



Uso de realidad virtual inmersiva como recurso didáctico para la comprensión del sistema nervioso central

Using immersive virtual reality as an educational resource to understand the central nervous system

Tania Llana¹, Lucía Solares², Sara García-Navarra³ y Marta Méndez⁴

Fecha de recepción: 11/09/2026; Fecha de revisión: 22/09/2026; Fecha de aceptación: 08/10/2026

Cómo citar este artículo:

Llana, T, Solares, L, García-Navarra, S, Méndez, M. (2026). Uso de realidad virtual inmersiva como recurso didáctico para la comprensión del sistema nervioso central. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes*, 15(1), 95-111
<https://doi.org/10.21071/ripadoc.v15i1.19717>

Autor de correspondencia: mendezlmarta@uniovi.es

¹ Departamento de Psicología, Universidad de Oviedo (España), llanatania@uniovi.es, <https://orcid.org/0000-0002-0422-6168>

² Departamento de Psicología, Universidad de Oviedo (España), solareslucia@uniovi.es, <https://orcid.org/0000-0003-0401-6221>

³ Departamento de Psicología, Universidad de Oviedo (España), fernandezgsara@uniovi.es, <https://orcid.org/0009-0008-7557-2608>

⁴ Departamento de Psicología, Universidad de Oviedo (España), mendezlmarta@uniovi.es, <https://orcid.org/0000-0003-1718-7492>

El presente artículo ha sido redactado en tercera persona del singular o plural, utilizando el género masculino como forma no marcada o inclusiva, teniendo en cuenta al sexo masculino y femenino, sin intención de mostrar un lenguaje sexista.

Resumen:

La enseñanza de la neuroanatomía mediante recursos bidimensionales puede dificultar la comprensión espacial de las estructuras cerebrales, lo que ha favorecido la incorporación de metodologías inmersivas en educación superior. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la viabilidad pedagógica de la realidad virtual (RV) inmersiva y analizar el aprendizaje asociado a su uso como recurso didáctico para el estudio del sistema nervioso central. Participaron 26 estudiantes de primer curso del Grado en Logopedia, quienes realizaron una sesión práctica con la aplicación Human Anatomy VR. Mediante cuestionarios y una prueba objetiva se evaluaron la sintomatología adversa, el sentido de presencia, la satisfacción y el rendimiento en conocimientos neuroanatómicos y funcionales. Los resultados mostraron ausencia de sintomatología adversa en el 76,44% de los registros del Simulator Sickness Questionnaire (SSQ), un elevado sentido de presencia y altos niveles de satisfacción. Sin embargo, la proporción de aciertos fue menor en los contenidos trabajados mediante RV inmersiva que en los impartidos mediante enseñanza teórica tradicional. En conjunto, la RV inmersiva se mostró como un recurso viable y bien aceptado, aunque es necesario optimizar su diseño instruccional y emplear evaluaciones más controladas para determinar su impacto sobre el aprendizaje.

Palabras clave: innovación pedagógica, realidad virtual, enseñanza superior, neuropsicología

Abstract:

Teaching neuroanatomy through two-dimensional resources may hinder the spatial understanding of brain structures, which has encouraged the incorporation of immersive methodologies in higher education. This study aimed to evaluate the pedagogical feasibility of immersive virtual reality (VR) and to examine learning associated with its use as an educational resource for studying the central nervous system. Twenty-six first-year undergraduate Speech Therapy students participated in a practical session using the Human Anatomy VR application. Questionnaires and an objective test were used to assess adverse symptoms, sense of presence, satisfaction, and performance on neuroanatomical and functional knowledge. Results showed an absence of adverse symptoms in 76.44% of Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) records, together with a high sense of presence and high levels of satisfaction. However, the proportion of correct responses was lower for content studied through immersive VR than for content taught through traditional theoretical instruction. Overall, immersive VR appeared to be a feasible and well-accepted educational resource, although its instructional design should be optimized and more controlled assessment procedures are needed to determine its impact on learning.

Keywords: educational innovation, virtual reality, higher education, neuropsychology.

1. INTRODUCCIÓN

La docencia universitaria en el ámbito de las ciencias de la salud y, específicamente, la enseñanza de la neuropsicología aplicada a disciplinas como la Logopedia, se enfrenta al desafío de transmitir conceptos anatómicos y funcionales de elevada complejidad estructural. Tradicionalmente, el estudio de las bases neuroanatómicas del comportamiento se ha apoyado en modelos bidimensionales, como ilustraciones en libros de texto, esquemas estáticos, atlas anatómicos en papel o proyecciones de diapositivas en el aula (Yammine y Violato, 2015). Aunque estos recursos constituyen una base fundamental para la enseñanza teórica de la neuroanatomía, pueden presentar limitaciones para facilitar la comprensión tridimensional de la organización espacial del cerebro, las relaciones entre sus estructuras corticales y subcorticales y los circuitos neurales implicados en funciones cognitivas como la atención, la memoria, las funciones ejecutivas y el lenguaje.

La neuroanatomía y la neuropsicología requieren una elevada capacidad de abstracción por parte del estudiantado. Cuando la enseñanza se apoya predominantemente en enfoques pasivos y bidimensionales, los contenidos neuroanatómicos pueden percibirse como abstractos y alejados de su futura aplicación clínica, lo que puede limitar la motivación y favorecer aprendizajes más memorísticos o superficiales. En este sentido, estudios recientes han mostrado que la incorporación de modelos tridimensionales y entornos de realidad virtual (RV) puede favorecer la motivación, la satisfacción y, en algunos casos, el rendimiento en el aprendizaje de la neuroanatomía frente a metodologías tradicionales (Alim et al., 2024; García-Robles et al., 2025). Estos avances plantean la necesidad de explorar metodologías docentes más dinámicas, visuales, interactivas y experienciales que complementen los recursos de enseñanza convencionales.

En este contexto de transformación digital y pedagógica, la RV inmersiva constituye una herramienta con potencial para enriquecer determinados procesos de enseñanza-aprendizaje en educación superior. A diferencia de los sistemas de RV no inmersivos, basados en pantallas de ordenador convencionales, la RV inmersiva emplea dispositivos de visualización montados en la cabeza que permiten a la persona interactuar con un entorno tridimensional simulado en tiempo real. Aplicada al estudio de la neuroanatomía, esta tecnología posibilita manipular representaciones virtuales del cerebro, rotarlas en el espacio, explorar estructuras subcorticales y visualizar de manera interactiva las relaciones espaciales entre diferentes regiones y circuitos neurobiológicos.

Desde una perspectiva cognitiva, la interacción directa con objetos de aprendizaje tridimensionales permite controlar las vistas, perspectivas y escalas de las estructuras estudiadas. Investigaciones previas sugieren que este tipo de exploración activa puede favorecer los procesos de codificación espacial y retención de la información en comparación con estrategias de exploración pasiva, contribuyendo al desarrollo del conocimiento conceptual (Alim et al., 2024). Asimismo, la inmersión interactiva puede favorecer el compromiso conductual y emocional del alumnado e

incrementar su motivación e interés percibido hacia la materia (García-Robles et al., 2025).

Sin embargo, la integración de la RV inmersiva en el contexto universitario no está exenta de limitaciones. El diseño instruccional de estas tecnologías debe acompañarse de una evaluación multidimensional que considere variables ergonómicas, psicológicas y cognitivas (Radianti et al., 2020). Entre ellas, la sintomatología adversa asociada al uso de entornos virtuales, habitualmente denominada cibermareo o *cybersickness*, constituye un aspecto relevante para determinar la viabilidad de la herramienta. El cibermareo puede manifestarse mediante síntomas como fatiga ocular, desorientación, pesadez de cabeza, dificultad para enfocar, náuseas o malestar general (Bouchard et al., 2021). Estos efectos pueden interferir con la experiencia de aprendizaje y reducir la atención durante la exposición a entornos inmersivos (Mimnaugh et al., 2023). Por ello, la evaluación de la tolerabilidad física de estos dispositivos durante su utilización en el aula constituye un componente necesario para valorar su incorporación como recurso didáctico.

Otro componente relevante de la experiencia inmersiva es el sentido de presencia, entendido como la percepción subjetiva de “estar allí” o sentirse físicamente presente dentro del entorno virtual a pesar de permanecer en el espacio físico real (Castro et al., 2026). Se trata de un constructo multidimensional que incluye componentes como la atención e implicación en el entorno virtual, la experiencia subjetiva de realismo y la sensación de presencia espacial (Castro et al., 2026). La evidencia previa sugiere que el sentido de presencia puede favorecer la implicación de la persona y modular el rendimiento cognitivo durante la realización de tareas en entornos de RV (Palombi et al., 2023), posiblemente al facilitar la focalización atencional y reducir la interferencia de estímulos externos.

Asimismo, la satisfacción del alumnado constituye una dimensión relevante para valorar la aceptación y posible incorporación de estas metodologías en la práctica docente. La valoración de aspectos como la usabilidad de los equipos, la facilidad de interacción con la interfaz, la comodidad física del dispositivo y su utilidad percibida para el aprendizaje puede influir en la aceptación de estas tecnologías (Fink et al., 2023). En consecuencia, las barreras relacionadas con la usabilidad o la comodidad podrían limitar su utilización continuada como herramienta educativa.

Finalmente, la evidencia sobre el rendimiento en pruebas de conocimientos tras el aprendizaje mediante RV inmersiva no es concluyente. Algunos estudios han descrito mejoras en el aprendizaje mediante entornos virtuales en comparación con la instrucción tradicional basada en soportes textuales o bidimensionales (Alim et al., 2024; Ekstrand et al., 2018), mientras que otros señalan que la inmersión tecnológica puede incrementar la carga cognitiva, favorecer la distractibilidad ante elementos novedosos de la interfaz o producir fatiga mental asociada a la densidad estimular del entorno virtual (Parong y Mayer, 2021). Por ello, la valoración de una experiencia de innovación basada en RV inmersiva requiere considerar conjuntamente su tolerabilidad, el sentido de presencia, la satisfacción del alumnado y los resultados objetivos de aprendizaje.

2. OBJETIVOS

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la viabilidad pedagógica de la RV inmersiva como recurso didáctico para el estudio y comprensión del sistema nervioso central en estudiantes universitarios del Grado en Logopedia, así como analizar el aprendizaje asociado a su incorporación en el aula. Para ello, se examinó la sintomatología adversa asociada al uso de RV inmersiva, el sentido de presencia experimentado durante la práctica y el grado de satisfacción del alumnado. Asimismo, se comparó el rendimiento en la prueba de conocimientos entre los contenidos trabajados mediante RV inmersiva y aquellos impartidos mediante enseñanza teórica tradicional.

3. METODOLOGÍA

3.1. Participantes

La muestra estuvo constituida por un total de 26 estudiantes universitarios matriculados en una asignatura de primer curso del Grado en Logopedia durante el curso académico 2024/2025. Específicamente, participaron 24 mujeres y dos hombres, con edades comprendidas entre los 18 y los 23 años. En general, el alumnado informó de un uso esporádico de herramientas de RV inmersiva.

La sesión práctica de RV inmersiva se organizó en grupos reducidos de entre seis y siete estudiantes para garantizar una adecuada supervisión docente. Todas las personas participantes colaboraron de forma voluntaria tras proporcionar su consentimiento informado para el uso de los datos con fines de investigación. El estudio se desarrolló conforme a los principios éticos de la Declaración de Helsinki y a la normativa vigente en materia de protección de datos.

3.2. Materiales e instrumentos

En esta investigación se combinaron herramientas tecnológicas de hardware y software con instrumentos de evaluación psicométrica y una prueba *ad hoc* de conocimientos.

Se emplearon cinco unidades de gafas de RV inmersiva en cada grupo de prácticas (Meta Quest 3). El software utilizado fue la aplicación comercial *Human Anatomy VR*, que permite la exploración tridimensional activa de diferentes regiones cerebrales, como el hipocampo o la amígdala, relacionadas con funciones cognitivas como la memoria o el procesamiento emocional. Además, la aplicación ofrece representaciones volumétricas e interactivas acompañadas de breves descripciones funcionales de cada estructura.

Para evaluar la presencia y severidad del cibermareo, se aplicó la versión adaptada y validada al español del *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ; Campo-Prieto et al., 2021), compuesto por 16 síntomas. Las respuestas se registraron mediante una escala Likert de cuatro puntos: ausencia del síntoma (0), síntoma leve (1), síntoma moderado (2) y síntoma grave (3). En el presente estudio se realizó un análisis descriptivo por síntomas del SSQ. Para ello, se calculó la puntuación acumulada de

cada síntoma en el conjunto de la muestra, con un rango posible de 0 a 78 puntos por síntoma. Puntuaciones mayores indican una mayor sintomatología adversa asociada al uso de RV inmersiva.

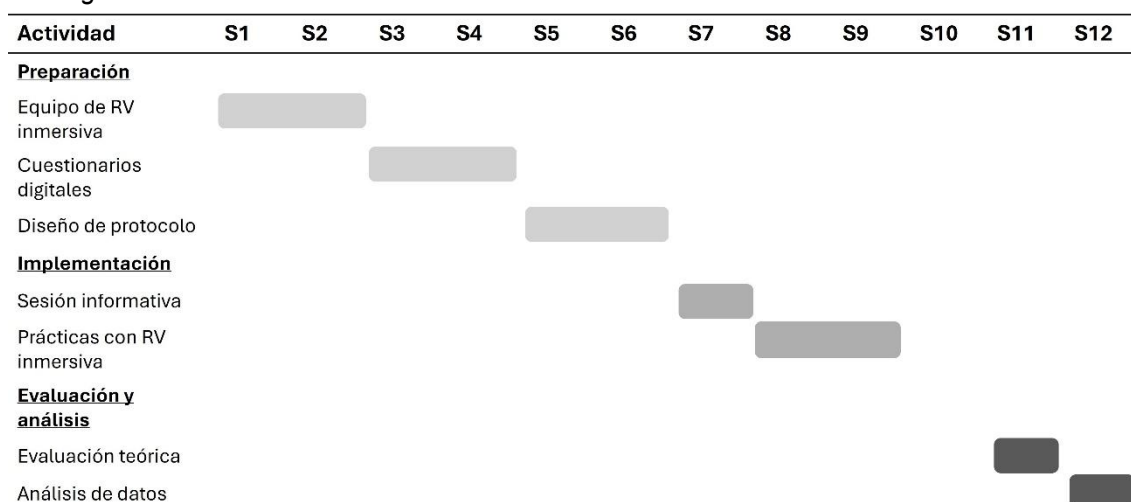
Para evaluar el sentido de presencia, se utilizó una versión traducida al español del *Igroup Presence Questionnaire* (IPQ; Regenbrecht y Schubert, 2002). El cuestionario consta de 14 ítems con una escala Likert de siete puntos y un rango de puntuación de 0 a 6. Se obtuvieron las puntuaciones medias de las cuatro dimensiones proporcionadas por el instrumento: presencia general (IPQ-GP), atención e implicación en el entorno virtual (IPQ-INV), experiencia subjetiva de realismo (IPQ-ER) y sensación de estar físicamente presente en el espacio virtual (IPQ-SP). Puntuaciones mayores indican mayores niveles de sentido de presencia.

Con la finalidad de evaluar el grado de satisfacción, se diseñó y aplicó un cuestionario ad hoc (SATISF) compuesto por 15 ítems con una escala Likert de cinco puntos y un rango de puntuaciones de 0 a 4. El alumnado debía indicar su grado de acuerdo con una serie de afirmaciones relativas a la práctica de RV inmersiva: totalmente en desacuerdo (0), en desacuerdo (1), ni de acuerdo ni en desacuerdo (2), de acuerdo (3) y totalmente de acuerdo (4). El instrumento se estructuró en cinco subescalas de tres ítems cada una: valoración general de la experiencia (SATISF_ValoraGen), interacción y usabilidad de la herramienta de RV inmersiva (SATISF_InteraccUsab), aplicación al aprendizaje (SATISF_AplicAprend), factores físicos y de comodidad (SATISF_Comod) y satisfacción global con la práctica de RV inmersiva y recomendación (SATISF_Recom). Se calculó la puntuación media de cada subescala, de modo que puntuaciones más altas indican un mayor grado de satisfacción.

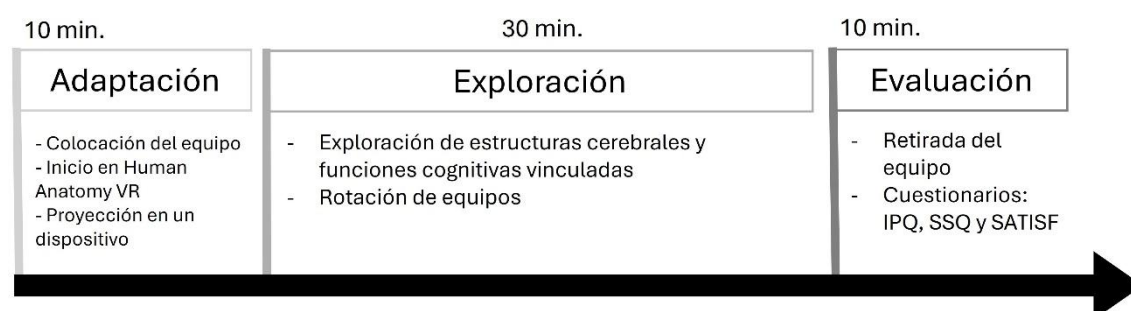
Finalmente, se elaboró una prueba objetiva integrada por cinco preguntas tipo test, con tres alternativas de respuesta cada una, destinadas exclusivamente a evaluar los conocimientos neuroanatómicos y funcionales abordados durante la práctica de RV inmersiva. Estas preguntas se incluyeron en el último examen parcial escrito de la asignatura junto con otras 15 preguntas relativas a contenidos impartidos mediante clases teóricas tradicionales, también con tres alternativas de respuesta. Para cada participante se calcularon las proporciones de aciertos, errores y omisiones dividiendo el número de respuestas correctas, incorrectas u omitidas entre el número total de preguntas de cada bloque: cinco ítems para los contenidos trabajados mediante RV inmersiva y 15 ítems para los contenidos impartidos mediante metodología teórica tradicional.

3.3. Procedimiento

El estudio se desarrolló a lo largo de una secuencia temporal de fases que abarcó un total de 12 semanas (Figura 1).

Figura 1*Cronograma de las fases de estudio*

La intervención práctica se desarrolló de forma idéntica en todos los grupos de estudiantes. La sesión tuvo una duración de 50 minutos y se estructuró en tres fases consecutivas: adaptación, exploración y evaluación (Figura 2).

Figura 2*Fases de la sesión práctica de RV inmersiva*

Nota. La sesión práctica se estructuró en tres fases consecutivas: adaptación al uso del dispositivo de RV inmersiva, exploración interactiva de las estructuras neuroanatómicas mediante la aplicación y evaluación mediante la cumplimentación de los cuestionarios correspondientes.

3.4. Análisis de datos

Los datos estadísticos se procesaron utilizando la versión 29 del programa SPSS para Windows. Se realizó un análisis descriptivo para examinar la frecuencia y severidad de los síntomas adversos registrados mediante el cuestionario SSQ.

Para comparar las puntuaciones de las subescalas del cuestionario IPQ, se aplicó un ANOVA de medidas repetidas. El tamaño del efecto se estimó mediante eta cuadrado parcial (η^2p).

Las puntuaciones de las subescalas del cuestionario de satisfacción se compararon mediante la prueba de Friedman para muestras relacionadas. El tamaño del efecto global se calculó mediante el coeficiente *W de Kendall*. Cuando la prueba de Friedman resultó estadísticamente significativa, se realizaron comparaciones *post hoc*

por pares mediante la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, aplicando la corrección de Bonferroni para controlar la tasa de error tipo I.

Para comparar el rendimiento en la prueba de conocimientos entre ambas modalidades de enseñanza, se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas a las proporciones de aciertos, errores y omisiones correspondientes a los contenidos trabajados mediante RV inmersiva y mediante enseñanza teórica tradicional. Para controlar la tasa de error tipo I derivada de las tres comparaciones realizadas, se aplicó la corrección de Bonferroni, estableciendo el nivel de significación en $\alpha = 0,017$. El tamaño del efecto se calculó mediante el estadístico r , dividiendo el valor Z entre la raíz cuadrada del número de observaciones válidas para cada comparación.

4. RESULTADOS

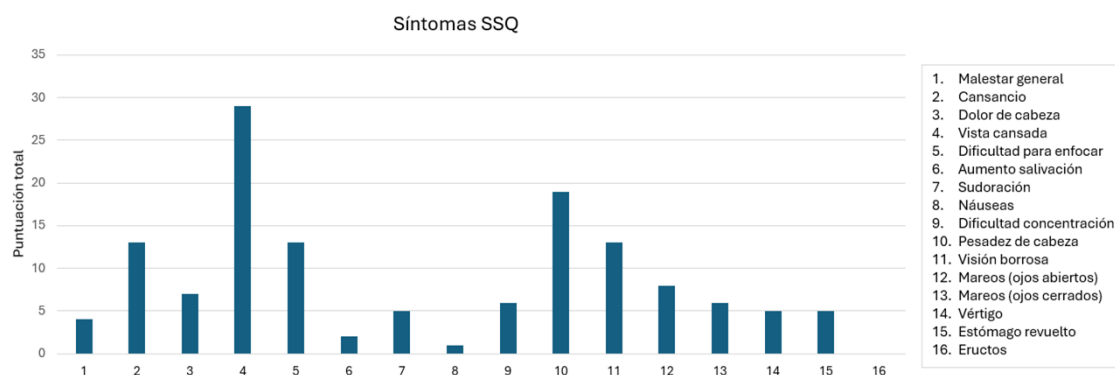
4.1. Sintomatología adversa asociada al uso de RV inmersiva

Los resultados obtenidos mediante el cuestionario SSQ mostraron ausencia de sintomatología adversa asociada al uso de RV inmersiva en el 76,44% de los registros analizados. Del total de registros con sintomatología, el 16,35% correspondió a síntomas de intensidad leve, el 1,92% a síntomas moderados y el 5,29% a síntomas graves.

Al examinar la distribución de la severidad por síntomas, las cinco manifestaciones de cibermareo que acumularon mayores puntuaciones en el conjunto de la muestra fueron vista cansada (29 puntos), pesadez de cabeza (19 puntos), cansancio (13 puntos), dificultad para enfocar (13 puntos) y visión borrosa (13 puntos). La distribución de las puntuaciones correspondientes a los 16 síntomas evaluados se presenta en la Figura 3.

Figura 3

Síntomas de cibermareo evaluados mediante el SSQ



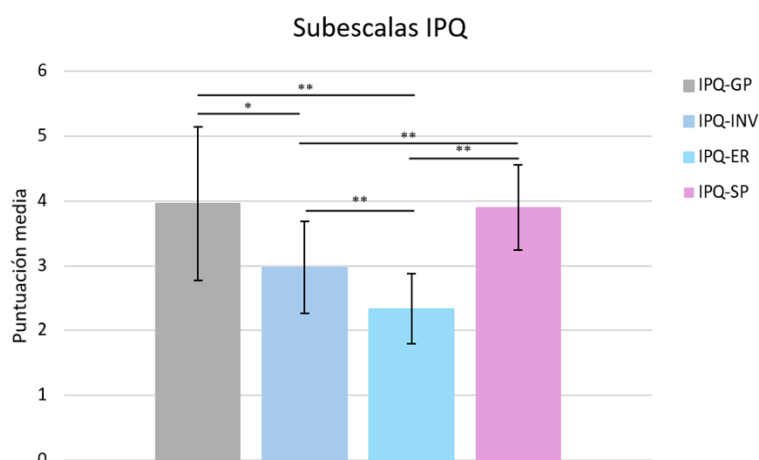
Nota. El gráfico de barras representa la puntuación total obtenida para cada uno de los 16 síntomas evaluados mediante el Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) en el conjunto de la muestra. Puntuaciones más elevadas indican una mayor frecuencia y/o intensidad de la sintomatología adversa asociada al uso de RV inmersiva.

4.2. Sentido de presencia

La comparación entre las subescalas del cuestionario IPQ mediante un ANOVA de medidas repetidas mostró un efecto estadísticamente significativo, $F(1,834, 45,861) = 29,796$, $p < 0,001$, $\eta^2p = 0,544$ (Figura 4).

Figura 4

Puntuaciones medias en las subescalas del cuestionario IPQ



Nota. Las barras representan las puntuaciones medias y las líneas de error, las desviaciones estándar de las subescalas del Igroup Presence Questionnaire (IPQ): presencia general (IPQ-GP), atención e implicación (IPQ-INV), realismo experimentado (IPQ-ER) y presencia espacial (IPQ-SP). Diferencias estadísticamente significativas en las comparaciones por pares: $p = 0,003$; ** $p < 0,001$.

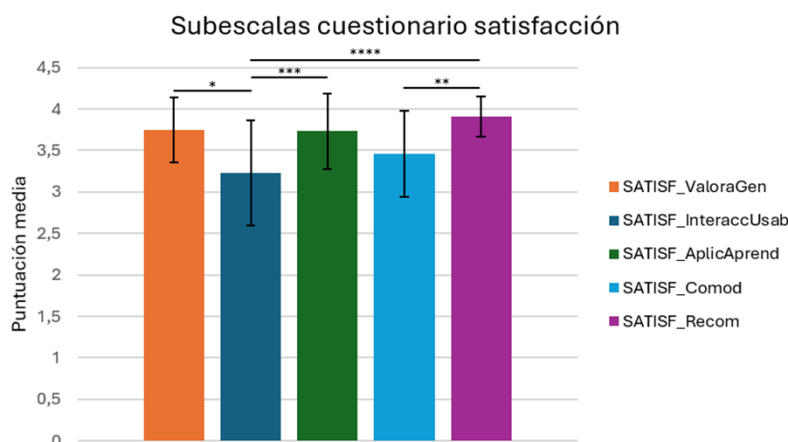
Las comparaciones post hoc por pares mostraron que las puntuaciones de presencia general (IPQ-GP) fueron significativamente mayores que las obtenidas en atención e implicación en el entorno virtual (IPQ-INV; $p = 0,003$) y experiencia subjetiva de realismo (IPQ-ER; $p < 0,001$). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre presencia general y presencia espacial (IPQ-SP; $p = 0,999$). Asimismo, las puntuaciones de atención e implicación (IPQ-INV) fueron significativamente mayores que las de realismo experimentado (IPQ-ER; $p < 0,001$) y significativamente menores que las de presencia espacial (IPQ-SP; $p < 0,001$). Finalmente, las puntuaciones de realismo experimentado (IPQ-ER) fueron significativamente menores que las de presencia espacial (IPQ-SP; $p < 0,001$).

4.3. Satisfacción con la experiencia de RV inmersiva

La prueba de Friedman para muestras relacionadas mostró diferencias estadísticamente significativas entre las subescalas del cuestionario SATISF, $\chi^2(4) = 44,387$, $p < 0,001$, $W = 0,427$ (Figura 5).

Figura 5

Puntuaciones medias en las subescalas del cuestionario de satisfacción SATISF



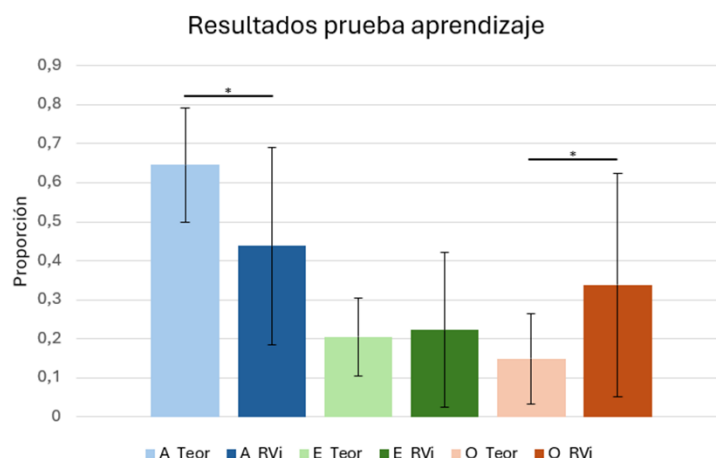
Nota. Las barras representan las puntuaciones medias y las líneas de error, las desviaciones estándar de las subescalas del cuestionario SATISF. Los asteriscos indican diferencias estadísticamente significativas en las comparaciones por pares: $p = 0,006$; ** $p = 0,004$; *** $p = 0,003$; **** $p < 0,001$.

Las comparaciones post hoc mostraron puntuaciones significativamente menores en la subescala de interacción y usabilidad de la RV inmersiva (SATISF_InteraccUsab) que en las dimensiones de valoración general de la experiencia (SATISF_ValoraGen; $p_{ajustada} = 0,006$), aplicación al aprendizaje (SATISF_AplicAprend; $p_{ajustada} = 0,003$) y satisfacción global y recomendación (SATISF_Recom; $p_{ajustada} < 0,001$). Asimismo, las puntuaciones relativas a los factores físicos y de comodidad (SATISF_Comod) fueron significativamente menores que las obtenidas en satisfacción global y recomendación (SATISF_Recom; $p_{ajustada} = 0,004$). Esta última subescala presentó puntuaciones próximas al valor máximo de la escala ($M = 3,910$; $DT = 0,241$).

4.4. Rendimiento en la prueba de conocimientos

La prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas mostró diferencias estadísticamente significativas en la proporción de aciertos entre ambas modalidades de enseñanza, $Z = -3,537$, $p < 0,001$, $r = 0,694$ (Figura 6). La proporción de aciertos fue menor en las preguntas correspondientes a los contenidos trabajados mediante RV inmersiva que en aquellas relativas a los contenidos impartidos mediante enseñanza teórica tradicional.

Asimismo, se observaron diferencias estadísticamente significativas en la proporción de omisiones, $Z = -3,297$, $p = 0,001$, $r = 0,647$, siendo mayor en las preguntas correspondientes a los contenidos trabajados mediante RV inmersiva. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la proporción de errores entre ambas modalidades, $Z = -0,280$, $p = 0,780$, $r = 0,055$. Los resultados relativos a aciertos y omisiones se mantuvieron estadísticamente significativos tras aplicar la corrección de Bonferroni para las tres comparaciones, con un nivel de significación establecido en $\alpha = 0,017$.

Figura 6*Rendimiento en la prueba de conocimientos según la modalidad de enseñanza*

Nota. Las barras representan las proporciones medias de aciertos, errores y omisiones obtenidas para los contenidos impartidos mediante enseñanza teórica tradicional y los trabajados mediante RV inmersiva; las líneas de error representan las desviaciones estándar. Diferencias estadísticamente significativas entre ambas modalidades de enseñanza: $p < 0,017$, tras corrección de Bonferroni.

5. DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio es que la incorporación de RV inmersiva como recurso didáctico para el aprendizaje de contenidos neuroanatómicos fue bien aceptada por el alumnado y presentó un perfil favorable de tolerabilidad y sentido de presencia, aunque estos indicadores positivos no se acompañaron de un mejor rendimiento en la prueba de conocimientos. En concreto, la práctica se caracterizó por un predominio de registros sin sintomatología adversa, un elevado sentido de presencia en el entorno virtual y altos niveles de satisfacción. Sin embargo, la proporción de aciertos fue menor y la de omisiones mayor en las preguntas correspondientes a los contenidos trabajados mediante RV inmersiva que en aquellas relativas a los contenidos impartidos mediante enseñanza teórica tradicional.

En relación con la tolerabilidad de la experiencia, el 76,44% de los registros del SSQ reflejó ausencia de sintomatología adversa, resultado que respalda la viabilidad del uso de RV inmersiva en el contexto docente analizado y es coherente con investigaciones recientes que han empleado dispositivos de nueva generación en contextos educativos (García-Robles et al., 2025). No obstante, se observaron puntuaciones destacadas en síntomas como vista cansada, pesadez de cabeza y dificultad para enfocar. Estos resultados sugieren que la tolerabilidad de la tecnología no debe valorarse únicamente a partir de la ausencia global de síntomas, sino también atendiendo a las molestias específicas que pueden aparecer durante su utilización. Entre los factores que podrían haber contribuido a ellas se encuentran la necesidad de compartir los dispositivos durante la práctica, con la consiguiente alternancia entre el entorno virtual y el real, así como la elevada demanda visuoespacial característica de

este tipo de experiencias, que puede incrementar la fatiga visual y cognitiva (Souchet et al., 2023).

Respecto al sentido de presencia, los resultados obtenidos mediante el IPQ indican que la experiencia de RV inmersiva permitió generar una percepción de presencia dentro del entorno virtual. Este componente se ha relacionado previamente con una mayor focalización atencional y con la reducción de la interferencia procedente de estímulos externos (Castro et al., 2026; Palombi et al., 2023). No obstante, las distintas dimensiones del cuestionario no mostraron un patrón homogéneo, siendo el realismo experimentado la dimensión con las puntuaciones más bajas. Esta menor percepción de realismo podría estar relacionada con determinadas características de la experiencia, entre ellas la ausencia de desplazamiento físico durante la exploración, dado que la posición corporal y las posibilidades de interacción pueden modular el sentido de presencia en entornos virtuales (Bessa et al., 2018). Asimismo, el tiempo de exposición podría influir en la experiencia subjetiva de realismo, tal y como se ha observado en tareas desarrolladas mediante tecnologías de realidad extendida (Reisinho et al., 2024). Por tanto, las diferencias entre las dimensiones del IPQ permiten identificar elementos concretos de la experiencia inmersiva susceptibles de optimización.

La elevada satisfacción del alumnado constituye otro resultado relevante para valorar la incorporación de esta innovación en el aula. En particular, la dimensión de satisfacción global y recomendación alcanzó valores próximos al máximo de la escala. Este resultado es coherente con estudios previos que han descrito una mayor motivación, implicación y compromiso con el aprendizaje cuando contenidos complejos se presentan mediante plataformas tridimensionales e inmersivas (Froehlich et al., 2024). La utilización de recursos capaces de incrementar el interés del alumnado puede resultar especialmente relevante en contenidos que requieren un elevado nivel de abstracción, como la neuroanatomía, dado que investigaciones previas han relacionado el desinterés hacia metodologías de enseñanza más tradicionales con un menor rendimiento académico (Horlock, 2020). Sin embargo, la interacción y usabilidad de la herramienta obtuvo puntuaciones significativamente inferiores a otras dimensiones de satisfacción. Este patrón podría indicar que el periodo inicial de familiarización con los controles de la herramienta, de entre 5 y 10 minutos, no fue suficiente para alcanzar un manejo completamente autónomo y fluido por parte de todo el alumnado.

El resultado que requiere una interpretación más cautelosa es el relativo a la prueba objetiva de conocimientos. A pesar de la elevada satisfacción, el sentido de presencia y el favorable perfil de tolerabilidad, la proporción de aciertos fue menor y la de omisiones mayor en las preguntas asociadas a los contenidos trabajados mediante RV inmersiva. Estos resultados contrastan con trabajos que han señalado beneficios de la exploración activa en entornos virtuales para el aprendizaje experiencial (James et al., 2002). Una posible explicación es que las demandas atencionales derivadas de la novedad tecnológica y de la interacción con la interfaz incrementaran la carga cognitiva durante la actividad, reduciendo los recursos disponibles para el procesamiento de los contenidos académicos (Parong y Mayer, 2021).

No obstante, la diferencia observada en la prueba de conocimientos no puede atribuirse directamente a la modalidad de enseñanza, ya que los contenidos evaluados y el número de preguntas fueron distintos entre ambos bloques. Por ello, estos resultados no permiten concluir que la enseñanza mediante RV inmersiva produzca un aprendizaje inferior al de la enseñanza teórica tradicional. Además, la ausencia de un mejor rendimiento inmediato en esta prueba concreta no excluye que la RV inmersiva pueda favorecer otros resultados educativos, como la comprensión espacial de las estructuras, la motivación, la implicación del alumnado o la retención de los contenidos a más largo plazo, aspectos que no fueron evaluados en este estudio.

5.1. Implicaciones docentes

Desde una perspectiva aplicada, los resultados ponen de manifiesto que la incorporación de RV inmersiva en la enseñanza de contenidos neuroanatómicos no debería plantearse únicamente como una sustitución tecnológica de la enseñanza tradicional. La aceptación de la herramienta, el sentido de presencia y la tolerabilidad constituyen condiciones favorables para su integración en el aula, pero no garantizan por sí mismas una mejora del aprendizaje objetivo. En este sentido, la utilidad educativa de la RV inmersiva parece depender también de cómo se estructure la actividad y de la correspondencia entre la experiencia desarrollada y los resultados de aprendizaje que se pretende alcanzar.

Los hallazgos sugieren la conveniencia de acompañar la exploración inmersiva de una planificación instruccional explícita. La incorporación de objetivos de aprendizaje previamente definidos, instrucciones que orienten la exploración de las estructuras neuroanatómicas y actividades dirigidas durante la práctica podría favorecer que la atención del alumnado se centre en los contenidos relevantes y no únicamente en los elementos novedosos de la tecnología. Del mismo modo, ampliar el periodo de familiarización con el dispositivo y garantizar un tiempo suficiente de interacción individual podría reducir las dificultades de usabilidad y facilitar una experiencia más continua.

En este sentido, la RV inmersiva podría resultar especialmente útil como recurso complementario de las metodologías docentes convencionales, aprovechando sus posibilidades de manipulación tridimensional y exploración interactiva para aquellos contenidos en los que la comprensión de las relaciones espaciales constituye un componente relevante. La experiencia desarrollada muestra, al mismo tiempo, la importancia de evaluar estas innovaciones mediante indicadores diversos y no únicamente a través de la satisfacción del alumnado, incorporando medidas objetivas de aprendizaje que permitan valorar en qué condiciones su utilización aporta beneficios educativos.

5.2. Limitaciones y futuras líneas de mejora

Los resultados deben interpretarse considerando varias limitaciones metodológicas. En primer lugar, la prueba de conocimientos no presentó una equiparación psicométrica estricta entre las dos modalidades. El bloque correspondiente

a los contenidos impartidos mediante enseñanza teórica tradicional constaba de 15 ítems, mientras que el relativo a la práctica con RV inmersiva incluía cinco. Aunque el análisis se realizó mediante proporciones de aciertos, errores y omisiones, esta diferencia puede afectar a la fiabilidad y estabilidad de las puntuaciones, dado que cada respuesta tiene un peso proporcional mayor en el bloque de RV inmersiva. Además, no puede garantizarse que ambos bloques fueran equivalentes en dificultad, especificidad o demanda cognitiva.

En segundo lugar, las preguntas correspondientes a ambas modalidades evaluaban contenidos diferentes de la asignatura. En consecuencia, las diferencias observadas podrían estar relacionadas no solo con la modalidad mediante la que se trabajaron los contenidos, sino también con su naturaleza, complejidad o grado de familiaridad previa. La comparación realizada debe entenderse, por tanto, como una aproximación preliminar y no como una estimación causal del efecto de la RV inmersiva frente a la enseñanza teórica tradicional. Futuras investigaciones deberían utilizar contenidos equivalentes y asignarlos de forma contrabalanceada entre modalidades, permitiendo establecer comparaciones más controladas.

En tercer lugar, la disponibilidad de cinco dispositivos para grupos de seis o siete estudiantes hizo necesario compartir y rotar el equipamiento durante la fase de exploración. Esta circunstancia pudo reducir el tiempo efectivo de interacción individual e interrumpir la continuidad de la experiencia inmersiva, con posibles repercusiones sobre el sentido de presencia, la satisfacción, la sintomatología adversa y el aprendizaje.

Finalmente, el reducido tamaño de la muestra, su procedencia de un único grupo del Grado en Logopedia y la distribución desigual por sexo limitan la generalización de los resultados. Asimismo, la intervención se desarrolló en una franja horaria concreta y después de una carga lectiva previa, circunstancias que podrían haber influido sobre la fatiga, la atención y la concentración del alumnado.

A partir de estas limitaciones, futuras experiencias deberían incorporar instrumentos de evaluación equivalentes entre condiciones, con un número y una dificultad de ítems comparables y, cuando sea posible, con evidencias de validez y fiabilidad. También sería conveniente ampliar el tiempo de familiarización con el dispositivo, garantizar una exposición individual suficiente y examinar si una práctica más estructurada mediante guías, objetivos explícitos o tareas dirigidas facilita la transferencia de los contenidos trabajados mediante RV inmersiva. Finalmente, la replicación de la experiencia en muestras más amplias y en diferentes titulaciones, mediante diseños controlados o aleatorizados, permitiría valorar con mayor precisión las condiciones en las que la RV inmersiva puede contribuir al aprendizaje.

6. CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que la RV inmersiva constituye un recurso docente viable, bien aceptado por el alumnado y con un perfil favorable de tolerabilidad para el estudio de contenidos neuroanatómicos y funcionales. La experiencia generó además un elevado sentido de presencia y altos niveles de satisfacción.

No obstante, estos indicadores positivos no se acompañaron de un mejor rendimiento en la prueba objetiva de conocimientos. Dadas las limitaciones metodológicas del estudio, estos resultados no permiten establecer una comparación causal entre la RV inmersiva y la enseñanza teórica tradicional.

En conjunto, la incorporación de RV inmersiva en el aula parece especialmente prometedora como recurso complementario, siempre que se acompañe de un diseño instruccional adecuado y de procedimientos de evaluación más controlados. apartado recopila los hallazgos fundamentales de la experiencia de innovación.

7. REFERENCIAS

- Alim, E., Coşkun, Ö., y Peker, T. V. (2024). Comparison and evaluation of the effectiveness of traditional neuroanatomy teaching in medical education with virtual-reality application based on 3D virtual neuroanatomical models, which is an innovative approach. *Gazi Medical Journal*, 35(4), 407–415. <https://doi.org/10.12996/gmj.2024.4191>
- Bessa, M., Melo, M., Augusto de Sousa, A., y Vasconcelos-Raposo, J. (2018). The effects of body position on Reflexive Motor Acts and the sense of presence in virtual environments. *Computers & Graphics*, 71, 35–41. <https://doi.org/10.1016/J.CAG.2017.11.003>
- Bouchard, S., Berthiaume, M., Robillard, G., Forget, H., Daudelin-Peltier, C., Renaud, P., Blais, C., y Fiset, D. (2021). Arguing in favor of revising the *Simulator Sickness Questionnaire* factor structure when assessing side effects induced by immersions in Virtual Reality. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 739742. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.739742>
- Campo-Prieto, P., Rodríguez-Fuentes, G., y Cancela-Carral, J. M. (2021). Translation and cross-cultural adaptation to Spanish of the Simulator Sickness Questionnaire. *Retos*, 43, 503–509. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V43I0.87605>
- Castro, C., Dinu, A. I., Doncel, P., Sánchez-Barrera, M. B., Muñoz, M. A., Gómez-Campos, F. M., García-Fernández, P., Tromp, J., y Trógolo, M. A. (2026). Immersive tendencies and presence in virtual reality: Spanish adaptation of the ITQ and IPQ, and their relationship with suggestibility and cybersickness. *Virtual Reality*, 30, Article 49. <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01301-2>
- Ekstrand, C., Jamal, A., Nguyen, R., Kudryk, A., Mann, J., y Mendez, I. (2018). Immersive and interactive virtual reality to improve learning and retention of neuroanatomy in medical students: a randomized controlled study. *CMAJ Open*, 6(1), E103–E109. <https://doi.org/10.9778/cmajo.20170110>
- Fink, M. C., Eisenlauer, V., y Ertl, B. (2023). What variables are connected with system usability and satisfaction? Results from an educational virtual reality field trip. *Computers & Education: X Reality*, 3, Article 100043. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100043>
- Froehlich, F., Hovey, C., Reza, S., y Plass, J. L. (2024). Beyond slideshows - Investigating the impact of immersive Virtual Reality on science learning. 2024

- IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, (pp. 945–950).
<https://doi.org/10.1109/VR58804.2024.00113>
- García-Robles, P., Obrero-Gaitán, E., Cortés-Pérez, I., Ibancos-Losada, M. D. R., Díaz-Fernández, Á., y Osuna-Pérez, M. C. (2025). The effectiveness of immersive virtual reality as a student-centered tool for learning neuroanatomy: A single-blind randomized controlled trial with physiotherapy students. *Anatomical Sciences Education*, 18(10), 1083–1094. <https://doi.org/10.1002/ase.70068>
- Horlock, K. T. (2020). *Exploration of student interest and performance with Oculus Rift immersive virtual reality learning experiences in comparison with traditional instructional methods* (Tesis doctoral, Belhaven University).
<https://eric.ed.gov/?q=pages&ff1=eduGrade+6&ff2=subGender+Differences&id=ED655845>
- James, K. H., Humphrey, G. K., Vilis, T., Corrie, B., Baddour, R., y Goodale, M. A. (2002). “Active” and “passive” learning of three-dimensional object structure within an immersive virtual reality environment. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 34(3), 383–390. <https://doi.org/10.3758/BF03195466>
- Mimnaugh, K. J., Center, E. G., Suomalainen, M., Becerra, I., Lozano, E., Murrieta-Cid, R., Ojala, T., LaValle, S. M., y Federmeier, K. D. (2023). Virtual Reality sickness reduces attention during immersive experiences. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 29(11), 4394–4404.
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3320222>
- Palombi, T., Galli, F., Giancamilli, F., D'Amico, M., Alivernini, F., Gallo, L., Neroni, P., Predazzi, M., De Pietro, G., Lucidi, F., Giordano, A., y Chirico, A. (2023). The role of sense of presence in expressing cognitive abilities in a virtual reality task: an initial validation study. *Scientific Reports*, 13(1), 13396.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-40510-0>
- Parong, J., y Mayer, R. E. (2021). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(1), 226–241. <https://doi.org/10.1111/jcal.12482>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., y Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, Article 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Regenbrecht, H., y Schubert, T. (2002). Real and illusory interactions enhance presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11(4), 425–434. <https://doi.org/10.1162/105474602760204318>
- Reisinho, P., Silva, C., Ferreira, M., Raposo, R., Vairinhos, M., y Zagalo, N. (2024). An analysis of the sense of presence and cybersickness in virtual reality: The influence of content type, exposure time, and gender. In J. Y. C. Chen & G. Fragomeni (Eds.), *Virtual, Augmented and Mixed Reality* (Vol. 14707, pp. 283–299). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61044-8_19
- Souchet, A. D., Lourdeaux, D., Burkhardt, J. M., y Hancock, P. A. (2023). Design guidelines for limiting and eliminating virtual reality-induced symptoms and

effects at work: a comprehensive, factor-oriented review. *Frontiers in Psychology*, 14, Article 1161932. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1161932>

Yammine, K., y 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>