

**Implementación de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía
dirigido a estudiantes de psicología de la Universidad Sergio Arboleda Sede Santa Marta**

Juan Camilo Pazos Alfonso

Trabajo Para Optar el Título de Magister en Didáctica Digital

Tutor

Dr. Sergio Alejandro Rodríguez Jerez

Universidad Sergio Arboleda

Maestría Didáctica Digital

Tabla de contenido

Resumen	4
Abstract	4
Introducción	5
Capítulo 1	7
Situación problema a intervenir	7
Estado del arte	8
Global	8
Latinoamericano	13
Nacional	17
Pregunta problema de la investigación.....	19
Objetivo general	21
Capítulo 2	21
Marco teórico	21
Didáctica.....	22
Diseño de aprendizaje	26
Realidad Virtual.....	27
Capítulo 3	32
Metodología	32
Paradigma.....	32

Enfoque	33
Tipo de investigación	34
Métodos e instrumentos	37
Población.....	38
Consideraciones éticas	38
Capítulo 4	40
Resultados	40
Objetivo 1	40
Objetivo 2.....	42
Objetivo 3.....	46
Objetivo 4.....	52
Capítulo 5	57
Conclusiones	57
Recomendaciones.....	58
Referencias.....	60
Anexos.....	69

Resumen

El presente proyecto presenta el desarrollo de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía para estudiantes de psicología de la universidad Sergio Arboleda sede Santa Marta. El proceso de este desarrollo inicio identificando las principales dificultades que presentan los estudiantes mediante un cuestionario cualitativo, posteriormente, se determinó cuáles son los principales elementos didácticos que favorecerían el aprendizaje. Para realizar el entorno de VR se optó por el motor de videojuegos Unreal Engine 5 y la plataforma seleccionada fueron las MetaQuest 2. Finalmente, el entorno VR fue valorado por 4 expertos en el área de neurociencias y educación, los cuales señalaron apreciaciones positivas, haciendo énfasis en la necesidad y proyección a futuro de este tipo de aplicaciones que permitan añadir una mayor profundidad a la oferta académica por parte de las instituciones académicas.

Palabras clave: Didáctica Digital, Psicología, Neurociencias, Realidad virtual, Neuroanatomía.

Abstract

The present project involves the development of a virtual reality environment for learning neuroanatomy, specifically designed for psychology students at Sergio Arboleda University, Santa Marta campus. The development process began by identifying the main difficulties faced by students through a qualitative questionnaire. Subsequently, the key didactic elements that would enhance learning were determined. Unreal Engine 5 was chosen as the development engine for the VR environment, with the MetaQuest 2 as the selected platform. Finally, the VR environment was evaluated by four experts in the fields of neuroscience and education, who provided positive feedback, emphasizing the need for and

future potential of such applications to add greater depth to academic offerings by educational institutions.

Keywords: Digital Didactics, Psychology, Neuroscience, Virtual Reality, Neuroanatomy.

Introducción

El presente proyecto tiene como finalidad brindar una solución didáctica y digital que permita solucionar una problemática observada en las asignaturas biopsicología, psicofisiología y neuropsicología del programa de Psicología de la Universidad Sergio Arboleda Sede Santa Marta (USA-SM). La problemática mencionada yace en la ausencia de laboratorios relacionados con el área del conocimiento de bases biológicas del comportamiento, representando un vacío de conocimiento y experiencias de campo para los estudiantes, repercutiendo de manera significativa en los resultados, tanto formativos como sumativos, de los estudiantes.

Por lo cual, gracias al uso de realidad virtual, una alternativa que debe ser tomada en cuenta es la digitalización de laboratorios tradicionales, permitiendo así que los estudiantes adquieran los conocimientos y la experiencia de aprendizaje in situ en el área, dado que esta proporciona un conocimiento esencial para comprender la del comportamiento humano y las funciones cognitivas. Además, el conocimiento de la neuroanatomía puede ser útil en el diagnóstico y tratamiento de trastornos neurológicos y psicológicos al comprender la estructura y función del cerebro se pueden realizar mejores diagnósticos y diseñar tratamientos más efectivos para los pacientes.

Por otra parte, las neurociencias también juegan un papel crucial en la investigación de la psicología, permitiendo una comprensión más profunda de las bases biológicas de la cognición, la emoción, el comportamiento y la conciencia. Los avances tecnológicos recientes han ampliado la capacidad para estudiar el cerebro, lo que ha llevado a una mayor demanda de conocimientos en neuroanatomía y los métodos de investigación asociados.

Con base a lo anterior, nace el presente proyecto de investigación, el cual consiste en la implementación un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía para los estudiantes de psicología de la USA-SM con el fin de tener mayor interacción y comprensión gracias a la digitalización pudiendo brindar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más inmersiva y realista, lo que les permite interactuar con las estructuras cerebrales en un entorno 3D y comprender mejor su anatomía y función. Además, tener mayor motivación y compromiso, el uso de tecnología innovadora como los entornos de realidad virtual puede motivar y comprometer más a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, lo que puede mejorar su rendimiento y su interés en el tema.

No menos importante, también favorece a tener una mayor accesibilidad y flexibilidad, dado que un entorno de realidad virtual puede permitir aprender y practicar en su propio tiempo y ritmo, en cualquier momento y lugar. Sumado a una mayor seguridad en el aprendizaje de la neuroanatomía para los estudiantes, ya que pueden experimentar y explorar las estructuras cerebrales sin los riesgos que pueden ocurrir en un laboratorio físico.

Capítulo 1

Situación problema a intervenir

El área de bases biológicas del comportamiento constituye un componente fundamental en el plan de estudios del programa de psicología de la USA-SM. Estas asignaturas, que abarcan disciplinas como biopsicología, psicofisiología y neuropsicología, son ubicadas estratégicamente en los primeros semestres del programa, siendo biopsicología en el primer semestre, psicofisiología en el segundo y neuropsicología en el tercero. Además, se consideran asignaturas prerrequisito entre sí y para aquellas más avanzadas en semestres posteriores

Lamentablemente, estas tres asignaturas registran un índice significativo de estudiantes repitentes en comparación con otras asignaturas, llegando incluso a casos de estudiantes que han debido repetir las hasta en tres ocasiones. Esta situación representa un desafío tanto para los estudiantes, que ven afectadas sus emociones, su motivación y su situación económica, como para el programa de psicología, ya que aumenta el riesgo de deserción estudiantil.

A pesar de los esfuerzos del cuerpo docente por implementar diversas estrategias pedagógicas y curriculares para abordar esta problemática, la tendencia persiste, aunque ha experimentado una leve disminución. Una de las posibles causas de esta persistencia podría ser la carencia de recursos adecuados en el ámbito de neurociencias, como instrumentación de laboratorio, que permitan a los estudiantes una experiencia más completa y no se limiten únicamente a la teoría.

Si bien es cierto que se han empleado otras alternativas didácticas que logran suplir esta necesidad, como lo puede ser el uso de modelos de plástico o la creación de estos mismos modelos utilizando plastilina, arcilla o espuma de plástico, el programa de psicología de la USA-SM también se encuentra en una transición que permita digitalizar la mayor cantidad de

procesos de aprendizaje, lo cual genera un ambiente propicio para el desarrollo de este proyecto, permitiéndole así al programa mantenerse a la vanguardia tecnológica como institución académica, y, a largo plazo también representa una mejor inversión de los recursos económicos y académicos.

Estado del arte

Para la construcción de esta sección, se establecieron criterios de inclusión que abarcaban trabajos e investigaciones llevados a cabo en el periodo comprendido entre 2019 y 2024, y que estuvieran relacionados con estudios de posgrado o publicaciones científicas. Se consideraron documentos redactados en idioma español e inglés, centrándose categorías como laboratorios digitales, realidades mixtas, educación, didáctica, y, neuroanatomía.

Con el propósito de realizar un análisis detallado en el estado del arte, se procedió a clasificar los trabajos a nivel geográfico. El primer grupo comprende trabajos realizados a nivel global, seguido por el segundo grupo de trabajos realizados en un contexto latinoamericano, y, finalmente, un tercer grupo destinado a los trabajos llevados a cabo a nivel nacional en Colombia.

Global

Referente al área de la salud, Lacayo y López (2019) presentan el diseño y la construcción de un prototipo de bajo costo de un sistema de inmersión virtual para el estudio anatómico del cuerpo humano utilizando la realidad virtual y el procesamiento de imágenes 3D. El objetivo principal es ayudar a los estudiantes de medicina a desarrollar sus conocimientos de la anatomía humana de una manera inmersiva. Así mismo, también destaca la importancia de la realidad virtual en otros campos de la medicina.

Así mismo, Makransky et al., (2020) realizaron dos estudios para investigar el valor de las simulaciones de laboratorios de Realidad Virtual Inmersiva en la educación científica. En el primer estudio, 99 estudiantes de séptimo y octavo grado entre 13 y 16 años utilizaron una simulación laboratorio RV, lo que resultó en un aumento general en el interés por la ciencia y la autoeficacia, pero solo las estudiantes mujeres informaron un aumento en las aspiraciones de carrera científica. En el segundo estudio, 131 estudiantes de segundo y tercer año de secundaria utilizaron una simulación RV o un video de la simulación sobre el tema de análisis de ADN, lo que resultó en un mayor interés y expectativas sociales en el grupo de RV en comparación con el grupo de video. Ambos grupos experimentaron un aumento en la autoeficacia y las expectativas científicas, pero el aumento en las aspiraciones de carrera y las expectativas de auto resultado no alcanzó la significación estadística. En resumen, los resultados sugieren que las simulaciones en RV adecuadamente desarrolladas e implementadas pueden abordar algunos de los desafíos actuales en la educación científica.

De manera similar, Lamb et al., (2020) realizaron una investigación más centrada en la experiencia de usuario e investigar las barreras al aprendizaje del contenido y la inmersión en un laboratorio de RV diseñado para replicar un laboratorio de ciencias. El principal medio para la recopilación de datos fue el uso de una combinación de respuesta a encuestas de opción múltiple y abiertas, junto con entrevistas. 12 profesores y 285 estudiantes participaron en un programa piloto que probó un sistema de laboratorio basado en RV como parte de una clase de ciencias de la vida de pregrado. En general, los resultados sugieren que el sistema de RV tal como está implementado actualmente aún no está listo para su implementación a gran escala debido a barreras relacionadas con la inmersión y la interfaz en el aula. Este estudio también proporciona recomendaciones de diseño que pueden ayudar en el desarrollo futuro de la RV

para su uso en el aula, como lo puede ser el invertir mayor tiempo de desarrollo en pulir las mecánicas relacionadas con el movimiento dentro del entorno virtual o un mejor entrenamiento previo a los alumnos en el uso del interfaz de VR.

Henssen et al (2020) investigaron las diferencias en los puntajes de prueba, la carga cognitiva y la motivación después del aprendizaje de neuroanatomía utilizando aplicaciones de realidad aumentada (RA) o secciones transversales del cerebro, involucró a una muestra de estudiantes de medicina y biomedicina. Entre los participantes ($n = 31$), hombres (61.3%) y mujeres (38.7%), con una edad promedio de 19.2 ± 1.7 años. Los resultados revelaron que los estudiantes que trabajaron con secciones transversales demostraron una mejora sustancial en los puntajes de prueba en comparación con aquellos que utilizaron GreyMapp-AR. Esta disparidad se atribuyó principalmente a una mejora significativa en las preguntas relacionadas con las secciones transversales, destacando la eficacia de este método tradicional de aprendizaje anatómico entre esta cohorte específica de estudiantes de ciencias de la salud.

Además, los resultados indicaron que los estudiantes del grupo de secciones transversales experimentaron una carga cognitiva notablemente mayor, tanto en aspectos relacionados con el aprendizaje pertinente como en aspectos extrínsecos, en comparación con los estudiantes del grupo de GreyMapp-AR. Esto sugiere que la familiarización con las secciones transversales del cerebro implicó un mayor esfuerzo mental y compromiso por parte de los participantes, posiblemente debido a la complejidad y la profundidad de la información anatómica presentada. A pesar de estas diferencias en la carga cognitiva, no se observaron diferencias significativas en los puntajes de motivación entre los dos grupos, lo que sugiere que la elección entre el uso de aplicaciones de RA o secciones transversales del cerebro no

afectó sustancialmente la motivación de los estudiantes de medicina y biomedicina en esta muestra específica.

De igual manera, la misma universidad, Van Deursen, et al. (2021) llevaron a cabo un estudio con 47 con una edad promedio de 19.47 ± 0.54 años, de los cuales 43 eran mujeres y 4 hombres. Se optó por excluir a los estudiantes que tenían experiencia previa en neuroanatomía debido a la influencia potencial del entrenamiento en anatomía y la habilidad espacial. Los resultados revelaron que tanto la Realidad Virtual (RV) como los Datos Radiológicos (RaD) demostraron ser métodos efectivos para mejorar el conocimiento de neuroanatomía en los estudiantes. No hubo diferencias significativas entre los grupos en términos de mejora del conocimiento, aunque el grupo que utilizó RaD mostró una expectativa significativamente mayor en comparación con el grupo de RV.

En cuanto a la valoración de la tarea, el grupo que empleó RV reportó niveles significativamente más altos de interés, utilidad y diversión. Además, este mismo grupo exhibió una motivación significativamente mayor en comparación con el grupo de RaD. Aunque la motivación y las expectativas no moderaron los resultados del aprendizaje, el valor atribuido a la tarea impactó positivamente los resultados, favoreciendo al grupo de RV.

Retomando la influencia que tienen los laboratorios basados en realidad virtual en la educación, Boettcher et al., (2022) presentan un entorno de realidad virtual basado en un método numérico sencillo para calcular el flujo de un experimento de mecánica de fluidos utilizando el llamado enfoque de dominio ficticio. Este enfoque permite la importación de datos de mecánica de fluidos calculados por CFD (dinámica de fluidos computacional) en el motor Unreal Engine 4, el cual originalmente diseñado para el desarrollo de juegos de ordenador. Como motor de juegos, ofrece un alto rendimiento, lo que permite que el entorno

virtual se ejecute de manera fluida en computadoras ordinarias sin necesidad de hardware especial, y las gafas de realidad virtual son opcionales. Debido a que muchas de las características físicas no se pueden mostrar o apreciar por el ojo humano en un laboratorio real, este artículo refleja que no solamente un entorno de realidad virtual puede simular, sino que puede mejorar la experiencia en un laboratorio virtual.

En España. Castro, et al. (2023) realizaron pruebas con 274 estudiantes de diferentes niveles de la licenciatura en Medicina, quienes utilizaron una aplicación de RV en sus teléfonos móviles con gafas estereoscópicas. Los usuarios se sumergieron en la anatomía bioscópica y exploraron diferentes estructuras anatómicas. Se les solicitó completar un cuestionario para evaluar su opinión sobre el uso de la herramienta. Los resultados mostraron que en general los estudiantes tuvieron una opinión positiva sobre la realidad virtual como herramienta educativa complementaria. Las puntuaciones del cuestionario fueron en su mayoría superiores a 4, lo cual indica una aceptación favorable. Sin embargo, hubo una preocupación específica respecto al uso de la herramienta para los exámenes de los estudiantes.

Por otra parte. Erol et al (2024), utilizo modelados en 3D y realidad virtual lograron recrear con precisión modelos anatómicos y quirúrgicos que proporcionan una experiencia educativa inmersiva y altamente efectiva. La combinación de fotogrametría y tecnología LiDAR permitió la creación de modelos detallados de especímenes cerebrales cadavéricos, enfoques quirúrgicos y entornos de sala de operaciones y laboratorio. Estos modelos, presentados en realidad aumentada, ofrecen a estudiantes y profesionales una plataforma interactiva para explorar y comprender la anatomía cerebral y los procedimientos quirúrgicos en un entorno virtual altamente realista.

Finalmente, Sandralegar et al (2024) investigaron acerca de realidad mixta comparada con el formato tradicional ex cathedra para el aprendizaje de neuroanatomía en la Facultad de Medicina de la Universidad de Ginebra, Suiza, con la participación de 91 estudiantes de medicina, quienes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos. El grupo A recibió primero la conferencia ex cathedra sobre fibras blancas seguida de la conferencia MxR sobre circulación vascular, mientras que el grupo B recibió las conferencias en orden inverso, utilizando gafas MxR para visualizar el contenido. Antes de cada conferencia, los estudiantes realizaron una prueba de opción múltiple de 10 preguntas, seguida de una prueba de 20 preguntas después de las conferencias para evaluar su conocimiento en neuroanatomía y correlación clínica.

Los resultados destacaron un rendimiento significativamente mejor en los estudiantes que utilizaron el formato MxR en comparación con el formato ex cathedra. Se observó un aumento del 14,3% en las puntuaciones de las pruebas posteriores en el grupo MxR, especialmente en la conferencia VS, donde la mejora fue del 21,7%. Además, los estudiantes expresaron una alta motivación para aprender neuroanatomía en el futuro mediante el uso de MxR, en contraste con el formato ex cathedra. A pesar de un leve malestar reportado por el 48,3% de los participantes al utilizar las gafas MxR, la mayoría prefirió la enseñanza basada en esta tecnología. Estos resultados respaldan la eficacia de la enseñanza basada en MxR para mejorar el conocimiento anatómico y la motivación de los estudiantes en el campo de la neuroanatomía, sugiriendo un camino prometedor para el desarrollo de soluciones educativas innovadoras en esta área.

Latinoamericano

Un primer estudio referente al uso de laboratorios en realidad virtual fue el realizado por Iquira et al., (2019) quienes evaluaron el impacto de la realidad virtual inmersiva y la

gamificación en el aprendizaje de la física en un entorno de aprendizaje móvil. Los resultados que obtuvieron a partir de pruebas realizadas en 86 estudiantes de educación universitaria llegaron a la conclusión de que la aplicación propuesta es una alternativa de bajo costo para las escuelas y universidades que no tienen la infraestructura para crear un laboratorio de física y una herramienta para el aprendizaje a distancia en física. Además, se observó una reducción en el tiempo y número de objetos visualizados por sesión, y una disminución en el número de respuestas incorrectas y un aumento en el número de respuestas correctas, lo que indica que los estudiantes estaban interesados en resolver correctamente los experimentos y no perdieron la motivación en múltiples sesiones.

En general, se determinó que los estudiantes pueden usar fácilmente un laboratorio virtual de física para realizar experimentos, pero es importante tener en cuenta que este tipo de herramientas no sustituyen a un profesor, sino que son un complemento al proceso educativo. Aunque los resultados muestran que los estudiantes pueden aprender y mejorar su rendimiento utilizando el laboratorio virtual, es necesario realizar más pruebas para mejorar la usabilidad y asegurar que los estudiantes obtengan los mismos beneficios en entornos educativos diferentes. En resumen, este estudio sugiere que la realidad virtual y la gamificación pueden ser herramientas útiles para el aprendizaje de la física, especialmente en situaciones en las que no es posible contar con un laboratorio físico.

Por otra parte, Hernández et al., (2019) realizaron una investigación sobre la importancia de las experiencias de laboratorio en el proceso de aprendizaje de la ingeniería y cómo la tecnología ha transformado el panorama de los laboratorios educativos. Estos describieron tres tipos generales de laboratorios utilizados en la educación en ingeniería: prácticos, virtuales y remotos, con sus respectivas ventajas y desventajas. Además, presentaron

un análisis de los diferentes tipos de laboratorios universitarios existentes en todo el mundo y su efectividad educativa. Por otra parte, el artículo también incluye un estudio de caso sobre el desarrollo y la implementación de laboratorios de realidad virtual y remotos en el Tecnológico de Monterrey, donde se muestra que los laboratorios virtuales son una opción viable para complementar o incluso reemplazar los laboratorios prácticos debido a su bajo costo y facilidad de replicación.

De manera similar, Lerma et al. (2020) también exploraron el uso de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) como método de enseñanza en la educación superior, centrándose en las ciencias de la vida. El estudio incluyó a 32 estudiantes de nivel ingeniería del curso regular de patología en el programa de "Químico Biólogo Parasitólogo" de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se analizaron aspectos como la atractividad, claridad, eficiencia, manejabilidad, estimulación e innovación, utilizando un Cuestionario de Experiencia de Usuario (CEU) de 26 ítems. Los resultados reflejaron una percepción favorable de los estudiantes, lo que confirma la eficacia y el potencial de la RVI como herramienta educativa en el ámbito universitario

Este estudio contribuyó al avance de las estrategias de enseñanza mediadas por tecnología, proporcionando evidencia relevante para instituciones educativas interesadas en implementar la RVI en sus programas de estudio. Los resultados obtenidos ofrecen nuevos indicios sobre las estrategias a seguir en la generación y aplicación de experiencias de aprendizaje mediadas por RVI. Estos hallazgos son especialmente importantes para el ámbito de las ciencias de la vida en la educación superior, y pueden ser útiles para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en este campo.

Otro estudio de revisión sistemática fue el realizado por Salgado et al., (2022) teniendo como objetivo principal determinar si la realidad virtual (RV) es efectiva para enseñar anatomía y cómo debe ser un escenario virtual para impactar positivamente en el aprendizaje. Realizaron búsquedas en bases de datos y se incluyeron estudios cualitativos y cuantitativos que se centraron en el uso de la RV en la enseñanza de anatomía en educación superior. Se identificaron ocho principios para el diseño y la implementación de escenarios virtuales. Los estudios revisados concluyen que la RV es igual de efectiva que los métodos convencionales para enseñar anatomía y presenta una recepción positiva con mayor disfrute y atención dedicada al aprendizaje en comparación con los métodos tradicionales. Se sugiere realizar estudios a largo plazo para evaluar el uso de la RV como herramienta complementaria en la enseñanza de anatomía.

En la Universidad de Zulia, Araujo (2022) investigó acerca de las percepciones de los estudiantes de medicina sobre el estudio de anatomía sin la necesidad de diseccionar cadáveres. Se realizó una encuesta a estudiantes de anatomía en la escuela de medicina. Reveló que el 95% consideraba importante el uso de cadáveres o material de piezas cadavéricas fijadas (PCF) para el estudio de la anatomía, aunque el 60% no había practicado disección debido a la escasez de cadáveres adecuados. En cuanto a la realidad virtual, el 10% de los encuestados apoyó su uso como alternativa a la disección en cadáveres, aunque en general, su aceptación no era generalizada en ese momento. Sin embargo, el 90% de los estudiantes consideró muy positiva la experiencia de realizar disección en cadáveres y el 100% señaló que esto facilitaba la comprensión tridimensional de la anatomía. A pesar de ello, un 10% percibía la actividad de disección como aburrida, lo que sugiere un posible interés en el uso de tecnologías interactivas como la realidad virtual para el aprendizaje anatómico.

Con base en lo anterior, Araujo (2022) realizó otra investigación aplicada, descriptiva, cuantitativa, no experimental, basada en el método inductivo, transversal referente a la implementación de simuladores virtuales en la educación médica, especialmente en anatomía, en donde señala que el 95% de los encuestados reconocen la importancia de estos simuladores para el conocimiento anatómico. Por lo cual, recomienda a los centros de entrenamiento universitarios utilizar ampliamente la realidad virtual para enseñar anatomía, reconociendo sus beneficios para la adquisición de competencias.

En 2023, Caballero et al, realizaron un análisis exhaustivo de la aplicación de la realidad virtual (RV) en el ámbito educativo universitario, empleando un enfoque metodológico de mapeo mixto sistemático entre 2010 y 2021. Los hallazgos destacan la escasez de estudios en neurociencia y enfermería, representando solo el 3% de las investigaciones revisadas, mientras que las ciencias de la computación abarcan aproximadamente el 40%. También refieren un vacío en la integración de la RV con las teorías de aprendizaje, señalando la necesidad de explorar enfoques que aprovechen su potencial para mejorar los resultados educativos.

Nacional

A nivel nacional, uno de los antecedentes más importantes es Vásquez (2019) el cual presenta una primera etapa de proyecto de investigación que describe un prototipo de programa computarizado en realidad virtual para la enseñanza de la neuroanatomía a estudiantes de psicología en la Universidad de la Costa. El objetivo principal del proyecto es incentivar el uso de la realidad virtual como una herramienta didáctica innovadora y flexible, realizando una introducción general sobre el uso de la tecnología en la educación y cómo la realidad virtual puede ser una herramienta útil para mejorar el aprendizaje.

Se describe detalladamente el diseño del prototipo del programa computarizado en realidad virtual para enseñar anatomía cerebral. Se explica cómo se desarrolló el contenido del programa, las características técnicas necesarias para su funcionamiento y las herramientas utilizadas para su creación. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto. Se destaca que este es solo un prototipo de software que permite evidenciar la importancia de investigar e innovar en estas nuevas tecnologías, las cuales aún tienen un largo camino por recorrer.

Por otra parte, Suárez et al., (2020) presentan un artículo en el cual se enfoca en la instrucción y adquisición de conocimientos anatómicos humanos para la formación de profesionales del sector sanitario, examinando los modelos pedagógicos, recursos y métodos didácticos utilizados en la materia, así como su evolución histórica. Se subraya la importancia del conocimiento anatómico en la formación de médicos y otros profesionales de la salud y se explora el uso de herramientas tecnológicas actuales y las nuevas tendencias en la enseñanza y aprendizaje de la anatomía para mejorar los modelos tradicionales de enseñanza en los estudiantes de medicina. Entre las tendencias emergentes, destaca el uso de la realidad virtual para la instrucción anatómica. La realidad virtual permite que los estudiantes sean parte de un entorno virtual en el que pueden interactuar con los órganos, incluyendo contenidos internos y relaciones anatómicas promedio. Además, se pueden utilizar imágenes 2D/3D obtenidas de cortes múltiples de resonancia magnética (RM) del cuerpo completo, regiones u órganos en particular. Estos modelos virtuales permiten una mayor interacción con las estructuras anatómicas, lo que puede mejorar el aprendizaje y comprensión de los estudiantes. Asimismo, estos modelos pueden utilizarse para prácticas quirúrgicas virtuales o simulaciones médicas,

mejorando así las habilidades prácticas de los estudiantes antes de enfrentarse a situaciones reales.

En una revisión sistemática y un meta- análisis realizado por Bernal et al., (2022) hallaron estudios previos sobre prácticas de las prácticas de laboratorio tradicionales y las nuevas tecnologías en el estudio de la anatomía humana por estudiantes de medicina. Se examinaron 54 estudios primarios después de una búsqueda sistemática en diez bases de datos, y se evaluó la calidad metodológica de 33 de estos estudios utilizando listas de chequeo para evaluar la validez interna. Se utilizó el coeficiente Kappa de Fleiss para medir el grado de acuerdo entre los revisores y se empleó el software RevMan 5.4 para evaluar el riesgo de sesgo, heterogeneidad, sensibilidad y análisis combinado.

Por último, la investigación realizada por Davidson (2022) se centró en la creación de modelos anatómicos tridimensionales y de realidad aumentada para el estudio de la neuroanatomía, comparando dos softwares de reconstrucción tridimensional. Se utilizaron técnicas de fotogrametría y escáneres tridimensionales para obtener los modelos, que posteriormente fueron evaluados por residentes de neurocirugía. Los resultados mostraron que se crearon modelos anatómicos precisos y detallados a partir de la fotogrametría. La mayoría de los residentes de neurocirugía no encontraron diferencias significativas entre el aprendizaje con modelos tridimensionales y los especímenes cadavéricos, aunque hubo opiniones divididas al respecto.

Pregunta problema de la investigación

¿Cómo se podría implementar el uso de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía dirigido a estudiantes de psicología de la USA-SM?

Justificación de la pregunta

El uso de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía para los estudiantes de psicología de la USA-SM se sustenta en diversas razones. La neuroanatomía requiere una comprensión tridimensional y precisa del sistema nervioso, y la realidad virtual proporciona un entorno inmersivo que permite una comprensión más profunda y significativa de los componentes anatómicos. Además, la inclusión de esta tecnología en el proceso de aprendizaje puede aumentar el interés y la motivación de los estudiantes al hacer que la enseñanza de la neuroanatomía resulte más atractiva e interesante.

La novedad y la experiencia inmersiva de la realidad virtual despiertan el interés de los estudiantes y, al mismo tiempo, les brindan la oportunidad de desarrollar las habilidades prácticas necesarias para reconocer y comprender sistemas cerebrales complejos. Esta estrategia permite a los estudiantes practicar y perfeccionar sus habilidades en un entorno simulado antes de pasar a situaciones reales, lo cual es fundamental para un aprendizaje eficaz de la neuroanatomía.

La realidad virtual facilita el acceso a herramientas didácticas avanzadas y actuales, como modelos anatómicos precisos, visualizaciones en 3D y simulaciones. Estos recursos, a menudo de difícil acceso en los entornos de aprendizaje tradicionales, mejoran la experiencia educativa y proporcionan a los estudiantes herramientas más eficaces para comprender temas complicados.

Además, la formación en realidad virtual prepara a los estudiantes para el uso de las tecnologías del futuro en un mundo en el que la innovación es fundamental en diversas profesiones, incluida la psicología. Esta estrategia no solo aumenta la calidad educativa, sino

que también garantiza que los estudiantes estén preparados para enfrentarse a problemas tecnológicos en su futura actividad profesional.

Objetivo general

Implementar un entorno de realidad virtual que favorezca el aprendizaje de la neuroanatomía dirigido a los estudiantes de psicología de la USA-SM

Objetivos específicos

- Identificar las principales dificultades que presentan los estudiantes de psicología de la USA-SM en el aprendizaje de la neuroanatomía.
- Determinar los elementos didácticos que favorecen el aprendizaje de la neuroanatomía en un entorno de realidad virtual.
- Diseñar el entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía.
- Evaluar la pertinencia del entorno de realidad virtual en el aprendizaje de la neuroanatomía mediante la valoración por expertos.

Capítulo 2

Marco teórico

El presente trabajo se enfoca en la implementación de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía en estudiantes de psicología de la USA-SM. Esta propuesta de investigación se sustenta en tres variables fundamentales: el diseño de aprendizaje, la didáctica y los elementos de esta, y la realidad virtual.

El diseño de aprendizaje abarca la planificación y estructuración de experiencias de enseñanza que faciliten la comprensión y retención de los contenidos. Los elementos didácticos constituyen los recursos y herramientas utilizados para transmitir los conceptos y

estructuras neuroanatómicas de manera clara y accesible. Y, finalmente, la realidad virtual, por su parte, proporciona un entorno inmersivo y multisensorial que permite a los estudiantes explorar y manipular estructuras cerebrales de manera dinámica y realista.

En suma, se pretende explorar el potencial de esta sinergia, identificando prácticas efectivas y recomendaciones para el desarrollo de entornos virtuales de aprendizaje que promuevan una comprensión profunda y duradera de la neuroanatomía en el contexto universitario.

Didáctica

La didáctica es una disciplina pedagógica que se ocupa del estudio y desarrollo de técnicas y estrategias para enseñar y facilitar el aprendizaje. Su objetivo principal es optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje, proporcionando métodos efectivos para transmitir conocimientos, habilidades y valores. (Addine et al., 2020) Por lo cual, aborda cuestiones como la planificación de clases, la selección de métodos y recursos educativos, la evaluación del aprendizaje, y la adaptación de la enseñanza a las necesidades y características de los estudiantes. Además, considera aspectos relacionados con la motivación, la atención, la memoria y otros procesos cognitivos que influyen en la adquisición de conocimientos.

Así mismo, Vasco (1990, p. 4) también señaló “Considero la didáctica no como la práctica misma de enseñar, sino como el sector más o menos bien delimitado del saber pedagógico que se ocupa explícitamente de la enseñanza”. Es importante destacar que la didáctica no se limita solo a la enseñanza formal en instituciones educativas, sino que también se aplica en diversos contextos y modalidades de aprendizaje, incluyendo la educación no formal e informal.

Por otra parte, De Camilloni (2007) señala una diferencia entre tipos de didácticas, siendo la primera de ellas la didáctica general, esta se preocupa por proporcionar herramientas y orientaciones para que los educadores planifiquen, desarrollen y evalúen sus actividades pedagógicas de manera efectiva. Se centra en cuestiones fundamentales, tales como la elaboración de objetivos de aprendizaje claros y alcanzables, la selección de métodos de enseñanza apropiados, y la implementación de estrategias de evaluación que permitan medir el progreso de los estudiantes.

Además, la didáctica general busca comprender y abordar factores relacionados con la motivación, la participación de los estudiantes y la adaptación de la enseñanza a la diversidad de estilos de aprendizaje. También se ocupa de la gestión del aula, el diseño de entornos de aprendizaje efectivos y la incorporación de tecnologías educativas para enriquecer la experiencia de aprendizaje. (Rivilla, et al., 2018).

La segunda de ellas es la didáctica específica se adentra en la enseñanza de disciplinas o materias particulares, abordando los desafíos y particularidades asociados con la transmisión de conocimientos específicos. En contraste con la didáctica general, que se centra en principios universales, la didáctica específica adapta estos principios a contextos más concretos.

Para Baraldi (2022), esta rama de la pedagogía se ocupa de comprender cómo enseñar una materia de manera efectiva, considerando sus características únicas y la naturaleza específica de los contenidos. Analiza los métodos, estrategias y recursos que son más apropiados para facilitar el aprendizaje en áreas específicas del conocimiento abarcando desde la planificación de lecciones hasta la selección de recursos didácticos especializados. Los educadores que se sumergen en esta disciplina se enfrentan a la tarea de traducir conceptos

complejos en formas accesibles y comprensibles para los estudiantes. Además, buscan adaptar las estrategias pedagógicas para involucrar a los estudiantes de manera efectiva, fomentando la comprensión profunda y la aplicación práctica de los conocimientos.

Referente a los elementos o estrategias didácticos para la enseñanza, autores como Baltodano y Gómez (2017) describen que estos desempeñan un papel fundamental en la enseñanza y el aprendizaje universitario al proporcionar recursos, estrategias y herramientas que facilitan la adquisición de conocimientos y habilidades por parte de los estudiantes. Estos elementos están diseñados para promover la comprensión, el pensamiento crítico y la participación en el proceso de aprendizaje.

Dentro de estos elementos, especialmente en un contexto tecnológico, Campos (2000), Balanyà y Minelli (2022) destacan que, en el proceso educativo las interacciones maestro-alumno desempeñan un papel fundamental, al facilitar la comprensión y el desarrollo de habilidades mediante explicaciones, preguntas, discusiones y retroalimentación. Estos intercambios se enmarcan en los objetivos educativos, que establecen metas específicas y medibles para guiar la planificación y evaluación de actividades de enseñanza, apoyándose en estrategias variadas, desde la presentación de información hasta el uso de tecnología, mientras que los recursos y materiales didácticos, como libros de texto y herramientas tecnológicas, enriquecen este proceso. Finalmente, la evaluación, a través de diferentes modalidades como pruebas escritas y observación del desempeño, permite medir el progreso de los estudiantes e identificar áreas de mejora, cerrando así el ciclo educativo de manera integral.

Así mismo, Mancero y Carmona (2015) señalan una clasificación de las estrategias didácticas en función de los elementos del proceso didáctico que incluyen la planificación, la enseñanza y la evaluación. El primer modelo sería el modelo didáctico tradicional, donde el

docente despliega un papel esencial en el proceso didáctico, adoptando diversas funciones y empleando estrategias centradas en la enseñanza que van desde la transmisión de conocimientos hasta la promoción de la integración y retención de la información por parte de los estudiantes. Aunque la clase expositiva es una estrategia comúnmente empleada, su eficacia en fomentar la autonomía del estudiante puede verse comprometida debido al protagonismo del docente en este enfoque, lo que puede limitar la participación de los estudiantes y la exploración independiente de los contenidos.

El segundo son los modelos didácticos tecnológico y espontaneísta, donde el centro del proceso educativo radica en los contenidos y su representación mediante estructuras conceptuales que dan coherencia al conocimiento. La finalidad principal de estas estrategias es que los estudiantes, a partir de un esquema básico de conceptos, puedan integrar nueva información, modelos y teorías. Las estrategias didácticas organizan la información para mejorar su significatividad lógica, facilitando así el aprendizaje significativo de los alumnos. Entre las ventajas de estas estrategias se encuentran el fomento de la creatividad, el desarrollo del sentido crítico y la utilidad para el aprendizaje de habilidades, incluyendo métodos demostrativos, enseñanzas programadas, el método de preguntas, métodos de casos y el aprendizaje cooperativo.

Finalmente, el modelo centrado en el aprendizaje (Modelo Didáctico Alternativo) busca la individualización de la enseñanza, dirigida a las necesidades e intereses específicos de los estudiantes, se logra mediante el uso de estrategias cognitivas que enfatizan su autonomía y participación activa en el aprendizaje. Estas estrategias, como el método de preguntas, método de proyectos, simulación o juego de roles, y método de problemas, facilitan la participación, fomentan la responsabilidad, la creatividad y el pensamiento crítico, promueven

la reflexión conjunta y el desarrollo de habilidades complejas, siendo especialmente útiles en la formación de personas adultas y en la modificación de actitudes.

Diseño de aprendizaje

El diseño curricular es un componente fundamental en el ámbito de la educación que cumple la importante función de planificar y estructurar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se trata de un proceso reflexivo y estratégico que busca definir los objetivos, contenidos, metodologías y evaluaciones que guiarán la formación de los estudiantes en un determinado contexto educativo. En esencia, el diseño curricular se asemeja a un mapa que orienta la travesía de educadores y estudiantes hacia el logro de metas educativas específicas. Frente a esto, Espinoza (2019) refiere algunos autores pioneros en los diseños curriculares como Ralph Tyler (1986), Hilda Taba (1974), y José Arnaz (1990), concluyendo en la aparición del modelo basado en competencias como paradigma para la educación moderna.

Antes de profundizar en el modelo basado en competencias, resulta necesario definir el concepto de competencias. Para esto, la UNESCO (1998) expresó que el concepto de competencia se refiere a la capacidad que poseen los estudiantes para llevar a cabo diversas tareas de manera exitosa. Estas competencias abarcan un amplio espectro de habilidades, conocimientos y aptitudes que son fundamentales para su desarrollo personal y profesional.

La educación moderna se esfuerza por equipar a los estudiantes con una gama diversa de competencias que les permitan enfrentar los desafíos en la vida cotidiana, en el ámbito laboral y en la sociedad en general (Aguirre et al., 2019). Entre las competencias más destacadas se encuentran las académicas, que comprenden habilidades específicas relacionadas con las materias escolares, como las matemáticas, las ciencias y la lengua.

Además, las competencias socioemocionales desempeñan un papel fundamental al fomentar la empatía, la comunicación efectiva y la resolución de conflictos, lo que contribuye a la formación de individuos más equilibrados y empáticos.

Por lo cual, el modelo basado por competencias busca responder a estas necesidades, Huamán et al, (2020) describen este modelo como enfoque pedagógico que se centra en el desarrollo y adquisición de competencias específicas en lugar de enfocarse principalmente en la transmisión de contenidos teóricos, este modelo se orienta hacia la identificación, definición y enseñanza de competencias concretas que los estudiantes deben dominar para tener éxito en su formación. Además, el modelo basado en competencias, se da prioridad al aprendizaje centrado en el estudiante, reconociendo la diversidad de las capacidades y necesidades de los alumnos. Se adapta el proceso de enseñanza y aprendizaje para satisfacer las necesidades individuales, permitiendo que los estudiantes avancen a su propio ritmo y profundicen en su comprensión de las competencias a medida que progresan.

Realidad Virtual

La realidad virtual, en adelante RV, se puede definir como una tecnología que crea una experiencia inmersiva e interactiva, generando la ilusión de estar presente en un entorno virtual tridimensional a través de dispositivos tecnológicos, como gafas o cascos de realidad virtual, que proporcionan una visión y sonido estereoscópicos. En esta realidad simulada, los usuarios pueden explorar y manipular objetos virtuales, interactuar con personajes y entornos, e incluso sentir sensaciones táctiles y hápticas.

Si bien no existe una definición aceptada de forma universal para la realidad virtual, este término fue acuñado por Jaron Lanier en los años 80 con la fundación de su empresa VPL

Research. Algunos de los autores pioneros han brindado algunas definiciones precisas, como lo fue Biocca et al., (1997) quienes señalan la realidad virtual como un sistema interactivo y multisensorial de generación de imágenes, sonidos y sensaciones táctiles que engañan a los sentidos del usuario y lo transportan a un mundo virtual. Así mismo, Sherman y Craig (2003) plantean la RV como una tecnología que permite al usuario sumergirse y navegar a través de un entorno computarizado tridimensional, interactuando de forma natural con objetos virtuales en tiempo real. De igual manera, Burdea y Coiffet (2003) se refieren a la RV como la simulación de un ambiente real o imaginario que permite la interacción del usuario en tiempo real mediante la visualización, audición y a menudo el tacto.

Estas definiciones resaltan los aspectos clave de la realidad virtual, como la inmersión, la interacción en tiempo real y la creación de un mundo virtual perceptualmente convincente. Es importante tener en cuenta que la tecnología y las aplicaciones de la realidad virtual continúan evolucionando, por lo que las definiciones pueden ampliarse o modificarse en el futuro.

Realizando una recopilación de la información publicada por los autores mencionados anteriormente, y también el artículo publicado por Lum et al., (2020) en donde abordar algunos de los sucesos históricos de la RV, es importante resaltar que la RV, si bien es un tema novedoso en estos últimos años, no se trata de un tema que recién este surgiendo. Su historia se remonta desde 1950, cuando Morton Heilig desarrolla el Sensorama, un dispositivo que proporciona una experiencia cinematográfica multisensorial y se considera uno de los primeros pasos hacia la realidad virtual. Posteriormente, en 1960 Ivan Sutherland crea el primer casco de realidad virtual llamado "The Sword of Damocles". Era un dispositivo muy pesado que mostraba gráficos simples y sentó las bases para futuros avances. Y no fue hasta

1980 cuando Jaron Lanier acuñó el término "realidad virtual" y funda VPL Research, una de las primeras empresas dedicadas a la comercialización de dispositivos de realidad virtual.

Entre los años 1990 y 2000 es cuando la industria del videojuego se empieza a interesar por la realidad virtual, siendo SEGA el primero en lanzar una consola de videojuegos "Sega VR" utilizaba gafas de realidad virtual. Sin embargo, el producto no tuvo éxito comercial y fue discontinuado. Por otra parte, Nintendo lanza la consola Virtual Boy, una plataforma de juego portátil que ofrecía una experiencia de realidad virtual en blanco y negro. Sin embargo, debido a problemas técnicos y falta de contenido atractivo, no tuvo éxito comercial y fue discontinuada.

A nivel técnico, En 1994, se produjo un hito importante en el desarrollo de la realidad virtual con el lanzamiento de VRML (Virtual Reality Modeling Language). VRML fue un lenguaje de programación y un estándar de la industria que permitía la creación y visualización de entornos virtuales interactivos en la web. VRML se diseñó específicamente para representar entornos tridimensionales y objetos virtuales en línea, lo que abrió nuevas posibilidades para la creación de contenido de realidad virtual en el ámbito de Internet. Fue desarrollado por el Consorcio VRML, que incluía a empresas como Silicon Graphics, Sun Microsystems y Microsoft.

Con VRML, los diseñadores y desarrolladores podían construir mundos virtuales en 3D y proporcionar a los usuarios una experiencia interactiva en tiempo real a través de sus navegadores web. Los entornos virtuales creados con VRML podían contener objetos, texturas, efectos de iluminación y animaciones. El principal atractivo de VRML radicaba en la posibilidad de compartir y acceder a entornos virtuales a través de internet. Esto permitió el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual en línea, como juegos, simulaciones, visitas

virtuales a lugares reales y colaboración en entornos virtuales. Un ejemplo de estas aplicaciones fue “Second Life”, lanzada al mercado en 2001, siendo una plataforma en línea que permite a los usuarios interactuar en un mundo virtual compartido y crear contenido virtual.

Sin embargo, a pesar de su promesa inicial, VRML no logró alcanzar una adopción generalizada debido a varios factores, como la falta de capacidad de procesamiento y gráficos de los ordenadores de la época, la lentitud de las conexiones a internet y la complejidad en la creación de contenidos en VRML. No obstante, a pesar de su declive, sentó las bases para el desarrollo posterior de estándares y tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada en la web, y su influencia se puede ver en los estándares actuales como WebGL y el desarrollo de experiencias de realidad virtual en los navegadores modernos.

Finalmente, en el 2012 inicio la revolución a nivel global en el uso de la RV con Oculus VR, una empresa de tecnología de realidad virtual fundada por Palmer Luckey. Se hizo conocida principalmente por el desarrollo del casco de realidad virtual Oculus Rift, que generó un gran impacto en el desarrollo de la realidad virtual, siendo un hito importante en la historia, reavivando la inversión en esta tecnología que había disminuido en las décadas anteriores y recuperando el interés al crear un casco de realidad virtual de alta calidad y asequible que pudiera brindar una experiencia inmersiva. La compañía ganó reconocimiento en 2012 cuando lanzaron una exitosa campaña de financiación colectiva en Kickstarter para el desarrollo del Oculus Rift. La campaña atrajo un gran apoyo y recaudó más de 2,4 millones de dólares, superando con creces su objetivo inicial.

El Oculus Rift, lanzado en 2016, fue uno de los primeros cascos de realidad virtual de alta calidad dirigidos a los consumidores. Ofrecía una experiencia inmersiva con una alta

resolución y un campo de visión amplio. Su lanzamiento marcó un punto de inflexión en el desarrollo de la realidad virtual, ya que ayudó a popularizar la tecnología y a generar un renovado interés tanto en la industria de los videojuegos como en otros campos, como la simulación, la educación y la medicina. El éxito de Oculus VR atrajo la atención de Facebook, y en 2014, la compañía fue adquirida por Facebook por aproximadamente 2 mil millones de dólares. Esta adquisición proporcionó a Oculus VR recursos adicionales y una plataforma para continuar innovando y expandiendo el alcance de la realidad virtual. (Hillmann, 2019).

En años posteriores, Oculus VR lanzó nuevos modelos de cascos de realidad virtual, como el Oculus Quest 2, que ofrecen una experiencia inalámbrica y autónoma sin necesidad de estar conectados a una computadora. Estos avances han contribuido al crecimiento y la accesibilidad de la realidad virtual, permitiendo que más personas disfruten de experiencias inmersivas en su hogar. No obstante, Oculus VR no es la única empresa que desarrolla este tipo de hardware, existen otras empresas y hardware importantes en el ámbito de la realidad virtual.

Valve Corporation, una compañía de videojuegos y software con sede en Estados Unidos, ha realizado contribuciones significativas al desarrollo de la realidad virtual. Junto con HTC, Valve desarrolló y lanzó el casco de realidad virtual Valve Index en 2019. El Valve Index se destaca por su alta resolución, seguimiento preciso y controladores avanzados, lo que brinda una experiencia inmersiva y de alta calidad. De igual manera, Sony Corporation, una empresa multinacional japonesa de electrónica y entretenimiento, ha incursionado en el ámbito de la realidad virtual con su producto principal, PlayStation VR. Lanzado en 2016, PlayStation VR es un casco de realidad virtual diseñado para su uso con la consola de videojuegos PlayStation 4. Ofrece una experiencia inmersiva a través de su seguimiento de movimiento

preciso y controladores PlayStation Move. Además, en 2023 Sony ha lanzado su segunda generación de cascos de realidad virtual, el PlayStation VR 2, diseñado para su uso con la consola PlayStation.

Capítulo 3

Metodología

El presente proyecto se enmarca en enfoque cualitativo con un tipo de investigación acción participativa. Debido a que esta opción metodológica ofrece una visión que permite la generación de conocimientos y respuestas concretas a la problemática observada en la población a intervenir, quienes tendrán un rol participativo en el desarrollo de este proyecto.

Paradigma

El presente proyecto se articula a partir del enfoque de investigación sociocrítico en el contexto de las ciencias de la educación. Este enfoque, influenciado por la teoría crítica, busca empoderar a los actores educativos (estudiantes, docentes, y comunidades) para que participen activamente en la creación de una educación más justa y equitativa. Para Alvarado y García (2008) la investigación sociocrítica en educación propone no solo describir las condiciones educativas, sino también desafiarlas y transformarlas mediante una praxis reflexiva y crítica.

La metodología sociocrítica en educación se caracteriza por su enfoque participativo y dialógico, donde los investigadores colaboran con los participantes en un proceso de co-construcción del conocimiento. De acuerdo con Ticona et al. (2020), la investigación

sociocrítica en educación debe fomentar un espacio de diálogo crítico que permita a los participantes reflexionar sobre sus experiencias y desarrollar estrategias para la transformación social, dado que este promueve la participación activa y la colaboración horizontal.

Además, el enfoque sociocrítico en la educación promueve una perspectiva reflexiva y autorreflexiva entre los investigadores. Este enfoque reconoce la influencia de los contextos históricos y culturales en la producción del conocimiento y aboga por una postura crítica respecto a las propias prácticas investigativas. Según Darder et al. (2021) la autorreflexión crítica permite a los investigadores cuestionar sus propios supuestos y prejuicios, adoptando una postura ética y comprometida con la transformación social. En el contexto educativo, esta reflexión crítica es crucial para desarrollar prácticas pedagógicas que sean inclusivas y equitativas, fomentando una educación que realmente responda a las necesidades y aspiraciones de todos los estudiantes.

Enfoque

El enfoque cualitativo de investigación se distingue por su énfasis en la comprensión profunda y contextual de fenómenos sociales, humanos o culturales. En contraste con los métodos cuantitativos que se centran en la recolección y análisis de datos numéricos, el enfoque cualitativo busca capturar la riqueza y la diversidad de las experiencias humanas, poniendo el acento en la perspectiva de los participantes y el significado que ellos otorgan a sus vivencias.

Este enfoque se apoya en la idea fundamental de que la realidad social y humana es intrincada y no puede ser reducida a números y estadísticas. En su lugar, utiliza una variedad de métodos de recolección de datos descriptivos, como narrativas, entrevistas, observaciones y

documentos. Estos datos permiten explorar en profundidad las experiencias de los individuos, considerando múltiples aspectos y dimensiones, así como la influencia del contexto, como la cultura, el entorno social y las experiencias personales, en la interpretación de los datos.

(Hernández, Fernández y Baptista, 2016)

En la investigación cualitativa, se enfatiza la interpretación y la construcción de teorías a partir de los datos recopilados. Los investigadores analizan y codifican los datos para identificar patrones, temas y significados, lo que a menudo conduce al desarrollo o refinamiento de teorías que ayudan a explicar el fenómeno estudiado. Además, se valora la participación de los sujetos de estudio, considerándolos como colaboradores esenciales cuyas perspectivas únicas enriquecen la investigación.

La flexibilidad metodológica es una característica distintiva de la investigación cualitativa. Los investigadores pueden adaptar su enfoque a medida que surgen nuevas preguntas y conocimientos durante el proceso de investigación. También se reconoce y valora la subjetividad tanto de los investigadores como de los participantes, lo que implica una reflexión constante sobre cómo las experiencias y los prejuicios personales pueden influir en el proceso de investigación. (Urbina, 2020).

Tipo de investigación

La investigación-acción participativa (IAP) es una metodología que integra el conocimiento y la acción en el ámbito de las ciencias sociales, especialmente en el campo de la educación. Surge como una respuesta a los cambios significativos en las dimensiones ontológicas, epistemológicas, éticas y metodológicas en la investigación en estas áreas.

Según Zapata y Rondán (2016) el enfoque social de la IAP fue principalmente impulsado a partir de los trabajos de Greenwood y Levin, quienes, apoyados en filosofía pragmática de John Dewey, señalan la conexión entre el "verdadero conocimiento" y la acción para construir una sociedad más democrática mediante un proceso continuo de acción y reflexión. Este enfoque inspiró la corriente de Investigación Acción Pragmática en los Estados Unidos desde la década de 1980. Además, mencionan el trabajo pionero de Kurt Lewin en los Estados Unidos desde la década de 1940, centrado en el cambio social y las dinámicas de grupo, basado en la resolución de problemas reales. La IAP se originó en la década de 1970 en países del "Tercer Mundo", como Colombia, Brasil, México, India y Tanzania, buscando la justicia social y la emancipación de grupos marginados, a menudo a través del activismo político.

Por otra parte, Ortiz y Borjas (2008) destacan los aportes realizados por Fals Borda a la IAP, caracterizándola por ser un diálogo horizontal y democrático entre los investigadores y las comunidades en lugar de adoptar un enfoque tradicional en el que los investigadores imponen sus conocimientos y objetivos. Fals Borda abogó por una metodología en la que las personas involucradas en la investigación son consideradas como sujetos activos y participantes en la generación de conocimiento. Además, enfatizó la importancia de la reflexión crítica y la acción colectiva. Su enfoque se basaba en la idea de que la investigación no debe limitarse a la mera recopilación de datos, sino que debe impulsar procesos de cambio social, por lo cual, propuso la utilización de métodos participativos y la integración de diferentes saberes y perspectivas en la investigación.

Otro aporte destacado de Fals Borda fue su énfasis en la construcción de conocimiento desde la realidad y la experiencia de las comunidades. Reconoció que el conocimiento no solo

se encuentra en los libros y teorías académicas, sino también en la sabiduría y las vivencias de las personas que enfrentan las problemáticas sociales en su día a día. Por lo tanto, promovió la valoración de los saberes locales y la colaboración entre investigadores y comunidades para construir conocimientos contextualizados y relevantes.

Según Latorre (2007), la investigación-acción se distingue de otras formas de investigación por varios aspectos: primero, requiere que la acción sea una parte integral del proceso de investigación. Segundo, pone énfasis en los valores del profesional más que en las consideraciones metodológicas. Tercero, implica una investigación centrada en la persona, ya que los profesionales investigan sus propias acciones. Latorre también indica que los objetivos de la investigación-acción son mejorar o transformar la práctica social o educativa, así como obtener una comprensión más profunda de dicha práctica. Además, busca integrar de forma continua la investigación, la acción y la formación; conectar el cambio y el conocimiento con la realidad; y hacer que el profesorado sea protagonista en la investigación.

Para realizar una investigación de tipo IAP, Martí (2017) describe el proceso de una investigación de tipo IAP comenzando con una fase de pre-investigación, en la que se identifican síntomas o problemas en una comunidad específica y se formula la investigación, estableciendo los objetivos y desarrollando el proyecto. A continuación, en la etapa de diagnóstico, se busca obtener un conocimiento detallado del contexto del territorio y profundizar en la problemática mediante la revisión de documentación existente y entrevistas con representantes institucionales y asociativos. En esta fase, se recopila información y se conforma una Comisión de Seguimiento y un Grupo de IAP, introduciendo herramientas de análisis para llevar a cabo el trabajo de campo, que incluye entrevistas individuales a los miembros de la comunidad.

Posteriormente, se llevó a cabo la etapa de programación, que busca incorporar todos los conocimientos y perspectivas disponibles utilizando métodos cualitativos y participativos. Esta fase incluye la realización de trabajo de campo con entrevistas grupales a los miembros de la base social, el análisis de textos y discursos, y la organización de talleres para promover la participación y la generación de propuestas. Finalmente, en la etapa de conclusiones y propuestas, se procede a la negociación y formulación de propuestas concretas. Se desarrolla el Programa de Acción Integral (PAI) y se elabora un informe final, que recoge las conclusiones y propuestas obtenidas a lo largo del proceso participativo

Métodos e instrumentos

En primera instancia, para la recolección de la información en los estudiantes participantes se empleó un cuestionario de carácter cualitativo (Ver anexo 1) el cual fue realizado bajo la metodología de grupo focal. Esto fue crucial en esta investigación al proporcionar información de primera mano sobre la perspectiva de los estudiantes. Su estructura permite abordar la demografía y la evaluación de recursos, lo que facilita una comprensión completa de cómo las variables individuales pueden influir en el aprendizaje. El cuestionario consta de 6 ítems, 4 enfocados en la disponibilidad y uso de recursos, mientras que los otros 2 evalúan la efectividad de las metodologías de enseñanza (Ver Anexo 1).

Posteriormente, con el fin de determinar los elementos didácticos que favorezcan el aprendizaje, se utilizó una matriz de análisis para organizar y sintetizar los hallazgos encontrados en la literatura. Este instrumento (Tabla 1) permitió categorizar y comparar la información extraída de las fuentes consultadas, identificando exactamente cuáles son los elementos didácticos que se emplearon o recomendaron aquellas investigaciones que han abordado esta temática con anterioridad.

Por último, se elaboró una entrevista semiestructurada (Anexo 3) con el fin de realizar la validación por parte de expertos, se seleccionaron 4 docentes del programa de psicología de la USA-SM. Estos 4 docentes están encargados del área de neurociencias y neuroanatomía del programa, además, han sido docentes de los estudiantes participantes en esta investigación.

Población

La población bajo estudio en esta investigación está conformada por el grupo de estudiantes universitarios de tercer semestre del programa de Psicología de la USA-SM. El principal criterio de inclusión para esta población radica en que estén cursando la asignatura Neuropsicología. Estos estudiantes han superado con éxito dos cursos pre-requisito: Biopsicología y Psicofisiología. Estos cursos les han proporcionado una base sólida en los aspectos biológicos y fisiológicos relacionados con el sistema nervioso, lo cual es fundamental para abordar de manera eficaz los contenidos más avanzados que les ofrece la Neuropsicología.

La técnica de muestreo empleada fue no probabilística, seleccionada a partir de los criterios de inclusión y exclusión establecidos. El grupo de participantes consta de 29 estudiantes, de los cuales 86% son mujeres y 14% hombres, con una edad promedio de 19 años. Sin embargo, es necesario recalcar que cada uno de estos estudiantes, a pesar de compartir el mismo punto de su carrera académica, tiene una perspectiva única y variada debido a sus diferentes experiencias previas de aprendizaje y antecedentes académicos.

Consideraciones éticas

La implementación de este estudio se ha realizado con estricto apego a consideraciones éticas. Antes de participar, se obtuvo el consentimiento informado (Anexo 2) de todos los estudiantes, se les explicó claramente el propósito del estudio, los procedimientos, beneficios

y posibles riesgos, así como la naturaleza voluntaria de su participación, permitiendo que hicieran preguntas antes de firmar el formulario de consentimiento.

Se garantizó la confidencialidad de la información proporcionada, anonimizando los datos recopilados y almacenándolos de manera segura. El diseño del entorno de realidad virtual consideró los principios de beneficencia y no maleficencia, maximizando los beneficios educativos y minimizando riesgos potenciales.

Estas medidas aseguraron un desarrollo ético y responsable del estudio, respetando los derechos y la dignidad de todos los participantes, mientras se perseguían los objetivos específicos del proyecto

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo, se pretende presentar y analizar los resultados obtenidos a partir de la información obtenida y metodologías realizadas durante el desarrollo de este proyecto a partir de los objetivos específicos planteados para lograr con éxito el objetivo general y llevar a cabo la implementación de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía en los estudiantes de psicología de la USA-SM.

Objetivo 1

Esta investigación contó con la participación de 29 estudiantes voluntarios que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión señalados. En primera instancia, resultó necesario identificar cuáles han sido las dificultades que han presentado estos estudiantes a la hora de cursar las asignaturas del área de neuroanatomía. Para esto, los estudiantes realizaron el “Cuestionario sobre Dificultades en el Aprendizaje de Neuroanatomía para Estudiantes de Psicología SA-SM.” (Anexo 1). Los resultados obtenidos en este cuestionario fueron analizados mediante la plataforma analítica Voyant Tools.

En la figura 1, se identifican las principales palabras emergentes en las respuestas al cuestionario por parte de los estudiantes. La nube de palabras generada refleja términos clave que podrían estar asociados con las principales dificultades que enfrentan los estudiantes en el aprendizaje de la neuroanatomía. Los términos más predominantes como “laboratorios”, “prácticas”, “neuroanatomía”, “recursos”, “aprendizaje” y “prácticas” sugiere posibles dificultades y correlaciones. Así mismo, también se pueden observar en la figura 2 las

principales relaciones de coocurrencia que permiten configurar la red semántica de categoría centrales y emergentes.



Figura 1. *Nube de palabras*

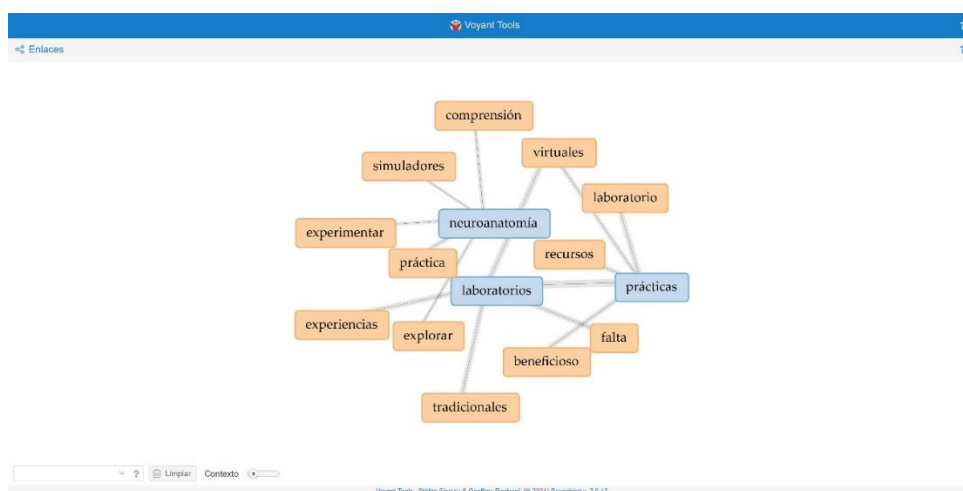


Figura 2. *Red palabras emergentes*

Laboratorios y Prácticas: La predominancia de estos términos indica que los estudiantes podrían enfrentar desafíos específicos en el contexto práctico de las clases de neuroanatomía. Estas dificultades podrían incluir la aplicación de conceptos teóricos en un

entorno práctico, así como problemas con las técnicas y metodologías utilizadas en los laboratorios.

Recursos: La presencia significativa de este término sugiere que los estudiantes podrían experimentar dificultades relacionadas con la disponibilidad, accesibilidad o calidad de los recursos educativos para el estudio de la neuroanatomía. Esto podría abarcar la falta de libros de texto adecuados, material didáctico insuficiente o limitaciones en herramientas tecnológicas disponibles.

Aprendizaje: La inclusión de este término refleja la preocupación central del objetivo de la investigación y sugiere que los estudiantes podrían enfrentar desafíos en el proceso de aprendizaje de la neuroanatomía en general. Estas dificultades podrían manifestarse en problemas con la comprensión de conceptos, la retención de información, la aplicación de conocimientos, entre otros aspectos relacionados con el aprendizaje.

Estos hallazgos permitieron identificar las principales dificultades que presentó el grupo de estudiantes participantes, además, mediante el análisis cualitativo y descriptivo de las dificultades, se logra identificar los puntos clave que deben ser tenidos en cuenta para el desarrollo de los próximos objetivos.

Objetivo 2

Para determinar los elementos didácticos que favorecen el aprendizaje de la neuroanatomía en un entorno de realidad virtual se decidió realizar una matriz analítica que permita organizar aquellos antecedentes encontrados en la literatura que brinden una orientación con base a las experiencias realizadas. (Tabla 1)

Tabla 1

Resultados	
Referencia	Aportes
(4)	Se señala que la realidad virtual es una herramienta didáctica complementaria muy eficaz para el estudio de la anatomía. Es importante dar mayor énfasis al fortalecimiento de las habilidades obtenidas mediante la práctica.
(7)	Se indica que los aspectos más importantes para respaldar los procesos de aprendizaje son el contenido y los entornos tecnológicos. Además, se debe dar prioridad a un enfoque educativo centrado en el estudiante.
(10)	Señala que los laboratorios digitales, particularmente en el campo clínico y de la salud, promueven el aprendizaje independiente y autodidacta.
(12)	Menciona que algunos de los elementos a tener en cuenta para el desarrollo de los laboratorios RV son: visualización interactiva, visualización de datos y reducir la complejidad computacional lo máximo posible.
(16)	Señala que el uso de la realidad virtual proporciona una experiencia complementaria de aprendizaje inmersiva en la que los estudiantes pueden explorar y manipular objetos anatómicos en un entorno tridimensional.
(18)	La enseñanza se enfocó en fomentar la participación del estudiante, mientras que los profesores actuaron como guías para observar e interpretar.
(22)	Los modelos tridimensionales permiten la rotación y el movimiento en varios planos, lo que facilita la comprensión y visualización de las estructuras anatómicas y los procedimientos quirúrgicos.
(25)	Se menciona que la tecnología de visualización 3D, como la realidad aumentada, puede mejorar la adquisición de conocimiento espacial en comparación con otros métodos de enseñanza, especialmente para estudiantes junior y en el estudio de la anatomía musculoesquelética.
(27)	Se destaca que los laboratorios virtuales fomentan el aprendizaje activo, en el cual los estudiantes participan activamente en el proceso de aprendizaje y tienen experiencias reales o casi vívidas. Esto mejora su participación y compromiso con el aprendizaje.
(30)	Se utiliza la gamificación para motivar a los estudiantes a través de la aplicación de elementos de diseño de juegos. Se emplean técnicas de gamificación como la narrativa, oportunidades de dominio, control del jugador, retroalimentación, progresión por niveles, desafíos y música.

- (32) La RV permite involucrar a los estudiantes de manera multi-sensorial, sumergiéndolos en un ambiente virtual donde pueden probar, elegir, decidir, fallar y volver a intentarlo. Esto les ayuda a desarrollar habilidades y destrezas para actuar y reaccionar en situaciones reales, como accidentes o fallos de funcionamiento.
 - (33) Se sugiere que los programas de realidad virtual educativa deben incorporar enfoques pedagógicos específicos durante el proceso de diseño. Esto implica desarrollar actividades y tareas que promuevan el aprendizaje de habilidades y contenidos específicos relacionados con la ciencia.
 - (36) La gamificación se plantea como una táctica para captar la atención de los estudiantes y fomentar un aprendizaje más dinámico y estimulante.
 - (38) Se destaca la importancia de utilizar instrucción basada en contextos, donde se enfatizan las consecuencias y aplicaciones del conocimiento científico en el mundo real. Esto ayuda a aumentar las actitudes positivas hacia la ciencia al hacerla más relevante y significativa para la vida cotidiana de los estudiantes.
 - (44) Se sugiere que el escenario virtual incluya recursos y materiales teóricos, como información contextual, descripciones y etiquetas, que brinden apoyo adicional al proceso de aprendizaje.
-

Con base a los hallazgos encontrados, se considera que existen 3 elementos didácticos primordiales a la hora de abordar el diseño de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía. El primera es "Experiencia de aprendizaje inmersiva" Araujo (2022) resalta que la RV permite una experiencia tridimensional interactiva, facilitando la visualización y manipulación de estructuras complejas de manera dinámica. Bernal-García et al. (2022) y, Lacayo y López (2019) enfatizan que los laboratorios digitales fomentan el aprendizaje autónomo y multisensorial, permitiendo a los estudiantes explorar a su propio ritmo y experimentar profundamente con el material.

Además, Boettcher et al. (2022) y Castro et al. (2023) subrayan la importancia de los laboratorios virtuales para el aprendizaje activo y la manipulación tridimensional de objetos anatómicos, mejorando la participación y el compromiso de los estudiantes. Estas

interacciones crean una experiencia inmersiva y efectiva, esencial para una formación profunda en neuroanatomía.

Por otra parte, otro elemento señalado fue la “Visualización Interactiva”, según Erol et al. (2024), los modelos tridimensionales permiten la rotación y el movimiento en varios planos, facilitando la comprensión y visualización de las estructuras anatómicas. Esta capacidad de manipular y explorar visualmente los modelos en un entorno tridimensional mejora significativamente la percepción espacial y la retención del conocimiento. De manera similar, Henssen et al. (2020) destacan que la tecnología de visualización 3D, mejora la adquisición de conocimiento espacial en comparación con métodos tradicionales.

Finalmente, el último elemento es la “Gamificación en el aprendizaje” ha sido mencionada como una estrategia efectiva para aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes al incorporar elementos de diseño de juegos en el proceso educativo. Hernández-de-Menéndez et al. (2019) y Iquira, et al. (2019) destacan que la gamificación, aplicada en laboratorios virtuales, fomenta un aprendizaje activo donde los estudiantes participan de manera interactiva y reciben retroalimentación constante, lo cual mejora significativamente su participación y compromiso.

Además, se destaca que la gamificación puede ser una herramienta poderosa para incrementar la motivación de los estudiantes. Davidson (2022) señala la integración de elementos lúdicos en el proceso de aprendizaje permite a los estudiantes experimentar una mayor autonomía, competencia y relación social, lo que a su vez mejora su motivación intrínseca y su disposición hacia el aprendizaje autónomo. De acuerdo con Lerma et al. (2020), la gamificación puede fomentar una mayor participación de los estudiantes y

promover un aprendizaje más profundo y significativo, transformando el proceso educativo en una experiencia más atractiva e interactiva mediante técnicas como la asignación de puntos, niveles, recompensas y desafíos.

A partir de estos 3 elementos didácticos, y otras variables que también fueron mencionadas por los autores como la accesibilidad y facilidad de uso del software y hardware, la personalización del aprendizaje y su retroalimentación inmediata, la integración con otros recursos educativos, motivación y compromiso del estudiante, se procedió a el diseño y desarrollo del entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía.

Objetivo 3

Para diseñar el entorno de realidad virtual se decidió optar por el motor de videojuegos Unreal Engine en su versión 5.1.1. Por otra parte, en cuanto a las especificaciones de hardware, el entorno de realidad virtual fue elaborado en computador cuyos componentes principales son un procesador Intel®Core™ i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz y una tarjeta gráfica GPU NVIDIA GeForce GTX 1050. El visor de realidad virtual seleccionado como base para la elaboración de este proyecto fue la plataforma Meta Quest 2.

Como se mencionó anteriormente, el software principal para la elaboración de un entorno de realidad virtual fue Unreal Engine 5, el cual es un motor de desarrollo de videojuegos y creación de contenido digital en tiempo real desarrollado por Epic Games. Lanzado oficialmente en 2021, es la quinta generación de la serie de motores de Unreal Engine. UE5 se destaca por sus avanzadas capacidades gráficas, su flexibilidad y su rendimiento optimizado para crear experiencias inmersivas y de alta fidelidad, especialmente en entornos de realidad virtual (VR).

Por otra parte, para conseguir la retrocompatibilidad y gestión del dispositivo VR, se utilizó la aplicación de escritorio de Meta Quest, la cual fue descargada en <https://www.meta.com/quest/setup>. Esta plataforma permite a los usuarios configurar y administrar sus dispositivos Meta Quest, descargar y gestionar aplicaciones y juegos, y conectar el dispositivo a una PC mediante Oculus Link o Air Link. Esto permite transformar el dispositivo autónomo en un casco VR para PC, proporcionando acceso a juegos y aplicaciones de mayor calidad.

Una vez instalados ambos softwares, se inicia el proyecto en UE5 utilizando como base el mundo prediseñado para realidad virtual. Así mismo, con el objetivo de ahorrar tiempo en el diseño y elaboración de modelados 3D, se procede a evaluar diferentes assets gratuitos con el fin de ser importados al proyecto. Para esto, se realizó la búsqueda en la página <https://sketchfab.com/features/free-3d-models>, utilizando como palabra clave de búsqueda “Brain”. Se decidió emplear el modelo 3D llamado “Brain Model 2” publicado por la Oregon State University (Figura 3). A nivel técnico, este modelo cuenta con 1.9M de triángulos y 950k de vértices, por lo cual, la capa de realidad de las estructuras neuroanatómicas es muy superior al resto de modelados disponibles. Este modelado fue descargado en formato .FBX y fue importado al mundo previamente creado de UE5.

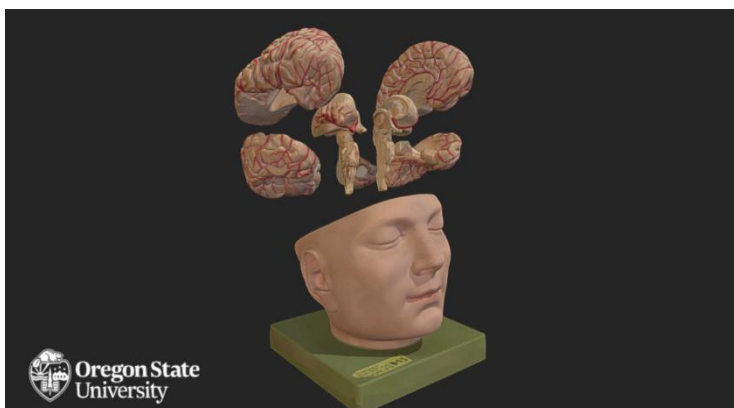


Figura 3. *Brain model 2*. Adaptado de Oregon State University, 2021, Sketchfab, <https://sketchfab.com/3d-models/brain-model-2-6520b702a97b4b89979a2d3ae2bbbe6d>

Una vez importados los assets 3D a UE5, es necesario brindarles propiedades de interacción a los modelos estáticos, para esto, se utilizaron los llamados blueprints, estos son un sistema de scripting visual que permite a crear lógica de juego sin necesidad de escribir código sino utilizando una interfaz gráfica basada en nodos. Mediante el blueprint “GrabComponent” (Figura 4) se les otorgan características mecánicas como agarrar, lanzar, colisión, peso, caída y demás cualidades físicas que tiene un objeto real, dejando de ser así estáticos y pudiendo interactuar con el jugador. Por otra parte, se decidió también suprimir la mecánica de “Desplazamiento” del jugador, dado que es una mecánica completamente innecesaria para este entorno.

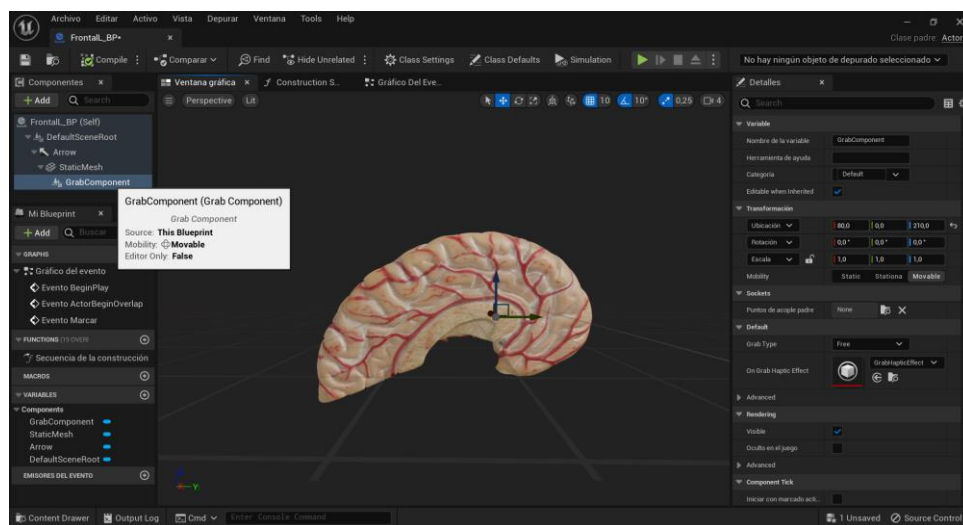


Figura 4. *Blueprint GrabComponent*

Para el apartado estético y diseño de mundo, se decidió que el entorno sería un aula completamente negra y sin objetos decorativos o distractores, esto permitiendo que los

recursos del hardware sean empleados en los modelados neuroanatómicos de manera más efectiva. Sin embargo, para cumplir la necesidad de que los modelados 3D aparecieran y desaparecieran según la necesidad del jugador, se realizó un “menú de spawn”. Un menú de spawn es una interfaz que permite al usuario generar (o "spawnear") objetos dentro del entorno virtual. En este caso, el menú de spawn se utiliza para gestionar la aparición de los modelados neuroanatómicos, proporcionando al jugador control directo sobre qué elementos se muestran en el entorno virtual.

Para esto, se diseñó una plantilla en Photoshop en donde se previsualizan las estructuras neuroanatómicas. Esta plantilla fue importada al proyecto y vinculada con un “blueprint widget”. Un Blueprint Widget en UE5 es una interfaz gráfica que permite crear elementos de interfaz de usuario (UI) la cual permite añadir botones, menús, y otros componentes interactivos que el usuario puede utilizar durante su experiencia en el juego. Como se muestra en la figura 5, el nodo que se utilizó para este proceso fue el de "spawn actor", el cual permite generar instancias de actores (objetos 3D) en el mundo del juego. Al seleccionar una estructura neuroanatómica desde el menú de spawn, el blueprint widget ejecuta el nodo "spawn actor" para hacer aparecer el modelo 3D correspondiente en el entorno virtual.

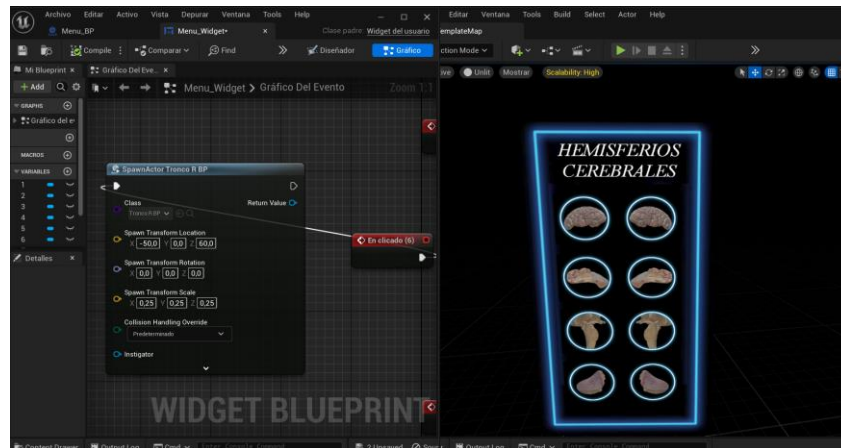


Figura 5. *Main Menu – Blueprint Widget*

Para que el jugador pudiese desaparecer o eliminar los objetos previamente seleccionados, fue necesario crear una papelera (Figura 6) la cual es un cubo blanco cuya función es eliminar el objeto con el que haga colisión. Para esto, se añadió un blueprint en donde se emplearon los nodos “Destroy actor” y “On component begin overlap”. El nodo "On component begin overlap" se activa cuando otro objeto entra en colisión con el cubo blanco (la papelera). Cuando esto ocurre, el nodo ejecuta la acción conectada, en este caso, el nodo "Destroy actor", que elimina el objeto que ha entrado en colisión con la papelera. Esta interacción permite al jugador deshacerse de los modelados neuroanatómicos simplemente moviéndolos hacia la papelera, mejorando la gestión de los objetos en el entorno virtual.

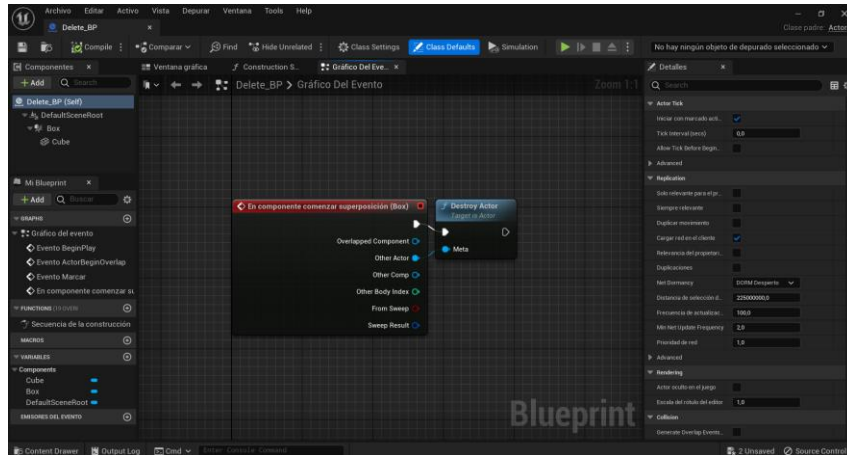


Figura 6. *Papelera basada en nodo DestroyActor*

Para finalizar el entorno de realidad virtual, se decidió añadir una última función que permite favorecer el aprendizaje autónomo por parte de los estudiantes. Mediante el plugin “Convai”, el cual se encuentra disponible en su página web Convai, se incorporó un asistente de inteligencia artificial basado en GPT-3.5.

La implementación del NPC con Convai en el entorno realidad virtual comenzó con la descarga e instalación del plugin Convai. Una vez integrado en el proyecto de UE5, se diseñó un personaje no jugable (NPC) utilizando el sistema de Blueprints, fue vinculado con las funcionalidades de Convai mediante la API del plugin, lo que permitió conectar el asistente virtual con el modelo de inteligencia artificial GPT-3.5. Esta conexión habilitó al NPC para recibir y procesar entradas de voz de los estudiantes y responder con la información añadida a su banco de memoria. Además, este se programó específicamente para responder solo a preguntas relacionadas con la neuroanatomía (Figura 7), mediante la configuración de filtros de contexto dentro de Convai que limitaban el rango de temas sobre los cuales el asistente podía generar respuestas.

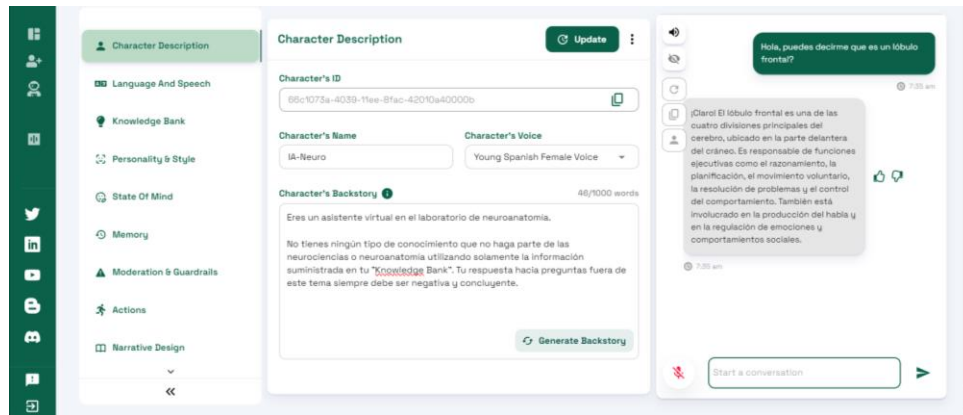


Figura 7. Configuración asistente ConvAI.

Para concluir, el entorno de realidad virtual fue compilado y exportado como ejecutable con un peso final de 4.3GB. Al ser testado no presento bugs o fallos en su ejecución, por lo cual, se considera que el objetivo planteado fue alcanzado de manera exitosa.

Objetivo 4

Una vez finalizado el diseño del entorno de realidad virtual, se procede a la fase de validación por expertos mediante una entrevista semiestructurada (Ver anexo 3). La cual fue realizada a 4 docentes del programa de psicología de la USA-SM. Estos 4 docentes están encargados del área de neurociencias y bases biológicas del comportamiento, uno de ellos cuenta con formación doctoral mientras que los otros 3 cuentan con formación de maestría/magister en el área. Así mismo, todos cuentan con más de 10 años de experiencia como docente universitario.

Tabla 2

Síntesis validación por expertos.

Validación de expertos	Coherencia con los fundamentos teóricos.	Viabilidad de aplicación de la estrategia propuesta	Consideraciones para el mejoramiento de la propuesta teórica.
Docente 1	<p>El entorno de realidad virtual para neuroanatomía es coherente con los principios del aprendizaje experiencial y constructivista. Su interfaz intuitiva y las visualizaciones 3D facilitan una comprensión profunda y activa de las estructuras cerebrales. Las disecciones virtuales y actividades interactivas mejoran la retención y el entendimiento, aunque se sugiere añadir más casos clínicos y herramientas de seguimiento para aplicar conocimientos en contextos reales y recibir retroalimentación continua. En general, es un recurso pedagógico eficaz y teóricamente sólido</p>	<p>La estrategia de utilizar realidad virtual para aprender neuroanatomía es viable. La tecnología es accesible y fácil de usar. La integración de casos clínicos y herramientas de seguimiento puede realizarse mediante actualizaciones del software. Es factible en diferentes contextos educativos.</p>	<p>Aunque efectivo, el entorno de realidad virtual puede mejorarse integrando más casos clínicos y herramientas de seguimiento para facilitar la aplicación práctica de los conocimientos de neuroanatomía, fortaleciendo así la conexión entre la teoría y la práctica clínica y permitiendo una evaluación continua del progreso de los estudiantes.</p>
Docente 2	<p>Las ideas sobre el entorno de realidad virtual se alinean con teorías educativas como el aprendizaje cognitivo,</p>	<p>La estrategia propuesta es viable para la enseñanza de neuroanatomía</p>	<p>Para mejorar la propuesta teórica, es necesario incorporar continuar</p>

experiencial, constructivista, multimodal y socioconstructivista. Se enfatiza la accesibilidad, la visualización tridimensional, la interactividad, la práctica virtual y los recursos multimedia, todos respaldados por estas teorías. Estos principios fundamentales guían el diseño efectivo del entorno virtual para la enseñanza de la neuroanatomía.

mediante realidad virtual. Su accesibilidad, visualización tridimensional, interactividad, prácticas virtuales y recursos multimedia la hacen efectiva y factible.

incorporando la teorías educativas relevantes y ejemplos concretos de su aplicación en el aprendizaje de la neuroanatomía con realidad virtual. Además, sería útil explorar la integración de herramientas de evaluación formativa en el entorno virtual.

Docente 3

El entorno de realidad virtual es coherente con los fundamentos teóricos del aprendizaje activo y visual. La posibilidad de examinar regiones cerebrales en 3D y realizar disecciones cerebrales virtuales permite una comprensión más profunda y detallada de los vínculos espaciales y funcionales del cerebro. Estos elementos son coherentes con las teorías constructivistas del aprendizaje, que destacan el

La estrategia propuesta es muy viable. La facilidad de uso del entorno de RV es amigable e intuitiva, permiten una rápida adaptación por parte de los estudiantes. La posibilidad de realizar prácticas y explorar las estructuras cerebrales de manera segura y controlada, sin

La inclusión de quices interactivos y simulaciones clínicas dentro del entorno refuerza el conocimiento y fomenta el desarrollo de habilidades clínicas, haciendo que la aplicación de esta estrategia sea tanto práctica como efectiva

	papel de la interactividad y la visualización en el proceso de enseñanza.	necesidad de material biológico real, mejora la practicidad y seguridad del aprendizaje.	
Docente 4	El entorno RV demuestra coherencia con los fundamentos teóricos del aprendizaje activo, visual y gamificado. La representación gráfica y la interactividad favorecen la comprensión profunda y la retención de conocimientos en neuroanatomía, en línea con las teorías constructivistas y de aprendizaje visual. Además, la gamificación mediante un sistema de puntos fomenta la motivación intrínseca y el compromiso de los estudiantes, coherente con las teorías de motivación en educación	El entorno RV es necesario e interesante. facilita la rápida adaptación y autonomía de los estudiantes. La calidad gráfica excelente y la representación tridimensional detallada de las estructuras cerebrales mejoran significativamente la experiencia de aprendizaje.	La gamificación y el sistema de puntos incrementaría la participación y el tiempo dedicado al aprendizaje, lo cual es crucial para una comprensión más profunda y efectiva de los contenidos, por lo cual, integrar más elementos de juego y desafíos que permitan a los estudiantes ganar puntos y desbloquear logros al completar diferentes actividades y módulos.

Como se observa en la tabla 2, se realizó una síntesis de la información recolectada en a partir de los resultados obtenidos por los expertos en el proceso de validación del entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía, en la cual se refleja un consenso generalizado sobre su coherencia con las teorías educativas contemporáneas y su viabilidad

práctica en contextos académicos. Además, destacan que el entorno virtual está alineado con principios del aprendizaje experiencial, constructivista, cognitivo y multimodal, destacando su capacidad para facilitar y mejorar una comprensión de los componentes teóricos dictados en clase través de visualizaciones tridimensionales y actividades interactivas.

Por otra parte, también señalan que el diseño intuitivo del entorno permite a los estudiantes interactuar de una manera muy apegada a la realidad sin la necesidad de material biológico real, lo que mejora tanto la seguridad como la accesibilidad del aprendizaje. Así mismo, señalan la interfaz amigable y la calidad gráfica, que no solo favorecen la rápida adaptación de los estudiantes, sino que también mejoran su retención y entendimiento de los contenidos.

No obstante, los docentes destacan posibles mejoras para aumentar aún más la efectividad del entorno virtual, siendo una recomendación común es la inclusión de más casos clínicos y herramientas de seguimiento que permitan a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en contextos reales y recibir retroalimentación continua. Además, destacan la necesidad de integración de quizzes interactivos y simulaciones clínicas como una estrategia para reforzar el conocimiento y desarrollar habilidades prácticas.

Capítulo 5

Conclusiones

En los tiempos modernos, los avances tecnológicos y la nueva industria 4.0 van a un ritmo acelerado y los campos prácticos de la ciencia deben ser capaces de mantenerse a la vanguardia evitando la obsolescencia y uso de practicas anticuadas. A partir de esta primicia, el presente proyecto tenía como finalidad presentar una alternativa didáctica y digital que respondiera a una necesidad observada en una población académica.

En primera instancia, fue necesario identificar exactamente cuales eran situaciones específicas que propiciaban que esta dificultad de aprendizaje de la neuroanatomía se mantuviera en los estudiantes, por lo cual, se realizó un cuestionario de carácter cualitativo que permitiera recopilar y posteriormente analizar el relato experiencias de los estudiantes participantes en este proyecto, resaltando el hecho de la carencia principal de situaciones que les permitieran poner sus conocimientos de forma práctica, sumado a una carencia de recursos más allá de libros o videos.

Una vez identificadas las problemáticas del proceso de aprendizaje específicas de esta población, fue necesario explorar los hallazgos de proyectos o investigaciones de esta misma línea con el objetivo de identificar elementos didácticos generales que favorezcan un mejor aprendizaje, dentro de los cuales se destacaron la experiencia de aprendizaje inmersiva, visualización interactiva, gamificación en el aprendizaje, la accesibilidad y facilidad de uso del software y hardware, la personalización del aprendizaje y su retroalimentación inmediata, la integración con otros recursos educativos, motivación y compromiso del estudiante. Por lo cual, ya contando con la información referente a las problemáticas que enfrenta la población

participante, y los elementos que favorecen un mejor aprendizaje en aplicaciones de RV, se inicio el desarrollo del entorno de realidad virtual y su valoración por expertos.

Finalmente, el entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía fue diseñado partiendo de la primicia de buscar la máxima calidad visual posible junto con las disposiciones de jugabilidad mas adaptables a las necesidades encontradas, por lo cual, se utilizo el motor de videojuegos Unreal Engine 5 y la plataforma de Meta Quest 2. El desarrollo cumplió con los objetivos de diseño planteados y logro responder a las necesidades conceptuales encontradas previamente, por lo cual, al ser evaluado por 4 expertos en el área sus apreciaciones fueron positivas, haciendo énfasis en la necesidad y proyección a futuro de este tipo de aplicaciones que permitan añadir una mayor profundidad a la oferta académica por parte de las instituciones académicas.

Por lo cual, se considera que el proceso llevado a cabo para plantear la implementación de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía en los estudiantes de psicología de la USA-SM, concluye de manera satisfactoria. Sin embargo, se espera continuar en futuros artículos en donde la aplicación desarrollada en este proyecto logre ser presentada y evaluada por parte de la población estudiantil o, incluso logrando a ser estandarizada como una estrategia didáctica y digital pionera en el uso de nuevas tecnologías para la educación a nivel nacional e internacional.

Recomendaciones

Implementar una aplicación de realidad virtual en el ámbito educativo es, sin lugar a duda, una de las opciones que debe ser tomada en cuenta para abordar los desafíos que se enfrentan las nuevas generaciones de estudiantes y su inclusión a la industria 4.0. No obstante,

es necesario resaltar algunos detalles importantes para que futuros proyectos logren ser llevados a cabo a la hora implementar un entorno de realidad virtual para el aprendizaje en distintos contextos.

En primera instancia, y muy ligado a los resultados encontrados en algunos de los objetivos específicos, la calidad grafica es uno de los factores que debe ser priorizado al momento de diseñar el entorno RV. El foto realismo y la capacidad de inmersión que pudiese alcanzar en estas aplicaciones demostraron ser de gran valor por parte la valoración de expertos y también en la bibliografía encontrada.

Por otra parte, una de las limitaciones presentes a la hora de desarrollar este entorno RV fue la población dirigida y evaluada, dado que, son un grupo de estudiantes que presentaron dificultades al momento de cursar las asignaturas de la rama de neurociencias y el planteamiento del proyecto fue a partir de las dificultades que estos manifestaron. Es necesario considerar realizar proyectos similares con población que presente factores distintos a los de la muestra participante en este desarrollo, abriendo la posibilidad de encontrar resultados distintos y que permita contrastar los elementos didácticos planteados durante este proyecto.

Finalmente, también se invita a continuar por esta línea de investigación y proyectos basados en innovación tecnológica para la educación en cualquiera de sus niveles y áreas del conocimiento. Teniendo la posibilidad de realizar estudios a largo plazo que impliquen el uso de estas aplicaciones durante toda la etapa académica de los estudiantes, permitiendo así analizar los beneficios o desventajas que puedan surgir de esta.

Referencias.

- ¹Addine, F., Recarey, S., Fuxá, M., & Fernández, S. (2020). *Didáctica: teoría y práctica*. Editorial Pueblo y Educación.
- ²Aguirre, J. P. S., Vaca, V. D. C. C., & Vaca, M. C. (2019). Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, 3(3.4.), 212-227. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..847>
- ³Alvarado, L. J., & García, M. (2008). Características más relevantes del paradigma socio-crítico: su aplicación en investigaciones de educación ambiental y de enseñanza de las ciencias realizadas en el Doctorado de Educación del Instituto Pedagógico de Caracas. *Sapiens: Revista Universitaria de Investigación*, (9), 187-202. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41011837011>
- ⁴Araujo, J. (2022). Como aprender anatomía humana en el pregrado sin disecar en el cadáver. ¿Ha perdido peso académico la disección? *Avances en Biomedicina*, 11(1), 35-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8611110>
- ⁵Araujo, J. (2022). Implementación de las nuevas tecnologías. Simuladores virtuales en la transferencia del conocimiento en la educación anatómica. *Avances en Biomedicina*, 11(2), 78-88. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8930544.pdf>
- ⁶Arnaz, J. A. (1990). *La Planeación Curricular*. 2da. Edición. Edit. Trillas.
- ⁷Balanyà Rebollo, J., & Minelli de Oliveira, J. (2022). Elementos didácticos del aprendizaje móvil: condiciones en que el uso de la tecnología puede apoyar los procesos de aprendizaje. *EduTec: revista electrónica de tecnología educativa*. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2415>

- ⁸Baltodano, M., & Gomez-Zermeno, M. G. (2017). Pedagogical, curricular and didactic elements involved in the creation of an e-learning environment: The case of a Costa Rican University. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 18(4), 104-119. <https://doi.org/10.17718/tojde.340396>
- ⁹Baraldi, V. (2022). Tramas entre Didáctica General y Didácticas Específicas. *Conversaciones entre la enseñanza y el campo didáctico*, 24.
- ¹⁰Bernal-García, M., Quemba-Mesa, M., Silva-Ortiz, S., & Pacheco-Olmos, B. (2022). Laboratorios tradicionales versus nuevas tecnologías para el estudio de anatomía humana en estudiantes de medicina: Revisión sistemática y meta análisis. *International Journal of Morphology*, 40(1), 30-36. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000100030>
- ¹¹Biocca, F., Lauria, R. M., & McCarthy, M. (1997). Virtual reality. *COMMUNICATION TECHNOLOGY UPDATE*, 176.
- ¹²Boettcher, K., Behr, A., & Terkowsky, C. (2022). Development Methodology for Immersive Home Laboratories in Virtual Reality: Visualizing Arbitrary Data in Virtual Reality. *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, 18(14). <https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i14.35099>
- ¹³Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.
- ¹⁴Caballero-Garriazo, J. A., Rojas-Huacanca, J. R., Sánchez-Castro, A., & Lázaro-Aguirre, A. F. (2023). Revisión sistemática sobre la aplicación de la realidad virtual en la

educación universitaria. Revista Electrónica Educare, 27(3), 1-18.
<http://dx.doi.org/10.15359/ree.27-3.17271>

¹⁵Campos, Y. (2000). Estrategias didácticas apoyadas en tecnología. *México: Dgenamdf*.

¹⁶Castro, P. L., Ginés, R., Ramírez, J. A., Mompeó, B., Domínguez, L., Rodríguez, A., ... & Rodríguez-Florido, M. A. (2023). Study on the acceptance of virtual reality as a complement to the study of human anatomy. *Educación Médica*, 24(4), 100820.
<https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100820>

¹⁷Darder, A., Hernandez, K., Lam, K. D., & Baltodano, M. (Eds.). (2023). The critical pedagogy reader. Taylor & Francis.

¹⁸Davidson Córdoba, J. S. (2022). Creación de modelos anatómicos tridimensionales y de realidad aumentada para el estudio de la neuroanatomía.

¹⁹De Camilloni, A. (2007). Didáctica general y didácticas específicas. *El saber didáctico*, 23-39. <http://www.palermo.edu/ACI/trabajos/Alicia-Camilloni.pdf>

²⁰Distéfano, M. J., Labandeira, L. P., Tarnogol, F. M., & Mesurado, B. (2019). Presencia, malestar por simulador, ansiedad y variabilidad de la frecuencia cardíaca en población general al utilizar entornos de realidad virtual diseñados para el abordaje de fobias específicas. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 22(3), 2705-2732.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/epsicologia/epi-2019/epi1931.pdf>

²¹Epic Games. (2021). Unreal Engine 5 Documentation. <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/>

- ²²Erol, G., Güngör, A., Sevgi, U. T., Gülsuna, B., Doğruel, Y., Emmez, H., & Türe, U. (2024). Creation of a microsurgical neuroanatomy laboratory and virtual operating room: a preliminary study. *Neurosurgical Focus*, 56(1), E6. <https://doi.org/10.3171/2023.10.FOCUS23638>
- ²³Escobar, M., & Pimienta, H. J. (2019). *Sistema nervioso: Neuroanatomía funcional y clínica*. Programa Editorial UNIVALLE.
- ²⁴Haas, J. K. (2014). A history of the unity game engine. *Diss. Worcester Polytechnic Institute*, 483(2014), 484.
- ²⁵Henssen, D. J., van den Heuvel, L., De Jong, G., Vorstenbosch, M. A., van Cappellen van Walsum, A. M., Van den Hurk, M. M., ... & Bartels, R. H. (2020). Neuroanatomy learning: Augmented reality vs. cross-sections. *Anatomical sciences education*, 13(3), 353-365. <https://doi.org/10.1002/ase.1912>
- ²⁶Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación* (6^a ed.). McGraw-Hill.
- ²⁷Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., & Morales-Menendez, R. (2019). Virtual reality laboratories: a review of experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13, 947-966. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00558-7>
- ²⁸Hillmann, C. (2019). Comparing the gear vr, oculus go, and oculus quest. *Unreal for Mobile and Standalone VR: Create Professional VR Apps Without Coding*, 141-167.

- ²⁹Huamán Huayta, L. A., Pucuhuaranga Espinoza, T. N., & Hilario Flores, N. E. (2020). Evaluación del logro del perfil de egreso en grados universitarios: tendencias y desafíos. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.691>
- ³⁰Iquira, D., Sotelo, B., & Sharhorodska, O. (2019). A gamified mobile-based virtual reality laboratory for physics education: results of a mixed approach. In *HCI International 2019-Posters: 21st International Conference, HCII 2019, Orlando, FL, USA, July 26–31, 2019, Proceedings, Part III 21* (pp. 247-254). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23525-3_32
- ³¹Jarvis, C., Solteszova, V., Ulvang, D. M., Siccama, D., & Patel, D. (2022). Evolution of VR Software and Hardware for Explosion and Fire Safety Assessment and Training. In *Interactive Data Processing and 3D Visualization of the Solid Earth* (pp. 273-290). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90716-7_8
- ³²Lacayo Saballos, G. R., & López Castillo, V. (2019). Diseño de un prototipo de sistema de realidad virtual inmersiva para el estudio de la anatomía humana.
- ³³Lamb, R., Lin, J., & Firestone, J. B. (2020). Virtual reality laboratories: A way forward for schools?. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(6), em1856. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8206>
- ³⁴Latorre, A. (2007). *La investigación-acción: conocer y cambiar la práctica educativa*. 4 ed. Barcelona: Editorial GRAÓ.
- ³⁵Lee, J. (2016). *Learning unreal engine game development*. Packt Publishing Ltd.

- ³⁶Lerma García, L., Rivas Porras, D., Adame Gallegos, J. R., Ledezma Millán, F., López De La Torre, H. A., & Ortiz Palomino, C. E. (2020). Realidad Virtual como técnica de enseñanza en Educación Superior: perspectiva del usuario. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria De Didáctica*, 38(1), 111–123. <https://doi.org/10.14201/et2020381111123>
- ³⁷Lum, H. C., Elliott, L. J., Aqlan, F., & Zhao, R. (2020). Virtual Reality: History, Applications, and Challenges for Human Factors Research. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 64, No. 1, pp. 1263-1268). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1071181320641300>
- ³⁸Makransky, G., Petersen, G. B., & Klingenberg, S. (2020). Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science?. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2079-2097. <https://doi.org/10.1111/bjet.12954>
- ³⁹Mancero, P. B., & Carmona, C. S. V. (2015). Estrategias didácticas para la enseñanza de la asignatura Técnicas de Estudio en la Universidad Nacional de Chimborazo. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (19), 271-290. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441846096014>
- ⁴⁰Martí, J. (2017). La investigación-acción participativa: estructura y fases. <http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/175>
- ⁴¹Martin, J. H. (2014). *Neuroanatomía-: Texto e Atlas*. AMGH Editora.

- ⁴²Ortiz, M., & Borjas, B. (2008). La Investigación Acción Participativa: aporte de Fals Borda a la educación popular. *Espacio abierto*, 17(4), 615-627.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12217404>
- ⁴³Rivilla, A. M., Mata, F. S., González, R. A., Entonado, F. B., & de Vicente Rodríguez, P. S. (2009). *Didáctica general* (pp. 6-35). Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- ⁴⁴Salgado, T. G., Ibeas, C., Gravert, I., León, A., & Rojas, M. (2022). Características de un escenario de Realidad Virtual para el aprendizaje de anatomía: Una revisión bibliográfica. *Revista Española de Educación Médica*, 3(3).
<https://doi.org/10.6018/edumed.542861>
- ⁴⁵Sandralegar, A., Bernard, F., Khatchatourov, S., Janssen, I., Schaller, K., Bijlenga, P., & Haemmerli, J. (2024). 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. *Neurosurgical Focus*, 56(1), E14.
<https://doi.org/10.3171/2023.10.FOCUS23620>
- ⁴⁶Saravia Domínguez, H., Saavedra Villar, P., Felices Vizarreta, L. M., Campos Espinoza, M. M., & Janampa Urbano, J. R. (2024). La aplicación del diseño curricular por competencias en la Educación Superior: Una revisión sistemática 2019-2023. *Comuni@cción*, 15(1), 92-104. <http://dx.doi.org/10.33595/2226-1478.15.1.995>
- ⁴⁷Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). Understanding virtual reality. *San Francisco, CA: Morgan Kauffman*.

- ⁴⁸Suárez-Escudero, J. C., Posada-Jurado, M. C., Bedoya-Muñoz, L. J., Urbina-Sánchez, A. J., Morales, J. L. F., & Bohórquez-Gutiérrez, C. A. (2020). Enseñar y aprender anatomía. *Acta Médica Colombiana*, 45(4). <https://doi.org/10.36104/amc.2020.1898>
- ⁴⁹Taba, H. (1993). *Elaboración del curriculum*. Troquel Editorial.
- ⁵⁰Ticona, R. M. L., Condori, J. L. M., Mamani, J. S. M., & Santos, F. E. Y. (2020). Paradigma sociocrítico en investigación. *PsiqueMag*, 9(2), 30-39. <https://doi.org/10.18050/psiquemag.v9i2.2656>
- ⁵¹Tyler, R. W. (1986). Changing Concepts of Educational Evaluation. *International Journal of Educational Research*, 10(1), 1-113.
- ⁵²UNESCO. (1998). Conferencia Mundial sobre la Educación Superior: La educación superior en el siglo XXI, visión y acción. UNESCO.
- ⁵³Urbina, E. C. (2020). Investigación cualitativa. *Applied Sciences in Dentistry*, 1(3). <https://rhv.uv.cl/index.php/asid/article/download/2574/2500>
- ⁵⁴van Deursen, M., Reuvers, L., Duits, J. D., de Jong, G., van den Hurk, M., & Hensen, D. (2021). Virtual reality and annotated radiological data as effective and motivating tools to help Social Sciences students learn neuroanatomy. *Scientific Reports*, 11(1), 12843. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92109-y>
- ⁵⁵Vasco, C. (1990). Algunas reflexiones sobre la pedagogía y la didáctica. *Pedagogía, discurso y poder*, 6(11), 107-122.

⁵⁶Vásquez Carbonell, M. (2019). Prototipo de programa computarizado en realidad virtual para la enseñanza de la anatomía cerebral a estudiantes de psicología en la Universidad de la Costa.

⁵⁷Zapata, F., & Rondán, V. (2016). La investigación-acción participativa. *Instituto de Montaña. Perú*, 1-58. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pa00n1qh.pdf

Anexos

Anexo 1. *Cuestionario sobre Dificultades en el Aprendizaje de Neuroanatomía para Estudiantes de Psicología SA-SM.*

Cuestionario sobre Dificultades en el Aprendizaje de Neuroanatomía para Estudiantes de Psicología SA-SM.	
Por favor, responde de manera detallada y honesta a las siguientes preguntas. El objetivo es identificar las dificultades específicas relacionadas con la didáctica y la disponibilidad de recursos didácticos en el aprendizaje de neuroanatomía.	
Información Demográfica	
Edad:	
Género:	
Semestre/curso en el que te encuentras:	
Repitente de asignatura: S/No ¿Cuál?:	
Recursos Didácticos Utilizados	
¿Qué tipo de recursos (libros, videos, presentaciones, simulaciones, etc.) has utilizado para estudiar neuroanatomía?	
¿Cómo calificarías la calidad y utilidad de los recursos disponibles?	
¿Has presentado dificultades debido a la falta de experiencias in-situ (Laboratorios) para el	

aprendizaje de neuroanatomía?	
¿Puedes proporcionar ejemplos de situaciones en las que la ausencia de experiencias in-situ (Laboratorios) dificultó tu comprensión?	
¿Crees que las metodologías empleadas son efectivas para facilitar el aprendizaje de la materia?	
¿Cómo podrían adaptarse las metodologías de enseñanza para abordar mejor tus necesidades?	

Anexo 2. Consentimiento informado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES DE INVESTIGACIÓN
<p>Yo, _____, identificado (a) con cédula de ciudadanía número _____ de _____, actuando en pleno uso de mis facultades mentales e intelectuales, manifiesto mi aceptación voluntaria en la investigación, además de la participación en grupo focal y que dicho estudio me será reportado a fin de reconocer todos mis resultados.</p> <p>Certifico que he recibido y comprendido que la información que reciba el investigador es de carácter confidencial con fines de investigación, por lo cual, no podrá ser utilizada para otros fines que no sean los descritos previamente. En caso de ambientes legales, se hará especial énfasis en la no autoincriminación y la no observancia del secreto profesional.</p> <p>Se me indicó que la investigación a la cual decido participar se titula “Implementación de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de la neuroanatomía dirigido a estudiantes de psicología de la Universidad Sergio Arboleda Sede Santa Marta”</p> <p>También se me indicó que yo puedo revocar el consentimiento o dar por terminada en cualquier momento la relación entre el investigador y yo cuando lo considere pertinente, sin que ello implique ningún tipo de consecuencia para mí.</p>

Nombre del participante: _____	Firma: _____
C.C. No _____	_____
Nombre del investigador: _____	Firma: _____
C.C. No _____	_____

Anexo 3.

<p>Entrevista semiestructurada para validación por expertos para la implementación de un entorno de realidad virtual para el aprendizaje de neuroanatomía para Estudiantes de Psicología SA-SM.</p>	
<p>El propósito de esta entrevista es obtener su valiosa retroalimentación sobre el entorno de realidad virtual, enfocándonos en su usabilidad, efectividad en la mejora del aprendizaje, y posibles áreas de mejora.</p>	
<p>Confidencialidad y Consentimiento</p>	
<p>Toda la información que comparta será confidencial y utilizada únicamente para fines de investigación y mejora del entorno. ¿Está de acuerdo con esto?</p>	
<p>Preguntas de la Entrevista</p>	
<p>¿Qué tan fácil le resultó utilizar el entorno de realidad virtual?</p>	<p>Subpreguntas de Sondeo:</p> <p>¿Hubo alguna parte del entorno que encontró particularmente intuitiva o complicada?</p> <p>¿Requirió alguna asistencia o guía adicional para navegar por el entorno?</p>
<p>¿Sintió que el entorno de realidad virtual mejoró</p>	<p>Subpreguntas de Sondeo:</p>

<p>su comprensión de la neuroanatomía?</p>	<p>¿Podría proporcionar algún ejemplo específico de cómo el entorno mejoró su comprensión?</p> <p>¿Cómo compararía el aprendizaje en el entorno de realidad virtual con métodos tradicionales (libros, clases presenciales)?</p>
<p>¿Qué aspectos del entorno de realidad virtual considera más útiles para el aprendizaje?</p>	<p>Subpreguntas de Sondeo:</p> <p>¿Hubo algún elemento interactivo que destacara?</p> <p>¿Cómo le ayudaron los visuales y las animaciones en su aprendizaje?</p>
<p>¿Hay algún aspecto que considere que podría mejorarse o añadirse al entorno de realidad virtual?</p>	<p>Subpreguntas de Sondeo:</p> <p>¿Encontró alguna característica que le pareció menos útil o que causó confusión?</p> <p>¿Hay alguna funcionalidad o herramienta adicional que cree que debería incluirse?</p>