

TRABAJO FIN DE GRADO



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE MEDICINA

Grado en Medicina

Impacto del uso de la realidad aumentada en la
enseñanza de anatomía aplicada a la hemorragia
digestiva alta. Evaluación y autopercepción estudiantil

Autor/a:

Celia del Carmen García Vallejo

Director/es:

Profesor Linder Eduardo Cárdenas Bravo

Murcia, Mayo de 2025

TRABAJO FIN DE GRADO



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE MEDICINA

Grado en Medicina

Impacto del uso de la realidad aumentada en la
enseñanza de anatomía aplicada a la hemorragia
digestiva alta. Evaluación y autopercepción estudiantil

Autor/a:

Celia del Carmen García Vallejo

Director/es:

Profesor Linder Eduardo Cárdenas Bravo

Murcia, Mayo de 2025



UCAM
UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO

DEFENSA TRABAJO FIN DE GRADO

DATOS DEL ALUMNO	
Apellidos: García Vallejo	Nombre: Celia del Carmen
DNI: 54312223T	Grado: Medicina
Facultad de Ciencias de la Salud	
Título del trabajo: Impacto del uso de la realidad aumentada en la enseñanza de anatomía aplicada a la hemorragia digestiva alta. Evaluación y autopercepción estudiantil	

El Profesor Linder Eduardo Cárdenas Bravo, tutor del trabajo reseñado arriba, acredito su idoneidad y otorgo el V, B,^o a su contenido para ir a Tribunal de Trabajo fin de Grado.

En Murcia, a 20 de Mayo de 2025.

Fdo.:

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, quienes siempre han confiado en mí, incluso en los momentos en que las circunstancias eran difíciles. Me habéis enseñado que, aunque todo parezca derrumbarse, siempre hay una forma de resurgir. Habéis sido mi motor, el impulso que me ha llevado a superar cada obstáculo. Lo que soy hoy lo debo a todo lo que me habéis dado y enseñado.

A mis hermanos, que han estado a mi lado, sin importar las circunstancias ni la distancia. En cada uno de vosotros he encontrado un refugio, un amor incondicional y una razón para mantenerme firme en el camino.

A mi tutor, el Dr. Linder, por su dedicación, paciencia y compromiso. Gracias por guiarme en cada paso de este trabajo, por confiar en mi capacidad y por estar siempre dispuesto a ayudarme a mejorar.

A Miriam, por su apoyo constante, su generosidad y su tiempo. Gracias por ayudarme y animarme cuando más lo necesitaba.

A todos los que habéis formado parte de este camino, gracias por sostenerme, inspirarme y hacer posible que esta meta sea una realidad. Os debo más de lo que las palabras puedan expresar.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	9
ABREVIATURAS	15
RESUMEN	17
Palabras clave/ Descriptores	17
ABSTRACT	19
Key words/ Descriptors	19
INTRODUCCIÓN	21
OBJETIVOS	23
MATERIAL Y MÉTODOS	25
Diseño y tipo de estudio	25
Población y muestra	25
Criterios de inclusión y exclusión.....	25
Procedimiento de intervención.....	26
Instrumentos de evaluación	27
Análisis de datos.....	28
Aspectos éticos del estudio	29
RESULTADOS	31
Descriptivos de la prueba de autopercepción tras el uso de RA.....	31
Autopercepción tras el uso de RA	32
Evaluación de conocimientos anatómicos antes y después de la intervención	33
DISCUSIÓN	35
Limitaciones.....	36
BIBLIOGRAFIA	39
TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS	41
Tabla 1.....	41
Figura 1.....	42
Tabla 2.....	43
Tabla 3.....	44

Figura 2.....	45
ANEXOS.....	47
ANEXO 1	47
ANEXO 2	49
ANEXO 3	51

ABREVIATURAS

HDA: Hemorragia digestiva alta

RA: Realidad aumentada

RV: Realidad virtual

RM: Realidad mixta

XR: Realidad extendida

3D: Tridimensional

UCAM: Universidad Católica San Antonio de Murcia

N: población

n: muestra

EEM: Error estándar de la media

p: nivel de significancia estadística

Z: Estadístico de prueba estandarizado

RESUMEN

Introducción: El desarrollo tecnológico ha permitido implementar un nuevo enfoque en el aprendizaje médico, ofreciendo herramientas innovadoras como la realidad aumentada (RA). Este estudio, tiene como objetivo evaluar el impacto de esta tecnología en la enseñanza de anatomía aplicada a la hemorragia digestiva alta (HDA), mediante el uso de dispositivos electrónicos como medio didáctico. De este modo, se pretende valorar tanto la mejora objetiva en el conocimiento de los estudiantes como su percepción sobre el uso de esta herramienta tecnológica en el ámbito educativo.

Material y métodos: El estudio se llevará a cabo con estudiantes de Medicina en un entorno de simulación clínica. En primer lugar, se realizará una prueba inicial con el objetivo de valorar los conocimientos anatómicos previos. A continuación, se impartirá una explicación detallada de la anatomía del tubo digestivo, vinculada con la HDA. Posteriormente, se resolverá un caso clínico simulado que les permitirá aplicar los conocimientos adquiridos. Para finalizar, se aplicará una encuesta basada en una escala de tipo Likert para valorar la percepción sobre la RA, y se repetirá la prueba de anatomía con el fin de comparar los resultados antes y después de la intervención.

Resultados: La percepción sobre el uso de RA fue positiva, con más del 70% de respuestas en los niveles 4 y 5 en todas las dimensiones evaluadas. Además, tras la intervención, las puntuaciones en conocimientos anatómicos aumentaron significativamente, pasando de una media de $2,85 \pm 0,17$ en el pretest a $3,95 \pm 0,22$ en el posttest ($Z = 4,011$, $p < 0,001$).

Conclusión: La intervención con RA combinada con la simulación clínica mejoró significativamente los conocimientos anatómicos de los estudiantes, además de ser percibida como positiva por parte de los estudiantes en todas las dimensiones evaluadas.

Palabras clave/ Descriptores

Anatomía, Realidad aumentada, Educación médica

ABSTRACT

Introduction: Technological development has made it possible to implement a new approach to medical learning, offering innovative tools such as augmented reality (AR). This study aims to evaluate the impact of this technology on the teaching of anatomy applied to upper gastrointestinal haemorrhage (UGH), through the use of electronic devices as a didactic medium. In this way, the aim is to assess both the objective improvement in students' knowledge and their perception of the use of this technological tool in the educational environment.

Material and methods: The study will be carried out with medical students in a clinical simulation environment. First, an initial test will be carried out with the aim of assessing previous anatomical knowledge. This will be followed by a detailed explanation of the anatomy of the gastrointestinal tract as it relates to HDA. Subsequently, a simulated clinical case will be solved to allow them to apply the knowledge acquired. Finally, a survey based on a Likert-type scale will be applied to assess the perception of AR, and the anatomy test will be repeated in order to compare the results before and after the intervention.

Results: Perception of AR use was positive, with more than 70% of responses at levels 4 and 5 in all dimensions assessed. In addition, after the intervention, anatomical knowledge scores increased significantly, from a mean of 2.85 ± 0.17 at pretest to 3.95 ± 0.22 at posttest ($Z = 4.011$, $p < 0.001$).

Conclusion: The AR intervention combined with clinical simulation significantly improved students' anatomical knowledge and was perceived as positive by students in all dimensions assessed.

Key words/ Descriptors

Anatomy, Augmented reality, Medical education

INTRODUCCIÓN

La anatomía es una ciencia básica fundamental en Medicina que ayuda a comprender de forma detallada el cuerpo humano. Tradicionalmente, la enseñanza de anatomía se ha basado en libros de texto, disección de cadáveres e ilustraciones bidimensionales (2D)¹. No obstante, debido a múltiples factores, las sesiones en salas de disección son cada vez menos frecuentes, y las herramientas bidimensionales requieren que los estudiantes interpreten mentalmente propiedades espaciales a través de imágenes estáticas y limitadas². De esta manera, desarrollar un método efectivo para la enseñanza de la anatomía ha sido un objetivo a largo plazo³, pues, si bien los métodos tradicionales siguen siendo esenciales e insustituibles para la enseñanza médica, su combinación junto con herramientas digitales presenta un gran potencial¹.

En este contexto, el auge de la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) se ha visto impulsado recientemente debido a una demanda excepcional, que ha surgido como consecuencia de las restricciones que conllevó la pandemia de COVID 19^{4,5}. La pandemia ha representado un gran desafío educativo a nivel global, sin embargo, también ha permitido aumentar el interés de los centros de educación médica por aplicar estas tecnologías en la enseñanza⁶.

La tecnología extendida (RX) en la educación médica es un término que se refiere al uso de tecnologías innovadoras como son la RV, la RA y la realidad mixta (RM), que consiguen crear un entorno tridimensional interactivo. La RA se caracteriza por ser la superposición de información sobre un campo de visión del mundo real, mientras que la RM se utiliza cuando los objetos virtuales tridimensionales (3D) se representan en relación con el entorno del mundo real⁷. Por el contrario, los sistemas de RV sumergen completamente los sentidos del usuario en un mundo virtual simulado que, a menudo, busca imitar las propiedades del mundo real⁸.

En este sentido, diversos estudios recientes respaldan el uso de estas tecnologías para la enseñanza de anatomía como método complementario,

destacando su impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. De este modo, una revisión sistemática con metaanálisis mostró que las intervenciones basadas en RA son más efectivas que los recursos de aprendizaje pasivo tradicionales, pues el 80% de los estudiantes que las utilizaron las valoraron como útiles, especialmente como método complementario⁵. De igual manera, otras investigaciones resaltan que la integración de RA y RV no elimina los métodos tradicionales ni el papel del profesor, sino que actúa como una herramienta poderosa de apoyo adicional⁹.

No obstante, es cierto que el papel de estas tecnologías puede variar según el nivel educativo, contexto académico y las preferencias individuales, pues hay estudios que muestran diferencias en la percepción según la dirección del estudio y el sexo, siendo la RA más relevante para los hombres en comparación con las mujeres¹⁰. Por ello, es fundamental comprender las diferencias en la percepción de los estudiantes sobre estos recursos digitales, ya que esto puede guiar a las instituciones en la asignación de recursos y el diseño curricular¹.

Bajo esta perspectiva, el presente estudio busca evaluar el impacto del uso de la RA en el contexto clínico concreto de la hemorragia digestiva alta (HDA), una patología prevalente cuyo manejo puede mejorar con un conocimiento previo de las diferentes estructuras anatómicas involucradas. De esta forma, se pretende determinar si esta tecnología consigue mejorar el aprendizaje de los estudiantes de forma efectiva, significativa y medible.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el impacto del uso de la realidad aumentada en la enseñanza de la anatomía aplicada a la hemorragia digestiva alta en estudiantes de tercer curso de Medicina, mediante un estudio cuasiexperimental en un entorno de simulación clínica.

Objetivos específicos

1. Analizar la mejora en la comprensión anatómica de los estudiantes tras la utilización de modelos tridimensionales de realidad aumentada en el estudio de la hemorragia digestiva alta.
2. Evaluar la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos mediante realidad aumentada en la resolución de un caso clínico simulado relacionado con la hemorragia digestiva alta.
3. Medir la percepción y satisfacción de los estudiantes con el uso de realidad aumentada en la enseñanza de la anatomía, utilizando encuestas de autopercepción basadas en la escala Likert.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y tipo de estudio

El estudio se enmarca en un Trabajo de Fin de Grado en Medicina de la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM). Para ello, se llevó a cabo un ensayo cuasiexperimental de tipo antes-después, sin grupo control en el que participaron alumnos de tercer curso de Medicina en un entorno controlado de simulación clínica. El diseño del estudio consistió en evaluar el impacto de la RA para la enseñanza de la anatomía aplicada a la HDA. La intervención se realizó de forma presencial el día 10 de abril, con sesiones de 1 hora por alumno. Las sesiones tuvieron lugar en el campus de Cartagena, Murcia, España, durante el año académico de 2025.

Población y muestra

La población de estudio estuvo compuesta por los estudiantes de tercer curso del Grado en Medicina de la UCAM, campus de Cartagena, que se encontraban matriculados en la asignatura de Aparato Digestivo durante el curso académico 2025. Esta asignatura forma parte del plan de estudios oficial del grado y es un componente clave en la formación clínica de los estudiantes.

Se incluyeron aquellos estudiantes que cumplieron los criterios de inclusión establecidos y que aceptaron voluntariamente participar en el estudio mediante la firma del consentimiento informado.

En total, N = 41 estudiantes fueron inicialmente convocados para formar parte del estudio. Finalmente, n = 39 estudiantes completaron todas las fases del estudio y conformaron la muestra final.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

- Estudiantes matriculados en tercer curso del grado en Medicina de la UCAM que acepten y firmen el consentimiento informado.
- Participantes que completen la totalidad de la intervención.

Criterios de exclusión:

- Estudiantes que no firmen el consentimiento informado.
- Participantes que no completen la totalidad de la intervención.
- Aquellos con antecedentes de epilepsia fotosensible o problemas severos de visión.

Procedimiento de intervención

La metodología del estudio se llevó a cabo a través de una secuencia de cuatro fases bien diferenciadas, las cuales permiten valorar tanto el conocimiento adquirido como la experiencia percibida por los estudiantes. A continuación, se describen de forma detallada cada una de las fases que conforman el estudio:

- Evaluación inicial de conocimientos (pretest)

Se aplicó un cuestionario estructurado con preguntas específicas de anatomía sobre la HDA para saber con exactitud la situación de partida de los estudiantes. La prueba estuvo conformada por 5 preguntas de opción múltiple y una única respuesta correcta.

- Intervención educativa con RA

Se interactuó con modelos tridimensionales de RA, donde los estudiantes pudieron visualizar y comprender de forma detallada las estructuras anatómicas relacionadas con la HDA. La aplicación empleada "Complete Anatomy" (versión 8.3.0) fue adquirida a través de Elsevier (Países Bajos) permite rotar y explorar las estructuras desde distintos ángulos, favoreciendo el aprendizaje visual.

- Resolución del caso clínico simulado

En esta etapa los alumnos abordaron un caso clínico ficticio de HDA en un escenario realista de simulación adaptado a su nivel académico. El caso clínico, cuyo contenido completo se presenta en el Anexo 3 describe a un paciente varón de 34 años que acude al servicio de Urgencias por dolor epigástrico, síncope y melenas. Esta actividad permitió consolidar la comprensión de las estructuras anatómicas implicadas en la HDA, pues durante la resolución del caso los alumnos debieron aplicar los conocimientos anatómicos adquiridos mediante la

interacción con los modelos tridimensionales. Esta actividad se desarrolló en el aula de simulación, bajo la supervisión del equipo docente.

- Evaluación final (postest y encuesta de autopercepción)

Para terminar, se repitió el mismo cuestionario de conocimientos anatómicos aplicado en la fase inicial, permitiendo comparar los resultados pre y post-intervención. Además, se utilizó una encuesta de autopercepción con 5 preguntas basada en una escala Likert de 5 puntos, para poder obtener información acerca de la valoración subjetiva de los estudiantes.

Instrumentos de evaluación

Con el objetivo de evaluar el impacto de la RA se emplearon dos instrumentos principales: una prueba de conocimientos anatómicos y una encuesta de autopercepción.

La prueba de conocimientos anatómicos (pretest y postest) permitió medir el nivel de conocimientos antes y después de la intervención. Las preguntas combinan no solo conocimientos teóricos, sino también razonamiento clínico que permita evaluar la capacidad de comprensión. Consistió en un cuestionario compuesto por preguntas de opción múltiple enfocadas en la identificación de estructuras anatómicas clave y la aplicación de conceptos anatómicos en un contexto clínico. Las preguntas incluidas fueron las siguientes (Anexo 2):

- ¿Qué estructura anatómica marca la transición entre la hemorragia digestiva alta y baja?
- ¿Cuál de las siguientes estructuras anatómicas delimita el ligamento de Treitz?
- En un paciente con HDA por una úlcera duodenal, ¿en qué cuadrante abdominal esperas encontrar mayor sensibilidad a la palpación?
- ¿Qué arteria se identifica como rama del tronco celíaco?
- En un paciente con úlcera gástrica sangrante en la curvatura menor, ¿qué arteria tiene más riesgo de dañarse?

La encuesta de autopercepción permitió recoger la opinión de los estudiantes tras usar la RA. Se realizó a través del uso de una escala tipo Likert de 5 puntos, desde “1 = Totalmente en desacuerdo” hasta “5 = Totalmente de acuerdo” e incluyó los siguientes ítems:

- La realidad aumentada me ayudó a comprender mejor la anatomía implicada en la hemorragia digestiva alta.
- El uso de la realidad aumentada para estudiar anatomía aplicada a la patología habría mejorado mi comprensión del caso simulado.
- Tras la utilización de la realidad aumentada, siento mayor confianza para aplicar estos conocimientos en un contexto clínico.
- El uso de la realidad aumentada en la enseñanza de anatomía es más eficaz que los métodos tradicionales.
- Considero que la realidad aumentada debería implementarse de forma regular en la formación médica.

Análisis de datos

Las puntuaciones obtenidas en la prueba de conocimientos anatómicos (pre y post intervención) se expresaron como media \pm error estándar de la media (EEM). Los datos de autopercepción se expresaron como porcentaje para la distribución y como mediana (primer cuartil, tercer cuartil).

La normalidad de los datos para la prueba de conocimientos pre y post se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y también se verificó la homogeneidad de la varianza mediante la prueba de Levene. Para los datos, que no estaban distribuidos normalmente, se utilizó una prueba no paramétrica de Wilcoxon. El nivel de significancia (p) para el análisis del pre y posttest se fijó en 0,05. (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).

Para analizar si los ítems de la escala tipo Likert diferían respecto con nuestro valor teórico de referencia (valor = 3), se utilizó una prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para una sola muestra. Esta

prueba no paramétrica se utilizó debido a la naturaleza ordinal de los datos. El valor de p se mantuvo en 0,05. (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando SPSS 27.0 (SPSS, Chicago, IL, EE. UU.).

Aspectos éticos del estudio

El estudio se diseñó y ejecutó siguiendo los principios éticos fundamentales recogidos en la Declaración de Helsinki. Previo a la intervención, todos los participantes recibieron información detallada sobre el estudio y se obtuvo el consentimiento informado por escrito, garantizando la voluntariedad de su participación y su derecho a retirarse sin perjuicio académico.

Se aseguró el anonimato de los datos, que fueron almacenados en soportes electrónicos protegidos con acceso restringido al equipo investigador. El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el Comité de Ética de la investigación de la UCAM con el código CE022505 (Anexo 1).

RESULTADOS

Descriptivos de la prueba de autopercepción tras el uso de RA:

La distribución porcentual de las respuestas se muestra en la Tabla 1. En general, las respuestas se plasmaron en la parte alta de la escala, especialmente en las opciones 4 (“de acuerdo”) y 5 (“totalmente de acuerdo”), lo que sugiere que se tuvo una percepción positiva de la RA. Este patrón indica una tendencia general hacia la valoración favorable de la herramienta empleada, observándose una baja concentración de respuestas en los niveles con menos puntuación de la escala.

En la dimensión de la comprensión teórica, el 80% de los estudiantes se posicionó en los niveles 4 (30%) y 5 (50%), mientras que tan solo el 10 % se mantuvo en una posición neutral y otro 10 % manifestó algún grado de desacuerdo.

Respecto a la comprensión aplicada, el 78% de las respuestas se ubicó de nuevo en los niveles más altos con un 50% de respuestas en el nivel 5 y un 28% en el 4. El 15% se mantuvo neutral y un 8% expresó desacuerdo.

En cuanto a la confianza fue la dimensión en la que se observó una dispersión más amplia. Si bien, el 73% respondieron con puntuaciones altas ubicadas en los niveles 4 (40%) y 5 (33%), un 15% optó por una valoración neutral y un 13% expresó algún grado de desacuerdo.

La eficacia educativa obtuvo la valoración más alta en términos de acuerdo global, con un 85% de respuestas concentradas en los niveles 4 (40%) y 5 (45%). Además, fue también la dimensión con menor nivel de desacuerdo, puesto que solo un 5% de las respuestas se situaron en el nivel más bajo (1), y ningún alumno seleccionó la opción 2 (“en desacuerdo”). El 10 % restante se mantuvo neutral.

Finalmente, los datos obtenidos en la implementación se agruparon también en la parte superior de la escala con un 83% de respuestas en los niveles superiores (4 y 5). Aunque el porcentaje global sea ligeramente inferior, se trata de la dimensión que concentró el mayor número de respuestas en el

nivel 5 (60%). El resto de las respuestas se mantuvieron entre una posición neutral (8%) o manifestaron algún grado de desacuerdo (11%).

Autopercepción tras el uso de RA:

Al evaluar la percepción del alumnado mediante una escala tipo Likert con ítems relacionados con la experiencia educativa, los resultados mostraron una tendencia marcadamente positiva. La Figura 1 muestra la percepción de los alumnos sobre la RA a través de 5 ítems: Comprensión teórica, Comprensión aplicada, Confianza, Eficacia educativa e Implementación. Cada uno de ellos calificado del 1 al 5, donde 1 representa el menor grado de acuerdo “totalmente en desacuerdo”, y 5 el mayor “totalmente de acuerdo”. El valor teórico que usamos como punto neutral de la escala fue 3.

Para determinar si las puntuaciones observadas diferían significativamente de este valor neutral, se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra, comparando cada ítem con la mediana hipotética de 3. Los resultados, que se presentan en la Tabla 2, mostraron diferencias estadísticamente significativas en todas las dimensiones evaluadas con respecto a este valor: Comprensión teórica ($Z = 4,347$, $p < 0,001$), Comprensión aplicada ($Z = 4,599$, $p < 0,001$), Confianza ($Z = 3,510$, $p < 0,001$), Eficacia educativa ($Z = 4,542$, $p < 0,001$) e Implementación ($Z = 4,834$, $p < 0,001$). El signo positivo del estadístico Z indica que las puntuaciones observadas fueron significativamente mayores que la mediana hipotética, confirmando una percepción favorable.

Las medianas obtenidas en las cinco dimensiones fueron de 4,5 (4, 5) tanto para Comprensión teórica como Comprensión aplicada; 4 (3, 5) para Confianza y Eficacia educativa; y 5 (4, 5) para Implementación, siendo todas ellas superiores al punto medio neutral de la escala (Figura 1). El ítem con la mediana más alta fue por tanto la Implementación, mientras que los ítems con una mediana más baja fueron la Confianza y la Eficacia educativa.

Respecto a la dispersión de las respuestas, la dimensión Confianza fue la que presentó una mayor variabilidad evidenciada por presentar un rango más amplio (Figura 1).

Evaluación de conocimientos anatómicos antes y después de la intervención:

La Figura 2 muestra las puntuaciones medias obtenidas por los alumnos en la prueba de conocimientos anatómicos antes (pretest) y después (postest) de la intervención con realidad aumentada combinada con la simulación clínica. Se observa un incremento en la media tras la intervención, pasando aproximadamente de $2,85 \pm 0,17$ en el pretest a $3,95 \pm 0,22$ en el postest. Las barras de error corresponden al error estándar de la media (EEM) y la menor superposición entre ellas apoya la existencia de una diferencia significativa.

Para determinar si la diferencia entre ambas mediciones era significativa, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Los resultados, presentados en la tabla 3 muestran un valor estadístico $Z = 4,011$ y una significación estadística de $p < 0,001$. El valor positivo del estadístico Z indica que, las puntuaciones obtenidas en el postest fueron significativamente superiores a las del pretest, lo que se traduce en una mejora en conocimientos anatómicos tras la intervención.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio evidencian que la RA puede ser una herramienta eficaz para la enseñanza de anatomía aplicada en contextos clínicos, como es el caso de la HDA. Se observó una mejora significativa en las puntuaciones de conocimientos anatómicos tras la intervención, pasando de $2,85 \pm 0,17$ en el pretest a $3,95 \pm 0,22$ en el posttest ($Z = 4,011$; $p < 0,001$), lo que sugiere que la RA ayuda al aprendizaje de estos conceptos anatómicos, especialmente cuando se combina con un entorno clínico simulado. Este hallazgo coincide con estudios previos que también han reportado mejoras en la comprensión anatómica de los estudiantes tras el uso de nuevas tecnologías^{7,8}. En concreto, uno de estos estudios informó de un aumento del 14,3% en las puntuaciones del posttest tras una intervención con RM, en comparación con una clase tradicional ($p < 0,001$)⁷.

Por otro lado, la mejora observada en el posttest también refuerza la utilidad de la RA para representar relaciones espaciales complejas, lo cual resulta especialmente relevante en el estudio de estructuras anatómicas difíciles de visualizar, como el ángulo de Treitz, el trayecto de las arterias implicadas o las relaciones entre los órganos vecinos^{4,3}. Estos conocimientos fueron posteriormente aplicados en la resolución del caso clínico simulado.

Nuestros resultados respaldan el valor de la RA como herramienta complementaria dentro del modelo de enseñanza tradicional. Varios estudios han señalado que, cuando se utiliza como recurso adicional y no sustitutivo, la RA puede potenciar la implicación, la motivación y la comprensión visual del estudiante^{3,9}. En este estudio, el uso de RA se integró activamente durante la explicación docente, lo que pudo haber contribuido a los resultados positivos observados tanto en el rendimiento como en la experiencia del alumnado.

En relación con la percepción de los estudiantes, evaluada mediante una escala tipo Likert de 5 puntos, la mayoría manifestó una actitud claramente positiva en todos los ítems. En nuestro estudio, las dimensiones de Comprensión teórica, Utilidad e Implementación, fueron las mejores valoradas, lo cual es coherente con lo reportado en un metaanálisis reciente, en el que aproximadamente el 80% de los estudiantes consideraron las tecnologías XR como útiles para el aprendizaje de anatomía⁵.

Respecto al ítem de Confianza en el uso de la RA, nuestros resultados también fueron consistentes con los de estudios previos, aunque esta dimensión fue la que mostró una mayor variabilidad. Este hallazgo podría explicarse por la escasa familiaridad de los estudiantes con este tipo de herramientas. En estudios recientes, se ha observado que aproximadamente el 80% de los estudiantes de primer año y hasta el 97% de los de posgrado se sienten seguros utilizando recursos digitales para el estudio anatómico¹.

Por último, en este trabajo se utilizó la aplicación “Complete 3D Anatomy” (Elsevier) como herramienta principal de RA. Esta plataforma ha sido previamente empleada en otros estudios, obteniendo también resultados positivos tanto en la mejora del aprendizaje anatómico como en la percepción del alumnado^{1,4}.

Limitaciones

En el presente estudio se identificaron una serie de limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, la muestra final de participantes se vio reducida debido a dificultades técnicas; concretamente, algunos alumnos no lograron escanear el código QR necesario para acceder a las encuestas, lo que impidió completar la intervención en su totalidad. Asimismo, se registró inestabilidad ocasional de los modelos 3D, y la disponibilidad de dispositivos electrónicos compatibles con el programa de RA fue limitada.

Otra limitación es la ausencia de un grupo control y de seguimiento longitudinal. La falta de un grupo comparativo dificulta la atribución directa de los resultados observados al uso exclusivo de la RA. De igual modo, la ausencia de evaluación a largo plazo impide conocer la retención del conocimiento adquirido tras la intervención.

Futuros estudios deberían profundizar en los elementos que modulan la efectividad de esta tecnología, tales como su combinación con simulación clínica o la duración óptima de la intervención. Estos aspectos no fueron explorados en nuestra investigación, pero resulta especialmente relevante de cara a futuras investigaciones más personalizadas.

CONCLUSIÓN

La incorporación de la RA en la enseñanza de anatomía, combinada con la simulación clínica, resultó eficaz para mejorar la comprensión anatómica y también fue bien valorada por los estudiantes. Se observaron mejoras significativas en las puntuaciones de conocimientos y una percepción positiva en todas las dimensiones evaluadas.

Estos hallazgos permiten concluir que se cumplieron los objetivos del estudio. No obstante, futuras investigaciones deberían evaluar el impacto a largo plazo y la influencia de factores individuales con el fin de optimizar el uso de estas herramientas en la formación médica.

BIBLIOGRAFIA

1. Adnan S, Michael P, Benson AC, Xiao J. Junior and senior students possess differential preferences towards multimodal digital anatomy resources. *Clinical Anatomy*. 2024 Oct 1;
2. Zeedzen-Scheffers I, Karstens J, van den Hurk M, Henssen D, Boer LL. Comparing the effectiveness of augmented reality and anatomical atlases in student preparation for neuroanatomy dissection. *Sci Rep*. 2024 Dec 1;14(1):24939.
3. Neri I, Cercenelli L, Marcuccio M, Lodi S, Koufi FD, Fazio A, et al. Dissecting human anatomy learning process through anatomical education with augmented reality: AEducAR 2.0, an updated interdisciplinary study. *Anat Sci Educ*. 2024 Jun 1;17(4):693–711.
4. Zammit C, Calleja-Agius J, Azzopardi E. Augmented reality for teaching anatomy. *Clinical Anatomy*. 2022 Sep 1;35(6):824–7.
5. García-Robles P, Cortés-Pérez I, Nieto-Escámez FA, García-López H, Obrero-Gaitán E, Osuna-Pérez MC. Immersive virtual reality and augmented reality in anatomy education: A systematic review and meta-analysis. Vol. 17, *Anatomical Sciences Education*. John Wiley and Sons Inc; 2024. p. 514–28.
6. Salimi S, Asgari Z, Mohammadnejad A, Teimazi A, Bakhtiari M. Efficacy of virtual reality and augmented reality in anatomy education: A systematic review and meta-analysis. *Anat Sci Educ [Internet]*. 2024 Dec 19;17(9):1668–85. Available from: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ase.2501>
7. Sandralegar A, Bernard F, Khatchatourov S, Janssen I, Schaller K, Bijlenga P, et al. Mixed reality compared to the traditional ex cathedra format for neuroanatomy learning: the value of a three-dimensional virtual environment to better understand the real world. *Neurosurg Focus*. 2024;56(1).
8. Bork F, Lehner A, Eck U, Navab N, Waschke J, Kugelmann D. The Effectiveness of Collaborative Augmented Reality in Gross Anatomy Teaching: A Quantitative and Qualitative Pilot Study. *Anat Sci Educ*. 2021 Sep 1;14(5):590–604.

9. Duarte ML, Santos LR, Guimarães Júnior JB, Peccin MS. Learning anatomy by virtual reality and augmented reality. A scope review. *Morphologie*. 2020 Dec 1;104(347):254–66.
10. Bölek KA, De Jong G, Van der Zee CEEM, van Cappellen van Walsum AM, Henssen DJHA. Mixed-methods exploration of students' motivation in using augmented reality in neuroanatomy education with prosected specimens. *Anat Sci Educ*. 2022 Aug 1;15(5):839–49.

TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

Distribución de respuestas en los ítems de la encuesta de autopercepción

	Comprensi ón teórica	Comprensió n aplicada	Confi anza	Eficacia educativa	Implemen tación
Totalmente en desacuerdo	5 %	3 %	8 %	5 %	3 %
En desacuerdo	5 %	5 %	5 %	0 %	8 %
Neutral	10 %	15 %	15 %	10 %	8 %
De acuerdo	30 %	28 %	40 %	40 %	23 %
Totalmente de acuerdo	50 %	50 %	33 %	45 %	60 %

Tabla 1. Porcentaje de alumnos que contestaron a cada una de las dimensiones estudiadas en la escala Likert con valores de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo).

Autopercepción sobre el uso de RA

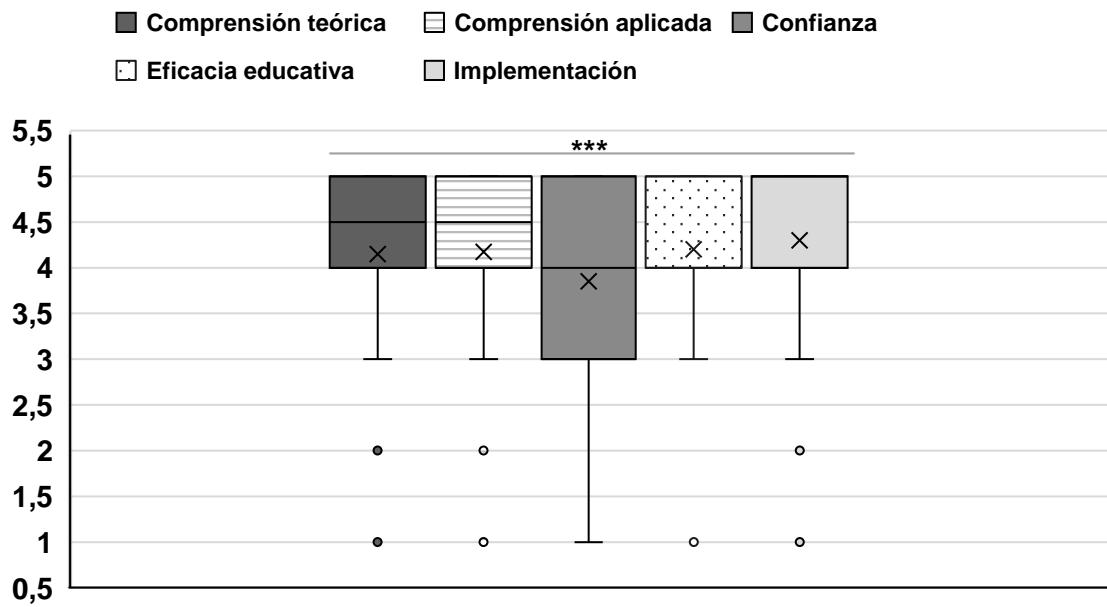


Figura 1. Representación gráfica de las respuestas sobre los cinco ítems de la escala de Likert. Cada caja indica el rango intercuartílico (del primer al tercer cuartil), la línea dentro de la caja corresponde a la mediana, la “x” la media y los círculos representan los valores atípicos.

Estadísticos prueba de Wilcoxon para una sola muestra

	Comprensión teórica	Comprensión aplicada	Confianza	Eficacia educativa	Implementación
Z	4,347 ^b	4,599 ^b	3,510 ^b	4,542 ^b	4,834 ^b
Sig. asin. (bilateral)	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Tabla 2. Estadísticos de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una sola muestra, aplicada a los cinco ítems de la escala Likert.

Estadísticos prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

Puntuación pretest – Puntuación postest	
Z	4,011 ^b
Sig. asin. (bilateral)	<,001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Tabla 3. Estadísticos de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas entre pretest y postest.

Medias de la prueba de conocimientos anatómicos

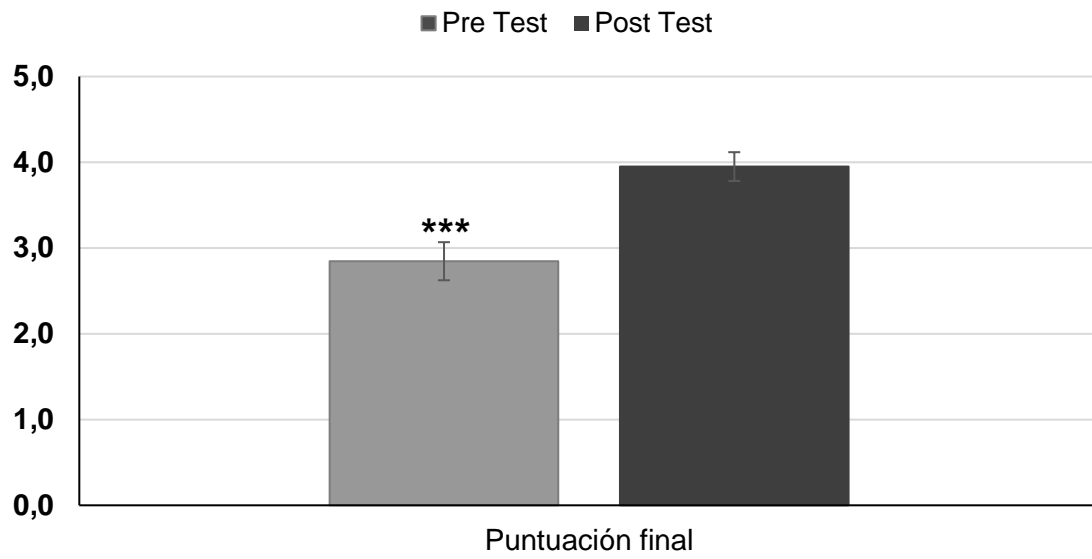


Figura 2. Comparación de las puntuaciones medias obtenidas por los alumnos en la prueba de conocimientos anatómicos antes (pretest) y después (postest) de la intervención.

ANEXOS

ANEXO 1



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:	"Impacto del uso de la realidad aumentada en la enseñanza de anatomía aplicada a la hemorragia digestiva alta: Evaluación y autopercepción estudiantil"	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
D.	Linder Eduardo Cárdenas Bravo	lecardenas@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	28/02/2025	Código	CE022505
--------------	------------	---------------	----------

Tipo de Experimentación

Investigación experimental clínica con seres humanos	
Investigación experimental no clínica con seres humanos	X
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, personas sanas, tejidos embrionarios o fetales	
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos	
Investigación observacional, psicológica o comportamental en humanos	X
Uso de datos personales, información genética, etc.	X
Experimentación animal	
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas	
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs)	

Comentarios Respecto al Tipo de Experimentación

Nada Obsta

Comentarios Respecto a la Metodología de Experimentación

Nada Obsta



Sugerencias al Investigador

A la vista de la solicitud de informe adjunto por el Investigador y de las recomendaciones anteriormente expuestas el dictamen del Comité es:

Emitir Informe Favorable	<input checked="" type="checkbox"/>
Emitir Informe Desfavorable	<input type="checkbox"/>
Emitir Informe Favorable condicionado a Subsanación	<input type="checkbox"/>

MOTIVACIÓN

Incrementará conocimientos en su área

Vº Bº El Presidente,



Fdo.: José Alberto Cánovas Sánchez



El Secretario,



Fdo.: José Alarcón Teruel

ANEXO 2



TEST DE CONOCIMIENTOS SOBRE LA ANATOMÍA APLICADA A LA HEMORRAGIA DIGESTIVA ALTA

Instrucciones:

A continuación, responderá una serie de preguntas sobre anatomía aplicada a la hemorragia digestiva alta. Marque la casilla correcta en cada caso.

Preguntas anatómicas principales

- 1. ¿Qué estructura anatómica marca la transición entre hemorragia digestiva alta y baja?**
 - Unión esofagogástrica
 - Ligamento de Treitz (músculo suspensorio del duodeno)
 - Válvula ileocecal
 - Curvatura mayor del estómago
- 2. ¿Cuál de las siguientes estructuras anatómicas delimita el ligamento de Treitz?**
 - Píloro y la curvatura mayor del estómago
 - Segunda porción del duodeno y arteria mesentérica superior
 - Unión duodenoyeyunal y músculo suspensorio del duodeno
 - Fundus gástrico y válvula ileocecal
- 3. En un paciente con HDA por una úlcera duodenal, ¿en qué cuadrante abdominal esperas encontrar mayor sensibilidad a la palpación?**
 - Hipocondrio izquierdo
 - Hipocondrio derecho

- Fosa ilíaca derecha
- Epigastrio
- 4. **¿Qué arteria se identifica como rama del tronco celíaco?**
 - Arteria mesentérica superior
 - Arteria esplénica
 - Arteria pancreatoduodenal inferior
 - Arteria mesentérica inferior
- 5. **En un paciente con úlcera gástrica sangrante en la curvatura menor del estómago, ¿qué arteria tiene más riesgo de dañarse?**
 - Arteria gástrica izquierda
 - Arteria gastroduodenal
 - Arteria gastroepiploica derecha
 - Arteria gastroepiploica izquierda

PLANTILLA DE ESCENARIO CLINICO

DATOS BÁSICOS

Paciente con dolor abdominal y melenas. Aparato digestivo.

Resumen del caso:

Varón de 34 años que consulta en urgencias por dolor epigástrico, síncope y heces negras. Refiere que desde hace varios días presenta un dolor punzante en el epigastrio que alivia con las comidas.

Historia clínica

Varón de 34 años que consulta en urgencias de un hospital por dolor de epigástrico, pre-síncope, náuseas y heces negras.

Peso 76 kilos

Altura 1,74

Antecedentes familiares. Sin interés

Antecedentes personales: No alergias conocidas. No HTA. No Diabetes.

No consumo de alcohol

Fumador de 20-30 cigarrillos al día.

Pirosis ocasional.

Vida activa. Trabaja como comercial de productos agrícolas a escala internacional

Apendicectomía a los 20 años.

Tratamientos crónicos: ocasionalmente antiácidos.

Este paciente lleva aproximadamente un mes con pirosis ocasional que mejora tras ingesta de alimentos. En los últimos días, el paciente inicia toma de unas pastillas para la lumbalgia postural atraumática ya que se pasa muchas horas en el ordenador realizando su trabajo. A las 48 horas de iniciar el tratamiento comienza con dolor de epigástrico y náuseas que se alivian cuando come algo o toma antiácidos. Es traído a urgencias por haber sufrido pre-síncope tras ir a realizar unas compras al supermercado y volver con dos bolsas llenas de productos de primera necesidad. El día anterior realiza una deposición pegajosa y negra que atribuye a la toma de acelgas y espinacas, la mañana de hoy nueva deposición de las mismas características, pero además las heces tienen muy mal olor.

Pruebas complementarias disponibles a su llegada a urgencias:

TA 75/ 50; FC 120 lpm; T° 36,5°C; Saturación de O2 95%.

Análítica urgente: anemia con hemoglobina de 6,8 y hematocrito de 24,4%, resto de series del hemograma normal. ECG: ritmo sinusal. Frecuencia 125 lpm.

RX Tórax: imagen aérea retrogástrica compatible con HHD. RX Abdomen normal. Se solicita endoscopia digestiva alta urgente.