran que el grupo experimental obtuvo puntajes significativamente más altos en las competencias teóricas (F-valor = 153.15, $p < 0.0001$). Esto sugiere que la capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar conceptos anatómicos mejoró con el uso del atlas 3D.

Tabla 5.

Resultados de la prueba t para muestras independientes (transferencia de conocimientos)

Categoría	Estadístico t	p- valor
<i>Competencias teóricas</i>	-12.62	0.000
<i>Competencias prácticas</i>	-10.47	0.000
<i>Competencias Actitudinales</i>	-10.28	0.000

En cuanto a las competencias prácticas, encontramos nuevamente una diferencia significativa entre los grupos (F-valor = 106.07, $p < 0.0001$). El grupo experimental mostró un mejor desempeño en la precisión de disección y el uso de herramientas, lo que puede deberse a la capacidad de familiarizarse con las estructuras tridimensionales antes de las prácticas reales en el laboratorio. Por lo que, la visualización previa en 3D facilita la identificación de estructuras y mejora la destreza manual al enfrentar escenarios reales, como la disección de cadáveres. Estos resultados coinciden con el estudio de D'Angelo y Airasca (2022), quienes encontraron que los estudiantes que utilizaban modelos anatómicos digitales tenían un mejor reconocimiento de estructuras en cadáveres y un mayor nivel de confianza en su aprendizaje. Incluso, la diferencia en la percepción de los estudiantes sugiere que el uso del atlas 3D podría reducir la brecha entre el aprendizaje teórico y la aplicación práctica, un desafío recurrente en la enseñanza de la anatomía (Kelley & Coelho, 2019).

Tabla 6.

Análisis ANOVA unidireccional para comparar los promedios entre ambos grupos en cada categoría.

Categoría	F- valor	p- valor
<i>Competencias teóricas</i>	153.15	0.000
<i>Competencias prácticas</i>	106.07	0.000
<i>Competencias Actitudinales</i>	100.69	0.000



Respecto a las competencias actitudinales, éstas mostraron una mejora significativa en el grupo experimental (F -valor = 100.69, $p < 0.0001$). Ya que los estudiantes que utilizaron el atlas 3D no solo demostraron un mejor desempeño técnico y teórico, sino que también se pudo observar una mayor motivación, interés y actitud colaborativa entre los estudiantes durante las sesiones prácticas. Por lo que, desde una perspectiva cualitativa, resulta posible inferir que el uso de herramientas interactivas genera mayor interés en los estudiantes y promueve un ambiente de aprendizaje más participativo y colaborativo en el grupo escolar de estudio.

Si bien los resultados respaldan el uso del atlas 3D como una herramienta efectiva en la enseñanza de la anatomía, existen algunas limitaciones en este estudio:

- **Tamaño muestral:** Aunque se trabajó con un número representativo de estudiantes, futuros estudios podrían incluir muestras más amplias para mejorar la generalización de los resultados.
- **Duración de la intervención:** La implementación del atlas 3D se llevó a cabo en un período académico relativamente corto. Un seguimiento a largo plazo permitiría evaluar si los efectos positivos del uso de estas herramientas se mantienen con el tiempo.
- **Accesibilidad a la tecnología:** La adopción de herramientas digitales puede verse limitada por la disponibilidad de dispositivos adecuados y acceso a software en todas las instituciones educativas.

CONCLUSIONES

En conclusión, esta investigación demuestra que la implementación de atlas anatómicos virtuales en 3D tiene un impacto significativo en la enseñanza de la anatomía y en la formación integral de los futuros profesionales de la salud. Los resultados obtenidos evidencian que esta herramienta tecnológica favorece notablemente la comprensión de las estructuras anatómicas, potencia el desarrollo de habilidades espaciales y facilita la aplicación del conocimiento en contextos prácticos. El análisis cuantitativo reveló mejoras estadísticamente significativas, tanto en el rendimiento académico como en la visualización espacial en el grupo experimental. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que la exploración tridimensional facilita la representación mental de las estructuras anatómicas, proporcionando a los estudiantes una ventaja sustancial en su proceso de aprendizaje.

Uno de los aportes más relevantes de este estudio es la demostración de que la manipulación de modelos



tridimensionales no solo mejora la adquisición de conocimientos teóricos, sino que también incide en la capacidad de aplicación práctica del aprendizaje anatómico. La evidencia obtenida sugiere la necesidad de integrar tecnologías de visualización avanzadas en los programas de educación médica, ya que no solo mejoran la comprensión de la anatomía humana, sino que también preparan a los estudiantes para las demandas tecnológicas de la práctica médica moderna y los requerimientos del siglo XXI.

No obstante, este estudio plantea algunas interrogantes que requieren de futuras investigaciones. Si bien los resultados muestran un impacto positivo en la implementación del atlas 3D en el rendimiento académico y en la visualización espacial, no se exploró cómo estos efectos se sostienen en el tiempo ni su influencia en el desempeño clínico de los estudiantes en etapas avanzadas de su formación. Otro aspecto que merece atención es la variabilidad en la adopción de tecnologías digitales en la educación médica, ya que su efectividad puede estar influenciada por factores como la familiaridad de los estudiantes con herramientas digitales y la integración de estas estrategias en los planes y programas de estudio. Incluso, en futuras investigaciones podrían evaluar la combinación de atlas 3D con otras tecnologías, como la realidad aumentada o la simulación en entornos virtuales, para determinar qué enfoques ofrecen una mayor ventaja en la enseñanza de la anatomía en la formación universitaria.

En conclusión, este estudio proporciona evidencia empírica sobre los beneficios del uso de atlas anatómicos en 3D en la enseñanza de la anatomía de cabeza y cuello, consolidando su efectividad como una herramienta que mejora la comprensión anatómica, el desarrollo de habilidades espaciales y la aplicación práctica del conocimiento. No obstante, la evolución de la educación médica demanda investigaciones adicionales que profundicen en el impacto a largo plazo de estas tecnologías y su integración en la formación clínica, contribuyendo a un modelo educativo más dinámico y adaptado a los desafíos actuales del aprendizaje anatómico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage.

D'Angelo, V. S., & Airasca, D. A. (2022). Percepción del uso de aplicaciones 3D de anatomía humana



- en estudiantes de kinesiología. *Investigación en Educación Médica*, 11(44), 34-44. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2022.44.22435>
- Giler-Medina, P., Giler-Medina, C., & Medina-Gorozabel, G. (2024). Uso del Atlas 3D en el aprendizaje de la Anatomía Humana en estudiantes de bachillerato. *Revista Sociedad & Tecnología*, 7(2), 146-162. <https://doi.org/10.51247/st.v7i2.421>
- González, M. J., & García, J. L. (2014). Enseñanza de la Anatomía con base en el enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas Clínicos. *Educación Médica Superior*, 28(4), 547-558. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44758536019>
- Guay, R. B. (1977). *Purdue spatial visualization test: Rotations*. Purdue Research Foundation.
- Kelley, C. M., & Coelho, R. A. (2019). The role of interactive technology in anatomical education: A systematic review. *Anatomical Sciences Education*, 12(3), 291-307. <https://doi.org/10.1002/ase.1829>
- Yoon, S. Y. (2011). Psychometric Properties of the Revised Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (The Revised PSVT:R). Unpublished doctoral dissertation, Purdue University.
- Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203164730>
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mcgraw Hill Mexico.
- Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459-480. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes* (M. Cole, V. Jolm-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191-



2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

Yammine, K., & Violato, C. (2015). A meta-analysis of the educational effectiveness of three-dimensional visualization technologies in teaching anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 8(6), 525-538. <https://doi.org/10.1002/ase.1510>

Zhao, J., Xu, X., Jiang, H., & Ding, Y. (2020). The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: A meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Medical Education*, 20(127), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-1994-z>

