

bRAIn: Modelo de cerebro en realidad aumentada para la enseñanza de desórdenes de la memoria a estudiantes de Psicología

José Manuel Sánchez-Sordo^{1*}, Sergio Teodoro-Vite²

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, FES Iztacala

 0000-0001-6569-251X

² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería

 0000-0002-7943-8819

*Correspondencia

José Manuel Sánchez Sordo jose.sordo@iztacala.unam.mx

Citación

Sánchez-Sordo JM, Teodoro-Vite S: bRAIn: Modelo de cerebro en realidad aumentada para la enseñanza de desórdenes de la memoria a estudiantes de Psicología. JONED. Journal of Neuroeducation. 2024; 5(1): 85-96. doi: 10.1344/joned.v5i1.45812

Fecha de recepción:
31/01/2024

Fecha de aceptación:
02/07/2024

Fecha de publicación:
15/07/2024

Contribuciones de los autores

El manuscrito ha sido aceptado por todos los autores.

Conflicto de intereses

Los autores declaran la ausencia de conflicto de interés derivado de este trabajo.

Editora

Laia Lluch Molins (Universitat de Barcelona, España)

Revisores

Norton Contreras Paredes
Alberto Gatti

Derechos de autor

© José Manuel Sánchez-Sordo, Sergio Teodoro-Vite, 2024

Esta publicación está sujeta a la Licencia Internacional Pública de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 de Creative Commons.



Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo e implementación de un modelo interactivo de cerebro humano con realidad aumentada (bRAIn) para enseñar desórdenes de la memoria a estudiantes de Psicología. La aplicación bRAIn permite al estudiante explorar estructuras cerebrales relacionadas con la memoria y comprender la amnesia anterógrada basada en el caso del paciente HM. Se llevó a cabo un estudio preexperimental con diseño pretest y posttest, utilizando una muestra de 61 estudiantes de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los resultados revelaron un incremento significativo (.000) en los niveles de conocimiento sobre desórdenes de la memoria tras utilizar la aplicación bRAIn, confirmado mediante análisis estadísticos descriptivos y la prueba t de Student. La tecnología de realidad aumentada ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje de conceptos complejos de neurociencias en estudiantes de Psicología. bRAIn brinda una experiencia educativa inmersiva y significativa al combinar teoría neurocientífica con tecnología digital. Además, destaca la importancia de adaptar enfoques educativos a la era digital y aprovechar el potencial de tecnologías digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: realidad aumentada, cerebro humano, desórdenes de la memoria, enseñanza, neurociencias.

Resum

Aquest treball presenta el desenvolupament i implementació d'un model interactiu del cervell humà amb realitat augmentada (bRAIn) per ensenyar trastorns de la memòria a estudiants de Psicologia. L'aplicació bRAIn permet als estudiants explorar les estructures cerebrals relacionades amb la memòria i comprendre l'amnèsia anterògrada basada en el cas del pacient HM. Es va dur a terme un estudi preexperimental amb disseny pretest-posttest, utilitzant una mostra de 61 estudiants de Psicologia de la Universitat Nacional Autònoma de Mèxic. Els resultats van revelar un increment significatiu (.000) en els nivells de coneixement sobre trastorns de la memòria després d'utilitzar l'aplicació bRAIn, confirmat mitjançant anàlisis estadístics descriptius i la prova t de Student. La tecnologia de

realitat augmentada ha demostrat ser una eina efectiva per millorar l'aprenentatge de conceptes complexos de neurociències en estudiants de psicologia. bRAin ofereix una experiència educativa immersiva i significativa al combinar teoria neurocientífica amb tecnologia digital. A més, destaca la importància d'adaptar enfocaments educatius a l'era digital i aprofitar el potencial de tecnologies digitals en el procés d'ensenyament-aprenentatge.

Paraules clau: realitat augmentada, cervell humà, trastorns de la memòria, ensenyament, neurociències.

Abstract

This paper introduces the development and implementation of an interactive model called bRAin, which utilizes augmented reality to teach Psychology students about memory disorders. With the bRAin application, students can explore brain structures related to memory and gain a deeper understanding of anterograde amnesia, drawing insights from the case of patient H.M. The study followed a preexperimental design with a pretest-posttest approach, involving 61 Psychology students from the National Autonomous University of Mexico. The results showed a significant increase (.000) in the students' knowledge levels regarding memory disorders after using the bRAin application. This was supported by both descriptive statistical analyses and the Student's t-test. Augmented reality has proven to be an effective tool for enhancing the comprehension of complex neuroscience concepts. By combining neuroscientific theory with digital technology, bRAin offers an immersive and meaningful educational experience. Moreover, the study highlights the importance of adapting educational approaches to the digital era and harnessing the potential of digital technologies in the teaching-learning process. The successful integration of augmented reality in Psychology education represents a significant advancement in imparting complex neuroscience concepts. This indicates that digital technologies, particularly augmented reality, hold promising prospects for transforming education.

Keywords: augmented reality, human brain, memory disorders, teaching, neuroscience.

Introducción

En los últimos tiempos, los modelos educativos han experimentado notables cambios debido a la irrupción de tecnologías computacionales que posibilitan la interacción en el proceso de adquisición y creación de conocimiento, enriqueciendo así la experiencia educativa¹. Se considera que estas tecnologías, por su capacidad para facilitar estrategias de aprendizaje, desempeñarán un papel fundamental en el futuro de la educación, tal como apuntan Conrads y Redecker², quienes sostienen que transformarán la forma en que aprendemos y qué aprendemos

durante el período comprendido entre los años 2020 y 2030.

En este contexto, se vuelve imperativo abordar el aprendizaje y la enseñanza usando tecnologías altamente aplicables en la actualidad, como la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA). Según Vera³, estas tecnologías se fundamentan en simulaciones gráficas dinámicas que sumergen al usuario en un entorno artificial, percibido como real debido a la estimulación sensorial. Específicamente, la realidad aumentada se caracteriza por fusionar el mundo físico con el virtual, superponiendo contenido generado por computadora en nuestra visión por medio de

dispositivos móviles como *smartphones*, tabletas o visores⁴.

Tanto la realidad virtual como la realidad aumentada son consideradas en un nivel global como tecnologías con un enorme potencial de crecimiento. Según previsiones de IDC Research⁵, la inversión en RV y RA se multiplicará en los próximos años, y generará una demanda en el sector educativo de aplicaciones accesibles de realidad aumentada, virtual o mixta que se adapten a las necesidades de estudiantes en diferentes currículos y niveles educativos. De esta manera, dichas aplicaciones buscarán tener un impacto significativo en las actividades de enseñanza formal, al sumergir a los alumnos en ambientes artificiales que estimulan su proceso de aprendizaje⁶.

En el caso de la enseñanza de Psicología, y particularmente en el ámbito de la educación a distancia, la inclusión de estas tecnologías se pondera altamente plausible para apoyar actividades que los estudiantes llevan como parte de una sólida formación práctica que les permite aprender conocimientos clave de la disciplina, como son los mecanismos cerebrales que subyacen en los procesos comportamentales y memorísticos en el ser humano, ya que, para Geffner⁷, el cerebro es el órgano que nos hace pensar, sentir, desear y actuar. Es el asiento de múltiples y diferentes acciones, tanto conscientes como no conscientes, que nos permiten responder a un mundo en continuo cambio. En este sentido, la enseñanza de contenidos aplicados de neurociencias cobra relevancia en los planes de estudio de Psicología, pues permite conocer las nociones básicas para la exploración clínica del sistema nervioso⁸.

Tradicionalmente, los principios de neurociencias del comportamiento se enseñan mediante el análisis y ejemplificación de casos clínicos en el aula, destacando entre ellos el del paciente HM⁹. La relevancia de este caso en las neurociencias del comportamiento y su enseñanza radica en su contribución al descubrimiento parcial de los mecanismos de la memoria humana y al diagnóstico posterior de la amnesia anterógrada. En la década de 1950, HM padecía epilepsia severa, lo que le llevó a someterse a una neurocirugía para la extracción de tres cuartas partes del hipocampo y la amígdala para aliviar los síntomas. Lamentablemente, aunque la cirugía logró controlar las convulsiones, HM desarrolló amnesia anterógrada, lo que le impedía la formación de nuevos recuerdos explícitos sobre hechos y eventos¹⁰.

El caso de HM proporcionó información valiosa sobre el funcionamiento de la memoria humana y la relevancia del hipocampo en la formación de recuerdos a largo plazo. A pesar de su amnesia anterógrada, los estudios realizados con HM revelaron que su memoria a corto plazo y sus habilidades de aprendizaje implícito permanecieron intactas. Estos hallazgos llevaron a importantes avances en la comprensión de los mecanismos cerebrales involucrados en la memoria y en cómo diferentes áreas del cerebro participan en distintos tipos de recuerdos¹¹.

Si bien la revisión de casos clínicos como el de HM en el aula tradicional aporta elementos y conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro y los procesos mnésicos, dichos contenidos son susceptibles de ser apoyados o enseñados con elementos virtuales de realidad aumentada que, por un lado, simulen el cerebro humano en su dimensión orgánica y, por otro, permitan la interacción con el estudiante para que este conozca de modo aplicado las estructuras cerebrales implicadas en los desórdenes de la memoria y sus consecuencias en el área comportamental, ya que la detección visual de información por medio de realidad aumentada supone un acceso al conocimiento empírico¹². Por lo tanto, el desarrollo de un modelo interactivo de cerebro con dicha tecnología se propone como una alternativa innovadora para la enseñanza aplicada de conceptos básicos de las neurociencias del comportamiento en psicología.

Finalmente, cabe mencionar que propuestas formativas en entornos tecnológicos similares a la realidad permiten la enseñanza de contenidos específicos, al mismo tiempo que incorporan tecnologías de última generación a los planes de estudio de psicología, lo cual supone una innovación importante al seguir la tendencia de ámbito mundial en la enseñanza y tratamientos en neurociencias¹³. Y complementa, así, la formación de estudiantes y docentes al fomentar el desarrollo de competencias digitales para la enseñanza y el aprendizaje, como menciona Levano-Francia¹⁴.

Apartado metodológico

A) Objetivo general

Desarrollar e implementar un modelo interactivo de cerebro humano con realidad aumentada (bRAIn) para la enseñanza de desórdenes de la memoria a estudiantes de la licenciatura en Psicología de la

Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México y evaluar su impacto en el aprendizaje.

B) Objetivos específicos

- i. Modelar un cerebro humano en 3D que resalte los cuatro lóbulos cerebrales, sus funciones básicas, las estructuras hipocampo y la amígdala.
- ii. Diseñar un simulador con base en el caso del paciente HM para el diagnóstico de la amnesia anterógrada y el conocimiento de la memoria de tipo declarativo.

C) Hipótesis

H0. El uso del entorno de realidad aumentada (bRAIn) no incrementará los niveles de conocimiento en el estudiantado sobre la memoria y sus desórdenes.

H1. El uso del entorno de realidad aumentada (bRAIn) incrementará los niveles de conocimiento en el estudiantado sobre la memoria y sus desórdenes.

D) Tipo de estudio

Se realizó un estudio preexperimental con diseño pretest y posttest.

E) Muestra

Para esta primera puesta en marcha del entorno de realidad aumentada, se contó con una muestra no probabilística de 61 estudiantes, hombres y mujeres del cuarto semestre de la licenciatura presencial en Psicología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En cuanto a sus habilidades para el uso de aplicaciones digitales, el 55 % de los participantes consideraba tener un nivel regular de habilidad; el 37,5 %, bueno; mientras que el 7,5 % restante consideraba tener malas habilidades. De igual modo, el 69,4 % reportó que ya había utilizado aplicaciones de realidad

aumentada con anterioridad, mientras que el 30,6 % no la había usado previamente.

Procedimiento

Para el presente proyecto se llevó a cabo el diseño, desarrollo y utilización de un entorno de realidad aumentada que contiene un modelo interactivo de cerebro humano para la enseñanza de los desórdenes mnésicos con base en el caso clínico del paciente HM. Para ello se desarrollaron las siguientes fases a largo del proyecto:

-Fase 1) Planeación y diagramación del modelo de realidad aumentada

Durante esta fase se llevará a cabo la planeación de la funcionalidad de la aplicación de realidad aumentada, así como de las secciones que le componen y los contenidos fácticos y de evaluación que mostrará al ser utilizada. Para ello, en primera instancia se desarrollaron los diagramas de flujo pertinentes y el ulterior pseudocódigo.

De manera general, la aplicación consta cinco secciones dentro de su interfaz de usuario:

1. Menú general.
 - a. Contenido fáctico sobre memoria declarativa y procedimental.
 - b. Generales del caso clínico del paciente HM.
 - c. Simulador:
 - i. Primera interacción del usuario con el modelo cerebral de realidad aumentada que contiene información básica sobre cada uno de los lóbulos cerebrales, cerebelo, tallo cerebral, hipocampo y amígdala.
 - ii. Segunda interacción del usuario con el modelo cerebral de realidad aumentada con fines de evaluación.
 - iii. Tercera interacción con el modelo cerebral de realidad aumentada con fines de contrastación (cerebro sano y cerebro de HM).



Imagen 1. Interfaz de usuario (menú principal)

-Fase 2) Modelado y programación del simulador:

Durante esta fase se modeló en 3D por medio del software Blender un cerebro humano "sano" (sin intervención quirúrgica), manipulable en 360 grados y con vista externa e interna que incluye las estructuras; tallo cerebral, cerebelo, hipocampo y amígdala. Así como los diferentes lóbulos cerebrales seccionados y resaltados. Una vez modelado dicho cerebro "sano", se procedió a modelar un cerebro intervenido quirúrgicamente con las características del paciente HM, mostrando y resaltando los cortes en el hipocampo y extracción de la amígdala (imagen 2).

Una vez concluida la fase de modelado 3D, se dio paso a la programación en Unity con el lenguaje C#, a las interacciones entre el usuario y la aplicación que permiten visualizar y seleccionar los lóbulos cerebrales, conocer sus funciones básicas y visualizar e identificar las estructuras internas del cerebro relacionadas con la memoria declarativa (hipocampo y amígdala) y sus funciones.

De igual modo, se programó una sección en la cual una vez que el cerebro "sano" ha sido explorado

por el estudiante y la información de cada estructura mostrada, se da paso a una breve evaluación en la cual el usuario debe identificar las estructuras que fueron intervenidas quirúrgicamente en el paciente HM. Y si estas son seleccionadas correctamente, se inicia otra sección donde el estudiante puede comparar el cerebro sano con el del paciente HM.

Finalmente, se empleó el software Vuforia para la generación de la APK del modelo interactivo que puede ser instalada y utilizada en cualquier dispositivo móvil (teléfono o tableta) Android con cámara.

-Fase 3) Utilización y evaluación del modelo por estudiantes:

Se otorgó el instructivo y vínculo de descarga de la aplicación a la muestra de estudiantes de Psicología ($n = 61$), así como un cuestionario que debían de responder previo al uso del entorno de realidad aumentada y después de este (pretest y postest). El cuestionario contenía preguntas de opción múltiple que tenían como fin evaluar los conocimientos de los estudiantes sobre los tipos de memoria, las es-

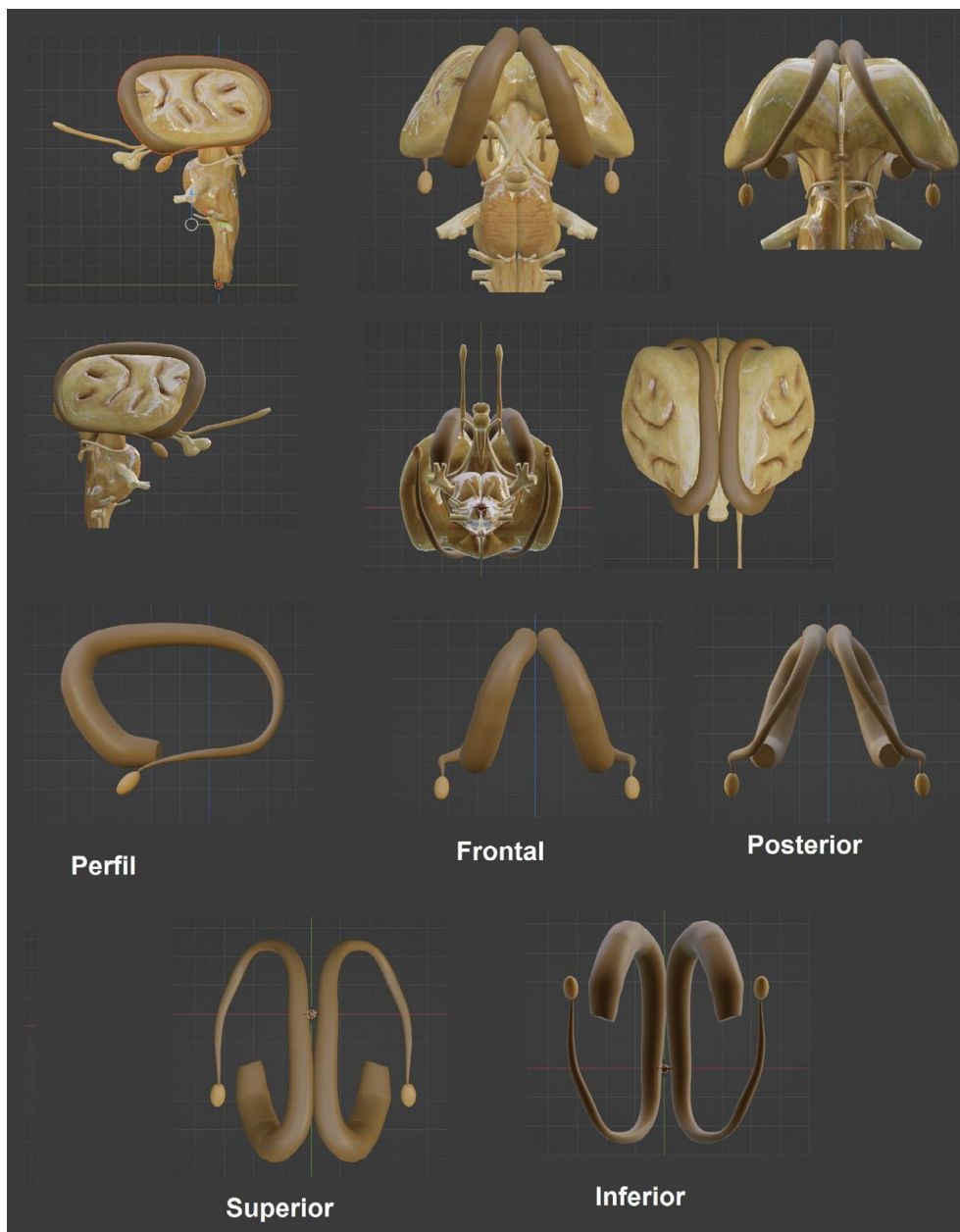


Imagen 2. Modelado 3D de estructuras cerebrales (hipocampo, amígdala, cerebelo y tallo cerebral).

estructuras cerebrales relacionadas y sus trastornos. A continuación, se muestran algunas de las preguntas:

1. ¿Cuál de las siguientes opciones corresponde a la definición de amnesia anterógrada?
 - a) Afectación cerebral que ocasiona que las personas tengan déficit de atención e hiperactividad
 - b) Afectación cerebral que ocasiona que las personas pierdan la capacidad para generar nuevos recuerdos
 - c) Afectación cerebral que ocasiona una pérdida temporal de la memoria a corto plazo
2. De las siguientes estructuras cerebrales, ¿cuáles son las relacionadas con la memoria de tipo episódico?
 - a) Hipocampo y amígdala
 - b) Cerebelo y córtex
 - c) Lóbulo occipital y cuerpo caloso
3. De las siguientes definiciones, ¿cuál sería la correcta para describir la memoria de tipo semántico?
 - a) Es aquella relacionada con los recuerdos de índole afectivo y hechos fácticos, como pudiera ser, por ejemplo, que América es un continente, así como el

recordar nuestra infancia al pasar por un parque en el cual jugábamos cuando éramos niños.

- b) Es aquella relacionada con el uso de maquinaria o herramientas, es decir, la memorización de pasos que hay que seguir para llevar a cabo alguna acción en particular, como pudiera ser, por ejemplo, andar en bicicleta
 - c) Es aquella relacionada con el almacenamiento de información para ejecutar acciones en tiempo real. También se le conoce como memoria de trabajo.
4. De las siguientes definiciones, ¿cuál sería la correcta para describir la memoria de tipo procedimental?
- a) Es aquella relacionada con los recuerdos de índole afectivo y hechos fácticos, como pudiera ser, por ejemplo, que América es un continente, así como el recordar nuestra infancia al pasar por un parque en el cual jugábamos cuando éramos niños.
 - b) Es aquella relacionada con el uso de maquinaria o herramientas, es decir, la memorización de pasos que hay que seguir para llevar a cabo alguna acción

en particular, como pudiera ser por ejemplo andar en bicicleta.

- c) Es aquella relacionada con el almacenamiento de información para ejecutar acciones en tiempo real. También se le conoce como memoria de trabajo.

Resultados del proyecto bRAin

En este apartado se muestran algunas capturas de pantalla de la versión final de la aplicación de realidad aumentada desarrollada en este estudio (bRAin) al ser ejecutada desde un *smartphone* (véanse imágenes 3 a 6).

Posteriormente, se incluyen los análisis estadísticos (pretest y posttest) derivados de su uso por parte de la muestra de 61 estudiantes, lo que permitió conocer si hubo o no impacto significativo en sus conocimientos sobre los «desórdenes de la memoria», así como su opinión con relación a la usabilidad del entorno.



Imagen 3. Pantalla de la aplicación que muestra información sobre la memoria de tipo declarativo.

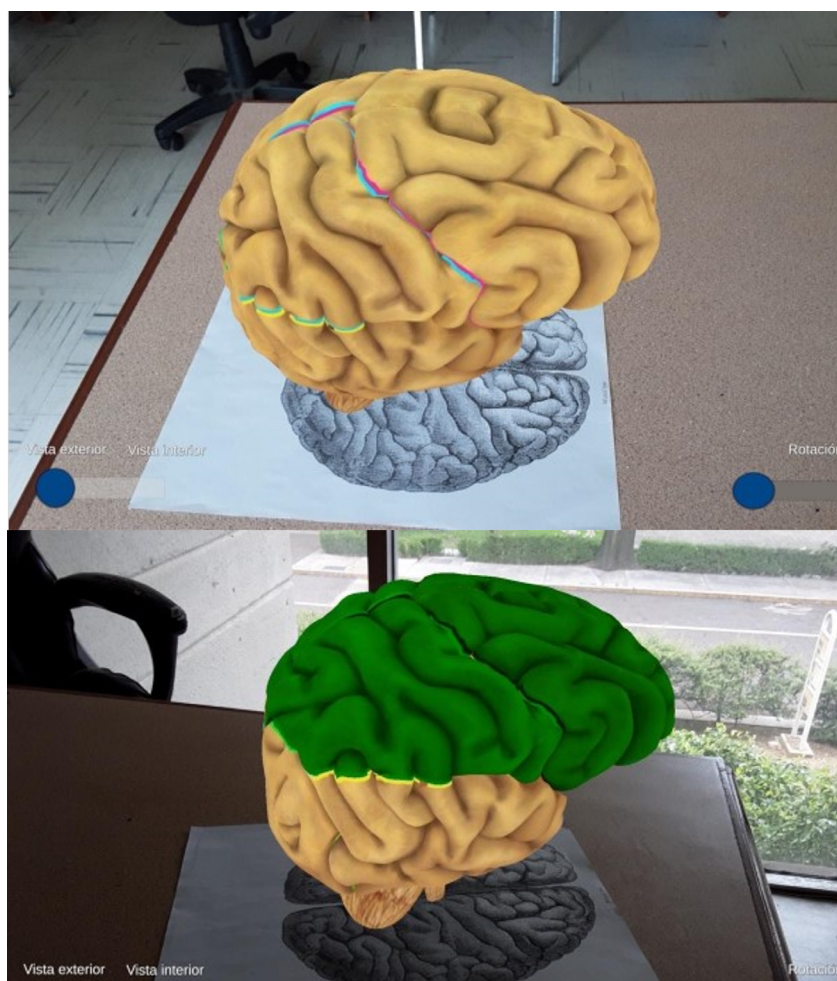


Imagen 4. Aplicación ejecutada desde una tableta que muestra la vista externa del cerebro sin lóbulos cerebrales seleccionados por el estudiante (arriba) y con los lóbulos frontal y parietal seleccionados (verde).

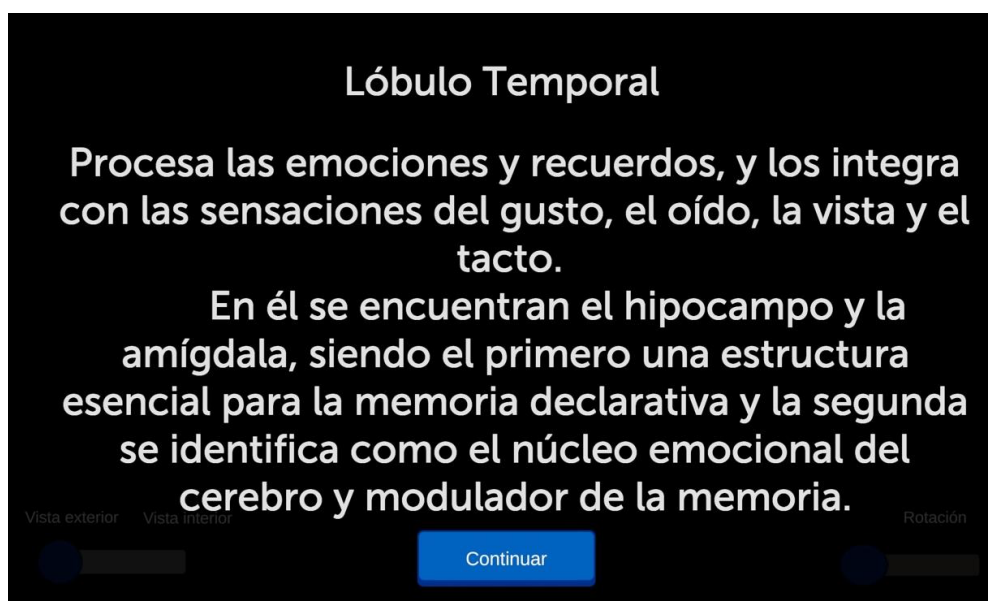


Imagen 5. Información desplegada al seleccionar el lóbulo temporal.

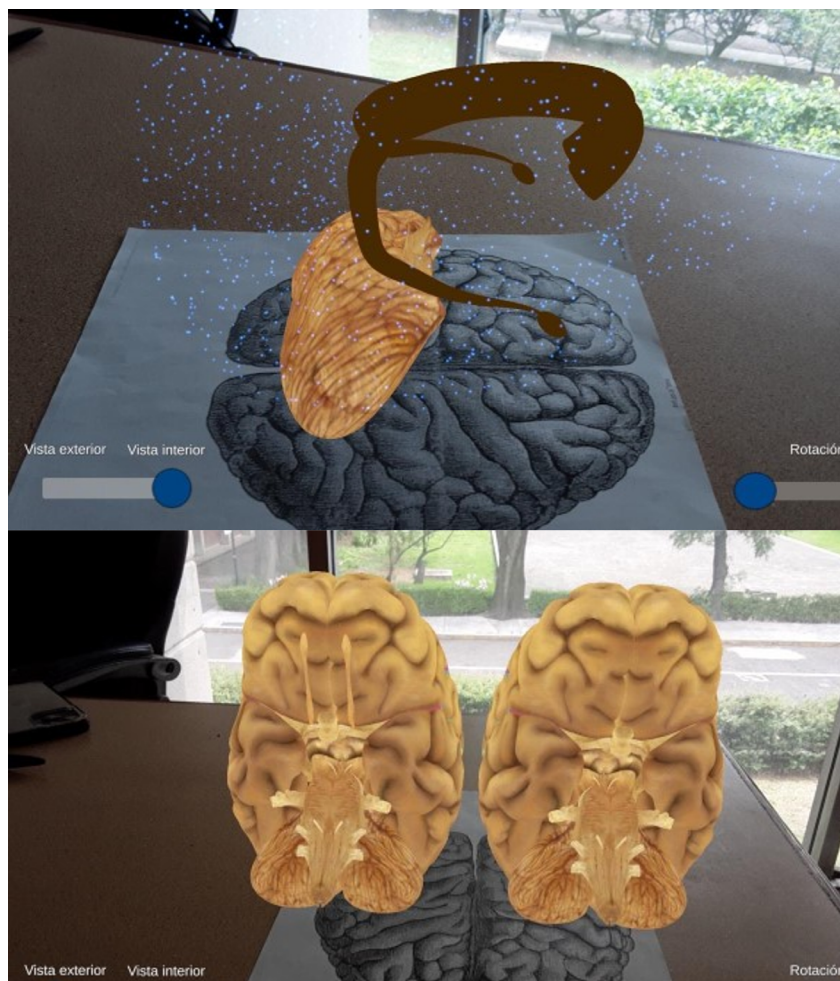


Imagen 6. Arriba, vista interna del cerebro (se muestran cerebelo, hipocampo y amígdalas). Abajo, vista inferior externa del cerebro (se muestran dos cerebros, uno “sano” y el de HM.intervenido sin hipocampo y amígdalas).

Resultados del impacto en los conocimientos del grupo de estudiantes (pretest y postest):

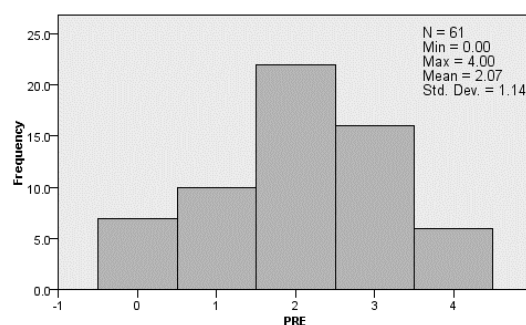
A continuación, se muestran los estadísticos descriptivos, así como los resultados obtenidos con la prueba t de Student para conocer si hubo incremento significativo en el conocimiento sobre la memoria y sus trastornos por parte de los 61 estudiantes tras haber utilizado la aplicación “bRAin.

Como se muestra en la **tabla 1**, los puntajes en el cuestionario por parte de quienes han participado (n = 61) son mayores en el postest (3.16), lo cual indica un incremento en los conocimientos tras haber utilizado la aplicación.

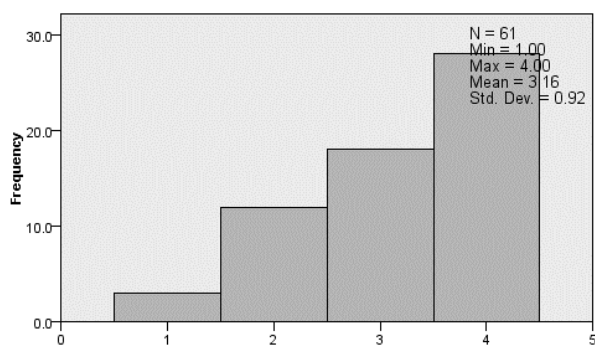
En la **gráfica 1** puede observarse que la puntuación mínima obtenida en el cuestionario previo al uso de la aplicación por los participantes fue 0, mientras que la media fue de 2.07 y la máxima de 4, siendo 2 puntos la más frecuente.

Tabla1. Estadísticos descriptivos de la muestra (pretest y postest)

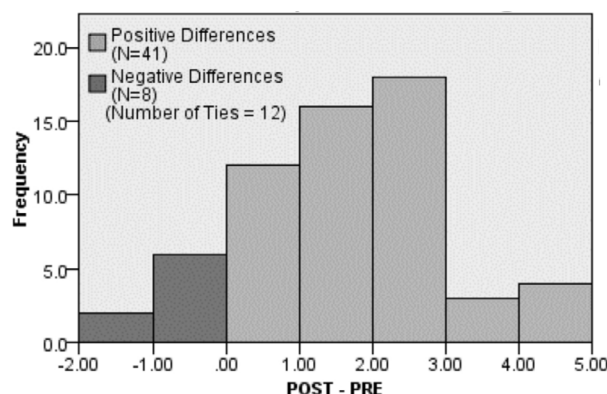
	Media	N	Desviación std.	Media de error std.
PRE	2.0656	61	1.13826	.14574
POST	3.1639	61	.91616	.11730



Gráfica 1. Puntuaciones en el pretest.



Gráfica 2. Puntuaciones en el postest.



Gráfica 3. Diferencias entre el pretest y el postest.

Tabla 2. Prueba t para muestras relacionadas

Par 1 Media	Diferencias pareadas		Media de error std.	Intervalo de confianza (95%)		t	gl	Sig. (2-colas)
	Media	S		Inferior	Superior			
POST - PRE	1.09836	1.41073	.18063	.73706	1.45967	6.081	60	.000

En la **gráfica 2** se muestra que la puntuación mínima obtenida en el cuestionario posterior al uso de la aplicación por los participantes fue de 1, mientras que la media fue de 3.16 y la máxima de 4, siendo 4 puntos la más frecuente, lo cual denota un incremento en las puntuaciones de los estudiantes tras haber utilizado la aplicación bRAIn.

Podemos observar en la **gráfica 3** las diferencias obtenidas entre el pretest y el postest, donde se obtuvieron 41 incrementos en las puntuaciones en el postest, 8 disminuciones y 12 empates. Lo cual sugiere que el uso de la aplicación bRAIn incrementó los niveles de conocimiento en la mayoría de la muestra de estudiantes sobre la memoria y sus desórdenes.

Según los resultados de la prueba t para muestras relacionadas, existe una diferencia estadísticamente significativa (.000) entre las mediciones "POST" y "PRE", siendo los valores "POST" significativamente más altos en promedio que los valores "PRE". Lo cual permite, entonces, rechazar la hipótesis nula de este estudio y confirmar que el uso del entorno de realidad aumentada (bRAIn) incrementa los niveles de conocimiento en los estudiantes sobre la memoria y sus desórdenes.

Finalmente, cabe mencionar que en cuanto al uso de la aplicación, el 93,7 % de los estudiantes repor-

taron estar totalmente de acuerdo con que "este tipo de aplicaciones puede ayudar a comprender mejor temas complejos relacionados con el sistema nervioso" y solo 4 (6,3 %) opinan que "tal vez" este tipo de aplicaciones ayudan a comprender mejor temas complejos relacionados con el sistema nervioso. De igual modo, la mayoría (68,3 %) consideran a bRAIn como un objeto de enseñanza "muy útil" y el 22,2 % como "útil".

Discusión

La implementación del modelo interactivo de cerebro humano con realidad aumentada (bRAIn) en la enseñanza de desórdenes de la memoria representa un avance significativo en la educación psicológica. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el uso de esta tecnología tuvo un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes al incrementar sus niveles de conocimiento sobre la memoria y sus trastornos. Esta herramienta ha demostrado ser efectiva al proporcionar una experiencia educativa enriquecedora y atractiva, y al permitir a los estudiantes explorar y familiarizarse con las estructuras cerebrales involucradas en los procesos mnésicos.

La problematización de la importancia del uso de

tecnologías como bRAIn en la educación radica en la necesidad de adaptar y mejorar los enfoques educativos para afrontar los desafíos de la era digital. En la actualidad, los estudiantes están inmersos en un entorno tecnológico en constante evolución, por lo que es fundamental que la educación también evolucione para aprovechar el potencial de estas herramientas. La realidad aumentada y otras tecnologías digitales ofrecen una oportunidad única para transformar la enseñanza y el aprendizaje al proporcionar experiencias interactivas y dinámicas que facilitan la comprensión de conceptos complejos.

La aplicación de bRAIn en la enseñanza de desórdenes de la memoria en Psicología no solo mejora la comprensión de los contenidos teóricos, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades digitales en los estudiantes, lo que es esencial en la sociedad actual. Además, el acceso a estas tecnologías promueve la inclusión y la equidad en la educación al brindar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más accesible e interactiva. Sin embargo, es importante destacar que la implementación efectiva de estas herramientas requiere una planificación adecuada, una infraestructura tecnológica sólida y una formación docente adecuada para garantizar su correcto uso y aprovechamiento en el aula. En última instancia, el uso de tecnologías como bRAIn puede revolucionar la forma en que los estudiantes adquieren conocimientos, promoviendo un aprendizaje significativo y duradero en el campo de la psicología y otras disciplinas educativas.

Conclusiones

En conclusión, la implementación de la aplicación (bRAIn) en la enseñanza de la memoria y sus desórdenes ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de Psicología. Basándonos en los resultados obtenidos, se pudo comprobar que el uso de bRAIn incrementó significativamente los niveles de conocimiento de los estudiantes sobre la memoria y sus trastornos.

Esto resalta la relevancia y el impacto positivo que las tecnologías digitales, como la realidad aumentada, pueden tener en la educación actual.

Los hallazgos del presente estudio están en consonancia con los planteamientos de Clark¹ y Conrads y Redecker², quienes sostienen que las tecnologías digitales en el proceso educativo enriquecen la experiencia de aprendizaje y facilitan estrategias de enseñanza. Asimismo, se corrobora la importancia de adaptar los enfoques educativos a la era digital, tal como lo destacó Levano-Francia¹⁴, para proporcionar a los estudiantes experiencias más atractivas y efectivas que les permitan comprender conceptos complejos de manera dinámica e interactiva.

La aplicación de bRAIn ha demostrado ser especialmente relevante en la enseñanza de contenidos aplicados de neurociencias, como se mencionó en el apartado teórico con las contribuciones de Geffner⁷ y Silva et al.⁸. La posibilidad de explorar el cerebro humano en 3D y visualizar interactivamente las estructuras cerebrales implicadas en los desórdenes de la memoria, como el caso clínico de HM, ha brindado a los estudiantes una experiencia educativa más inmersiva y significativa.

En conclusión, el presente estudio resalta la importancia de incorporar tecnologías como bRAIn en la formación psicológica, ya que no solo mejora la comprensión de los contenidos teóricos, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades digitales en los estudiantes. La realidad aumentada se posiciona como una herramienta prometedora para transformar la enseñanza y el aprendizaje, y su implementación efectiva en el aula puede impulsar un cambio significativo en la forma en que los estudiantes adquieren conocimientos en el campo de las neurociencias y otras áreas educativas. Con ello, se abre un amplio abanico de posibilidades para la mejora continua de la educación y el enriquecimiento de la formación académica en el siglo XXI.

Fuentes de financiación

Trabajo realizado con apoyo del programa UNAM DGAPA PAPIME PE300723.

Referencias

1. Clark B. Cambio sustentable en la Universidad. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Palermo; 2011.
2. Conrads J, Redecker C. Digital Education Policies in Europe and Beyond. Design Principles for Effective Policies, Joint Research Centre (European Commission); 2017.
3. Vera Ocete G, Ortega Carrillo JA, Burgos González MÁ. La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. *Revista Eticenet*. 2003;2(2):1-17.
4. Ruiz Torres D. Realidad aumentada, educación y museos. *Revista ICONO 14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*. 2011;9(2):212-226.
5. Sánchez-Sordo JM, Teodoro-Vite S. Desarrollo de un entorno de realidad aumentada para la enseñanza del condicionamiento operante en Psicología. *Tecnología, Ciencia y Educación*. 2022;23:115-136.
6. Blázquez Sevilla A. Realidad aumentada en educación. *Gabinete de Tele-Educación de la Universidad Politécnica de Madrid*; 2017.
7. Geffner D. El cerebro: organización y función. Recuperado 8 de junio de 2023, de <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/78723/el-cerebro-organizacion-y-funcion>; 2014.
8. Silva J, Ramirez F, Maza G. Exploración clínica del sistema nervioso. Santiago: Editorial Mediterráneo; 2005.
9. Dávila P. El caso de H.M. Una vida sin recuerdos. *Encuentros en Biología*. 2009;2(125):47-56.
10. Scoville WB, Milner B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 1957;20(1):11-21.
11. Corkin S. Permanent present tense: The unforgettable life of the amnesic patient, H. M. Basic Books/Hachette Book Group; 2013.
12. De la Torre Cantero J, Martín-Dorta N, Saorín Pérez JL, Carbonell Carrera C, Contero González M. Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*. 2015;37.
13. Becerra JR, Peñalosa ME, Rodríguez JE, Chacón G, Martínez Molina JA, Saquipay Ortega HV, et al. La realidad virtual como herramienta en el proceso de aprendizaje del cerebro. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*. 2019;38(2).
14. Levano-Francia L, Sanchez Diaz S, Guillén-Aparicio P, Tello-Cabello S, Herrera-Paico N, Collantes-Inga Z. Competencias digitales y educación. *Propósitos y Representaciones*. 2019;7(2):569-588.