

Características de un escenario de Realidad Virtual para el aprendizaje de anatomía: Una revisión bibliográfica

Features of a Virtual Reality scenario for anatomy learning: A bibliographic review

Tamara González¹, Consuelo Ibeas¹, Ignacio Gravert¹, Andrés León¹, Marcos Rojas² *

¹ Programa de Ayudantes Docentes, Centro de Enseñanza y Aprendizaje, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

² MD, Learning Sciences and Technology Design, Graduate School of Education, Stanford University.

* Correspondencia: vranatomyreview@gmail.com

Recibido: 15/10/22; Aceptado: 14/11/22; Publicado: 21/11/22

Resumen: La realidad virtual (RV) ha recibido gran atención debido a su capacidad de envolver e involucrar sensorialmente al usuario. Se postula que la RV sería capaz de transformar el aprendizaje abstracto e intangible a concreto y manipulable, mediante escenarios a escala y modificables, especialmente involucrando estructuras anatómicas de difícil aprendizaje y acceso en material cadavérico. La evidencia muestra que los estudiantes presentan mayor motivación y mejores percepciones al usarla en un contexto educativo. Así, la implementación de estas propuestas podría constituir un método eficiente en la enseñanza y aprendizaje. El objetivo de esta revisión es determinar si la RV constituye una herramienta efectiva para enseñar anatomía e identificar cómo debe ser un escenario virtual para impactar positivamente en el aprendizaje de anatomía. Se realizó una búsqueda en tres bases de datos (ERIC, ISI: Web of Science y SCOPUS) para artículos o revisiones publicadas en inglés o español en cualquier año. Los términos de búsqueda fueron: “impacto en el aprendizaje”, “realidad virtual” y “anatomía”. Se incluyeron estudios cualitativos o cuantitativos, y empíricos o primarios enfocados en el aprendizaje y/o impacto del uso de RV en anatomía en educación superior. Los hallazgos fueron sintetizados en dos grupos, el diseño y la implementación del escenario virtual, identificando ocho principios: tener un escenario anatómicamente correcto, permitir la diferenciación de estructuras anatómicas, libertad para manipular el escenario, adición de apoyo teórico dentro del escenario virtual, la elección justificada del escenario virtual, disponibilidad de recursos tecnológicos, un apresto para utilizar RV y adición de material estudio teórico.

Palabras clave: Realidad Virtual, anatomía, educación, estrategias de aprendizaje, educación en ciencias de la salud.

Abstract: Virtual reality (VR) has received great attention due to its ability to envelop and engage the user sensorially. It is postulated that VR would be capable of transforming abstract and intangible learning to concrete and manipulable, through scaled and modifiable scenarios, especially involving anatomical structures that are difficult to learn and access in cadaveric material. The evidence shows that students have greater motivation and better perceptions when using it in an educational context. Thus, the implementation of these proposals could constitute an efficient method in teaching and learning. The objective of this review is to determine if VR is an effective tool to teach anatomy and to identify what a virtual setting should be like to positively impact anatomy learning. A search was performed in three databases (ERIC, ISI: Web of Science and SCOPUS) for articles or reviews published in English or Spanish in any year. The search terms were: “impact on learning”, “virtual reality” and “anatomy”. Qualitative or quantitative, and empirical or primary studies focused on learning and/or impact of the use of VR in anatomy in higher education were included. The findings were synthesized into two groups, the design and implementation of the virtual setting, identifying eight principles: having an anatomically correct setting, allowing differentiation of anatomical structures, freedom to manipulate the setting, adding theoretical support within the virtual setting, the justified choice of the virtual scenario, availability of technological resources, readiness to use VR and addition of theoretical study material.

Keywords: Virtual reality, anatomy, learning, learning strategies, health sciences education.

1. Introducción

En los últimos años, las tecnologías de realidad virtual (RV) han recibido gran atención debido a su capacidad de envolver e involucrar sensorialmente a sus usuarios (1). Desde el primer acercamiento a la RV hasta la actualidad, se han dado diversos usos a la RV en ámbitos tan variados como el entretenimiento audiovisual, programas de entrenamiento profesional para simulaciones de vuelo aéreo, terapias de rehabilitación de diversas enfermedades, teniendo incluso un impacto en educación a distintas escalas (2–4). A pesar de la diversidad de usos de la RV, no existe actualmente un consenso ni estandarización sobre su definición, existiendo diversas acepciones. Al realizar una búsqueda de definiciones de RV para identificar y establecer elementos en común y clave entre los distintos autores, se revela que principalmente se menciona el uso de tecnología computacional y un mundo tridimensional interactivo (5), lo que permite crear un entorno artificial (6). En cuanto a la experiencia del usuario, un gran número de autores hace énfasis en que la RV otorga estímulos sensoriales de distinto tipo (7), así como una respuesta al movimiento del individuo (*feedback*) (8). Finalmente, otro elemento fundamental corresponde a la capacidad de inmersión que distingue a esta tecnología (9). Considerando estos elementos, se determinó que la definición más completa de RV corresponde a la de M. Gigante: *“La ilusión de participar en un ambiente sintético, más que observar externamente. La RV se basa en pantallas tridimensionales (3D), estereoscópicas, con seguimiento de la cabeza, seguimiento de manos/cuerpo y sonido binaural. La realidad virtual es una experiencia inmersiva y multisensorial”* (10).

Actualmente existen diversas metodologías para enseñar anatomía. Dentro de ellas, las más conocidas son, sin duda, los atlas que ilustran la anatomía del cuerpo humano y la disección de cadáveres o material humano fijado. Existe controversia entre anatomistas de todo el mundo sobre cuál corresponde a la mejor metodología y si el material humano debe seguir siendo el preferido para este aprendizaje (11). Sin embargo, la enseñanza de la anatomía humana ha evolucionado y durante las últimas décadas estas metodologías han tenido ciertos detractores, tales como su costo, disponibilidad de piezas anatómicas de calidad y la llegada de nuevas tecnologías. Por lo que se hace imperativo reflexionar en relación a la implementación de las nuevas propuestas surgidas, tales como la RV, ya que pueden constituir métodos eficientes en el proceso de enseñanza y aprendizaje (12). La RV en el ámbito de la educación es considerada como una de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), en la cual resaltan 3 características principales: facilita el aprendizaje constructivista, provee formas alternativas de aprendizaje y posibilita la colaboración entre estudiantes más allá del espacio físico. Por otra parte, el uso de este tipo de tecnologías permite incrementar el interés de los estudiantes al “aprender haciendo” (13). Así, la incorporación de este tipo de tecnologías en educación permitiría que los alumnos adquieran la capacidad de “dominar, retener y generalizar” el saber a través del aprendizaje basado en la experiencia (14). Además, permite que lo abstracto e intangible pase a ser concreto y manipulable a partir de escenarios a escala y modificables (15), que permitan transportar a sus usuarios a lugares distantes o imposibles de visitar físicamente. Por otro lado, se evitan algunas limitaciones que se presentan en entornos educativos convencionales, ya sean económicas, físicas, de seguridad, entre otras, logrando que más de un estudiante a la vez pueda observar e interactuar con un escenario virtual a elección (14). Asimismo, la RV se presenta como una herramienta perdurable y modificable en el tiempo.

Respecto a su efectividad en la enseñanza de anatomía, existe evidencia de resultados positivos en relación a la percepción y motivación por parte de los estudiantes lo cual puede influir en el correcto cumplimiento de los resultados de aprendizaje (16, 17). Sin embargo, las ventajas más evidentes se dan en contextos donde las herramientas tradicionales no cumplen su rol o lo hacen de forma deficiente y a costos muy elevados. Ejemplo de esto es un estudio del oído medio, cavidad que históricamente ha sido difícil de abordar con material cadavérico por ser escaso, de difícil obtención y mantención, lo que no permite una correcta comprensión por la elevada cantidad de estructuras en un espacio reducido y de difícil acceso (18). Entonces, tras lo mencionado y considerando el auge de la educación virtual, así como la aparición de nuevas herramientas como la RV aplicadas en esta área, surge la necesidad de plantear cómo debería ser un escenario de RV en

esta disciplina con este objetivo. Esto considerando como beneficio principal, tanto para docentes como alumnos, la facilitación del aprendizaje, obtención de resultados óptimos en el y dar un uso eficiente a estas nuevas tecnologías.

Por lo tanto, a partir de la presente revisión sistemática se pretende: 1) Analizar a partir de la evidencia si la RV constituye una herramienta efectiva para enseñar anatomía por sí misma, o como apoyo a las metodologías convencionales. 2) Identificar qué requiere un escenario de RV para cumplir con los objetivos de aprendizaje, cuáles deben ser sus características y qué requiere para su implementación.

2. Métodos

2.1 Metodología de revisión

La presente revisión se realizó en octubre de 2020 según la metodología que se describe a continuación. Esta revisión no requirió aprobación ética, ya que corresponde a una revisión bibliográfica de literatura publicada. La calidad de los estudios incluidos fue garantizada con la selección exclusiva de artículos publicados en revistas revisadas por los autores.

2.2 Estrategia de búsqueda

La búsqueda sistemática se realizó en tres bases de datos (ERIC, ISI: Web of Science y SCOPUS) para artículos o revisiones publicadas en inglés o español, en cualquier año. Los términos de búsqueda incluyeron el “impacto en el aprendizaje”, “realidad virtual” y “anatomía”. Se utilizó una estrategia de búsqueda de palabras clave a partir del Tesauro de ERIC para determinar los términos a buscar en las respectivas fuentes de datos, lo que incluyó la siguiente combinación: “Learning OR impact” AND “Virtual Reality” AND “Anatomy” (Tabla 1).

Tabla 1. Identificación y expansión de los conceptos base de búsqueda: algoritmo aplicado en las bases datos

Búsqueda 1: expansión de concepto “Learning OR impact”
<i>Tesauro:</i> Learning
<i>Búsqueda libre:</i> impact
Búsqueda 2: expansión de concepto “Virtual Reality”
<i>Tesauro:</i> Virtual Reality
Búsqueda 3: expansión de concepto “Anatomy”
<i>Tesauro:</i> Anatomy
Búsqueda 4: 1, 2 y 3 combinadas con AND y con los delimitadores de texto completo, artículos o revisiones publicadas en inglés o español, en cualquier año.

2.3 Proceso de selección

En primer lugar, de forma independiente, se revisaron los títulos de los estudios entregados por la búsqueda. Estos se distribuyeron en partes iguales entre los autores, y cada uno seleccionó su pertinencia según los criterios de inclusión y exclusión establecidos en la Tabla 2. Luego, se volvieron a distribuir los títulos entre los autores, de manera que cada uno volvió a revisar los criterios de inclusión y exclusión de trabajos distintos, y sin conocer el juicio del autor que revisó en la primera instancia. Esta repetición se llevó a cabo para permitir la discusión grupal entre las discrepancias generadas, y así disminuir las diferencias de juicio entre autores. De esta forma, se mantuvieron como seleccionados los títulos que presentaron aprobación por dos autores en cada

revisión o bien que fueron aceptados en la discusión grupal previa discrepancia entre la primera y segunda revisión. Posteriormente, este mismo proceso fue realizado con cada resumen de los estudios seleccionados por título, volviendo a distribuir a los autores de manera que revisaron trabajos distintos. Se incluyeron estudios cualitativos o cuantitativos, que fuesen empíricos o primarios enfocados en el aprendizaje y/o impacto del uso de RV en el estudio de anatomía en educación superior. Se excluyeron estudios no empíricos o secundarios, enfocados en una población diferente a la educación superior o que buscaran la validación y/o construcción de instrumentos.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión aplicados en la búsqueda bibliográfica

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudios empíricos o primarios enfocados en el aprendizaje y/o impacto del uso de realidad virtual en anatomía.	Estudios no empíricos o secundarios, tales como revisiones, editoriales, comentarios y libros.
Estudios que reporten investigación en Educación Superior.	Estudios en poblaciones diferentes a estudiantes o profesores en Educación Superior.
Estudios cuantitativos o cualitativos con adecuadas definiciones, métodos confiables, operacionalización de conceptos y análisis de datos.	Estudios enfocados en la validación y/o construcción de instrumentos.
Estudios disponibles en Español o Inglés.	Estudios publicados en idiomas diferentes al Español o Inglés.

3. Resultados

3.1 Selección de los estudios

Se identificaron un total de 449 estudios publicados hasta octubre de 2020 (231 estudios de SCOPUS, 204 de ISI: Web of Science y 14 de ERIC). De estos, 426 estudios fueron excluidos por estar duplicados y por cribado de títulos/resumen. Un estudio fue agregado por búsqueda libre. De los artículos restantes, 24 fueron seleccionados en función de su título, resumen y posterior a la revisión de texto completo. Así, 19 estudios fueron excluidos, resultando en 5 estudios que cumplieron todos los criterios de inclusión y formaron parte de esta revisión bibliográfica. El proceso queda explicado en la Figura 1. Las principales razones por las que se excluyeron artículos fue la existencia de estudios que no corresponden a RV según la definición consensuada por los autores del presente trabajo, estudios no enfocados en el aprendizaje de anatomía y su impacto en educación, y revisiones bibliográficas.

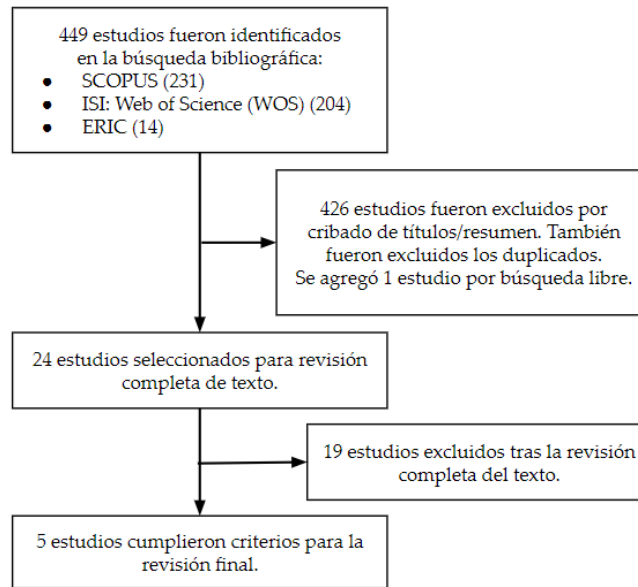


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso de búsqueda y selección de estudios en una revisión sistemática en la literatura sobre el impacto de la RV en el aprendizaje de anatomía.

3.2 Características de los estudios

Los estudios seleccionados fueron publicados entre 2017 y 2020, lo que refleja que es un tema contemporáneo y actual de investigación. Además, fueron realizados en países desarrollados tales como China, Estados Unidos, Australia y Canadá. La metodología utilizada fue cuantitativa y la principal forma de recopilar información fue mediante evaluaciones teóricas de anatomía antes y después de la intervención, aunados a cuestionarios sobre la experiencia subjetiva de los participantes en cuanto a RV. El resumen de las características de cada estudio se presenta en la Tabla 3.

3.3 Temas en común encontrados en los estudios

De los 5 estudios seleccionados, se encontraron distintas características en común, que fueron clasificadas en 2 grandes categorías: diseño del escenario de RV (Peso relativo 62,5%) e implementación del escenario de RV (Peso relativo 37,5%). Estos hallazgos se mencionan en la Tabla 4 según la categoría correspondiente. A continuación se realiza una descripción más detallada.

3.4 Diseño del escenario de realidad virtual

Los hallazgos asociados al diseño del escenario de RV corresponden a 5 características que fueron encontradas en cada estudio, pero no realizados necesariamente de la misma manera, desarrollando distintas alternativas para cumplirlos.

- Escenario anatómicamente correcto (mediante imagenología y/o verificación por expertos): Este hallazgo en el estudio de Maresky et al. (19) fue logrado transformando imágenes obtenidas mediante TC y RM a modelos por computadora, arreglando los detalles de la técnica y revisando el resultado del modelo con expertos en anatomía. La mayoría de los estudios (20–22) siguió el mismo patrón variando el programa utilizado para la conversión de las imágenes y su posterior edición.
- Permitir diferenciación de estructuras anatómicas (mediante colores, etiquetas con nombre): Este hallazgo engloba los métodos utilizados para identificar las distintas estructuras anatómicas dentro del escenario, lo que facilita la comprensión por parte del usuario. Esto fue mediante colores específicos para cada elemento en el caso del estudio de Chen et al. (20) o mediante etiquetas en el estudio de Ellington et al. (21). Esto, teniendo en cuenta que se debe evitar una sobrecarga de información que pueda generar confusión y dificultar el proceso de aprendizaje.

- Libertad de manipulación del escenario: El tercer hallazgo hace referencia a las diferentes herramientas y opciones dadas por el escenario que permiten el movimiento del usuario y de los objetos dentro de él para una visualización más idónea de las estructuras. Estas incluyen la libertad total de movimiento dentro del escenario (21), la posibilidad de desplazar, rotar, acercar y alejar los objetos (19), la opción de agrupar las estructuras por sistemas para ser analizados independientemente del resto e ir diseccionando por capas emulando la experiencia de una disección real (21). Esto tiene como ventaja poder repetir constantemente la experiencia sin necesidad de adquirir nuevo material cada vez, como es el caso de resecar material cadavérico.
- Añadir apoyo teórico dentro del escenario virtual: Aquí se hace referencia al apoyo teórico relacionado al tema a tratar dentro del escenario, ya sea mediante texto expandible en cada estructura, un audio similar a una clase para guiar el uso del escenario (23), e inclusive la integración de esquemas dentro del escenario para explicar conceptos de una forma más didáctica (20).
- Escenario virtual justificado: El quinto hallazgo le confiere validez a la construcción e implementación del escenario, determinando que el escenario virtual debe ser justificado. Es decir, este debe tener una razón válida para preferirse un modelo en RV por sobre el uso de material convencional, ya sea por un motivo físico, tal como la pérdida de la integridad estructural y de relaciones anatómicas en el caso de material cadavérico de corazón (19) o en el caso de estructuras de difícil acceso como oído medio y laringe (23).

3.5 Implementación del escenario de realidad virtual

Corresponden al conjunto de características que permiten implementar correctamente el escenario de RV una vez ya diseñado y adquirido, permitiendo sacar mayor provecho del recurso.

- Disponibilidad de los recursos necesarios para utilizar la tecnología de RV: Este hallazgo hace referencia a disponer de equipamiento de alta gama que permita utilizar los softwares necesarios a una correcta resolución y tasa de refresco (20, 23), además de contar con los recursos económicos adecuados para la adquisición de tales tecnologías e implementos debido a su alto costo actual (20, 22).
- Apresto para aprender a manejar la tecnología de RV: El segundo hallazgo de este grupo hace referencia a realizar un apresto suficiente para aprender a manejar la tecnología de RV. Este punto fue mencionado en todos los estudios revisados, ya sea en el diseño de ellos (19, 21, 22) o en su discusión (23), siendo incluso el poco tiempo disponible para aprender a utilizar la tecnología de RV una limitación a haber logrado mejores resultados (20).
- Estudio teórico adicional: Finalmente, este punto corresponde a la adición de estudio teórico previo, ya sea en forma de clases expositivas introductorias del tema previo a la inmersión en RV (20, 22) o incentivando el estudio autónomo (21).

3.6 Limitaciones del estudio

Dentro de las limitaciones de este trabajo, asociadas a los criterios de inclusión y exclusión, debe ser considerado el idioma, debido a que pueden haber quedado fuera de la revisión estudios que no hayan sido traducidos al inglés o al español. Por otro lado, la decisión de no incluir trabajos sobre la construcción del escenario podría haber dejado de lado investigaciones sobre áreas más técnicas, sin embargo, estos fueron considerados insuficientes ya que no aportan para responder la pregunta de trabajo al no poseer una base empírica ni resultados en impacto de aprendizaje. Situación similar sucedió con revisiones bibliográficas sobre el tema, ya que si bien podían aportar datos en el ámbito del aprendizaje, lo que fue incluido a modo de introducción, no existían revisiones que se enfocaran en el área de medicina, específicamente anatomía. Finalmente, cabe destacar que la fecha de búsqueda de base de datos fue realizada previo a la pandemia por SARS-CoV-2, momento en el cual los autores del trabajo debieron pausar la revisión de la bibliografía. La búsqueda de evidencia de RV y su impacto en el aprendizaje podría ser expandida con evidencia creada durante y posterior a los impactos de SARS-CoV-2 en el ámbito educativo, así como crear mayores estudios experimentales que utilicen la RV como herramienta y creen evidencia empírica de mayor nivel.

4. Discusión

Tras el análisis realizado en esta revisión bibliográfica, es posible concluir que todos los estudios analizados proponen que la RV es, al menos, igual de efectiva para enseñar anatomía que el material cadavérico convencional (19–23). Sin embargo, el costo de implementación puede ser considerado alto para universidades con menos recursos destinados al aprendizaje de anatomía (24). Pese a ello, la inversión inicial que implica la implementación de este modelo puede convertirse en una inversión a largo plazo que reduzca los costos de fabricación y mantención del material cadavérico que se está reemplazando, además de aportar con una alternativa adicional, versátil y efectiva para impartir docencia (24). Es importante considerar que el costo de esta tecnología probablemente disminuya paulatinamente en el tiempo a medida que se masifique su uso (25), disminuyendo el impacto generado por la inversión inicial y generando un balance positivo en términos de recursos en plazos más reducidos. El costo inicial dependerá en gran medida de la plataforma sobre la que se use el escenario. Un hardware de alta gama es preferido especialmente para obtener una fluidez mayor al momento de utilizar un escenario de RV (24), un mejor rendimiento por parte del usuario, una experiencia docente global de mayor calidad y menores efectos adversos asociados al empleo de RV (tales como dolor de cabeza, mareos, náuseas, etc.). Adicionalmente, el software que se emplee debe seleccionarse cuidadosamente, dado el costo que puede significar en términos no sólo económicos, sino también de aprendizaje y entrenamiento en su correcta utilización y mantenimiento (24, 26).

Se debe tener en consideración que al ser una tecnología con la que muchos estudiantes no estarán familiarizados, los primeros minutos que se utiliza la herramienta de RV serán principalmente enfocados en adaptación a los controles y al funcionamiento de la plataforma, especialmente aquellos estudiantes que no tengan experiencia previa. Es por esto que un buen apresto, o capacitación previa en el uso de la tecnología, permitiría dedicar la mayoría del tiempo en aprender la anatomía que el escenario pretende enseñar, esto con menor dificultad y distracción de por medio (20-22, 25). El tiempo total dedicado al aprendizaje también puede ser optimizado mediante pautas o guías que orienten al estudiante durante la actividad, reduciendo las instancias en las que se encuentren desorientados o sin claridad de por dónde continuar (25). Lo anterior no debe ir en desmedro del tiempo dedicado al autoaprendizaje, sino que por el contrario, ambos espacios deberían ser considerados al planificar el uso del escenario de RV. Debe considerarse que en los estudios analizados en la presente revisión, los estudiantes fueron expuestos a escenarios de RV en tan solo una sesión, junto con una proporción del tiempo dedicada a acostumbrarse al sistema y aprender a utilizarlo. Por ende, consideramos necesaria la realización de estudios de RV que evalúen el impacto del aprendizaje en anatomía que sean realizados a largo plazo, con el uso de escenarios durante más de una sesión para que los estudiantes puedan aprovechar al máximo esta herramienta y pueda evidenciarse si los escenarios de RV son iguales, más eficaces o complementarios a la enseñanza convencional en anatomía en educación superior.

Por otro lado, todas las encuestas realizadas en los estudios muestran una recepción positiva de la experiencia de RV, con un aumento en el disfrute y en la atención dedicada al aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales (20-25). Lo anterior debe ser considerado al momento de evaluar la efectividad del escenario de RV, pues como se ha demostrado en varias oportunidades, la motivación juega un rol importante en el proceso de aprendizaje (27). El único estudio donde el aprendizaje mediante RV obtuvo mejores resultados que el grupo control fue en el caso de Maresky et al. (19), donde la complejidad de relaciones entre las estructuras anatómicas no es posible de visualizar y comprender fácilmente en material cadavérico, ya que pierde su forma original durante la disección. Este problema no ocurre con el escenario de RV evaluado, en el cual se mantiene la posición original de las estructuras anatómicas permitiendo una visión más realista del objeto de estudio.

Un punto importante que debe ser considerado en estudios posteriores para ser indagado en mayor profundidad es la efectividad del uso de la RV como una herramienta complementaria dentro de un contexto de aprendizaje, en donde existen diferentes metodologías de docencia que

son capaces de complementarse de manera multidireccional entre sí (25). En la mayoría de los estudios, la RV se evaluó de manera aislada (en ausencia de otros instrumentos de aprendizaje) y sin un aporte significativo o estandarizado de actividades introductorias al tópico a tratar en la sesión, o de apresto para la correcta utilización de la tecnología empleada. Teniendo esto en cuenta, en futuros estudios se podrían encontrar mejoras significativas, o al menos diferencias, en cuanto a la utilidad de estas actividades. Esto al coordinar el uso de escenarios de RV con material cadavérico y/o programas de estudio previo diseñados con un enfoque específico para su utilización en un esquema de docencia que incorpore la RV, audios y preguntas interactivas dentro del software de RV utilizado, entre otros. En caso de que la RV demuestre aportar significativamente al proceso de enseñanza y aprendizaje, ya sea por sí misma o en un modelo mixto, sería interesante proponer su uso a largo plazo en el tiempo, planteando la necesidad de crear nuevos escenarios de RV, que presenten las características antes mencionadas y de brindar acceso a los mismos de forma continua en el tiempo para consultas y repases de manera libre.

Finalmente, a partir de los estudios analizados se puede concluir que un escenario de RV debe poseer una serie de características para generar un impacto en el aprendizaje de anatomía, tales como ser anatómicamente correcto, poseer libertad de manipulación de las estructuras, contener apoyo teórico que guíe al estudiante dentro de la inmersión, entre otras. Así, la RV se presenta como una herramienta agradable, interesante, auténtica, eficiente y perdurable en el tiempo (25, 26), lo que permitiría entre otras cosas, una mejor memorización y comprensión del espacio y de estructuras importantes en anatomía humana, con consecuente mejor aprendizaje de los alumnos, pero que aún así corresponde a un campo nuevo de investigación en educación médica que requiere seguir siendo estudiado y mejorado.

5. Conclusiones

- No existe una estandarización sobre la definición de la RV, existiendo diversas acepciones que dificultan el consenso.
- Existen consideraciones a tener en cuenta sobre el uso de RV en educación superior en la disciplina de anatomía respecto al diseño del escenario y su implementación.
- Se identificaron ocho principios que debería tener un escenario de RV: ser anatómicamente correcto, permitir la diferenciación explícita de estructuras anatómicas, entregar libertad para manipular el escenario, adición de apoyo teórico dentro del escenario virtual, la elección justificada del escenario virtual, disponibilidad de recursos tecnológicos, realizar un apresto para utilizar RV y procurar un estudio teórico previo adicional.
- En los estudios revisados, se puede concluir que la RV es igual de efectiva que el uso de metodologías convencionales para enseñar anatomía, sin embargo, presenta una recepción positiva con mayor disfrute y atención dedicada al aprendizaje en comparación con métodos tradicionales. Esto puede incidir en la motivación y en el aprendizaje a largo plazo.
- Son necesarios estudios que evalúen el uso de RV en el aprendizaje de anatomía a largo plazo, y su impacto ante su uso como herramienta complementaria a métodos convencionales de enseñanza.

Tabla 3. Resumen de las características de los estudios analizados

Nombre de artículo	Autor, año, país	Objetivo del estudio	Tipo de estudio	Muestra	Recolección de datos	Análisis de datos	Resumen de resultados
Can virtual reality improve traditional anatomy education programmes? A mixed-methods study on the use of a 3D skull model	Chen et al. (China, 2020)	Comparar resultados de enseñar con RV frente a métodos tradicionales en anatomía de cráneo.	Cuantitativo experimental	74 estudiantes de pregrado de medicina con 2.5 años de estudio.	Evaluación teórica y cuestionario personal	Análisis estadístico y de distribución de datos	Ambos grupos mejoraron pero no hubo diferencia significativa. El grupo experimental valora de manera positiva la forma de aprendizaje implementado
Female Pelvic Floor Immersive Simulation: A Randomized Trial to Test the Effectiveness of Virtual Reality Anatomic Model on Resident Knowledge of Female Pelvic Anatomy	Ellington et al. (Estados Unidos, 2019)	Comparar resultados de enseñar con RV frente a métodos tradicionales en anatomía de piso pélvico.	Cuantitativo experimental	31 internos de obstetricia y ginecología entre segundo y cuarto año	Evaluación teórica y cuestionario personal	Análisis estadístico y de distribución de datos	No hubo diferencia significativa en la mejora de ambos grupos. El grupo experimental valora de manera positiva la forma de aprendizaje implementado
Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy	Stepan et al. (Estados Unidos, 2017)	Evaluar efectividad, satisfacción y motivación asociado al uso de RV en el estudio de neuroanatomía en estudiantes de medicina.	Cuantitativo experimental	66 estudiantes de primer y segundo año de medicina.	Evaluación teórica y cuestionario personal	Análisis estadístico y de distribución de datos	No hubo diferencia entre los resultados de ambos grupos pero el grupo experimental encontró la experiencia más satisfactoria, útil y motivante.
The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy	Moro et al. (Australia, 2017)	Comparar si RV y/o RA son igual de efectivas que aplicaciones de tablets en el estudio de anatomía estructural.	Cuantitativo experimental	59 estudiantes de carreras de facultades biomédicas y de salud, medicina y de otras.	Evaluación teórica y cuestionario personal	Análisis estadístico y de distribución de datos	No hubo diferencia entre los resultados de los 3 grupos pero el grupo con RV presentó más efectos adversos.

Virtual reality and cardiac anatomy: Exploring immersive three-dimensional imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education	Maresky et al. (Canadá, 2019).	Validar el uso de RV estudiando su efecto para potenciar la disección cardiaca tradicional	Cuantitativo experimental	42 estudiantes de primer año de medicina.	Evaluación teórica y cuestionario personal	Análisis estadístico y de distribución de datos	El grupo experimental obtuvo un resultado post intervención mejor que el grupo control sobre contenido convencional, visuoespacial y general.
--	--------------------------------	--	---------------------------	---	--	---	---

RV: Realidad Virtual, RA: Realidad Aumentada

Tabla 4: Principales hallazgos en común

Diseño del escenario de RV	Implementación del escenario de RV
Escenario anatómicamente correcto (mediante imagenología y/o verificación por expertos)	Disponibilidad de los recursos necesarios para utilizar la tecnología de RV
Permitir diferenciación de estructuras anatómicas (mediante colores, etiquetas con nombre)	Apresto para aprender a manejar la tecnología de RV
Libertad de manipulación del escenario (rotación de estructuras, modificación de escala, disección de estructuras individuales o por sistemas anatómicos y/o foco en primera persona)	Estudio teórico adicional (clases introductorias y/o estudio autónomo previo)
Añadir apoyo teórico dentro del escenario virtual (audio y/o información teórica)	
Escenario virtual justificado (estructura anatómica de aprendizaje complejo, estructuras de difícil acceso y/o disección)	

Material suplementario: no hay.

Financiación: Este trabajo no ha tenido financiación.

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribuciones de los autores: Tamara González, Consuelo Ibeas, Ignacio Gravert y Andrés León contribuyeron en la realización y análisis de la revisión sistemática presentada, así como en la escritura y revisión del manuscrito. Marcos Rojas contribuyó en la supervisión y revisión del mismo. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

Referencias

- 1 Guna J, Geršak G, Humar I, Krebl M, Orel M, Lu H, et al. Virtual Reality Sickness and Challenges Behind Different Technology and Content Settings. *Mob Networks Appl*, 2019, 25(4), 1436–45. <http://doi.org/10.1007/s11036-019-01373-w>
- 2 Schroeder R. Virtual reality in the real world: History, applications and projections. *Futures*, 1993, 25(9), 963–73. [http://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90062-X](http://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90062-X)
- 3 Peñasco-Martín B, Reyes-Guzmán ADL, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, Peña-González AI De. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol*. 2010, 51(8), 481–8. <http://doi.org/10.33588/rn.5108.2009665>
- 4 Ferrer-Garcia M, Pla-Sanjuanelo J, Dakanalis A, Vilalta-Abella F, Riva G, Fernandez-Aranda F et al. A Randomized Trial of Virtual Reality-Based Cue Exposure Second-Level Therapy and Cognitive Behavior Second-Level Therapy for Bulimia Nervosa and Binge-Eating Disorder: Outcome at Six-Month Followup. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2019, 22(1), 60-68. <http://doi.org/10.1089/cyber.2017.0675>
- 5 Lioce L, Lopreiato J, Downing D, Chang T, Robertson J, Anderson M, Diaz D, et al. (Eds.) *Healthcare Simulation Dictionary*, 2ª ed.; Agency for Healthcare Research and Quality: Rockville, Maryland; 2020, p. 55.
- 6 Manetta C, Blade RA. Glossary of Virtual Reality Terminology. *Int J Virtual Real*. 1995, 1(2), p. 35–9. <http://doi.org/10.20870/IJVR.1995.1.2.2604>.
- 7 INACSL Standards Committee. INACSL Standards of Best Practice: Simulation Glossary. *Clin Simul Nurs* [Internet]. 2016, 12(S), p. S39–47. <http://doi.org/10.1016/j.ecns.2016.09.012> (visitado en 17 de abril de 2020)
- 8 Merriam-Webster. Virtual reality [Internet]. 2018 Disponible en: [https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual reality](https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual%20reality)
- 9 Mantovani F, Castelnovo G, Gaggioli A, Riva G. Virtual Reality Training for Health-Care Professionals. *CyberPsychology Behav*. 2003, 6(4), p. 389–95. <http://doi.org/10.1089/109493103322278772>
- 10 Gigante MA. 1- Virtual Reality: Definitions, History and Applications. En: *Virtual Reality Systems*. Earnshaw RA, Gigante MA, Jones H, Eds.; Academic Press: Massachusetts, Estados Unidos, 1993, p. 3–14. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-227748-1.50009-3>
- 11 Mompeó-Corredera B. Metodologías y materiales para el aprendizaje de la anatomía humana. Percepciones de los estudiantes de medicina ‘nativos digitales’. *FEM: Rev la Fund Educ Médica*, 2014, 17(2), p. 99–104. <http://doi.org/10.4321/S2014-98322014000200007>.
- 12 Araujo C. J. Del cadáver a la realidad virtual en el aprendizaje de la anatomía humana en la Escuela de Medicina de la Universidad del Zulia. *Rev Argentina Anatomía Online*, 2017, 8(3), p. 98–101.
- 13 Rodríguez García AN. El Aprendizaje a través de la Realidad Virtual. [Tesis de Máster]. Universidad Católica de Murcia, 2019.
- 14 López Martín VM. La Realidad Virtual como Recurso Educativo en las Ciencias Experimentales. [Tesis de grado]. Universidad de Valladolid, 2018.
- 15 Toala-Palma JK, Arteaga-Mera JL, Quintana-Loor JM, Santana-Vergara MI. La Realidad Virtual como herramienta de innovación educativa. *EPISTEME Koin*, 2020, 3(5). <http://doi.org/10.35381/e.k.v3i5.835>
- 16 Silén C, Wirell S, Kvist J, Nylander E, Smedby O. Advanced 3D visualization in student-centred medical education. *Med Teach*, 2008, 30(5), p. e115-24. <http://doi.org/10.1080/01421590801932228>
- 17 Kockro RA, Amaxopoulou C, Killeen T, Wagner W, Reisch R, Schwandt E, et al. Stereoscopic neuroanatomy lectures using a three-dimensional virtual reality environment. *Ann Anat*, 2015, 201, p. 91–8. <http://doi.org/10.1016/j.aanat.2015.05.006>

- 18 Nicholson DT, Chalk C, Funnell WRJ, Daniel SJ. Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model. *Med Educ*, 2006, 40(11), p. 1081–7. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02611.x>
- 19 Maresky HS, Oikonomou A, Ali I, Ditkofsky N, Pakkal M, Ballyk B. Virtual reality and cardiac anatomy: Exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. *Clin Anat*, 2019, 32(2), p. 238–43. <http://doi.org/10.1002/ca.23292>
- 20 Chen S, Zhu J, Cheng C, Pan Z, Liu L, Du J, et al. Can virtual reality improve traditional anatomy education programmes? A mixed- methods study on the use of a 3D skull model. *BMC Med Educ*, 2020, 20(1):395. <http://doi.org/10.1186/s12909-020-02255-6>.
- 21 Ellington DR, Shum PC, Dennis EA, Willis HL, Szychowski JM, Richter HE. Female Pelvic Floor Immersive Simulation: A Randomized Trial to Test the Effectiveness of a Virtual Reality Anatomic Model on Resident Knowledge of Female Pelvic Anatomy. *J Minim Invasive Gynecol*, 2019, 26(5), p. 897–901. <http://doi.org/10.1016/j.jmig.2018.09.003>
- 22 Stepan K, Zeiger J, Hanchuk S, Del Signore A, Shrivastava R, Govindaraj S, et al. Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2017, 7(10), p. 1006–13. <http://doi.org/10.1002/alr.21986>
- 23 Moro C, Štromberga Z, Raikos A, Stirling A. The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy. *Anat Sci Educ*, 2017, 10(6), p. 549–59. <http://doi.org/10.1002/ase.1696>
- 24 Escartín, E.R. La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 2000, 15, p. 5–21.
- 25 Riva G, Wiederhold BK. The New Dawn of Virtual Reality in HealthCare: Medical Simulation and Experiential Interface. *Annu Rev CyberTherapy Telemed*, 2015, 13, p. 3–6. <http://doi.org/10.3233/978-1-61499-595-1-3>
- 26 Cantón Enríquez D, Arellano Pimente J, Hernández López M, Nieva García O. Didactic use of immersive virtual reality with NUI focused on the inspection of wind turbines. *Apertura*, 2017, 9(2), p. 8–23. <http://doi.org/10.32870/ap.v9n2.1049>.
- 27 Alemán Marichal B, Navarro de Armas Olga L, Suárez Díaz R M, Izquierdo Barceló Y, Encinas Alemán T C. La motivación en el contexto del proceso enseñanza-aprendizaje en carreras de las Ciencias Médicas. *Rev.Med.Electrón*, 2018, 40(4), p. 1257–1270.

