GRUPO BLR

NEUROCIENCIA Y EDUCACIÓN: NUEVAS PERSPECTIVAS PARA LA ENSEÑANZA

ISBN: 978-9907-802-26-9

Marco Adrián Criollo Armijos
Ronnal Efraín Andrango Guazumba
Santiago Alexander Argoti López

2026

NEUROCIENCIA Y EDUCACIÓN: NUEVAS PERSPECTIVAS PARA LA ENSEÑANZA

Marco Adrián Criollo Armijos

Ronnal Efraín Andrango Guazumba

Santiago Alexander Argoti López

AUTORES



UTMACH

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica.

©Grupo Editorial BLR
Universidad Técnica de Machala
Riobamba – Ecuador
Correo: publicaciones@grupoblr.com
https://grupoblr.com/libros-investigo
REPOSITORIO



Criollo, M., Andrango, R., Argoti, S. (2026) Neurociencia y educación: Nuevas perspectivas para la enseñanza. Grupo Editorial BLR. Grupo Editorial BLR.

© Marco Adrián Criollo Armijos
Ronnal Efraín Andrango Guazumba
Santiago Alexander Argoti López

Neurociencia y educación: Nuevas perspectivas para la enseñanza.

ISBN: 978-9907-802-26-9

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.

Filiación de los autores

Marco Adrían Criollo Armijos

Universidad Técnica de Machala

Correo Electrónico: macriollo@utmachala.edu.ec

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9200-2203

Ronnal Efrain Andrango Guazumba

Distrito educativo Quinindé, Ecuador

Correo Electrónico: ronnal.andrango@educacion.gob.ec

ORCID: https://orcid.org/0009-0002-6568-7133

Santiago Alexander Argoti López

Unidad Educativa Juan Montalvo

Correo Electrónico: santiago.argoti@educacion.gob.ec

ORCID: https://orcid.org/0009-0003-5400-4752

PREFACIO

Es conocido que el aprendizaje es una de las manifestaciones más complejas y a la vez más asombrosas del ser humano. En los últimos años, a medida que los avances científicos han ido permitiendo observar con una mayor claridad como se establece el funcionamiento del cerebro y también comprender más detalladamente los mecanismos que lo hacen posible, la neuroeducación entonces, aparece como un área del conocimiento interdisciplinario, que recopila los aportes provenientes de la neurociencia, la psicología y la pedagogía para explicar cómo el cerebro aprende, así cómo, para determinar que la enseñanza puede adaptarse mejor a la forma de procesar la información. De lo anterior se desprende que, el propósito de la neuroeducación va más allá de describir procesos: sino en la búsqueda de una transformación de la práctica educativa a partir del conocimiento del propio cerebro.

En forma paralela, el uso de recursos digitales ha ido mostrando nuevas posibilidades para estimular la mente. Aplicaciones basadas en plataformas de entrenamiento cognitivo, como **Lumosity** o **BrainHQ**, muestran la capacidad de la tecnología para aprovechar y optimizar el potencial del cerebro para mejorar sus funciones, siempre y cuando esté fundamentada en evidencia científica y en una aplicación pedagógica bien orientada. Analizar críticamente estas herramientas es esencial para distinguir los avances reales de las simples propuestas comerciales sin respaldo empírico.

Este texto plantea un recorrido que enlaza los principios científicos de la neuroeducación con su aplicabilidad en contextos distintos. A partir del análisis teórico y de estudios de caso, busca determinar cómo el conocimiento del cerebro puede guiar hacia una enseñanza más humana, más flexible y mucho más inclusiva, en donde la tecnología actúe como un complemento al proceso de aprendizaje y no como su sustituto del mismo.

Objetivo General

Determinar, desde un enfoque neurocientífico y pedagógico, los fundamentos teóricos, biológicos y aplicados que explican cómo los procesos cerebrales —como la neuroplasticidad, la atención, la memoria y la regulación emocional— influyen en el aprendizaje, así como evaluar estudios de caso sobre la implementación de aplicaciones digitales orientadas a potenciar la plasticidad cerebral. El propósito es articular la evidencia científica con estrategias educativas y tecnológicas que favorezcan el desarrollo cognitivo, emocional y funcional de los estudiantes y adultos, promoviendo una educación inclusiva, significativa y ajustada a las particularidades del cerebro humano a lo largo del ciclo vital.

ÍNDICE

PREFACIO i

ÍNDICE.....iii

ÍNDICE DE TABLA x

ÍNDICE DE FIGURA xi

CAPÍTULO I 9

1 FUNDAMENTOS DE LA NEUROCIENCIA EDUCATIVA9

1.1 La Neurociencia 10

1.1.1 Beneficios de la neurociencia 11

1.1.2 Avance en la compresión del cerebro – mapeo estructural y funcional.....12

1.1.3 Identificación de mecanismos cerebrales de conducta, aprendizaje y emociones.....17

1.2 La neurociencia como campo interdisciplinario 19

1.2.1 Desarrollo de intervenciones personalizadas 21

1.2.2 Calidad de vida humana 27

1.3 Alcance de la neurociencia educativa 29

1.3.1 Bases de la neurobiología del aprendizaje 31

1.3.2 Mecanismos neuronales del aprendizaje y la memoria.....33

1.3.3 La emoción desde la neurociencia 35

1.3.4 Influencia de las emociones en procesos cognitivos.....37

1.3.5 Estructuras cerebrales implícitas.....39

1.4 Neuroeducación y educación inclusiva.....41

1.4.1 Abordaje de la neurodiversidad 41

1.4.2 Impacto en el desarrollo infantil temprano 42

1.4.3 Neuromitos en el aula.....42

CAPÍTULO II.....44

2 PRINCIPIOS CLAVE Y MECANISMOS COGNITIVOS .44

2.1 Principios clave de la neurociencia educativa.....45

2.2 Plasticidad cerebral 49

2.2.1 Fundamento y relevancia educativa.....49

2.2.2 Mecanismo cognitivo asociado: Potenciación a largo plazo (LTP) 51

2.2.3 Implicaciones para la práctica docente 52

2.3 Emoción y aprendizaje 53

2.3.1 Mecanismo asociado: Activación de la amígdala y redes límbicas 55

2.4 Atención focalizada 56

2.4.1 Importancia de la atención en el aprendizaje 56

2.4.2 Mecanismo asociado: Redes atencionales y función ejecutiva .. 57

2.5 Aprendizaje multisensorial 58

2.5.1 Beneficios del aprendizaje multisensorial 58

2.5.2 Bases neurocientíficas 59

2.5.3 Mecanismo asociado: Integración sensorial 60

2.6 Motivación intrínseca 61

2.6.1 El papel de la motivación en el aprendizaje efectivo 61

2.6.2 Mecanismo asociado: Sistema de recompensa dopaminérgico. 62

2.7 Aprendizaje social 63

2.7.1 La dimensión social del aprendizaje 63

2.7.2 Mecanismo asociado: Neuronas espejo. 64

2.7.3 Importancia del sueño y la actividad física 64

2.7.4 Mecanismo asociado: Consolidación de la memoria durante el sueño 66

2.8 Retroalimentación efectiva.....67

2.8.1 El valor de la retroalimentación o feedback en la autorregulación y el aprendizaje 67

2.8.2 Mecanismo asociado: Refuerzo positivo. 68

2.9 Metacognición.....69

2.9.1 La capacidad de reflexionar sobre el propio aprendizaje.....69

2.9.2 Mecanismo asociado: Funciones ejecutivas.....71

2.10 Entorno emocional positivo 71

2.10.1 Clima emocional y aprendizaje 71

2.10.2 Mecanismo asociado: Regulación emocional. 73

2.10.3 Integración de los principio y mecanismos: Implicaciones para la práctica educativa.....75

2.11 Expectativas y desafíos futuros.....76

2.12 Conclusiones 77

CAPÍTULO III 79

3 ESTRATEGIAS STEAM INFORMADAS POR LA NEUROCIENCIA 79

3.1 El contexto de la innovación educativa 80

3.1.1 El desafío de la atención, la motivación y la retención en la era digital 80

3.2 Potenciación de la motivación 83

3.2.1 El sistema límbico y los sistemas recompensa 83

3.2.2 Optimización de la atención: carga cognitiva y variación didáctica 85

3.2.3 La memoria de trabajo y el proceso de retención 87

3.3 Principios neurocientíficos fundamentales en las practica STEAM 89

3.3.1 Plasticidad cerebral y aprendizaje adaptativo 89

3.3.2 Principio de la Neuroplasticidad: El Cerebro Moldeable y Adaptativo 91

3.3.3 Principio emocional: el sistema límbico como portero del conocimiento 93

3.3.4 La triada neurodidáctica: curiosidad, asombro y motivación 94

3.4 Propuestas didácticas basadas en la evidencia neurocientífica .. 97

3.4.1 Criterios de fiabilidad y la necesidad de evitar neuromitos 98

3.4.2 Propuesta para potenciar la atención 98

3.4.3 Estrategias para fomentar la motivación 100

CAPÍTULO IV 107

4 APLICACIONES DIGITALES PARA POTENCIAR LOS MECANISMOS COGNITIVOS 107

4.1 Criterios de validación neurocientífica y evidencia empírica .. 111

4.2 Criterios de accesibilidad y contexto de uso 116

4.2.1 Definición y fundamentos de la accesibilidad y usabilidad digital 116

4.2.2 Contexto de uso en poblaciones específicas: personas mayores y deterioro cognitivo 117

4.2.3 Desafíos de accesibilidad y equidad en la aplicación de tecnologías neurocientíficas 121

4.3 Criterios de relevancia para el campo de la neuroeducación y la rehabilitación 124

4.4 Análisis crítico de aplicaciones y casos prácticos 126

4.4.1 Selección y descripción de casos prácticos representativos 127

4.4.2 Análisis crítico de evidencia empírica y experiencias de implementación 136

4.5 Comparativa práctica entre aplicaciones y modalidades tecnológicas 148

4.6 Reflexiones críticas, limitaciones y consideraciones éticas 152

4.6.1 Limitaciones metodológicas y evidencia de transferencia 153

4.6.2 Barreras de implementación, accesibilidad y equidad 154

4.6.3 Consideraciones éticas 157

4.7 Recomendaciones prácticas y conclusiones 158

4.7.1 Conclusiones 158

4.7.2 Recomendaciones prácticas 160

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Principales aportes de la neurociencia a distintos campos. 20

Tabla 2. Ejemplos de intervenciones neuroeducativas personalizadas. 23

Tabla 3. Principios clave de la Neurociencia y sus mecanismos cognitivos asociados. 47

Tabla 4. Principios neurocientíficos y su aplicación práctica. 88

Tabla 5. Estudios relevantes de la triada neurodidáctica, curiosidad, asombro y motivación. 95

Tabla 6. Relación entre estrategias didácticas para la atención, motivación y retención. 104

Tabla 7. Rúbrica de evaluación de accesibilidad. 119

Tabla 8. Análisis comparativo de la evidencia empírica, el diseño y la transferencia cognitiva de las aplicaciones Lumosity y BrainHQ. 149

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Representación gráfica de la neurociencia educativa.....9

Figura 2. Tomografía por emisión de positrones.....14

Figura 3. La observación cortical mediante muestreo óptico multifocal sincrónico. 16

Figura 4. Cerebro triuno.....18

Figura 5. Representación gráfica del uso de la neurociencia en intervenciones personalizadas. 23

Figura 6. La neurociencia en el aula. 30

Figura 7. Representación gráfica de la neurogénesis. 32

Figura 8. Principales estructuras cerebrales, claves en el aprendizaje. 35

Figura 9. Las emociones en el proceso de aprendizaje......39

Figura 10. Procesos neurobiológicos y psicológicos de desarrollo de habilidades......46

Figura 11. Relación entre la plasticidad cerebral y la potenciación a largo plazo (LTP) y sus implicaciones en el ámbito educativo. 53

Figura 12. Sistema interconectado de redes atencionales. 58

Figura 13. Representación de estrategias multisensoriales en lectoescritura y su impacto en la activación neuronal y plasticidad cerebral. 60

Figura 14. Efectos del sueño y el ejercicio físico sobre la consolidación de la información y la neuroplasticidad cerebral. ..66

Figura 15. Esquema de interacción entre los procesos cognitivos, la metacognición y los tipos de conocimiento metacognitivo en la autorregulación del aprendizaje......70

Figura 16. Modelo procesual de la autorregulación emocional y su impacto en la receptividad al aprendizaje: mediación del clima interno estable en contextos educativos. 74

Figura 17. Representación gráfica de estrategias Steam. 80

Figura 18. Representación del desafío de la atención. 82

Figura 19. Representación gráfica de potenciación de la motivación. 84

Figura 20. Representación gráfica de la optimización de la atención. 86

Figura 21. Representación gráfica de la neuroplasticidad. 91

Figura 22. Ilustración de aplicación de ABP en el proceso de enseñanza......103

Figura 23. La neuroeducación como disciplina clave para optimizar el aprendizaje y promover la inclusión educativa. 109

Figura 24. La plasticidad cerebral como base biológica de la modificación cognitiva y conductual......111

Figura 25. Análisis crítico y validado de herramientas digitales para la estimulación de la plasticidad cerebral. 126

Figura 26. Interfaz de inicio de la aplicación Lumosity como plataforma de entrenamiento cognitivo digital......128

Figura 27. Usuaria participando en actividades de entrenamiento cognitivo ofrecidas por la aplicación Lumosity. 132

Figura 28. Interfaz de inicio de la aplicación BrainHQ como plataforma de entrenamiento cognitivo digital......133

Figura 29. Interpretación del tamaño de efecto de Cohen (d = 0.255) en la mejora global de la función cognitiva con Lumosity......140

Figura 30. Efecto del entrenamiento cognitivo con BrainHQ en la mejora global de la función cognitiva en pacientes con lesión cerebral traumática leve (mTBI). 141

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTOS DE LA NEUROCIENCIA EDUCATIVA

Durante mucho tiempo, enseñar fue como lanzar semillas al viento, sin conocer realmente el terreno donde caían. Irónicamente, se hablaba de aprendizaje sin entender cómo aprende el cerebro. La neurociencia educativa surge para resolver esta paradoja: unir lo que sabemos del cerebro con lo que hacemos en el aula. Ya no basta con enseñar bien, ahora buscamos enseñar con evidencia. Este capítulo explora los fundamentos de esta disciplina emergente, definiendo sus conceptos clave y mostrando cómo su aplicación puede transformar la práctica pedagógica y dar sentido científico a lo que siempre hicimos por intuición.



Figura 1. Representación gráfica de la neurociencia educativa.

***Nota*.** Imagen generada mediante Whisk. por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

1.1 La Neurociencia

"Dime y lo olvido. Enséñame y lo recuerdo. Involúcrame y aprendo". – Benjamín Franklin. En un mundo que avanza a la velocidad de un pulso neural, la simple recepción de información ya no basta para forjar conocimientos duraderos. Imagina el aprendizaje como un viaje: si solo miras el mapa, puedes perderte; si alguien te explica la ruta, quizás recuerdes algunos giros; pero si tú mismo empuñas el volante en terrenos desconocidos, ese camino quedará grabado en cada fibra de tu ser. Así, Franklin atrapa en una breve frase el poder transformador de la neurociencia.

Según Cavada (2025), quien escribe para la Sociedad Española de Neurociencia (SENC) identifica la interdisciplinariedad como el elemento central que sostiene el desarrollo y la proyección de la neurociencia, la colaboración sistemática entre distintas áreas del saber constituye el motor que impulsa tanto el avance de la disciplina como su capacidad de innovación. El cerebro —el órgano más complejo que conocemos— no puede entenderse bien desde una sola disciplina. Por eso, la neurociencia combina conocimientos de áreas clásicas como Anatomía, Embriología, Fisiología, Bioquímica, Farmacología, Psicología y Neurología con aportes más recientes de las Ciencias de la Computación y la Bioingeniería lo que ha permitido enriquecer el análisis del sistema nervioso.

La consciente relevancia de la neurociencia como un puente entre lo diminuto y lo inmenso no radica únicamente en el conocimiento que produce, sino en su naturaleza múltiple y en su capacidad de constituirse como una ciencia unificadora fundamental. Esta disciplina abarca desde la biología molecular hasta la psicología y la educación, permitiendo una comprensión integral del comportamiento humano. El análisis de los beneficios que ha desarrollado esta ciencia ha demostrado notables avances en distintos campos de estudio, como la medicina, la educación y la inteligencia artificial, mejorando significativamente la calidad de vida del ser humano en diversos aspectos (De la Barrera y Donolo, 2009).

1.1.1 Beneficios de la neurociencia

La neurociencia, como disciplina moderna e interdisciplinaria, ha cobrado una relevancia significativa en la comprensión del cerebro, el sistema nervioso y los procesos mentales, permitiendo avances significativos no solo en la psicología, la biología y la fisiología, sino también en el ámbito educativo. Sus raíces se remontan al siglo XIX con figuras como Santiago Ramón y Cajal, considerado uno de los padres fundadores de esta ciencia, cuya teoría de la "doctrina de la neurona" sentó las bases para entender que las neuronas son unidades individuales que se comunican entre sí (de Castro, 2019). A partir del siglo XX, especialmente después de las guerras mundiales y con la consolidación de programas como el Neuroscience Research Program del MIT, la neurociencia se estableció como un campo estructurado de estudio que conecta múltiples áreas del conocimiento (Flores-Lázaro, 2023).

Gracias al enfoque multidisciplinario integrador de la neurociencia, hoy es posible que la comprensión de nuevos conocimientos, así como los procesos de atención, memoria, emoción, aprendizaje y cualquier estimulo que pueda suceder dentro del ser humano, sean mejor percibidos lo que permite transformar, mejorar y adaptar las prácticas educativas logrando de esta manera el enriquecer la labor docente desde la estructuración de la base científica del funcionamiento cerebral (Universidad Iberoamericana CDMX, 2023).

La declaración enfática de que la neurociencia se sitúa en la encrucijada de diversas áreas de conocimiento —más allá de los dominios de la medicina— revela una verdad mayor: su influencia se extiende a campos tan diversos como la educación, el consumo y la justicia. En la medida en que los hallazgos neurocientíficos tienen el poder de transformar nuestras formas de enseñar, de comprender el comportamiento del consumidor en los mercados, e incluso de impartir justicia. Así, la neurociencia emerge no solo como ciencia del cerebro, sino como catalizadora de una reconfiguración profunda en la manera en que las sociedades se organizan, se educan y se gobiernan (Altimus et al., 2020).

1.1.2 Avance en la compresión del cerebro – mapeo estructural y funcional

En los últimos años, los progresos en neuroimagen y microscopía han transformado radicalmente nuestra forma de observar el cerebro, otorgándonos una mirada más clara y cercana a su complejidad

fascinante. Investigadores del MIT han liderado el desarrollo de una técnica pionera que permite combinar el mapeo estructural del cerebro —es decir, su arquitectura física— con el análisis funcional de su actividad en tiempo real, aplicado en ratones vivos. Esta herramienta, de notable precisión, permite explorar con minuciosidad las neuronas individuales, sus finas ramificaciones, los diminutos vasos sanguíneos y las vainas de mielina que protegen las conexiones neuronales (Escuela Internacional de Neurociencia Empresarial, 2022).

La Universidad de Stanford ha dado un impulso notable a la neurociencia con COSMOS, por sus siglas en ingles “Cortical Observation by Synchronous Multifocal Optical Sampling” la cual es una novedosa técnica bifocal de microscopía que permite capturar películas en tiempo real de la actividad neuronal en toda la corteza de ratones vivos (Charles et al., 2020) Al registrar funciones cognitivas complejas como la toma de decisiones, ofrece una vía accesible y de bajo coste para evaluar fármacos psiquiátricos y acelerar terapias más efectivas. Complementariamente, herramientas como PET y fMRI siguen aportando hallazgos esenciales sobre memoria. A futuro, las mejoras en microscopía prometen revelar la maquinaria subcelular de forma inédita, abriendo una ventana fascinante al interior molecular del cerebro (Vara, 2017).

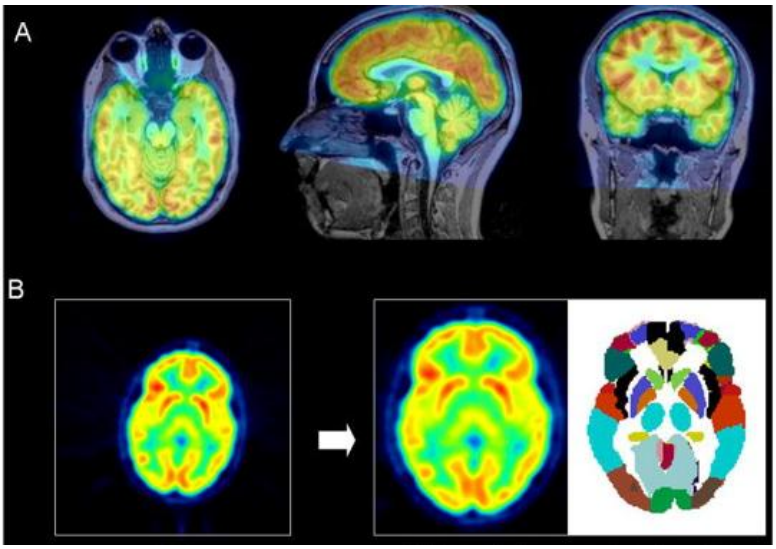


Figura 2. Tomografía por emisión de positrones.

Nota. Una tomografía por emisión de positrones. Información obtenida de Martí-Climent et al. (2010).

En tiempos pasados, el estudio del cerebro se confinaba a exámenes anatómicos tras la muerte o a imágenes estáticas de bajo dinamismo. El surgimiento de técnicas que sincronizan, en tiempo real, el mapeo estructural y funcional —y que, además, capturan auténticas películas de la actividad neuronal— marca un verdadero punto de inflexión. De este modo, abandonamos la mirada inmóvil de las estructuras cerebrales para adentrarnos en los procesos vivos del pensamiento, la conducta y la toma de decisiones. Comprender cómo "piensa" e interactúa el cerebro, más allá de ubicar sus regiones, abre horizontes inéditos para intervenciones precisas y terapias innovadoras. El desarrollo de métodos 3D, la microscopía COSMOS y las futuras mejoras tecnológicas ilustran que cada hallazgo neurocientífico alimenta, y a su

vez es nutrido por, una rueda imparable de avances tecnológicos y preguntas renovadas, impulsando aplicaciones prácticas cada vez más efectivas.

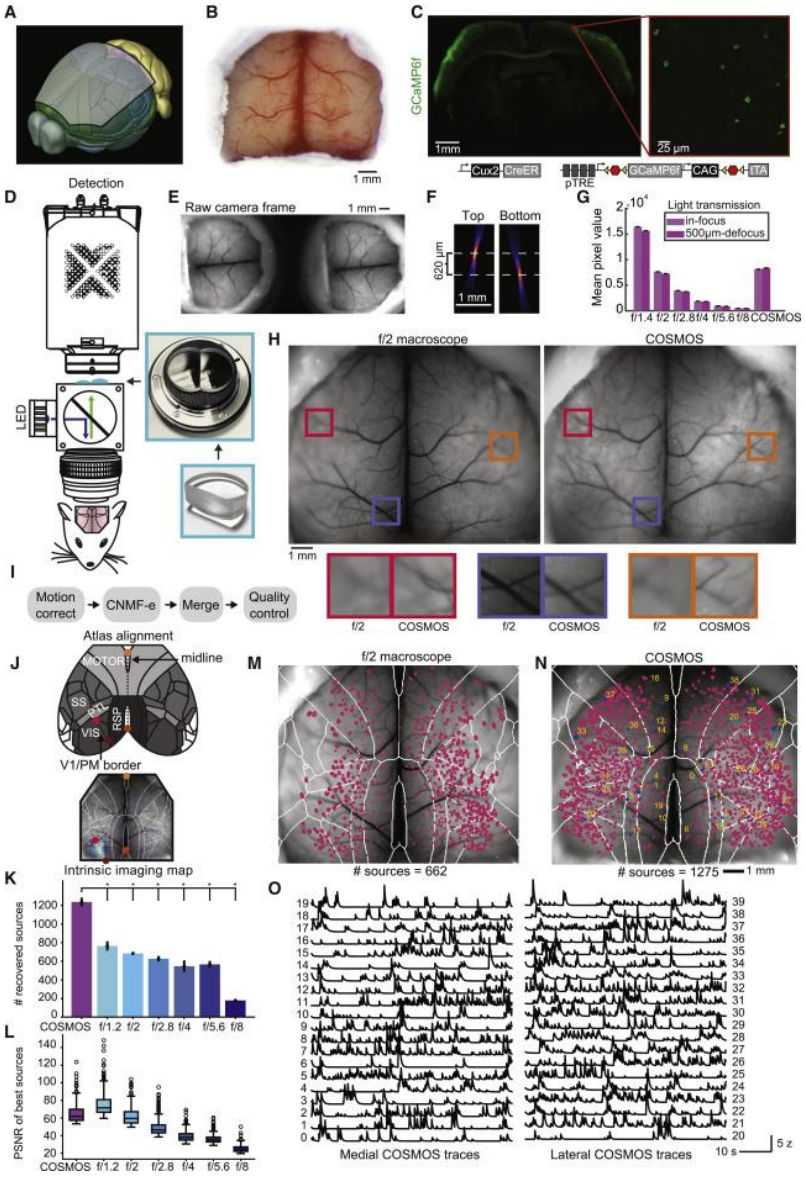


Figura 3. La observación cortical mediante muestreo óptico multifocal sincrónico.

Nota. Utilización de herramientas de microscopia COSMOS fuente: (Kauvar et al., 2020).

1.1.3 Identificación de mecanismos cerebrales de conducta, aprendizaje y emociones

La neurociencia conductual es un campo especializado que se dedica a investigar la no muy clara relación entre el sistema nervioso y el comportamiento observable. Su objetivo principal es dilucidar los fundamentos neurofisiológicos que dan origen y gobiernan la conducta. Esta disciplina se esfuerza por explicar cómo áreas cerebrales específicas y sus procesos asociados contribuyen a la generación y regulación del comportamiento. Esto incluye tanto las manifestaciones públicamente observables (conductas) como las respuestas fisiológicas internas que ocurren cuando un organismo interactúa activamente con su entorno. Una característica distintiva de la neurociencia conductual, que la diferencia de las ciencias puramente psicológicas, es su enfoque inquebrantable en la dimensión biológica de estos procesos, con el sistema nervioso sirviendo como el principal objeto de estudio (Sánchez, 2023).

Distinto a puntos de vista históricos en los que se concebía que la toma de decisiones se trataba de un esfuerzo puramente racional, la neurociencia contemporánea revela que está influenciada por las emociones, las cuales pueden acelerar y simplificar significativamente el proceso de decisión. La evidencia sugiere que las emociones no son solo reacciones periféricas, sino que son centrales e indispensables para una toma de decisiones efectiva, incluso para elecciones aparentemente "racionales"(Sarmiento & Ríos, 2017) .

La observación de que el daño cerebral que desconecta a los individuos de sus emociones conduce a decisiones desastrosas a pesar de un intelecto intacto es un indicador causal poderoso así lo menciona (Braidot, 2019) . Esto refuta la idea de un tomador de decisiones puramente racional; las emociones proporcionan información evaluativa crucial, permitiendo elecciones eficientes y adaptativas. Sin la "intuición" emocional o las respuestas fisiológicas anticipatorias, el sistema analítico puede verse abrumado o tomar decisiones desadaptativas. El sistema emocional es el más utilizado por el cerebro, lo que subraya aún más su papel fundamental (Sarmiento y Ríos, 2017).



Figura 4. Cerebro triuno.

Nota. Cerebro triuno por Paul MacLean. Fuente Ureña Mejía y Dotel Hernández (2024).

El proceso de toma de decisiones se entiende que involucra dos sistemas principales e interactivos el de la Intuición (Sistema Práctico) y razonamiento (Sistema Analítico) el primero se caracteriza por una toma de decisiones rápida, sin esfuerzo y automática, a menudo infundida de una carga emocional. La amígdala cerebral y sus extensas redes neuronales se identifican como estructuras clave dentro de este

sistema el segundo el razonamiento este sistema corresponde a un pensamiento analítico más deliberado, lento, que requiere esfuerzo y es típicamente emocionalmente neutro. Implica fuertemente las conexiones neuronales dentro de la porción ventromedial de la corteza prefrontal (Sarmiento & Ríos, 2017).

1.2 La neurociencia como campo interdisciplinario

La neurociencia es un dominio vasto y altamente diversificado, caracterizado por numerosas ramas especializadas que se concentran en temas específicos, sistemas corporales o funciones particulares así lo menciona Braidot (2019) en la publicación titulada "Neurociencia – Campos de estudio, niveles de especialización y aplicaciones". Es de esta manera que la neurociencia especializada ha dado lugar a subdisciplinas como la neurociencia cognitiva, que investiga los mecanismos neurales subyacentes al pensamiento, la imaginación y el lenguaje; la neurociencia conductual, que examina la relación directa entre el sistema nervioso y el comportamiento; y la neurociencia social, que explora cómo el cerebro dirige el comportamiento social y, a su vez, cómo las interacciones sociales influyen en la estructura y función cerebral (Triviño, 2024).

La neurociencia emerge como una fuerza unificadora, tendiendo puentes entre disciplinas que tradicionalmente operaban de forma independiente. Al centrarse en el cerebro como el nexo central que integra fenómenos biológicos, psicológicos y sociales, esta disciplina proporciona un lenguaje y un marco conceptual comunes. Esta

aproximación interdisciplinaria es indispensable para desarrollar soluciones holísticas a los complejos desafíos humanos. Los descubrimientos en un área, como los mecanismos cerebrales de la toma de decisiones, pueden informar directamente a otra, como el comportamiento político o las elecciones económicas. Esto subraya que la experiencia humana, desde el aprendizaje más elemental hasta las interacciones sociales más intrincadas, está arraigada de manera fundamental en la función cerebral (Braidot, 2019).

Tabla 1. Principales aportes de la neurociencia a distintos campos.

Neurociencia Aportes		
Campo	Aporte significativo	Autores
Educación	Las estrategias de neuroeducación han demostrado mejorar la atención, la memoria y la autorregulación emocional en niños, aprovechando la neuroplasticidad. Estas intervenciones pedagógicas basadas en la neurociencia ofrecen métodos educativos más efectivos al adaptar el aprendizaje a cómo funciona el cerebro.	Rodríguez et al. (2025)
Salud Mental	La neurociencia ha permitido desarrollar biomarcadores que facilitan un diagnóstico precoz y preciso de trastornos mentales. También impulsa nuevos tratamientos dirigidos a las alteraciones cerebrales asociadas, lo que favorece terapias más personalizadas en psiquiatría.	Ostos (2025)
Medicina	Investigaciones recientes han creado una biopsia de piel capaz de detectar enfermedades neurodegenerativas (como el Parkinson) en	NIH MedlinePlus (2024)

	etapas muy tempranas. Este avance clínico permite identificar señales biológicas antes de la aparición de síntomas, abriendo la puerta a intervenciones más tempranas.	
Tecnología	Se han desarrollado interfaces cerebro-computadora (BCI) que decodifican la actividad neural, permitiendo a pacientes con parálisis severa comunicarse nuevamente mediante sus pensamientos. Además, la neurociencia inspira algoritmos de inteligencia artificial basados en el funcionamiento del cerebro, mejorando los sistemas computacionales.	Broadfoot (2023)
Política y Sociedad	La neurociencia ha revelado cómo las emociones y la actividad cerebral están asociadas a las preferencias políticas: por ejemplo, mayor actividad de la amígdala (procesamiento emocional) se vincula con orientaciones conservadoras, mientras que mayor actividad prefrontal se asocia con inclinaciones liberales. Estos hallazgos se usan para adaptar mensajes de campaña y comprender el comportamiento electoral.	Velázquez (2023)

Nota. Principales aportes de la neurociencia a distintos campos de estudio.

1.2.1 Desarrollo de intervenciones personalizadas

La naturaleza intrínsecamente interdisciplinaria de la neurociencia es una condición indispensable para el desarrollo de intervenciones

personalizadas (Montoya & Montoya, 2023). La complejidad inherente al cerebro individual, donde factores como el género, la edad, el entorno y la experiencia moldean su actividad, exige una comprensión multifacética que trasciende los límites de una sola disciplina. Esto significa que la verdadera personalización de las intervenciones solo puede surgir de la integración y síntesis de conocimientos provenientes de las ciencias biológicas (como la genética y la fisiología), psicológicas (que abordan la cognición, la emoción y la conducta), computacionales (como la IA y la neuroimagen) y clínicas, así como de la ética (NICHD Español, 2019).

Las intervenciones personalizadas, requieren una comprensión profunda de la individualidad de cada cerebro para lograr esta comprensión, es indispensable integrar datos diversos: genéticos, fisiológicos, conductuales como lo menciona y cognitivos, ninguna disciplina por sí sola posee la capacidad de abordar esta complejidad de manera exhaustiva. Por lo tanto, la colaboración activa y continua entre neurocientíficos, médicos, educadores, ingenieros de IA y expertos en ética no es solo una ventaja, sino una necesidad fundamental para diseñar y aplicar intervenciones verdaderamente personalizadas, precisas y éticamente responsables (Braidot, 2019; Goncalves, 2024; Montoya & Montoya, 2023; R. Sánchez, 2023).

Las intervenciones personalizadas representan un cambio paradigmático fundamental en la forma en que se conciben y aplican los tratamientos y estrategias en diversos campos. Este enfoque se aleja de los modelos de "talla única" para adoptar soluciones que se adaptan de

manera precisa a las necesidades, características y perfiles biológicos únicos de cada individuo esto según (Charles et al., 2020). La premisa central es que la heterogeneidad inherente a la biología y la experiencia humana requiere respuestas individualizadas para maximizar la eficacia de las intervenciones.



Figura 5. Representación gráfica del uso de la neurociencia en intervenciones personalizadas.

Nota. Imagen generada mediante Whisk-IA por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

Tabla 2. Ejemplos de intervenciones neuroeducativas personalizadas.

Intervenciones Neuroeducativas personalizadas				
Estrategia Neuroeducativa	Base Neurocientífica	Ejemplo de Aplicación	Habilidades Cognitivas/Emocionales Mejoradas	Fuentes

Aprendizaje Emocional	Las emociones positivas (curiosidad, motivación) activan el hipocampo y la amígdala, facilitando la memoria y el aprendizaje	Interrumpir la clase cada 15 minutos con anécdotas emotivas, acertijos, videos o juegos que despierten la curiosidad. Crear un clima emocional positivo en el aula.	Atención, memoria, curiosidad, motivación, autorregulación emocional.	(Araya-Pizarro y Espinoza Pastén, 2020)
Actividad Física y Descanso	La aptitud aeróbica mejora la función ejecutiva y el control, la atención y la memoria de trabajo. El sueño consolida conceptos y genera nuevos recuerdos.	Incorporar pausas activas o ejercicios físicos breves durante la jornada escolar. Asegurar un descanso adecuado antes y después del aprendizaje.	Función ejecutiva, atención, memoria de trabajo, concentración, reducción del estrés.	(Universidad Isabel I, 2022)

Aprendizaje Activo y Colaborativo	El cerebro es un órgano social que aprende de otros y con otros. La participación activa y la interacción social promueven un procesamiento más profundo de la información.	Fomentar el trabajo cooperativo en clase, formando grupos pequeños y utilizando metodologías como el aprendizaje basado en proyectos (ABP).	Pensamiento crítico, resolución de problemas, autonomía, autoestima, habilidades sociales, comprensión profunda.	(Rubio, 2023)
Enseñanza Multisensorial	La estimulación de diversos sentidos activa múltiples áreas cerebrales, mejorando la retención y comprensión.	Usar imágenes, videos, música y actividades prácticas que estimulen la vista, el oído y el tacto. Por ejemplo, usar colores cálidos para números pares y fríos	Memoria, comprensión, creatividad, atención, coordinación motora.	(Centro Universitario especializado en Educación y Pedagogía, 2025)

		para impares en tablas de multiplicar.		
Gamificación y Juego	El juego y el componente lúdico hacen que el aprendizaje sea natural y divertido, activando la amígdala y produciendo dopamina, lo que favorece el paso de información en las neuronas.	Integrar elementos de juego en el aula, como recompensas, desafíos progresivos y retroalimentación constante.	Motivación, compromiso, memoria, retención de información, resolución de problemas	(Rubio, 2023)
Retroalimentación Efectiva	La retroalimentación puntual y específica activa los sistemas de recompensa del cerebro, reforzando la conducta positiva y	Ofrecer feedback constructivo y positivo, destacando lo que se hizo bien y cómo mejorar, en lugar de solo señalar errores.	Motivación intrínseca, consolidación de la memoria, autoevaluación, mejora del rendimiento.	(Universidad Nacional de la Rioja [UNIR], 2023).

	consolidando la memoria			
Gestión del Estrés y Relajación	La relajación ayuda a reducir el estrés, mejorando las condiciones para que el cerebro aprenda y se concentre.	Crear "rincones de calma" en el aula con objetos suaves y luces tenues para que los estudiantes se relajen. Enseñar técnicas de respiración controlada.	Reducción del estrés, concentración, bienestar emocional, autorregulación.	(Rubio, 2023)

1.2.2 Calidad de vida humana

Al respecto de la calidad de vida humana La Organización Mundial de la Salud (OMS) refiere a la misma como un constructo complejo y multifacético que ha evolucionado a lo largo de la historia, trascendiendo las meras condiciones materiales para abarcar una percepción subjetiva del bienestar. Tradicionalmente, se ha entendido como la suma de condiciones objetivas de vida, como la salud y el estatus económico, y el bienestar subjetivo, que incluye la satisfacción personal, los valores individuales y las aspiraciones. Esta perspectiva subraya que la calidad de vida es inherentemente multidimensional, comprendiendo aspectos físicos, psicológicos y sociales (Schwartzmann, 2003).

Las dimensiones que definen la calidad de vida, aunque inicialmente formuladas para evaluar a personas con discapacidad intelectual, son universalmente aplicables en las que se incluyen el bienestar físico, manifestado en una buena salud; el bienestar emocional, que se refleja en la tranquilidad y la capacidad de gestionar el estrés; las relaciones interpersonales, que abarcan el apoyo familiar y social; el bienestar material, relacionado con la suficiencia económica; el desarrollo personal, que implica la capacidad de aprender y crecer; la autodeterminación; la inclusión social; y el respeto a los derechos individuales (Verdugo et al., 2013). La comprensión de esta naturaleza multidimensional de la calidad de vida es fundamental para evaluar el impacto de la neurociencia.

Además, en el ámbito de la neurociencia se ha demostrado que las intervenciones personalizadas pueden incidir de manera significativa en la calidad de vida al dirigirse a las bases neurobiológicas del bienestar. Por ejemplo, estudios en manejo de dolor crónico han utilizado la Educación en Neurociencia del Dolor, combinada con terapias cognitivo-funcionales y prácticas de atención plena, para "reconectar" las vías neuronales implicadas en la percepción del dolor, logrando no solo alivio sintomático sino también mejoras sostenidas en dimensiones físicas, emocionales y sociales de la calidad de vida (Hyunjoong, 2025). De igual modo, en enfermedades neurológicas crónicas—como el ictus o la esclerosis múltiple—la adaptación de protocolos terapéuticos a perfiles individuales de neuroimagen y biomarcadores ha optimizado tanto los indicadores funcionales objetivos como la percepción

subjetiva de bienestar, evidenciando un modelo de atención que trasciende el “talla única” y se sustenta en datos de neuroplasticidad y respuesta biológica personalizada (Fernandes et al., 2022).

La neurociencia educativa como campo interdisciplinario

1.3 Alcance de la neurociencia educativa

La neurociencia educativa, o neuroeducación, incorpora un campo de estudio interdisciplinario emergente que busca transformar la comprensión y la práctica del proceso de enseñanza-aprendizaje. Al fusionar los descubrimientos de la neurociencia con los principios de la pedagogía y la psicología, esta disciplina ofrece una perspectiva profunda sobre cómo el cerebro humano obtiene, procesa, almacena y recuerda información, así como la influencia de las emociones y el entorno en estos procesos. Su relevancia en el panorama educativo contemporáneo es innegable, ya que proporciona una base científica para el diseño de métodos de enseñanza más efectivos y adaptados a las necesidades cognitivas de los estudiantes (Universidad Nacional de la Rioja [UNIR], 2023).

La neurociencia educativa no solo reúne distintas disciplinas por coincidencia, sino porque es necesario. Para entender cómo aprende el cerebro, no basta con estudiar sus procesos biológicos; también es importante considerar cómo las personas aprenden y se comportan en entornos educativos, algo que estudian la psicología y la teoría educativa. La pedagogía tradicional, aunque valiosa por su experiencia

práctica, muchas veces no se basa en evidencias sobre cómo funciona el cerebro durante el aprendizaje. Por eso, unir estos campos permite tener una visión más completa y útil del proceso educativo (Sánchez, 2020).

La neurociencia aporta información sobre cómo aprende el cerebro a nivel biológico, mientras que la psicología educativa y la pedagogía explican cómo aplicar ese conocimiento en el aula. Esta combinación es clave para diseñar métodos de enseñanza que realmente estén alineados con el funcionamiento del cerebro. Es así como la neurociencia revela como la memoria de trabajo y la consolidación de la memoria a largo plazo dependen de procesos como la repetición y el descanso, lo que ayuda a que los docentes y pedagogos estructurar entornos de aprendizaje en los que se optimicen dichos mecanismos además de la estimulación promoviendo un aprendizaje más significativo y duradero(Valencia, 2024).



Figura 6. La neurociencia en el aula.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

Elizondo (2023),en la publicación “Neuroeducación y diseño universal para el aprendizaje” menciona que la neurociencia educativa, también conocida como neuroeducación o neurodidáctica, es una disciplina científica emergente que establece un puente esencial entre la neurociencia, la psicología y la pedagogía. Su propósito fundamental es integrar el conocimiento científico sobre el funcionamiento del cerebro humano en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con el fin de optimizar las metodologías educativas y potenciar el desarrollo integral de los estudiantes (Gutiérrez et al., 2023).

1.3.1 Bases de la neurobiología del aprendizaje

Neuroplasticidad: la capacidad adaptativa del cerebro.

Según la publicación realizada por Guadamuz et al. (2022) resalta que la neuroplasticidad, también conocida como plasticidad cerebral o neuronal, es la capacidad intrínseca del sistema nervioso para cambiar su actividad mediante la reorganización de su estructura, funciones o conexiones en respuesta a estímulos, experiencias y el aprendizaje a lo largo de toda la vida. Esta propiedad es fundamental para el aprendizaje, la memoria y la recuperación funcional después de lesiones cerebrales (Aguilar Mendoza et al., 2010).

Históricamente, se creía que el sistema nervioso era inmutable después de ciertas etapas del desarrollo, sin embargo, la investigación moderna

ha demostrado que la neuroplasticidad es un proceso constante que persiste en la adultez, permitiendo un desarrollo cognitivo y una adaptación continuos. La experiencia y la práctica refuerzan las conexiones sinápticas preexistentes, lo que se conoce como plasticidad sináptica (Guadamuz et al., 2022). El principio de Hebb, por ejemplo, postula que las conexiones neuronales se fortalecen cuando las neuronas se activan simultáneamente (Aguilar Mendoza et al., 2010).

La neuroplasticidad implica una serie de cambios estructurales y funcionales, en los que se incluye la reorganización de vías neuronales, la creación de nuevas conexiones y en algunos casos la generación de nuevas neuronas a este proceso se conoce como neurogénesis Guadamuz et al. (2022). Factores como el entorno, las experiencias vividas, la estimulación y el nivel de instrucción influyen en esta capacidad (Belando-Montoro, 2017).



Figura 7. Representación gráfica de la neurogénesis.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

1.3.2 Mecanismos neuronales del aprendizaje y la memoria

El aprendizaje y la memoria constituyen procesos profundamente interrelacionados que permiten al cerebro adquirir, almacenar y recuperar información a lo largo del tiempo. Ambos dependen de la formación, fortalecimiento y modificación constante de las redes neuronales, fenómeno conocido como plasticidad sináptica. Esta capacidad del sistema nervioso para reorganizar sus conexiones da origen a los llamados engramas, es decir, las huellas neuronales que representan experiencias o conocimientos adquiridos. De este modo, cada nuevo aprendizaje genera una reconfiguración dinámica del cerebro, integrando los estímulos del entorno y transformándolos en estructuras cognitivas más complejas, lo que evidencia la naturaleza activa y adaptable de la mente humana (Aguilar Mendoza et al., 2010).

Redes neuronales y sinapsis: El aprendizaje implica el crecimiento de dendritas y la formación de sinapsis, que son las conexiones entre neuronas. Estas conexiones representan los aprendizajes y pueden ser volátiles o duraderas dependiendo de la significancia de los hechos(Guadamuz et al., 2022).

Neurotransmisores: Sustancias químicas como la dopamina, la acetilcolina, la serotonina y la noradrenalina son esenciales para la comunicación neuronal y actúan como "combustible" y estimuladores

para el paso de información, facilitando el aprendizaje y la memoria a largo plazo (Braidot, 2019).

Estructuras cerebrales clave:

Hipocampo: Vital para la formación y consolidación de la memoria a largo plazo (Aguilar Mendoza et al., 2010).

Neocórtex: Donde el nuevo conocimiento se acomoda y forma nuevas estructuras neuronales para la memoria permanente (N. Sánchez y Álvarez, 2022).

Amígdala: Regula los procesos emocionales y, al ser estimulada por emociones positivas, segrega dopamina, facilitando el aprendizaje (N. Sánchez & Álvarez, 2022).

Atención: Es un recurso cognitivo limitado pero indispensable para que se produzca el aprendizaje. La neurociencia permite conocer e impulsar la atención creando las condiciones más favorables para ello (Aguilar Mendoza et al., 2010).

Consolidación de la memoria: La información se transforma de memoria a corto plazo a memoria a largo plazo, un proceso que a menudo ocurre durante el sueño es de esta manera que el descanso adecuado y la repetición espaciada son cruciales para esta consolidación (Universidad Isabel I, 2022).

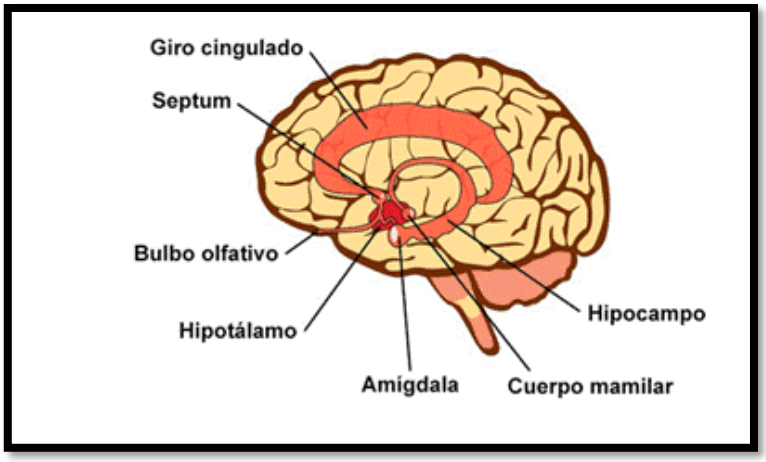


Figura 8. Principales estructuras cerebrales, claves en el aprendizaje.

Nota. Principales estructuras del cerebro. Fuente Silva-Barragán y Ramos-Galarza (2021)

Emociones en el proceso de aprendizaje

1.3.3 La emoción desde la neurociencia

Según Educa.Pro (2023) la neurociencia de las emociones se dedica a estudiar, explicar y comprender cómo el cerebro procesa, genera y regula las distintas emociones que puede experimentar el ser humano, investigando las áreas cerebrales, las conexiones neuronales y los procesos químicos que suceden dentro del cerebro que están vinculados directamente con las experiencias emocionales. Las emociones son descritas como fenómenos complejos y multidimensionales que tienden a ejercer una fuerte influencia sobre el comportamiento de las personas

además de intervenir en su proceso de adaptación al medio ambiente. (González y Parra-Bolaños, 2024).

Con respecto al sistema límbico, J. Sánchez & Uribe (2009) mencionan que en particular la amígdala, desempeña un papel crucial en la evaluación rápida de situaciones y la generación de respuestas emocionales inmediatas, como el miedo además se considera que es fundamental para el procesamiento de estímulos sensoriales aversivos y la vinculación de experiencias pasadas que pueden influir en la toma de decisiones. Su actividad disminuye cuando los estímulos son conocidos e inofensivos. También en la revista Chilena de Neuropsicología los autores Sarmiento y Ríos (2017) mencionan que la corteza prefrontal (CPF), especialmente sus subdivisiones ventromedial (vmPFC) y dorsolateral (dlPFC), juega un papel vital en la regulación y el análisis de las emociones, el control de impulsos, la toma de decisiones y la planificación. La CPF modula las respuestas de la amígdala, permitiendo respuestas más analíticas y proporcionadas a los estímulos emocionales.

Según Educa.Pro (2023) las experiencias emocionales implican la liberación de neurotransmisores como la dopamina, serotonina y noradrenalina, las que influyen directamente en el estado de ánimo y la intensidad emocional. Antonio Damasio distingue tres tipos de emociones: de fondo (estados corporales homeostáticos), primarias (innatas y básicas como el miedo o la alegría) y secundarias o sociales (adquiridas en relaciones sociales, como la simpatía o la vergüenza) (Mila, 2011). También encontramos en la publicación titulada

“Neurociencia y ciencias sociales. Emociones, redes sociales, comunicación y poder” que los sentimientos son eventos mentales que producen imágenes e ideas sobre las emociones corporales (Mejía, 2024).

Las emociones involucran áreas cerebrales específicas, conexiones neuronales y procesos químicos. También se describen como fenómenos complejos y multidimensionales con funciones adaptativas, sociales y motivacionales (González & Parra-Bolaños, 2024). Esto indica que las emociones no son estados psicológicos aislados, sino fenómenos biológicos profundamente integrados con roles funcionales significativos. La interacción entre estas regiones cerebrales no es solo una co-ocurrencia, sino una sinergia funcional en el que el procesamiento emocional rápido de la amígdala proporciona "marcadores somáticos" cruciales (Sarmiento & Ríos, 2017) que informan a la corteza prefrontal, guiando la toma de decisiones al sesgar las elecciones hacia resultados ventajosos, incluso antes del razonamiento consciente y al mismo tiempo, la saliencia emocional codificada por la amígdala, cuando se vincula con la información procesada en el hipocampo, mejora la consolidación de la memoria (Araya-Pizarro y Espinoza Pastén, 2020)

1.3.4 Influencia de las emociones en procesos cognitivos

Carlos y Valverde (2025) menciona que las emociones actúan como filtros y potenciadores de la información esto permite que los estímulos emocionales puedan recibir procesamiento preferente, capturando la

atención y orientando los recursos mentales hacia aquello que tiene significado afectivo. Por ejemplo, eventos asociados a emociones negativas como el miedo o la frustración suelen acaparar la atención de manera automática, mientras que las positivas como el interés o curiosidad incrementan la concentración motivacional. Esto tiene consecuencias directas en la atención: los contenidos con carga emocional se procesan más profundamente y antes que los neutros.

Es clave mencionar el papel fundamental de las emociones ya que estas también facilitan la memoria esto durante la codificación de la información se produce una interacción entre la amígdala y el hipocampo que fortalece el almacenamiento de recuerdos con carga afectiva (Carlos y Valverde, 2025). En estudios de neuroimagen se observa que la actividad simultánea de amígdala e hipocampo durante la exposición a estímulos emocionales se correlaciona con una mayor retención en memoria, en la práctica esto significa que recordamos mejor lo aprendido en un contexto emocionalmente significativo: la información vinculada a emociones positivas o negativas se consolida con más eficacia en la memoria a largo plazo (Polo-Romero et al., 2012).

Además, las emociones influyen en la motivación y el compromiso con la tarea de aprendizaje es aquí donde las emociones positivas como el disfrute, esperanza, orgullo se asocian a mayor motivación intrínseca, esfuerzo y uso de estrategias de aprendizaje autorreguladas. En cambio, las emociones negativas relacionadas con el fracaso o la frustración se vinculan a menor esfuerzo, bloqueos cognitivos y menor rendimiento

académico. Así, en el aula un clima afectivo positivo refuerza el interés por aprender y la perseverancia, mientras que un ambiente negativamente cargado inhibe la disposición del estudiante (Barrios y Gutiérrez, 2020).



Figura 9. Las emociones en el proceso de aprendizaje.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

1.3.5 Estructuras cerebrales implícitas

Desde la neurociencia se han identificado los principales sustratos neuronales que median la interacción emoción-aprendizaje, entre ellos el sistema límbico, en especial la amígdala y el hipocampo, desempeña un rol central. La amígdala, centro de procesamiento de emociones primarias (miedo, ira, placer), modula la memoria emocional al potenciar la codificación y consolidación de los recuerdos en el hipocampo. Gordillo-León et al. (2012) señalan que “la amígdala puede

modular tanto la codificación como el almacenamiento de los recuerdos dependientes del hipocampo". Simultáneamente, el hipocampo registra el contexto y la significación episódica de las experiencias emocionales, reforzando a su vez la respuesta amigdálica a través de esas representaciones memorísticas de este modo, amígdala e hipocampo funcionan como un circuito de facilitación de la memoria emocional, explicando por qué los recuerdos cargados de afecto perduran más (Carlos & Valverde, 2025).

Además de estas estructuras, intervienen otras regiones cerebrales. La corteza prefrontal (especialmente las áreas dorsolaterales y ventromediales) regula la expresión emocional y el control ejecutivo, modulando la atención focalizada y la toma de decisiones en contextos afectivos (por ejemplo, inhibiendo respuestas impulsivas ante estímulos de alto valencia emocional). Áreas como la corteza cingulada anterior participan en detectar conflictos atencionales entre estímulos emocionales y tareas cognitivas, mientras que el núcleo accumbens y vías dopaminérgicas mesolímbicas subyacen a la motivación y la evaluación de recompensa, integrando estados afectivos con la orientación a metas de aprendizaje. En conjunto, estos circuitos corticolímbicos constituyen la base neurobiológica de la influencia de las emociones en la cognición educativa, aun cuando la mayor parte de los estudios se ha focalizado en modelos de laboratorio y todavía faltan aplicaciones directas en aula (Barrios y Gutiérrez, 2020).

1.4 Neuroeducación y educación inclusiva

1.4.1 Abordaje de la neurodiversidad

La neuroeducación es fundamental para la educación inclusiva, ya que permite a los educadores adaptar sus métodos a las necesidades individuales de los estudiantes y optimizar su potencial.3 Reconoce que cada cerebro es único y que las capacidades de aprendizaje están moldeadas por una multitud de factores, incluyendo la genética, la biología, las experiencias previas y el entorno (Elizondo, 2023).

Esta disciplina facilita la identificación temprana y precisa de dificultades de aprendizaje como la dislexia y la discalculia, al comprender sus bases neurobiológicas. Una vez identificadas, se pueden tomar medidas rápidas y específicas para minimizar sus impactos y optimizar el proceso de aprendizaje del estudiante (UNIR, 2023).

Las intervenciones informadas por la neurociencia pueden mejorar significativamente el desarrollo del lenguaje en los niños a través de actividades lúdicas y multisensoriales. Se diseñan actividades específicas para trabajar habilidades cognitivas y motoras clave, como la atención, la motricidad fina, el control inhibitorio, la planificación, la memoria visomotora y la discriminación visual (Universidad Isabel I, 2022).

1.4.2 Impacto en el desarrollo infantil temprano

La neurociencia ha evidenciado que la primera infancia (0-5 años) es un período crítico para el desarrollo cerebral, donde se forman sinapsis neuronales que alinean la organización cerebral por estímulos externos (Universidad Isabel I, 2022) Durante la enseñanza-aprendizaje en esta etapa, es crucial que los docentes comprendan el funcionamiento cerebral, ya que lo enseñado puede generar cambios cerebrales en los niños, creando o modificando sinapsis y circuitos neuronales (Bello Ávila et al., 2025).

La neuroeducación infantil temprana se convierte en un elemento medular en la transformación educativa al dilucidar el funcionamiento cerebral subyacente, lo que permite maximizar los procesos de aprendizaje y memoria durante la primera infancia.(Bello Ávila et al., 2025) Invertir en una educación infantil temprana y en prácticas inclusivas basadas en la neurociencia puede tener un impacto profundo y positivo a largo plazo en el desarrollo cognitivo individual, contribuyendo a una sociedad más equitativa y capaz (Goncalves, 2025).

1.4.3 Neuromitos en el aula

La neurociencia ha desempeñado un papel crucial en la desmitificación de creencias populares erróneas, o neuromitos, que han permeado el ámbito educativo así lo menciona Aula Planeta (2018) en la publicación titulada “Las clases de la neurociencia educativa”. La correcta

comprensión pública de los conocimientos neurocientíficos es de vital importancia para proteger a la sociedad contra la proliferación de estos conceptos erróneos, que son generados por una mala interpretación, una lectura deficiente o una cita incorrecta de los hechos científicos (Gorga, 2012).

Ejemplos de neuromitos desmentidos incluyen:

El uso del 10% del cerebro: En realidad, el cerebro se activa en su totalidad, aunque diferentes áreas se activen para distintas tareas. (Aula Planeta, 2018).

Hemisferios cerebrales diferenciados: La idea de que los hemisferios funcionan de forma aislada (ej. "cerebro izquierdo" lógico, "cerebro derecho" creativo) es falsa; ambos hemisferios trabajan de manera integrada, transfiriendo información constantemente y colaborando en la mayoría de las funciones cognitivas.(Aula Planeta, 2018).

La difusión de información precisa y basada en evidencia es esencial para fundamentar prácticas educativas eficaces y evitar la aplicación de metodologías sin respaldo científico (Gorga, 2012).

Dekker et al. (2012) hallaron algo contraintuitivo: los docentes más interesados en neurociencia educativa son también los más propensos a creer en mitos como los "estilos de aprendizaje" o la dominancia hemisférica, señal de que el problema no es desinterés, sino falta de herramientas para filtrar información rigurosa.

CAPÍTULO II

2 PRINCIPIOS CLAVE Y MECANISMOS COGNITIVOS

El cerebro humano, un órgano de complejidad asombrosa, producto de un largo proceso evolutivo que resulta fundamental comprender al estudiarlo. Por esta razón, las investigaciones que comparan cómo aprenden distintas especies son esenciales y permiten valorar la singularidad del ser humano. No obstante, es importante dejar en claro cuáles son las funciones neurocognitivas involucradas tanto en el aprendizaje como en la enseñanza (Ranz-Alagardaa y Giménez-Beut, 2019).

En el muy extenso campo de la neurociencia educativa, comprender las funciones neurocognitivas es indispensable tanto para el proceso de enseñanza como para el de aprendizaje. Este Capítulo titulado "Principios Clave y Mecanismos Cognitivos", mantiene como objetivo principal describir la manera por la cual fenómenos como la Neuroplasticidad, la atención, la memoria y la regulación emocional funcionan en el cerebro y, la manera en la que estos condicionan el aprendizaje en el aula.

En este análisis, se examinarán los principios clave de la neuroeducación, conceptualizados como conceptos centrales obtenidos del estudio del cerebro que orientan la planificación y ejecución del proceso de educativo para optimizar resultados. Se investigará la dinámica interacción entre estos principios y sus mecanismos

cognitivos asociados, definidos como los mecanismos neurobiológicos y psicológicos mediante los cuales el cerebro adquiere, estructura y procesa la información. El capítulo proporcionará un marco teórico actualizado y respaldado en evidencia científica, concebido para guiar la práctica docente y el diseño curricular, estableciendo enfoques innovadores para la enseñanza que maximicen el potencial individual de cada estudiante.

Objetivos

Explicar cómo procesos como la neuroplasticidad, la atención, la memoria y la regulación emocional operan en el cerebro y de qué manera influyen o determinan las dinámicas del aprendizaje dentro del aula.

2.1 Principios clave de la neurociencia educativa

Partamos del concepto de lo que es un principio clave, que se define como una idea esencial que sirve como base para entender y aplicar un área de conocimiento o práctica. En el caso de la Neurociencia Educativa, lo podemos aplicar como todo concepto central que ha sido obtenido del estudio del cerebro y su funcionamiento, el mismo que nos ayuda a definir cómo debe ser planificado y desarrollado el proceso de enseñanza-aprendizaje para con ello lograr mejores resultados en el aprendizaje.

En otras palabras, un principio clave es un fundamento científico que explica cómo funciona el cerebro en relación con el aprendizaje y que

sirve como guía para implementar prácticas educativas basadas en evidencia neurocientífica.

Por otro lado, los mecanismos cognitivos se definen como los procesos neurobiológicos y psicológicos a través de los cuales el cerebro capta, organiza y procesa información, posibilitando la adquisición de conocimientos, habilidades y la ejecución de conductas (Bullón, 2016).

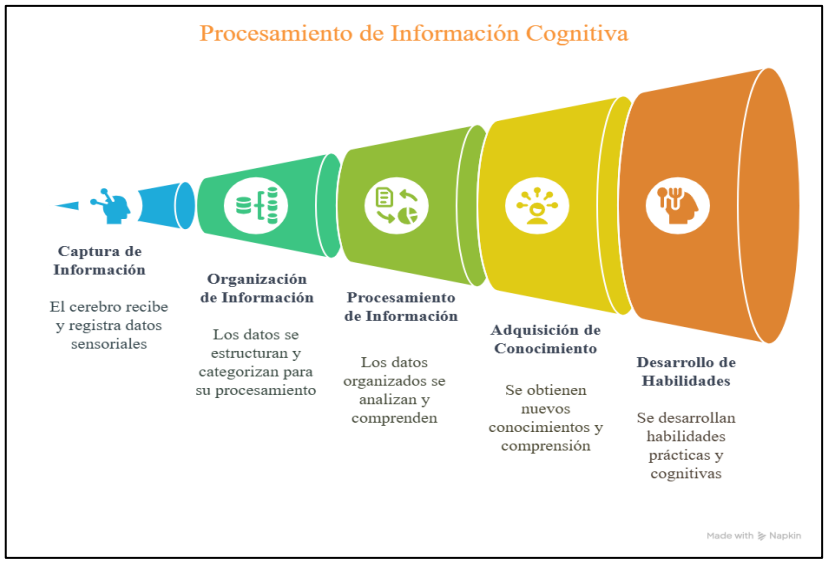


Figura 10. Procesos neurobiológicos y psicológicos de desarrollo de habilidades.

Nota. Imagen generada por Napkin IA. Creada por Argoti, S. (2025).

Cada principio clave está íntimamente vinculado a uno o varios mecanismos cognitivos. Funcionan básicamente como si los principios fueran las reglas del juego y los mecanismos fuesen las piezas en el tablero que se mueven con la condición de que esas reglas establecidas se cumplan.

La tabla que se presenta a continuación resume los principales principios de la neurociencia educativa junto con los mecanismos cognitivos relacionados, ofreciendo un marco conceptual actualizado y fundamentado en evidencia científica, destinado a guiar la labor docente y la planificación curricular.

Tabla 3. Principios clave de la Neurociencia y sus mecanismos cognitivos asociados.

Principio Clave	**Mecanismo Cognitivo Asociado**	**Referencia**
Plasticidad cerebral. Es la capacidad que tiene el cerebro para poder reorganizarse y para formar nuevas conexiones neuronales en respuesta a un proceso de aprendizaje.	**Potenciación a largo plazo (LTP).** El fortalecimiento duradero de las sinapsis ha demostrado facilitar la consolidación de la memoria.	Jolles J y Jolles D (2021)
Emoción y aprendizaje. Las emociones influyen tanto en la atención, como en la memoria y en la motivación, y afectan directamente el proceso de aprendizaje.	**Activación de la amígdala.** Se basa en el procesamiento emocional que modula la consolidación de recuerdos y memoria.	García-Retana (2012)
Atención focalizada. La atención es fundamental para el procesamiento y la retención de información de manera eficiente y efectiva.	**Redes atencionales.** Constituidas por sistemas neuronales que regulan la atención sostenida y selectiva.	Vera (2024)
Aprendizaje multisensorial. El proceso de involucrar múltiples sentidos dentro del	**Integración sensorial.** Procesamiento simultáneo de	Paraskevopoulos (2024)

aprendizaje mejora la comprensión y la retención de la información.	estímulos visuales, auditivos y kinestésicos.	
Motivación intrínseca. Tanto el interés como la curiosidad del estudiante potencian su compromiso, así como la eficacia del aprendizaje.	**Sistema de recompensa dopaminérgico.** Circuitos cerebrales que refuerzan conductas mediante la liberación de dopamina.	Di Doménico y Ryan, (2017)
Aprendizaje social. La interacción social y la colaboración con otros estudiantes facilita el aprendizaje y el desarrollo de habilidades sociales.	**Neuronas espejo.** Neuronas que se activan al observar acciones de otros, facilitando el aprendizaje por imitación.	Brown & Adler (2008)
Importancia del sueño y la actividad física. El descanso y el ejercicio físico adecuado, mejoran la memoria, la atención y la neuroplasticidad.	**Consolidación de la memoria durante el sueño.** Procesos que fortalecen los recuerdos durante las fases del sueño.	Diekelmann (2010)
Retroalimentación efectiva. Entregar información clara y oportuna sobre el desempeño estudiantil mejora su aprendizaje y su autorregulación.	**Refuerzo positivo.** Mecanismo que fortalece conductas deseadas mediante recompensas.	Yang et al (2022)
Metacognición. Es la capacidad de reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje, lo	**Funciones ejecutivas.** Procesos cognitivos que incluyen la planificación, el	Agrela y Simons (2024)

que permite planificar y ajustar estrategias.	control inhibitorio y la flexibilidad cognitiva.	
Entorno emocional positivo. Un ambiente seguro y motivador facilita la disposición del estudiante al aprendizaje y reduce su nivel de estrés.	**Regulación emocional.** Capacidad de gestionar las emociones para mantener un estado óptimo de aprendizaje.	Bauz et al (2024)

Nota. Integración entre principios clave y mecanismos cognitivos con su respectiva referencia bibliográfica. Fuente: Elaboración propia

2.2 Plasticidad cerebral

2.2.1 Fundamento y relevancia educativa

La plasticidad cerebral o neuroplasticidad es uno de los principios más sólidos y transformadores de la neurociencia educativa. Se la define como la capacidad del cerebro para cambiar y adaptarse, y tiene importantes implicaciones para la educación, ya que sugiere que el aprendizaje no es fijo ni predeterminado, sino que está influenciado por la constitución biológica y el entorno de cada persona (Jolles J y Jolles D, 2021). Esta propiedad implica que el cerebro no es una estructura fija, sino un órgano en constante cambio, con la capacidad de adaptarse durante toda la vida, lo que permite seguir aprendiendo y recuperarse después de sufrir daños.

Desde una perspectiva puramente educativa, se entendería que, la plasticidad cerebral justifica la necesidad de crear ambientes de

aprendizaje ricos en estímulos, retos y oportunidades para la exploración activa. Pizarro (2021) menciona que la organización del currículo, la elección de los contenidos, las metodologías aplicadas, el uso de recursos innovadores, los sistemas de evaluación y la gestión de las instituciones educativas deben adaptarse a los conocimientos actuales de la sociedad, con el objetivo de mejorar la enseñanza y promover aprendizajes más útiles y significativos en los estudiantes.

Este análisis se complementa con el estudio de Rodríguez (2016), el cual menciona que, los aportes de la neurociencia cognitiva han transformado la forma de entender conceptos como inteligencia y desarrollo. Hay que reconocer que la plasticidad cerebral permite al cerebro mantenerse receptivo a las influencias del entorno y modificarse a lo largo de toda la vida implica un gran desafío para el docente, quien debe asumir que su labor es decisiva en la formación del cerebro y en las expectativas que se construyen sobre el potencial de sus estudiantes, independientemente de las dificultades que estos puedan presentar.

De esta manera, la plasticidad cerebral justifica la necesidad de que los educadores diseñen experiencias de aprendizaje dinámicas y significativas, que promuevan la curiosidad, la motivación intrínseca y la participación activa, elementos clave para optimizar el potencial de cada alumno en contextos educativos diversos.

2.2.2 Mecanismo cognitivo asociado: Potenciación a largo plazo (LTP)

El mecanismo cognitivo central que subyace a la plasticidad cerebral es la potenciación a largo plazo (LTP), un proceso neurobiológico mediante el cual las sinapsis entre neuronas se fortalecen de manera duradera tras una estimulación repetida. La potenciación a largo plazo (LTP, por sus siglas en inglés) fue descubierta en 1973 por el neurofisiólogo norirlandés Terje Lømo, mientras trabajaba en la Universidad de Oslo junto a Timothy Bliss. Este mecanismo es reconocido como la base fisiológica que sustenta la memoria y el aprendizaje, ya que contribuye a fijar la información y a potenciar las capacidades cognitivas.

Varios estudios han demostrado que la LTP se activa cuando se produce un aprendizaje significativo a través de la práctica constante, lo que respalda la efectividad de métodos como la repetición espaciada y la revisión activa en el entorno educativo (Dubinsky et al, 2013).

La potenciación a largo plazo (LTP) se ha reconocido durante años como un indicador de la plasticidad sináptica. Recientemente, su presencia también ha sido confirmada en humanos mediante el uso de técnicas de potenciales evocados (Montoya, 2010), que consisten en medir la actividad eléctrica del cerebro a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo, registrando cómo responde el sistema nervioso ante determinados estímulos sensoriales o cognitivos. Estas mediciones

permiten identificar cambios en la eficacia de la transmisión sináptica, como los que ocurren durante procesos de aprendizaje y memoria.

2.2.3 Implicaciones para la práctica docente

Comprender la plasticidad cerebral y la LTP permite a los docentes diseñar experiencias de aprendizaje que desafíen a los estudiantes, promuevan la curiosidad y fomenten la perseverancia. De acuerdo a López et al (2024), la plasticidad cerebral en estudiantes puede potenciarse significativamente mediante la creación de ambientes de aprendizaje enriquecidos. Estos entornos deben desafiar cognitivamente a los alumnos y fomentar la exploración activa y el descubrimiento. Elementos clave para el proceso incluyen la estimulación temprana, el diseño de actividades que promuevan la curiosidad intrínseca y la perseverancia, y una retroalimentación positiva que revalorice el error como una oportunidad de aprendizaje. La implementación de estas estrategias es fundamental para maximizar la capacidad adaptativa neuronal y asegurar la consolidación de conocimientos duraderos.



Figura 11. Relación entre la plasticidad cerebral y la potenciación a largo plazo (LTP) y sus implicaciones en el ámbito educativo.

Nota. Imagen generada mediante ChatGPT IA. Creada por Argoti, S. (2025).

2.3 Emoción y aprendizaje

La influencia de las emociones en el aprendizaje:

El Impacto de los Estados Emocionales Positivos en el Aprendizaje

En su investigación Ibañez-Faichin et al (2025), demuestra la existencia de una asociación robusta entre un estado emocional positivo y una disposición optimizada hacia el aprendizaje. Esta correlación ejerce una influencia significativa sobre las dimensiones afectiva, cognitiva y conductual del estudiante. Esto quiere decir que, las emociones positivas facilitan procesos clave como la autorregulación, la motivación intrínseca y la capacidad de resolución de problemas. En contraste, la presencia de emociones negativas puede obstaculizar la efectividad de dichos mecanismos. Por consiguiente, la promoción de un ambiente emocionalmente saludable en el aula se establece como un factor crítico para potenciar el rendimiento académico y fomentar el desarrollo integral del alumnado.

Según García-Retana (2012), la educación tradicional ha puesto mayor énfasis en el desarrollo cognitivo, relegando a un segundo plano los aspectos emocionales. Sin embargo, la neurociencia ha revelado que la razón y la emoción operan de manera conjunta en el cerebro, ejerciendo una influencia recíproca tanto en la adquisición de conocimientos como en la capacidad de adaptación del individuo. Por esta razón, fomentar un ambiente emocionalmente saludable en el aula es fundamental para optimizar el bienestar psicológico de los estudiantes y potenciar su rendimiento académico.

2.3.1 Mecanismo asociado: Activación de la amígdala y redes límbicas

El sistema límbico constituye la principal estructura neurológica responsable del procesamiento de las emociones. Dentro de este sistema, la amígdala, una región identificada más recientemente, desempeña un papel crucial en la modulación de las respuestas fisiológicas mediadas por el sistema nervioso autónomo. Esta estructura se halla implicada en manifestaciones conductuales fundamentales como la empatía, la agresión y el estrés. La educación emocional puede ser facilitada por la actividad de las neuronas espejo. Estas neuronas exhiben una activación idéntica cuando un individuo realiza una acción, cuando observa a otro ejecutarla, o cuando la imagina. Este mecanismo neuronal ofrece una vía para el desarrollo de la gestión emocional adaptativa, lo cual es esencial para el bienestar psicológico y una vida plena (Arce, 2017).

La amígdala basolateral tiene un papel fundamental en el arousal emocional (es decir, el nivel de activación fisiológica o emocional), que afecta tanto la memoria como el aprendizaje. Esta estructura se conecta bidireccionalmente con áreas cerebrales clave como el hipocampo, el cuerpo estriado y la corteza prefrontal. Estas conexiones son cruciales porque dichas regiones están implicadas en la consolidación de memorias explícitas, la memoria de trabajo, el aprendizaje de procedimientos y la memoria asociada al refuerzo (Redolar, 2014).

En relación al papel que juegan las emociones en el Aprendizaje Duradero, Arce (2017) menciona que, estas interconexiones neuronales facilitan que la emoción mejore significativamente tanto la codificación como la recuperación de la información. Como resultado, los conocimientos adquiridos bajo estados emocionales intensos tienden a ser más perdurables y fáciles de recordar. En consecuencia, el diseño de entornos educativos que incorporen la gestión emocional y fomenten experiencias afectivas positivas es crucial. Tal enfoque puede optimizar el aprendizaje y la motivación del estudiante.

2.4 Atención focalizada

2.4.1 Importancia de la atención en el aprendizaje

La relevancia de la Atención Focalizada en el Aprendizaje se manifiesta debido a que, ésta representa un proceso cognitivo fundamental que posibilita la concentración de recursos mentales sobre un estímulo o tarea particular. Este mecanismo inhibe la interferencia de estímulos distractores, optimizando así el procesamiento de información relevante para la adquisición de conocimiento. En consecuencia, tenemos que, la capacidad de mantener una atención focalizada en el entorno educativo es crucial para la efectiva absorción, procesamiento y retención de información por parte de los estudiantes.

Ante este contexto la atención es un proceso esencial en la cognición humana, ya que, de esta manera, nos capacita para interactuar significativamente con el entorno y comprender las intenciones de otros,

facilita el procesamiento de información actual, influyendo así en la toma de decisiones y en la adaptación al mundo (Vera, 2024).

2.4.2 Mecanismo asociado: Redes atencionales y función ejecutiva

De acuerdo a Juárez (2018), las Redes Atencionales son parte de un modelo que propone la existencia de tres sistemas interconectados: la red de alerta, la red de orientación y la red ejecutiva. Esta última es crucial para funciones como la monitorización, la resolución de conflictos y la autorregulación. Su ubicación principal se encuentra en las áreas frontales del cerebro, con una participación significativa de la corteza cingulada anterior.

Las redes atencionales son sistemas dinámicos que pueden cambiar a lo largo del tiempo tanto a nivel de estructura cerebral como en su funcionamiento. Estos cambios pueden ser producto de diversas influencias, tales como los factores ambientales y ontogenéticos, entre los más importantes (Balseca, 2022).

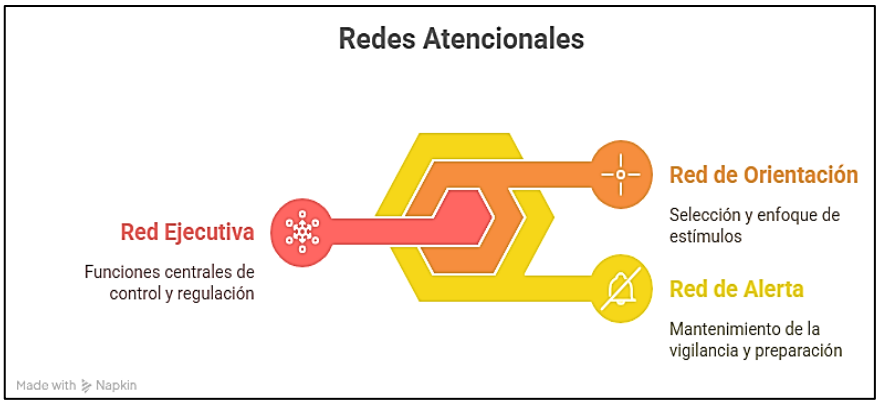


Figura 12. Sistema interconectado de redes atencionales.

Nota. Imagen generada mediante Napkin IA. Creada por Argoti, S. (2025).

Así también, el artículo de Cedeño (2019) menciona que, la atención focalizada y las funciones ejecutivas están fuertemente interconectadas en estudiantes universitarios, compartiendo fundamentos neuroanatómicos y funcionales. Específicamente, la atención focalizada depende del control inhibitorio y la memoria de trabajo. Estas funciones ejecutivas regulan la selección y el mantenimiento de la información relevante para la tarea, lo que es esencial para un aprendizaje efectivo.

2.5 Aprendizaje multisensorial

2.5.1 Beneficios del aprendizaje multisensorial

El artículo de Paraskevopoulos (2024), señala que el aprendizaje multisensorial promueve una transferencia automática de entrenamiento de arriba hacia abajo (top-down). Esto implica que el cerebro utiliza

experiencias multisensoriales las cuales optimizan el aprendizaje y la generalización de habilidades en diversos contextos, superando significativamente los efectos del entrenamiento unisensorial.

En el ámbito de la educación especial, la implementación de un enfoque multisensorial es fundamental para potenciar las capacidades sensoriales y cognitivas de estudiantes con diversas discapacidades de aprendizaje, como el autismo, la discapacidad visual o la auditiva. Un estudio cualitativo realizado demostró que esta metodología no solo acelera los procesos de pensamiento, sino que también mejora la disposición hacia el aprendizaje en todas las esferas del desarrollo estudiantil: cognitiva, física, emocional y social (Yusop, 2019).

2.5.2 Bases neurocientíficas

En su estudio sobre estrategias multisensoriales en lectoescritura Hernández y López (2019), destacan que los sentidos actúan como antenas que reciben y transmiten información al cerebro para su procesamiento y aprendizaje. Cuantos más sentidos se involucren, mayor será la activación neuronal y, por ende, el nivel de aprendizaje. Esta integración multisensorial es fundamental para compensar las necesidades individuales y favorecer la plasticidad cerebral.



Figura 13. Representación de estrategias multisensoriales en lectoescritura y su impacto en la activación neuronal y plasticidad cerebral.

Nota. Imagen generada mediante ChatGPT IA por Argoti, S. (2025).

2.5.3 Mecanismo asociado: Integración sensorial

La integración sensorial es la habilidad del cerebro para organizar y dar sentido a la información que recibe de todos nuestros sentidos (tacto, vista, oído, propiocepción, vestibular, gusto y olfato). Esta organización permite que podamos reaccionar de forma coordinada y adaptarnos a nuestro entorno. Es una función que comienza a desarrollarse muy temprano, incluso antes de nacer, y se perfecciona continuamente a través de las experiencias y el juego.

La integración sensorial puede concebirse como un rompecabezas que ensambla todas las partes, refiriéndose al proceso neurológico que

permite organizar las sensaciones recibidas tanto del propio cuerpo como del ambiente. Esta organización sensorial posibilita la generación de respuestas adaptativas, permitiendo una interacción efectiva con el entorno. Se considera, por lo tanto, la base para el desarrollo subsecuente de aspectos cruciales como las esferas emocional, cognitiva, comunicativa y motora (Vives-Vilarroig y García-Gómez, 2022).

2.6 Motivación intrínseca

2.6.1 El papel de la motivación en el aprendizaje efectivo

Diversos estudios establecen una correlación significativa entre la motivación, la curiosidad y los sistemas de recompensa cerebrales. Esto se debe a que la motivación intrínseca se define como el impulso inherente a ejecutar una actividad, derivado del interés y la satisfacción intrínseca que la misma genera, sin la necesidad de incentivos externos. Este tipo de motivación es vital para un aprendizaje efectivo, ya que impulsa la exploración, la curiosidad y un compromiso duradero con tareas complejas y desafiantes. Los estudiantes intrínsecamente motivados suelen mostrar mayor persistencia, creatividad y una comprensión más profunda de los conceptos (Di Doménico y Ryan, 2017).

La Neurobiología de la Motivación Intrínseca y la Curiosidad se explica en el estudio de Betsy (2018), quien menciona que la motivación intrínseca y la curiosidad están mediadas por la liberación de dopamina, que es un neurotransmisor crucial dentro del sistema de recompensa

cerebral. La activación de la dopamina ocurre no solo ante recompensas tangibles, sino también por la satisfacción de la curiosidad y el logro de metas autoimpuestas. Esta activación neuroquímica refuerza la conducta de exploración y el aprendizaje autónomo, lo que a su vez consolida la memoria y facilita un aprendizaje profundo.

2.6.2 Mecanismo asociado: Sistema de recompensa dopaminérgico.

El Sistema Dopaminérgico de Recompensa actúa como un modulador crucial de la conducta, un punto que se manifiesta en el estudio de Michel-Chávez et al. (2015), en el cual, estos autores definen el sistema de recompensa dopaminérgico como un circuito cerebral fundamental que regula la motivación, el placer y las conductas dirigidas a objetivos. Las neuronas dopaminérgicas ubicadas en el área tegmental ventral se proyectan hacia el núcleo accumbens y la amígdala, permitiendo el procesamiento tanto de estímulos gratificantes como aversivos. Esto es crucial para la regulación de la conducta adaptativa y, en última instancia, para la supervivencia. La actividad de este sistema está finamente modulada por interneuronas inhibidoras y es esencial para procesos como el aprendizaje y la memoria. Su disfunción también se ha implicado en la fisiopatología de diversos trastornos, incluyendo las adicciones y la depresión.

2.7 Aprendizaje social

2.7.1 La dimensión social del aprendizaje

De acuerdo con Brown y Adler (2008), el aprendizaje social se concibe como una aproximación pedagógica que fundamenta la construcción del conocimiento en la interacción social y la observación de otras personas. Esta teoría del Aprendizaje Social postula que los individuos adquieren conocimientos y habilidades mediante la observación y posterior replicación de las conductas exhibidas por otros, ya que establece que los seres humanos procesan información de manera activa y reflexionan sobre la relación entre sus acciones y los resultados derivados de ella (Bandura, 1977).

En la actualidad, en los entornos virtuales en la que las personas nos desenvolvemos, la interacción social se ve amplificada por herramientas tecnológicas (TIC´s), que promueven la colaboración y la comunicación, lo cual, a su vez, refuerza las competencias tanto digitales como cognitivas. Es importante señalar que, la interacción social constituye un elemento fundamental para el desarrollo de habilidades cognitivas y socioemocionales en modalidades de enseñanza híbridas (Hernández-Suárez, 2024). El estudio de Villagómez (2023), concluye que el aprendizaje observacional y la interacción social son elementos fundamentales para alcanzar niveles avanzados de adquisición de conocimiento sólido.

2.7.2 Mecanismo asociado: Neuronas espejo.

El Papel de las Neuronas Espejo en el Aprendizaje Social y el desarrollo se detalla en el trabajo de Sopla-Tafur (2024), en el cual se explica que las neuronas espejo son esenciales para facilitar la imitación, la empatía, la comprensión y la comunicación, esto las transforma en un pilar fundamental del aprendizaje social durante la infancia. Diversos estudios han evidenciado que el entorno social estimula activamente el aprendizaje por imitación, confirmando la considerable influencia que ejercen las figuras del entorno en el desarrollo infantil. Así mismo establece que, la adecuada comprensión del funcionamiento de este sistema neuronal ofrece una base sólida para el desarrollo de estrategias pedagógicas y terapias orientadas a optimizar la interacción social y el aprendizaje vicario, que también es conocido como aprendizaje por observación o aprendizaje social, se refiere a la adquisición de nuevas conductas, habilidades, conocimientos o valores al observar a otros (modelos), sin la necesidad de realizar la acción directamente o de experimentar las consecuencias de primera mano.

2.7.3 Importancia del sueño y la actividad física

Efectos del sueño y el ejercicio en la consolidación de la memoria y la plasticidad cerebral.

El sueño se establece como un estado óptimo para la consolidación de la información recién adquirida; este proceso depende de las condiciones específicas del aprendizaje y del momento en que ocurre el

sueño. Esta consolidación induce cambios tanto cuantitativos como cualitativos en las representaciones mnésicas. A través de patrones distintivos de actividad neuromoduladora y oscilaciones de potencial de campo eléctrico, el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño de movimientos oculares rápidos (MOR) facilitan la consolidación sistémica y la consolidación sináptica, respectivamente. Durante el SOL, las oscilaciones lentas, los usos del sueño y las ondulaciones, en un contexto de actividad colinérgica mínima, coordinan la reactivación y la redistribución de recuerdos dependientes del hipocampo hacia la neocorteza. En contraste, durante el MOR, los incrementos locales de actividad de genes tempranos inmediatos asociados a la plasticidad, podrían favorecer la consolidación sináptica subsiguiente de los recuerdos en la corteza cerebral (Diekelmann, 2010).

En lo referente al impacto del ejercicio físico en la neuroplasticidad y la cognición se muestra en el estudio de Sousa (2020), en el que se confirma la hipótesis de que diversas modalidades de ejercicio físico (PE por sus siglas en inglés), incluyendo el entrenamiento aeróbico y de resistencia, son capaces de potenciar la neuroplasticidad en distintas especies (animales y humanos). Este efecto se atribuye a la elevada producción de factores neurotróficos, la optimización de la señalización celular, y la promoción del crecimiento y desarrollo neuronal, lo que resulta en una mejora consecuente de la cognición. Adicionalmente, se ha observado que el PE mejora las capacidades funcionales, evidenciado en la reducción de estados de ansiedad y depresión en modelos

animales. Particularmente, el ejercicio aeróbico ha demostrado ser un impulsor significativo en la expresión de factores tróficos cerebrales.



Figura 14. Efectos del sueño y el ejercicio físico sobre la consolidación de la información y la neuroplasticidad cerebral.

Nota. Imagen generada por ChatGPT IA. Creada por Argoti, S. (2025).

2.7.4 Mecanismo asociado: Consolidación de la memoria durante el sueño

Investigaciones recientes han mostrado que el cerebro mantiene una alta actividad de procesamiento de información durante el sueño, lo cual es esencial para el desarrollo cerebral y numerosos fenómenos de plasticidad neuronal. La privación de sueño, por su parte, compromete significativamente la consolidación de la memoria. A nivel celular, los ciclos circadianos organizan complejos mecanismos de regulación

génica y estructural que coordinan las funciones individuales y colectivas de las células, órganos y sistemas fisiológicos. De esta manera se establece que, el sueño ejerce una influencia profunda en procesos como la memoria, el aprendizaje, los estados de ánimo, el comportamiento, así como en las respuestas inmunológicas, procesos metabólicos, niveles hormonales y la digestión, entre otras funciones fisiológicas esenciales (Acosta, 2019).

Tanto la emoción como el sueño son reconocidos como moduladores independientes de la memoria declarativa. La emoción tiene la capacidad de facilitar la memoria, lo que resulta en una consolidación mejorada y más duradera. Paralelamente, el sueño optimiza el procesamiento de memoria offline, manifestándose en una recuperación superior de la información al día siguiente (Nishida et al., 2009).

2.8 Retroalimentación efectiva

2.8.1 El valor de la retroalimentación o feedback en la autorregulación y el aprendizaje

El feedback tiene un impacto positivo en el aprendizaje significativo, debe ser específico, oportuno y contextualizado para ser efectivo, así mismo, debe poder personalizarse y adaptarse a las necesidades de cada estudiante ya que es un componente clave del modelo de codiseño. Cuando está orientado al aprendizaje es más efectivo que el feedback orientado al desempeño, también tiene la capacidad de ayudar a los estudiantes a comprender sus fortalezas y debilidades, así como, a mejorar su aprendizaje (Yánez, 2024).

Durante un estudio experimental realizado con estudiantes de inglés como lengua extranjera, determinó que el feedback que fue dirigido al proceso de aprendizaje — y no únicamente al resultado— mostró una mejora significativa en las estrategias del aprendizaje autorregulado de los estudiantes (sobre la metacognición, el monitoreo, y el autocontrol emocional), además del desempeño escrito durante un semestre que duró la evaluación (Yang et al, 2022).

2.8.2 Mecanismo asociado: Refuerzo positivo.

El refuerzo positivo cumple con el papel de ser un componente cognitivo fundamental en los procesos de retroalimentación pedagógica, contribuyendo de manera significativa al fortalecimiento de la motivación intrínseca, la optimización de la autorregulación y el fomento de la autonomía en el aprendizaje. Este mecanismo funciona mediante el uso de señales específicas, como elogios orientados al proceso y recompensas de carácter informativo, lo que facilita la consolidación de los conocimientos adquiridos y se incrementa el nivel de compromiso del estudiante con su formación académica.

La retroalimentación efectiva, cuando esta se plantea desde un enfoque basado en las fortalezas (strengths-based feedback), cumple un papel fundamental en la construcción de relaciones positivas entre docentes y estudiantes, logrando que estos se sientan valorados y respaldados en su proceso de aprendizaje. Este tipo de retroalimentación aumenta la motivación y el interés por aprender y favorece la autorregulación y la participación activa en clase. Al centrarse en destacar aquello que el

estudiante realiza correctamente, se afirma y valida su trabajo, lo que fortalece su percepción de autoeficacia y potencia su compromiso académico. En este sentido, el refuerzo positivo que acompaña a la retroalimentación actúa como un mecanismo cognitivo que estimula la perseverancia, mejora la disposición hacia el aprendizaje autónomo y mantiene altos niveles de motivación en los estudiantes (Morrison y Jacobsen, 2023).

2.9 Metacognición

2.9.1 La capacidad de reflexionar sobre el propio aprendizaje

La cognición comprende las operaciones fundamentales de codificación, relación, consolidación y recuperación de información. Por otro lado, la metacognición, mediante el autocontrol, integra un conjunto de estrategias que facilitan la comprensión y el dominio de estos procesos cognitivos, ejerciendo una influencia directa en la motivación y en el desarrollo de habilidades tanto cognitivas como metacognitivas. Dentro de la metacognición, el conocimiento metacognitivo se subdivide en conocimiento declarativo (el "saber qué"), procedimental (el "saber cómo") y condicional (el "saber cuándo y por qué"). Complementariamente, la regulación metacognitiva engloba la planificación, supervisión y evaluación de las estrategias de aprendizaje (Agrela y Simons, 2024).

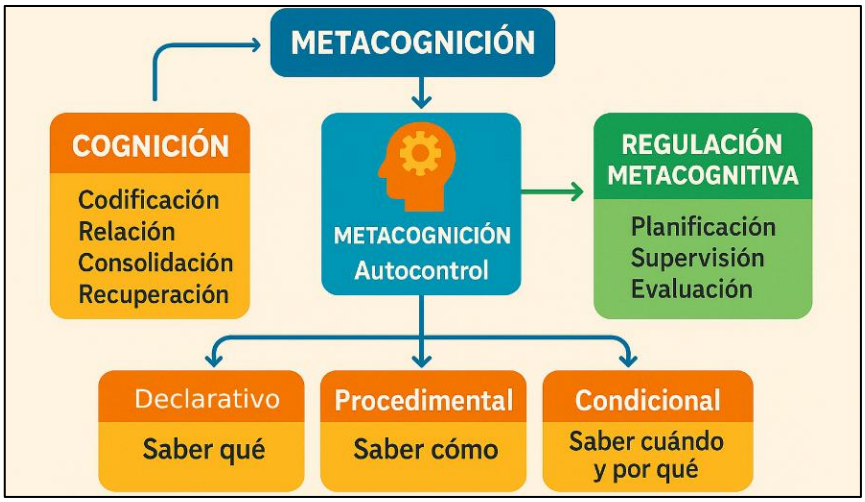


Figura 15. Esquema de interacción entre los procesos cognitivos, la metacognición y los tipos de conocimiento metacognitivo en la autorregulación del aprendizaje.

Nota. Imagen generada por Claude 3.5 Sonnet IA. Creada por Argoti, S. (2025).

El estudio llevado a cabo por Briceño-Martínez (2024), analizó la relación entre metacognición, estrategias de aprendizaje y emociones académicas en 1.096 estudiantes universitarios colombianos de distintas carreras. Los hallazgos revelaron que existe una relación positiva entre la metacognición y el uso de estrategias de aprendizaje, vínculo que también se asocia con emociones académicas positivas. En contraste, las emociones negativas mostraron una relación inversa, afectando de forma desfavorable tanto a la metacognición como a las estrategias de aprendizaje. Se concluye que fomentar la metacognición favorece el uso de estrategias efectivas y reduce el impacto de las emociones académicas negativas.

2.9.2 Mecanismo asociado: Funciones ejecutivas.

Las funciones ejecutivas se constituyen en un conjunto integrado de sistemas de control y monitoreo comportamental que facilitan el logro efectivo de objetivos establecidos a través de la planificación estratégica de decisiones y acciones. Estas funciones comprenden diversos mecanismos fundamentales, así como componentes complementarios que actúan como elementos de apoyo (Coello y Ramos, 2022).

Estas funciones se encuentran formando el sistema cognitivo fundamental el cual facilita la implementación de las habilidades metacognitivas en los estudiantes. La autorregulación se conceptualiza como un proceso de control ejecutivo de gran importancia, encargado de supervisar y controlar los elementos que impactan el aprendizaje y el rendimiento académico (Díaz y Merlyn, 2024).

En su investigación Gutiérrez y Montoya (2022), examinaron el efecto predictivo de las Funciones Ejecutiva sobre la Metacognición en una muestra de estudiantes universitarios colombianos, estudio en el cual los resultados indican que estas funciones constituyen factores predictivos fundamentales del conocimiento metacognitivo subjetivo.

2.10 Entorno emocional positivo

2.10.1 Clima emocional y aprendizaje

El ambiente emocional dentro del aula constituye un elemento fundamental que influye en la predisposición hacia el aprendizaje y el

crecimiento integral del estudiante. Un entorno emocional positivo, protector y estimulante promueve la participación activa y facilita la disminución del stress.

Evidencias científicas demuestran que las intervenciones educativas orientadas al fortalecimiento de las competencias socioemocionales ejercen efectos positivos considerables en la capacidad de los estudiantes para afrontar retos académicos y autorregular sus estados emocionales. La deficiencia en el desarrollo de dichas habilidades se asocia con manifestaciones conductuales problemáticas, dificultades en el manejo del estrés y deterioro del rendimiento académico. De la misma manera, la carencia de competencias emocionales incide negativamente en la autoestima y motivación estudiantil, restringiendo el desarrollo pleno de sus capacidades y competencias académicas (Bauz et al, 2024).

En el contexto actual, que se define por la hegemonía de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en donde las oportunidades de interacción interpersonal se han expandido exponencialmente, impactando inevitablemente todas las dimensiones y estratos de la experiencia humana, particularmente los procesos cognitivos y afectivos, se ha observado un incremento paralelo en conductas que bordean lo patológico, tales como ansiedad, estados depresivos, problemas disciplinarios, expresiones violentas y trastornos alimentarios, entre otros, los mismos que aparecen como indicadores de una deficiencia en el desarrollo de competencias emocionales, fenómeno conocido como analfabetismo emocional (Dueñas, 2002).

El clima emocional presente en los ambientes educativos se constituye en un elemento esencial que incide de manera directa en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Este concepto abarca la totalidad de estados afectivos, percepciones y disposiciones que caracterizan el entorno formativo, incluyendo aulas escolares, espacios institucionales y cualquier otro contexto donde se desarrolle la experiencia educativa. La naturaleza de estas manifestaciones emocionales, que pueden oscilar entre aspectos favorables y desfavorables, ejerce una influencia considerable tanto en el desempeño académico como en el equilibrio socioemocional de los educandos (Cuadrado, 2024).

2.10.2 Mecanismo asociado: Regulación emocional.

La valoración personal integral y la capacidad de autorregulación emocional son considerados como factores determinantes en el bienestar psicológico, la adaptación al entorno social y el desarrollo integral de los seres humanos.

La autorregulación emocional engloba mecanismos conscientes e inconscientes que facilitan el seguimiento, valoración y modulación de nuestras emociones (incluyendo su activación, magnitud, duración y manifestación), esto con el propósito de lograr adaptación contextual, consecución de objetivos y promoción del bienestar psicológico y social (Navarro et al, 2021). Así también la esta autorregulación, promueve la adaptación en el contexto académico e incrementa la percepción de competencia personal, la motivación intrínseca y las habilidades para

gestionar las tensiones del stress educativo (Kritikou y Giovazolias, 2022).

Estudios recientes enfatizan que la autorregulación emocional se vincula con la habilidad de las personas para modular las respuestas físicas y psicológicas frente a circunstancias estresantes (Ocaña, 2021). Mediante el manejo apropiado de las emociones, los estudiantes logran construir un clima interno más estable, elemento fundamental para la receptividad hacia el aprendizaje.

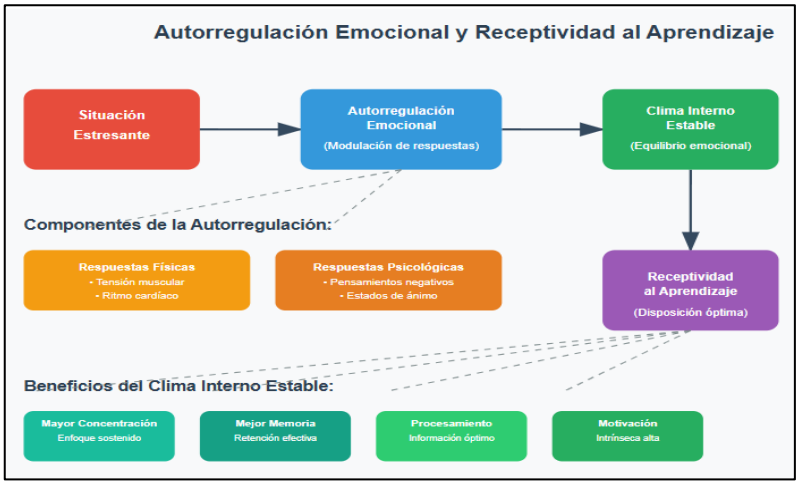


Figura 16. Modelo procesual de la autorregulación emocional y su impacto en la receptividad al aprendizaje: mediación del clima interno estable en contextos educativos.

Nota. Imagen generada por Claude 3.5 Sonnet IA. Creada por Argoti, S. (2025).

2.10.3 Integración de los principio y mecanismos: Implicaciones para la práctica educativa

La integración de los principios pedagógicos y los mecanismos cognitivos, emocionales y sociales derivados de la neurociencia genera implicaciones significativas para el ejercicio educativo. Los desarrollos en neuroeducación proporcionan un marco conceptual para renovar el diseño curricular y la administración dentro del aula, orientados hacia la optimización del aprendizaje y el bienestar de los estudiantes, promoviendo contextos inclusivos, estimulantes y adaptativos que propician el bienestar integral, la capacidad de autorregulación y el rendimiento académico.

La evidencia sugiere que un abordaje integrador y multidisciplinario resulta fundamental para responder las demandas estudiantiles de manera eficaz y congruente con los mecanismos cerebrales del aprendizaje. Esto conlleva a adaptar estrategias educativas que aprovechen el conocimiento sobre el desarrollo cerebral, especialmente durante períodos críticos como la adolescencia.

Resultados de estudios muestran una correlación favorable entre los procesos metacognitivos y las estrategias de aprendizaje, las cuales se asocian adecuadamente con estados emocionales académicos positivos. En contraposición, los estados académicos negativos mantienen una relación inversa con las estrategias de aprendizaje y la metacognición, y esto nos permite concluir que los procesos metacognitivos potencian

las estrategias de aprendizaje, mientras que las emociones académicas adversas las inhiben (Briceño et al, 2024).

Así mismo, la evidencia manifiesta que esta integración no constituye un planteamiento teórico, sino una estrategia imprescindible para potenciar los procesos de aprendizaje, el reconocimiento afectivo, el compromiso estudiantil y los logros académicos en toda clase de instituciones educativas. Además, de que deja en claro que, es necesaria una formación docente permanente en Neurociencias aplicadas a la Educación. Esta actualización profesional posibilitará que los docentes enriquezcan y perfeccionen sus metodologías didácticas, optimizando procesos cognitivos y fortaleciendo el aprendizaje (Esparza, 2022).

2.11 Expectativas y desafíos futuros

El avance de la neurociencia y la investigación que se realiza sobre los mecanismos cognitivos han venido generando grandes expectativas para transformar la educación. La integración de los principios de la Neurociencia y los procesos cognitivos en el ámbito educativo constituye un área educativa emergente que presenta considerables perspectivas de transformación y cambio, así como retos multifacéticos. La neuroeducación se manifiesta como una herramienta innovadora que perfeccionará la práctica pedagógica y el diseño curricular actual, enfocándolos hacia una mayor individualización e inclusión educativa. No obstante, en la actualidad, este proceso enfrenta desafíos especialmente en su aplicación práctica, en la formación del cuerpo docente y también en la equidad del acceso a la preparación académica.

La expectativa fundamental de este campo radica en la capacidad de la neuroeducación para renovar y transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje al proveer herramientas que facilitan y mejoran los procesos cognitivos clave, como son la atención, la memoria y la motivación, promoviendo de estar manera un aprendizaje significativo (Bullón, 2016).

Así también, la comunidad académica y científica anticipa que la neurociencia educativa posibilite la elaboración de programas curriculares más eficaces que integren conocimientos sobre el funcionamiento cerebral y mecanismos cognitivos, estimulando un aprendizaje individualizado y adaptativo. Diversas instituciones han iniciado la incorporación de conceptos fundamentales de neurociencia en su diseño y planificación curricular. Las perspectivas futuras señalan hacia una colaboración estrecha entre especialistas en neurociencia, psicología, educación y tecnología para desarrollar metodologías educativas fundamentadas en evidencia científica, que consideren tanto las dimensiones cognitivas como emocionales del proceso de enseñanza – aprendizaje (Cooper et al, 2025).

2.12 Conclusiones

La exhaustiva investigación sobre los "Principios Fundamentales y Procesos Cognitivos" desarrollada a lo largo de este capítulo muestra la conexión inherente entre los principios neuroeducativos y los mecanismos cognitivos que regulan el aprendizaje. Se ha logrado evidenciar cómo aspectos tales como la neuroplasticidad, las

emociones, la atención focalizada, el aprendizaje multisensorial, la motivación intrínseca, el aprendizaje social, el sueño y la actividad física, la retroalimentación efectiva, la metacognición, y un entorno emocional positivo influyen determinantemente en la capacidad de aprender. Cada uno de estos principios clave ha sido asociado con mecanismos cognitivos específicos, como la potenciación a largo plazo (LTP) en relación con la plasticidad cerebral o la activación de la amígdala vinculada a las emociones, lo cual consolida la base neurobiológica de cada proceso.

La integración entre estos principios y mecanismos genera implicaciones sustanciales para la práctica educativa, proporcionando un marco teórico esencial para la transformación curricular y la administración dentro de las aulas. Se ratifica que un enfoque integrador y multidisciplinario resulta fundamental para atender las necesidades estudiantiles, alineado con los mecanismos cerebrales del aprendizaje. La relación positiva entre los procesos metacognitivos y las estrategias de aprendizaje con estados emocionales académicos positivos se contrapone al efecto limitante de las emociones negativas. Este capítulo destaca que dicha integración constituye una metodología imprescindible para optimizar el aprendizaje y el compromiso estudiantil, resaltando la necesidad imperativa de una capacitación docente permanente en Neurociencias Educativas. La neuroeducación se constituye, por tanto, como un instrumento innovador y renovador, capaz de promover un aprendizaje más personalizado, inclusivo y con sentido.

CAPÍTULO III

3 ESTRATEGIAS STEAM INFORMADAS POR LA NEUROCIENCIA

El presente capitulo examina la convergencia del enfoque pedagógico Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) y los hallazgos de la neurociencia para proponer estrategias didácticas aplicables en la educación. La investigación, basada en una revisión de literatura académica, confirma que la implementación del modelo STEAM, cuando está fundamentada en principios de la neuroeducación, puede potenciar de manera significativa la atención, la motivación y la retención del conocimiento en los estudiantes.

Se ha identificado que la neurociencia proporciona un marco empírico que valida metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la gamificación. Además, se destaca el papel del arte (A en STEAM) como un facilitador emocional y cognitivo fundamental, más allá de ser un simple complemento disciplinario. A nivel neurobiológico, estas estrategias estimulan el sistema de recompensa dopaminérgico del cerebro, promoviendo no solo el compromiso inicial, sino también la motivación intrínseca y sostenida, elementos cruciales para el aprendizaje complejo y a largo plazo (Guillén Rodríguez y Guillen Ruiz, 2025)



Figura 17. Representación gráfica de estrategias Steam.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

3.1 El contexto de la innovación educativa

3.1.1 El desafío de la atención, la motivación y la retención en la era digital

En un mundo saturado de estímulos digitales, la educación enfrenta el desafío de captar y mantener la atención de los estudiantes, un requisito previo fundamental para cualquier proceso de aprendizaje. La atención, al ser la puerta de entrada a la memoria, determina la capacidad de un individuo para procesar información. El aprendizaje moderno, por lo tanto, no puede depender exclusivamente de modelos pasivos de instrucción. Es imperativo que la pedagogía evolucione para competir con el ecosistema de estímulos que caracteriza la vida de los jóvenes de hoy. Los educadores deben diseñar experiencias que no solo transmitan

información, sino que también activen las funciones cognitivas que la neurociencia ha identificado como críticas para un aprendizaje profundo y perdurable (Asinc y Alvarado, 2019).

El modelo STEAM, un acrónimo de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, ha emergido como una respuesta prometedora a estos desafíos . Inicialmente conceptualizado como STEM, la posterior inclusión del Arte no fue una simple adición, sino un enriquecimiento crucial del enfoque. El arte, junto con el deporte, se reconoce como una actividad que contribuye enormemente al desarrollo intelectual y emocional de los estudiantes. Al incorporar las artes, STEAM integra una dimensión de creatividad, inventiva y expresión emocional que fomenta un enfoque más holístico y humano del aprendizaje. Este enfoque busca cultivar el pensamiento crítico, creativo y científico a través de la transdisciplinariedad y la contextualización del aprendizaje . Se basa en la premisa de que las competencias del siglo XXI, como la colaboración y la resolución de problemas, se desarrollan de manera más efectiva a través de la integración de conocimientos, en lugar de su estudio en disciplinas aisladas (Manes, 2017).



Figura 18. Representación del desafío de la atención.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

Además, desde la perspectiva de la neuroeducación, se reconoce que el aprendizaje significativo ocurre cuando los estudiantes logran establecer conexiones emocionales y cognitivas con los contenidos. Diversas investigaciones han demostrado que la motivación intrínseca y la emoción positiva activan circuitos cerebrales relacionados con la memoria a largo plazo, lo que facilita la consolidación del conocimiento (Immordino-Yang & Damasio, 2007). En este sentido, el modelo STEAM no solo responde a la necesidad de un aprendizaje más dinámico y contextualizado, sino que también alinea sus estrategias con principios neurocientíficos, al promover experiencias prácticas, colaborativas y creativas que estimulan tanto la atención como la motivación sostenida. Este vínculo entre emoción, cognición y acción convierte al enfoque STEAM en una herramienta pedagógica poderosa para enfrentar los retos educativos de la era digital.

3.2 Potenciación de la motivación

3.2.1 El sistema límbico y los sistemas recompensa

Según la publicación de Arana et al. (2023) titulada “Neurociencia y su aporte determinante en la educación, menciona que la motivación y la emoción son componentes indispensables para iniciar y sostener el proceso de aprendizaje. Desde una perspectiva neurobiológica, el Sistema Límbico, responsable de controlar la vida emotiva (placer, dolor, amor, depresión) , funciona como un filtro esencial para la información que ingresa al organismo (Gallego, 2017). Si la información o la actividad educativa no genera una respuesta emocional o se percibe como irrelevante para la supervivencia o el bienestar individual, el sistema límbico puede abortar o debilitar el proceso de codificación de la memoria, independientemente de la sofisticación de la tecnología utilizada en el aula.

La metodología STEAM se alinea intrínsecamente con este principio biológico al priorizar el *aprendizaje significativo (David Ausubel)*. Se insta a los docentes a centrarse en problemas que resulten reales, actuales y cercanos, asegurando que el proyecto surja genuinamente del interés de los estudiantes. Esta contextualización activa el sistema de recompensa del cerebro, ligando el aprendizaje con el placer y la utilidad, lo que conduce a una mayor motivación intrínseca (Secretaria de Educación Pública de México, 2022).

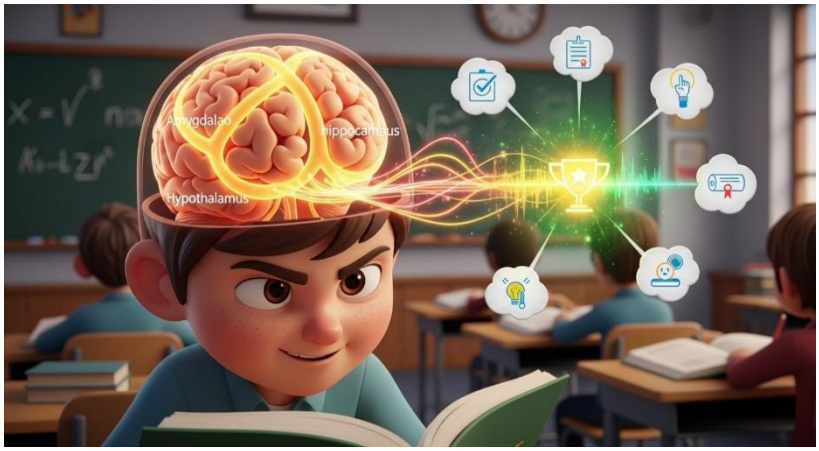


Figura 19. Representación gráfica de potenciación de la motivación.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

La activación de los sistemas de recompensa dopaminérgicos también se consigue mediante la novedad y la creación al designar y utilizar espacios creativos como los *Makerspaces*, incluso si se crean con materiales reciclables, el simple hecho de categorizar el entorno como un "espacio de creación" activa el cerebro del estudiante, generando entusiasmo y precondicionando una respuesta creativa, además la inclusión de la gamificación y el aprendizaje basado en juegos, que a menudo acompaña a las estrategias STEAM, ha demostrado un impacto positivo directo en la motivación y la retención del conocimiento en cursos de ciencias naturales (Patiño & Garzón, 2024).

3.2.2 Optimización de la atención: carga cognitiva y variación didáctica

La atención se reconoce como un recurso cognitivo sumamente limitado, pero absolutamente imprescindible para que se produzca cualquier forma de aprendizaje significativo. En la básica media, la pasividad didáctica o la sobrecarga cognitiva con información irrelevante agotan rápidamente la capacidad atencional del adolescente (Arana et al., 2023)

Las metodologías activas promovidas por STEAM, tales como el Aprendizaje Activo y el ABP, han demostrado ser eficaces para mantener la atención. El ABP, en particular, demanda un foco atencional sostenido y la manipulación activa de información para desarrollar habilidades críticas y razonamiento superior para sostener este foco atencional a lo largo del tiempo, STEAM incorpora variación didáctica y entornos enriquecidos. El uso de la tecnología, como la realidad aumentada, la programación táctil (ej. Scratch o code.org) o la robótica, introduce novedad, lo que reactiva los sistemas atencionales. Asimismo, el enfoque transversal, empírico y cooperativo rompe la linealidad de la clase tradicional (Fundación Universitaria San Pablo CEU, 2022).



Figura 20. Representación gráfica de la optimización de la atención.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

La Corteza Prefrontal (CPF), que se encuentra en plena fase de desarrollo en este grupo etario, es la responsable del control atencional y la autorregulación, por lo tanto, las estrategias de indagación científica y el diseño de proyectos en STEAM proporcionan el andamiaje necesario para que los estudiantes practiquen la atención sostenida en tareas con sentido. Al proporcionar un marco estructurado para gestionar la información y el foco (Funciones Ejecutivas), STEAM contribuye directamente a la maduración efectiva del circuito frontoparietal de la atención en la adolescencia (Michuy et al., 2023).

3.2.3 La memoria de trabajo y el proceso de retención

Según Ruiz (2017) la memoria de trabajo es una habilidad o destreza cognitiva fundamental que permite retener y manipular temporalmente la información relevante para realizar tareas mentales complejas se podría considerar como el "espacio de trabajo" que tiene el cerebro y donde se combinan elementos importantes de la memoria a corto y largo plazo para resolver problemas en tiempo real, ahí la importancia de este en el proceso de retención para el proceso de aprendizaje.

Para lograr la retención de conocimientos a largo plazo, el cerebro necesita procesar y consolidar la información. Este proceso se ve reforzado por la repetición y la práctica, que fortalecen las conexiones neuronales. Una estrategia probada, documentada y particularmente eficaz es la repetición espaciada, esta estrategia consiste en revisar la información o contenido para el aprendizaje durante intervalos de tiempo cada vez mayores, lo que ayuda a consolidar los recuerdos de manera más efectiva (Asinc y Alvarado, 2019).

El aprendizaje activo, en el cual los alumnos interactúan de manera activa con la participan directamente en la manipulación y aplicación de la información, también es un factor muy importante y determinante para la retención el involucrarse en la tarea ya que el cerebro crea conexiones significativas que aportan al aprendizaje significativo lo que facilita el recuerdo. La neurociencia cognitiva ha demostrado que el aprendizaje significativo ocurre cuando el conocimiento previo se articula de manera efectiva con la nueva información (Sanipatin, 2025).

A continuación, se presenta una tabla que resume los principios neurocientíficos y su aplicación en la práctica educativa, sirviendo como un marco de referencia para la elaboración de propuestas didácticas.

Tabla 4. Principios neurocientíficos y su aplicación práctica.

Principios neurocientíficos y su aplicación práctica			
Principio Neurocientífico	Mecanismo Clave	Implicación Pedagógica en STEAM	Fuente de evidencia
Plasticidad Cerebral	Plasticidad Sináptica y Neurogénesis	Aprendizaje activo, contextualizado y por descubrimiento; fomento de nuevas habilidades a través de la práctica repetida y variada.	(Lucía et al., 2025)
Sistema de Recompensa Dopaminérgico	Dopamina (receptores D1 y D3)	Diseño de experiencias gratificantes que equilibren la recompensa inmediata (ej. gamificación) con el propósito y la autonomía del estudiante (motivación intrínseca).	(Zurita, 2023)

Atención	Filtrado de estímulos; Reducción de cortisol	Incorporación de novedad, emoción y relevancia; creación de un entorno emocionalmente seguro y libre de estrés.	(Manes, 2017)
Memoria	Memoria de trabajo; Consolidación de la memoria a largo plazo	Uso de repetición espaciada, mapas conceptuales y el método de "enseñar para aprender".	(Ruiz, 2017)

3.3 Principios neurocientíficos fundamentales en las practica STEAM

La efectividad de la didáctica STEAM se fundamenta en la activación y el aprovechamiento de principios neurocientíficos universales, entre los que destacan la plasticidad, la memoria de trabajo y los sistemas de recompensa.

3.3.1 Plasticidad cerebral y aprendizaje adaptativo

Según Muñoz (2025) en la publicación titulada “El impacto de la neurociencia en la enseñanza y el aprendizaje: evidencia de una revisión sistemática” menciona que la plasticidad cerebral es la base biológica del aprendizaje, definida como la capacidad ilimitada y maleable del cerebro para reorganizarse, formar nuevas conexiones neuronales y adaptarse continuamente en respuesta a las experiencias del entorno, es

aquí que el modelo STEAM se convierte en un entorno de aprendizaje enriquecido que impulsa la plasticidad adaptativa, la interdisciplinariedad (rompiendo las barreras de las asignaturas separadas) y la variedad de estímulos que ofrece STEAM fortalecen las conexiones neuronales existentes y promueven la sinaptogénesis.

Un mecanismo directo de la plasticidad aplicado en STEAM es la gestión del error. El proceso de ingeniería y diseño requiere prueba y ajuste continuo, lo que implica una autoevaluación (metacognición) sobre "¿Qué hice? y ¿qué debo hacer para mejorarlo?". La neurociencia confirma que el cerebro optimiza el aprendizaje a través del refuerzo y, crucialmente, la corrección de errores, haciendo que la plasticidad sea un proceso adaptativo que se fortalece con el feedback y la iteración (Fundación Universitaria San Pablo CEU, 2022).

Además, diversos estudios han demostrado que la plasticidad cerebral no solo se potencia a través de la práctica y la experiencia, sino también mediante la emoción y la motivación intrínseca. Cuando los estudiantes se involucran en proyectos significativos y emocionalmente relevantes como los propuestos en el modelo STEAM se activan circuitos dopaminérgicos que facilitan la consolidación de nuevas conexiones neuronales, potenciando la memoria y el aprendizaje duradero. En este sentido, la emoción se convierte en un catalizador neurobiológico del aprendizaje significativo, reforzando la idea de que enseñar desde la experiencia, la curiosidad y el asombro transforma literalmente el cerebro del estudiante (Mora, 2021).

3.3.2 Principio de la Neuroplasticidad: El Cerebro Moldeable y Adaptativo

Según la publicación realizada por Fundación Pasqual Maragall (2025) sobre la neuroplasticidad resalta la propiedad fundamental del cerebro que permite su sorprendente flexibilidad, esta capacidad de adaptación no está limita solo a etapas tempranas, sino que también se encuentra presente en el cerebro humano adulto en la que se conserva una notable capacidad de adaptación estructural y funcional, a nivel biológico, la neuroplasticidad se manifiesta de dos formas principales: la plasticidad sináptica a corto plazo, donde las sinapsis pueden formarse y desaparecer en lapsos breves; y la plasticidad sináptica a largo plazo, que implica la consolidación duradera de conexiones, dando lugar a cambios estructurales permanentes en las redes neuronales (Garcés y Suárez, 2014).

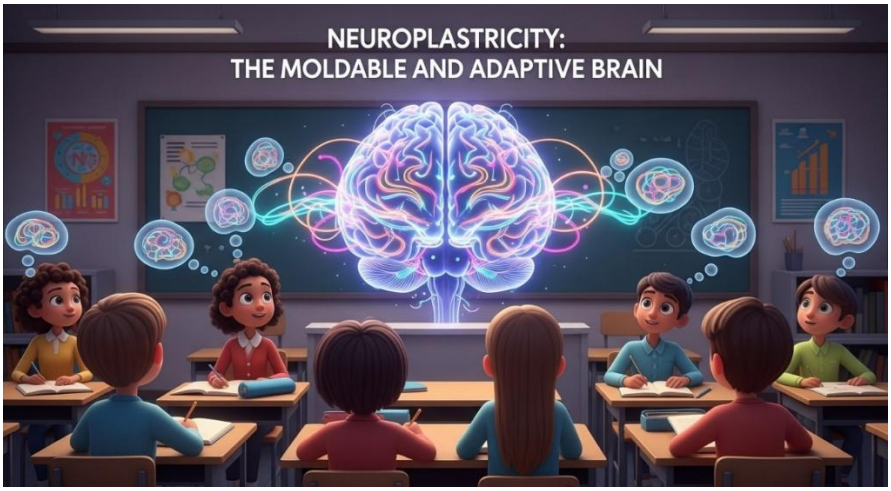


Figura 21. Representación gráfica de la neuroplasticidad.

***Nota*.** Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

En la publicación realizada por Park et al. (2014) titulada “Plasticidad sináptica a largo plazo: perturbación y estabilización del circuito” menciona que, a nivel molecular, la plasticidad sináptica a largo plazo (LTP, long-term potentiation) y su contraparte, la depresión a largo plazo (LTD, long-term depression), operan como mecanismos fundamentales para fortalecer o debilitar conexiones neuronales de manera duradera según la actividad neuronal. En el cerebro adulto, la inducción de LTP se fundamenta en la entrada de Ca^{2+} a través de receptores NMDA, lo que desencadena cascadas intracelulares que refuerzan la densidad de receptores AMPA en la membrana postsináptica, la reorganización del citoesqueleto dendrítico y la expresión de proteínas sinápticas estructurales que estabilizan el cambio sináptico.

En paralelo, la plasticidad estructural en el cerebro adulto complementa estos cambios sinápticos funcionales mediante reordenamientos morfológicos más prolongados. Por ejemplo, estudios con resonancia magnética han mostrado que la práctica sostenida de habilidades (como tocar un instrumento musical) puede inducir incrementos locales en el volumen de la materia gris o cambios en la microarquitectura cortical del adulto (Lövdén et al., 2013)

A nivel microscópico, esto incluye la formación o eliminación de espinas dendríticas (pequeñas protuberancias donde se localizan

muchas sinapsis excitatorias), el crecimiento de colaterales axonales y la reorganización de fibras neuronales de soporte (por ejemplo, astrocitos y sinapsis silenciosas que pueden "activarse") que actúan como reservas latentes de plasticidad (Vardalaki et al., 2025).

3.3.3 Principio emocional: el sistema límbico como portero del conocimiento

Gallego (2017) en la publicación titulada "La Neurociencia en el ámbito educativo" señala que la neurodidáctica enfatiza que el aprendizaje está intrínsecamente ligado al estado afectivo y emocional del estudiante. El sistema límbico es la parte del cerebro que controla la vida emotiva, gestionando procesos como el placer, el dolor, la depresión y el amor, y es fundamental para la sobrevivencia del individuo, ya que controla y revisa toda la información que ingresa en el organismo.

Desde la perspectiva neuroeducativa, las emociones actúan como facilitadores o bloqueadores del aprendizaje, dependiendo de cómo se gestionen dentro del entorno educativo. Cuando un estudiante experimenta emociones positivas como la curiosidad, la alegría o el entusiasmo, el sistema límbico activa la liberación de neurotransmisores como la dopamina y la serotonina, que potencian la atención, la motivación y la consolidación de la memoria a largo plazo. En cambio, estados emocionales negativos, como el miedo o la ansiedad, activan la amígdala, generando respuestas de alerta que pueden inhibir la actividad del hipocampo, estructura esencial para la formación de nuevos recuerdos, por ello el clima emocional del aula influye directamente en

la eficacia del aprendizaje: un entorno empático, seguro y afectivamente estimulante permite que el cerebro “abra sus puertas” a la adquisición de nuevos conocimientos. (Mora, 2021).

Además, autores como Immordino-Yang (2016) resalta que la educación significativa requiere conexión emocional con el contenido. Cuando los estudiantes relacionan lo aprendido con sus experiencias personales o con situaciones de valor afectivo, se produce una activación sinérgica entre el sistema límbico y la corteza prefrontal, lo que favorece la toma de decisiones, la empatía y el pensamiento crítico. Este proceso se conoce como codificación emocional del aprendizaje, y explica por qué los recuerdos con carga afectiva son más duraderos y accesibles. De esta forma, los docentes que integran la emoción como parte esencial de la enseñanza a través de historias, retos, música, o interacciones positivas no solo logran captar la atención del estudiante, sino que también estimulan la plasticidad neuronal y consolidan aprendizajes más profundos y duraderos

3.3.4 La triada neurodidáctica: curiosidad, asombro y motivación

La emoción actúa como un filtro de relevancia. Si el cerebro etiqueta la información como significativa o emocionalmente cargada, es más probable que se consolide en la memoria. El experto Francisco Mora postula que "solo se puede aprender aquello que se ama" Meneses Granados (2019). Las prácticas STEAM fomentan la triada de la curiosidad, el asombro y la emoción, aprovechando la curiosidad natural

de los infantes para la aproximación al conocimiento científico y tecnológico.

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es altamente coherente con este principio, dado que garantiza que la formación académica responda a los intereses y necesidades reales de los estudiantes, activando así una mayor motivación.[2] Cuando las actividades STEAM generan un ambiente de placer y bienestar, influyen positivamente en el nivel de motivación, facilitando la codificación profunda del conocimiento a través del mecanismo LTP (Mendieta, 2024).

Tabla 5. Estudios relevantes de la triada neurodidáctica, curiosidad, asombro y motivación.

Estudios relevantes de la triada neurodidáctica curiosidad, asombro y motivación			
Estudio	Contexto / Población	Enfoque es estudio	Principales hallazgos
Motivación intrínseca y su incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Ecuador (Figueroa-Oquendo, 2024)	Estudiantes universitarios de Pedagogía, Ecuador	Motivación intrínseca	Encontró que al implementar gamificación se incrementa la motivación intrínseca, lo que se relaciona positivamente con el rendimiento académico.
Influencia de la motivación intrínseca y	Educación básica / enseñanza	Motivación intrínseca y extrínseca	Muestra que la motivación intrínseca está muy ligada con mejores actitudes hacia

extrínseca en el proceso de enseñanza-aprendizaje: Una Revisión Sistemática (Emilio Mora Velasco et al., 2024)	general, Ecuador		el aprendizaje, mayor persistencia y mejores resultados; además, se sugiere que motivaciones externas pueden ayudar, pero dependen mucho del contexto para no minar la motivación interna.
La importancia del asombro en la educación para lograr aprendizajes significativos (Cristina et a., 2017)	Estudiantes en educación general, Ecuador	Asombro + motivación implícita	Estudio de corte cualitativo / revisión que concluye que el asombro es un factor poderoso para generar interés, reflexión, conexión emocional con los contenidos y aprendizajes más duraderos. Propone estrategias para fomentar el asombro en el aula.
Motivación intrínseca en el aprendizaje significativo de los alumnos de la I.E.E. Nº 20820 "Nuestra Señora de Fátima" (Salinas Socla & Ibarra Ceron, 2022)	Estudiantes de primaria, Perú	Motivación intrínseca + curiosidad	Se encontró que motivación intrínseca tiene influencia significativa sobre el aprendizaje significativo; los estudiantes que muestran curiosidad, autoexigencia y desafío interno logran mejores aprendizajes.

Neuroeducación y saber pedagógico en la motivación de estudiantes para el aprendizaje (David y Insuasty, 2023)	Docentes / estudiantes de ciencias naturales, Colombia	Motivación + implicaciones emocionales del aprendizaje	Reflexiona sobre cómo integrar la neuroeducación para crear ambientes que fomenten la motivación intrínseca; sugiere que prácticas docentes reflexivas, vinculadas con el conocimiento del funcionamiento del cerebro y atención al componente emocional, mejoran el compromiso de los estudiantes.
El asombro: una emoción para el acceso a la sabiduría (Fuentes, 2021)	Educación filosófica / moral, España	Asombro	Analiza el asombro como emoción educativa, vinculándolo con valores (belleza, verdad, bondad), contemplación, experiencias que sacan al alumno de lo cotidiano. Propone que cultivar el asombro ayuda no solo al interés inmediato, sino a aportar profundidad al pensamiento moral y ético.

3.4 Propuestas didácticas basadas en la evidencia neurocientífica

La traslación de los hallazgos neurocientíficos a la práctica del aula, especialmente a través del modelo STEAM, requiere un enfoque riguroso que priorice la evidencia validada y evite la proliferación de neuromitos.

3.4.1 Criterios de fiabilidad y la necesidad de evitar neuromitos

La Neuroeducación, aunque prometedora, enfrenta el desafío de la fragilidad de la evidencia en algunos estudios y la presión por publicar resultados novedosos esto es un riesgo ya que se pueden suscitar casos en los que se adopten neuromitos comunes en el ámbito educativo (Muñoz, 2025). Para garantizar la fiabilidad, las propuestas didácticas STEAM deben basarse exclusivamente en procesos neurobiológicos bien establecidos, como la plasticidad cortical, el desarrollo prefrontal y la función del sistema límbico (Casillas-Martin y Cabezas-Gonzalez, 2024).

Un factor limitante crítico es la preparación docente. La implementación exitosa de metodologías complejas como STEAM depende directamente del dominio de competencias pedagógicas y técnicas avanzadas por parte de los educadores, incluyendo la capacidad de integrar creativamente múltiples disciplinas. Para revertir la influencia de la desinformación, es conveniente que los planes de estudio para la formación de profesionales de la educación incorporen contenidos sólidos sobre neuroeducación y procesos cognitivos.

3.4.2 Propuesta para potenciar la atención

Según Denning (2017) para potenciar la atención existen estrategias en las que las propuestas didácticas deben estar diseñadas para captar y mantener la atención del estudiante para este proceso se requiere el uso del dinamismo y relevancia de contenidos. Las metodologías activas

centradas en el estudiante son clave en este sentido. También es necesario mencionar sobre el aprendizaje experiencial, ya que en este tipo de aprendizaje es donde los estudiantes aprenden haciendo y el método se enfoca de manera significativa en una participación activa que permite encontrar un contraste con la pasividad de la instrucción tradicional (Hablamex, 2023).

Para estimular la atención dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, se pueden incorporar actividades manipulativas y experimentales, como la construcción con bloques o la robótica educativa, así como también el uso del pensamiento divergente y la exploración de escenarios ya que estas herramientas tienen la posibilidad de activar la curiosidad, que es un potente motor de la atención. La introducción de la novedad en el aula, a través de herramientas como la realidad aumentada o los juegos educativos como los memoramas , mantiene al cerebro alerta y comprometido (Amores, 2021; Lucía et al., 2025; Ruiz, 2017).

Un elemento clave para mantener la atención en el aula es la personalización del aprendizaje, puesto que los estudiantes muestran mayor involucramiento cuando las actividades resuenan con sus intereses, ritmo y estilo cognitivo. Investigaciones recientes destacan que adaptar las tareas al nivel evolutivo de los alumnos mejora no solo el rendimiento académico sino también la capacidad atencional sostenida. Por ejemplo, el estudio “La atención sostenida en edad escolar: el sexo y el desarrollo cognitivo” encontró que los niños mayores (8-13 años) muestran mejores tiempos de reacción y

discriminación de estímulos que los más pequeños, lo que sugiere que las actividades deben escalonarse para que el estudiante experimente retos adecuados sin sobrecarga (Manzanero et al., 2025).

Otra estrategia reciente que ha mostrado eficacia para captar y mantener la atención es la integración de tecnologías inmersivas como la realidad aumentada (RA), especialmente cuando se combinan con metodologías activas centradas en el estudiante. Un estudio de la UOC (2025) analiza cómo la RA funciona como un catalizador del aprendizaje interactivo: facilita la visualización de contenidos complejos y promueve la participación activa y el compromiso del alumnado.

Además, investigaciones en ciencias naturales muestran que el uso de RA como recurso educativo en primaria mejora la comprensión conceptual, la motivación y la retención de los conocimientos. Complementando lo tecnológico, las actividades colectivas y colaborativas, por ejemplo, el aprendizaje basado en proyectos refuerza la atención al generar responsabilidad compartida, diálogo, negociación de ideas y reflexión, lo que convierte al estudiante en protagonista. Estos enfoques combinan novedad, relevancia y acción, configurándose como escenarios potentes para estimular la atención en aulas contemporáneas (María et al., 2025)

3.4.3 Estrategias para fomentar la motivación

Según Martínez y Pascuas (2025) el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es la metodología más destacada en la literatura para fomentar la

motivación en el contexto STEAM ya que el mismo permite a los estudiantes abordar problemas reales lo que les da un sentido de propósito y pertenencia además el desafío inherente a la resolución de problemas reales activa el proceso de aprendizaje y permite desarrollar la motivación en el grupo de estudiantes, este enfoque busca el promover la motivación intrínseca al permitir la conexión del contenido educativo con los intereses y la vida de los estudiantes (Magaña et al., 2020).

El Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEAM no sólo favorece el conocimiento interdisciplinario, sino que incide positivamente en la motivación intrínseca de los estudiantes al promover su protagonismo activo. Un estudio cuasi-experimental realizado por Michuy et al. (2023) con escolares de sexto año mostró que la implementación de STEAM + ABP mejora de manera significativa no sólo los resultados en asignaturas como Matemáticas, Ciencias Naturales, Tecnología y Artes, sino también la motivación académica general de los alumnos, con efectos mayores en varones que en mujeres.

Además, investigaciones recientes han observado que cuando los proyectos parten de problemáticas locales o reales del contexto del estudiante, éstos sienten un sentido compromiso más alto, lo cual refuerza su sentido de competencia y autonomía, factores esenciales para sostener la motivación intrínseca. Según Mendieta (2024) al estudiar la integración de saberes matemáticos con ABP: los estudiantes

valoran positivamente la aplicabilidad práctica de conceptos que de otro modo serían abstractos.

Por otro lado, la gamificación diseñada estratégicamente en conjunción con metodologías activas como ABP y STEAM presenta efectos distinguidos sobre diferentes tipos de motivación, dependiendo de cómo se estructuren los elementos del juego. Un trabajo reciente realizado por López-Navarro et al. (2023) analizó los efectos de la gamificación en estudiantes universitarios y encontró que mejora significativamente la motivación extrínseca, pero sus efectos en la motivación intrínseca no fueron tan claros, lo que sugiere que las recompensas externas como puntuaciones o competencias requieren integrarse con otros elementos más para fomentar una motivación más interna.

El estudio realizado por Restrepo-Sánchez & Muñoz-Meneses (2025) en el Ecuador evidenció que la gamificación orientada a la motivación intrínseca en formación policial logra resultados positivos cuando los participantes perciben la actividad como significativa, con autonomía, desafío ajustado a su nivel y retroalimentación constante; estos factores favorecen la persistencia y el disfrute más allá de la recompensa inmediata.



Figura 22. Ilustración de aplicación de ABP en el proceso de enseñanza.

Nota. Imagen generada mediante Whisk por Andrango Guazumba, R. E. (2025).

Estrategias para Retención de conocimiento

La retención de conocimientos se potencia a través de estrategias que fortalecen las redes neuronales y facilitan la consolidación de la memoria. La repetición espaciada es una de las técnicas más validadas en neuroeducación. Consiste en revisar conceptos clave en intervalos de tiempo crecientes (por ejemplo, al día siguiente, una semana después y un mes más tarde), lo que refuerza las conexiones neuronales y mejora la retención a largo plazo considerando que el aprendizaje por descubrimiento y la creación de conexiones significativas son igualmente vitales, cuando los estudiantes indagan y exploran para acceder a los conceptos por sí mismos, construyen estructuras cognitivas más sólidas que permiten relacionar los nuevos conocimientos con la información previa que ya poseen esto ayuda al

cerebro a integrar y recordar lo aprendido (Asinc y Alvarado, 2019; Restrepo-Sánchez y Muñoz-Meneses, 2025)

Estudios realizados como el de Ruiz (2017) profundiza en el proceso de retención de conocimiento y destaca que la estrategia de enseñar para aprender es un método metacognitivo sumamente efectivo, ya que este tipo de estrategia permite que los estudiantes que explican un tema a sus compañeros, se ven obligados a organizar, procesar y expresar el conocimiento de manera comprensible a este proceso de reorganización mental se lo destaca porque permite fortalecer sus propias redes neuronales y consolidar su comprensión de los conceptos.

Observar la tabla 4 en donde se presenta una matriz que detalla la relación entre las estrategias didácticas y su impacto en la atención, motivación y retención.

Tabla 6. Relación entre estrategias didácticas para la atención, motivación y retención.

Relación entre estrategias didácticas			
Estrategia Didáctica STEAM	Impacto en la Atención	Impacto en la Motivación	Impacto en la Retención Fuente

Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)	Mantiene la atención al presentar un desafío o problema real.	Activa la motivación intrínseca al conectar el aprendizaje con el propósito y la autonomía.	Mejora la retención a largo plazo al requerir la aplicación de conocimientos en un contexto real y significativo.	(Mendieta, 2024)
Gamificación Equilibrada	Captura la atención inicial con recompensas inmediatas como puntos o insignias.	Fomenta el compromiso a largo plazo al vincular los incentivos con la narrativa del proyecto y las metas personales	Refuerza la práctica y el repaso de conceptos a través de actividades lúdicas y desafiantes	(Oliva, 2016)
Pensamiento Computacional	Requiere concentración para la descomposición de problemas y la abstracción de información.	Genera sentido de logro al permitir a los estudiantes resolver problemas de forma sistemática y eficiente.	Fortalece las funciones ejecutivas y la capacidad de transformar información en conocimiento útil para la toma de decisiones	(Denning, 2017)

"Enseñar para Aprender"	Requiere una concentración sostenida para organizar y comunicar un tema de manera coherente.	Impulsa la confianza y la competencia del estudiante al asumir el rol de experto en un tema	Consolida el conocimiento al forzar al estudiante a organizar la información y fortalecer las conexiones neuronales	Meneses Granados (2019).

CAPÍTULO IV

4 APLICACIONES DIGITALES PARA POTENCIAR LOS MECANISMOS COGNITIVOS

El presente capítulo adopta un enfoque práctico y aplicado, centrado en la potenciación de la plasticidad cerebral mediante el uso de aplicaciones digitales. Mientras que en capítulos anteriores se establecieron los fundamentos teóricos de los principios neurocientíficos y los mecanismos cognitivos involucrados en el aprendizaje, aquí se explora cómo estas bases se trasladan a intervenciones concretas que estimulan la capacidad del cerebro para adaptarse, reorganizarse y fortalecer sus conexiones neuronales. El motivo de enfocarse en la plasticidad cerebral responde a la relevancia central de esta en la neuroeducación y la neurorrehabilitación, ya que representa el motor biológico que permite el cambio cognitivo y conductual a través de la experiencia y el entrenamiento dirigido.

La argumentación para la realización de este análisis de casos clínicos se fundamenta en aprovechar el conocimiento sobre los principios y mecanismos neurocognitivos del capítulo dos y con ello examinar, en contextos reales, la funcionalidad y el impacto tangible de herramientas tecnológicas diseñadas para activar y estimular la plasticidad neuronal. Desde esta perspectiva es posible determinar cómo la teoría se traduce en práctica efectiva, mostrando evidencias empíricas que validan el uso de estas aplicaciones y que delimitan límites de su efectividad,

aportando con ello, un conocimiento aplicado que va más allá de la mera abstracción teórica.

El análisis aplicado de casos reales expuesto en este capítulo se apoya en investigaciones recientes que respaldan, con evidencia científica, la efectividad de las aplicaciones digitales como medios para estimular la plasticidad cerebral y optimizar los procesos de aprendizaje y rehabilitación.

Se pretende de esta manera, generar una comprensión crítica basada en evidencia acerca de la efectividad y el alcance de estas aplicaciones digitales para la potenciación de la plasticidad cerebral. Así como, ofrecer una guía que sirva de referente para profesionales en educación, neuropsicología y otras áreas afines, promoviendo intervenciones personalizadas, accesibles y científicamente fundamentadas que estimulen el desarrollo cognitivo y la adaptación cerebral continua. De este modo, este estudio contribuye a disminuir la brecha entre la investigación neurocientífica y su implementación práctica, favoreciendo la innovación educativa y terapéutica basada en la tecnología digital.

Objetivo

Analizar críticamente el uso de aplicaciones digitales gratuitas para estimular la plasticidad cerebral, integrando evidencia científica y casos prácticos, con el fin de promover intervenciones educativas y terapéuticas personalizadas y fundamentadas en la neurociencia.

Contexto científico y tecnológico actual

En la actualidad, la neuroeducación se consolida como una disciplina fundamental para optimizar el sistema educativo, al proponer enfoques innovadores que potencian las capacidades de aprendizaje del estudiante y favorecen una educación inclusiva, ajustada a las particularidades de su funcionamiento cerebral (Apolo, 2024).

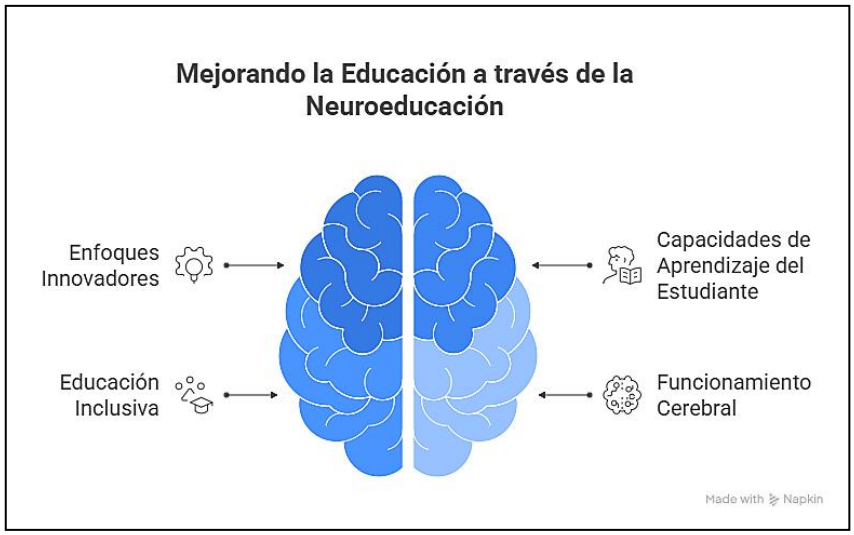


Figura 23. La neuroeducación como disciplina clave para optimizar el aprendizaje y promover la inclusión educativa.

Nota: Imagen generada mediante Napkin IA por Argoti, S. (2025).

Dentro de neuroeducación, la neuroplasticidad, definida como la capacidad del cerebro para modificar y reorganizar dinámicamente sus redes neuronales en respuesta a la experiencia y al entorno, constituye un proceso fundamental que favorece la recuperación tras lesiones, la

incorporación de nuevos aprendizajes y la compensación de trastornos neurocognitivas como el TDAH, el deterioro cognitivo o la enfermedad de Parkinson. La comprensión de esta capacidad constituye un recurso esencial en el ámbito de la salud, ya que permite posibilitar intervenciones orientadas a procesos de recuperación más eficaces y desde un punto de vista funcional (López, 2012).

El estudio de Romero (2025), menciona que la motivación intrínseca y la autorregulación sumada al uso adecuado de tecnologías para potenciar la neuroplasticidad, son factores determinantes en la optimización del aprendizaje, tienen la capacidad de mejorar los procesos cognitivos, lo que es, fundamental para mejorar la calidad del aprendizaje en la educación superior.

Criterios y selección de aplicaciones digitales

Esta sección se constituye en un eje central de este capítulo, ya que define el marco metodológico que en el futuro sustentará el análisis crítico de las herramientas tecnológicas. Este apartado tiene como propósito examinar de manera rigurosa el uso de aplicaciones digitales gratuitas dirigidas a estimular y potenciar la plasticidad cerebral, basándose en evidencia científica actual (Romero, 2025).

La revisión de estudios científicos disponibles en repositorios digitales evidencia la importancia de orientar la selección de aplicaciones conforme a las siguientes directrices:

4.1 Criterios de validación neurocientífica y evidencia empírica

La plasticidad cerebral constituye el fundamento biológico que posibilita la modificación cognitiva y conductual mediante la experiencia y el entrenamiento intencionado. En consecuencia, el criterio primordial de selección debe centrarse en la presencia de evidencia empírica que respalde la efectividad de la aplicación digital en la estimulación de la plasticidad neuronal (Apolo, 2024).

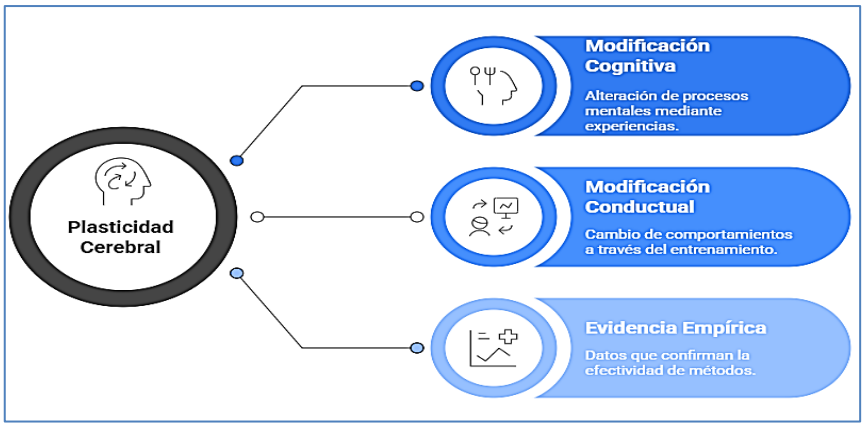


Figura 24. La plasticidad cerebral como base biológica de la modificación cognitiva y conductual.

Nota. Imagen generada mediante Napkin IA por Argoti, S. (2025).

La selección de las aplicaciones digitales debe basarse de manera rigurosa en fundamentos neurocientíficos (Loriette, 2021), y no limitarse únicamente a criterios de usabilidad (Drigas, 2024). Su propósito es favorecer intervenciones educativas y terapéuticas que

evidencien un efecto comprobable sobre los mecanismos de la neuroplasticidad y el funcionamiento cognitivo (Tataranu, 2025).

Enfoque específico en la neuroplasticidad como mecanismo de reorganización

El criterio fundamental de selección radica en la evidencia comprobada de que la aplicación puede estimular la plasticidad neuronal, considerada el cimiento del desarrollo cerebral y del aprendizaje (Loriette, 2021). Esta capacidad permite que el sistema nervioso se adapte, tanto a nivel estructural como funcional, frente a lesiones, patologías o estímulos del entorno (Tataranu, 2025).

Activación de cambios neurales relevantes: Las aplicaciones que serán seleccionadas deben orientarse a estimular la capacidad del cerebro para reorganizarse, favoreciendo transformaciones tanto funcionales como estructurales. Estas pueden manifestarse en variaciones del volumen de la materia gris y blanca, así como en el fortalecimiento o debilitamiento de las conexiones sinápticas (Loriette, 2021).

Uso de tecnologías de alta precisión (NF, BCI, VR): Se priorizará la implementación de técnicas que estimulen la plasticidad neuronal mediante la regulación directa de la actividad cerebral, como son el Neurofeedback (NF) el cual es un método poderoso para lograr desencadenar la plasticidad cerebral al proporcionar una retroalimentación o feedback de la propia actividad cerebral y entrenar

al sujeto de prueba para controlarla, lo que inducirá cambios específicos en su autorregulación. Asimismo, la combinación de Interfaces Cerebro-Computadora (BCI) con entornos de Realidad Virtual (VR) potenciará significativamente este efecto, al posibilitar la modulación en tiempo real de los patrones neuronales (Drigas, 2024).

Potencial para rehabilitación y compensación: La aplicación seleccionada debe aprovechar los mecanismos de la plasticidad cerebral para facilitar la recuperación posterior a lesiones (López, 2012; Tataranu, 2025) y compensar alteraciones neurocognitivas como el TDAH o el deterioro cognitivo (López, 2024). Los progresos en las terapias sustentadas en la neuroplasticidad constituyen una vía prometedora para la rehabilitación neurológica (Tataranu, 2025).

Artículos de intervención digital y tipos de evidencia

La verificación científica de una aplicación implica que sus efectos estén respaldados por estudios publicados en fuentes académicas revisadas por pares.

Artículos de intervención digital y controles rigurosos: Es fundamental dar prioridad a aquellas aplicaciones sustentadas en investigaciones experimentales donde las herramientas digitales hayan sido probadas directamente en participantes. Dichos estudios deben incluir controles adecuados que posibiliten distinguir los efectos verdaderos de la neuroplasticidad de los posibles efectos placebo (Loriette, 2021).

Generalización y retención a largo plazo: La evidencia científica debe determinar si los beneficios conductuales obtenidos se transfieren a contextos de la vida diaria y si tanto los cambios cerebrales como los comportamentales persisten en el tiempo una vez concluida la intervención (Loriette, 2021).

Tipos de intervención tecnológica específica: Se deberán considerar ejemplos de estudios que demuestren cambios neurales específicos como, por ejemplo:

- Entrenamiento Cognitivo-Auditivo (AC training): Este tipo de entrenamiento ha evidenciado que los grupos que participaron en programas de estimulación cognitiva obtuvieron mejoras significativas en su desempeño en pruebas de Memoria Lógica (LM) y en la prueba de Cancelación de Dígitos (D-CAT) (Kawata, 2022).
- Neurofeedback/Realidad Virtual (NF/VR): La integración de las tecnologías BCI y VR tiene el potencial de optimizar el aprendizaje motor y los efectos del entrenamiento cognitivo, al ajustar la intervención de manera dinámica según la actividad cerebral del usuario (Drigas, 2024).

Mecanismos cognitivos clave

Las aplicaciones para seleccionar deberán enfocarse en los mecanismos cognitivos esenciales, los cuales, al ser potenciados, optimizarán el aprendizaje en el aula.

Memoria y funciones ejecutivas: Las aplicaciones deben orientar su acción hacia la modulación de las redes sinápticas que sustentan la memoria y las funciones ejecutivas. El entrenamiento cognitivo basado en Neurofeedback (NF) ha demostrado su eficacia para potenciar la atención, la memoria de trabajo y el control ejecutivo (Drigas, 2024). En intervenciones combinadas, se evidenciaron mejoras en las pruebas de Memoria Lógica (LM) y Cancelación de Dígitos (D-CAT), asociadas con un incremento del volumen de materia gris en el córtex prefrontal dorsolateral derecho y en el giro temporal inferior izquierdo (Kawata, 2022).

Regulación emocional: la regulación emocional constituye un componente esencial del proceso de aprendizaje (Romero, 2025). Las aplicaciones basadas en la integración de Interfaces Cerebro-Computadora (BCI) y Realidad Virtual (VR) muestran un alto potencial en el abordaje de trastornos de ansiedad y fobias, al posibilitar el monitoreo de marcadores neurales asociados con la ansiedad y la adaptación dinámica de los entornos virtuales para favorecer el control emocional y la gestión de los miedos (Drigas, 2024).

Adaptabilidad en tiempo real y carga cognitiva: La neuroeducación tiene como propósito perfeccionar el sistema educativo mediante la adaptación de los procesos de enseñanza a las particularidades del funcionamiento cerebral de cada estudiante (Apolo, 2024). En este sentido, las aplicaciones digitales deben incorporar mecanismos de adaptación dinámica (Drigas, 2024), ya que esta flexibilidad resulta

esencial para sostener un nivel de desafío adecuado y potenciar la activación de procesos de neuroplasticidad (Kawata, 2022).

4.2 Criterios de accesibilidad y contexto de uso

Este criterio se centra en la evaluación crítica de los Criterios de Accesibilidad y Usabilidad que deben regir el diseño y la aplicación de herramientas digitales dirigidas a potenciar la plasticidad cerebral, especialmente en contextos de neurorrehabilitación y educación de poblaciones específicas.

4.2.1 Definición y fundamentos de la accesibilidad y usabilidad digital

La aplicación de enfoques neuroeducativos y terapéuticos apoyados en tecnología debe asegurar que las herramientas sean accesibles y fáciles de utilizar por la mayor cantidad posible de usuarios (González-Abraldes, 2010).

- La Accesibilidad se refiere al conjunto de requisitos que debe cumplir un recurso digital para asegurar su uso por cualquier persona, sin importar la presencia o ausencia de alguna discapacidad. (González-Abraldes, 2010).
- La Usabilidad se define como el grado en que un producto puede ser empleado de manera sencilla por usuarios determinados para alcanzar los objetivos previstos (González-Abraldes, 2010).
- La Accesibilidad Digital consiste en crear y adaptar sistemas y servicios tecnológicos que puedan ser utilizados por personas con

discapacidades visuales, auditivas, motoras o cognitivas. La Inteligencia Artificial (IA) y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) tienen el potencial de mejorar esta accesibilidad y la calidad de vida de las personas con discapacidad (Chemnad, 2024).

4.2.2 Contexto de uso en poblaciones específicas: personas mayores y deterioro cognitivo

En el contexto de las aplicaciones orientadas a la estimulación cognitiva y la neuroplasticidad, los adultos mayores —particularmente quienes presentan Deterioro Cognitivo Leve (MCI) o demencia— afrontan desafíos específicos que requieren ser atendidos mediante criterios de diseño cuidadosamente estructurados (Chae, 2025; González-Abraldes, 2010).

Desafíos de usabilidad en la población mayor

- Baja alfabetización digital y resistencia al cambio: Un nivel insuficiente de competencia tecnológica constituye una barrera importante, especialmente entre los adultos que no se desarrollaron en contextos digitales. La dificultad para manejar nuevos dispositivos representa una de las principales causas de la falta de participación en servicios virtuales basados en TIC, de acuerdo con el 42,9% de los participantes (Chae, 2025).
- Problemas de Comprensión y Carga Cognitiva: Los adultos mayores, especialmente quienes presentan deterioro cognitivo,

suelen enfrentar obstáculos al intentar interpretar instrucciones o consignas de las actividades. Además, el tiempo disponible para responder a las tareas o preguntas puede resultar limitado, incrementando de esta manera la carga mental durante la interacción (González-Abraldes, 2010).

- Interacción con Dispositivos: Se ha identificado una dificultad recurrente en el manejo del ratón tradicional. Si bien las pantallas táctiles resultan más intuitivas para muchos usuarios, también se han evidenciado errores relacionados con la precisión y la constancia en la presión al interactuar con ellas (González-Abraldes, 2010).

Criterios de diseño específicos para la accesibilidad cognitiva

Para optimizar la usabilidad en este contexto, es necesario que las aplicaciones sean diseñadas y ajustadas conforme a directrices específicas:

- Simplicidad y supervisión mínima: El diseño debe mantener un nivel de simplicidad que permita su uso autónomo, reduciendo al mínimo la necesidad de supervisión continua por parte del terapeuta. (González-Abraldes, 2010).
- Diseño de interfaz intuitivo: La interfaz debe ser intuitiva y de uso sencillo, con un diseño legible que incorpore texto de gran tamaño y elementos visuales claros (Chae, 2025). Los íconos deben ser simples y fácilmente reconocibles para facilitar la comprensión y la navegación. (González-Abraldes, 2010).

- Canales de consigna múltiple: Las instrucciones de uso deben mostrarse utilizando los canales visual y auditivo (González-Abraldes, 2010).
- Tipos de imagen: Es recomendable el empleo de fotografías reales en lugar de íconos o dibujos (González-Abraldes, 2010).
- Adaptabilidad y tiempo de respuesta: Las aplicaciones deben ajustar la duración de las actividades en función del nivel de complejidad (González-Abraldes, 2010).
- Dispositivos de interacción: El modo de interacción debe emplear un dispositivo adaptado, diseño acorde a principios ergonómicos y sencillo para aprender a usar (González-Abraldes, 2010). El uso de recursos complementarios, como un lápiz táctil, puede incrementar la exactitud en las operaciones en una pantalla táctil para usuarios con menor experiencia en la manipulación tabletas digitales (Chae, 2025).

Tabla 7. Rúbrica de evaluación de accesibilidad.

Criterio	**Qué se evalúa**	**Escala (0–3)**
1. Simplicidad y autonomía	Uso posible sin supervisión continua del terapeuta; nivel de simplicidad del diseño	0 = No cumple · 1 = Parcial · 2 = Cumple · 3 = Cumple con buenas prácticas
2. Interfaz intuitiva	Texto de gran tamaño, íconos simples y reconocibles, diseño legible	0–3

3. Canales de instrucción múltiple	Consignas presentadas por canal visual y auditivo simultáneamente	0–3
4. Tipo de imagen	Uso de fotografías reales frente a íconos/dibujos abstractos	0–3
5. Adaptabilidad y tiempo de respuesta	Ajuste de duración/complejidad de la actividad al usuario	0–3
6. Dispositivo de interacción	Ergonomía del dispositivo, facilidad de aprendizaje (ratón, táctil, lápiz táctil)	0–3
7. Cobertura de discapacidad	Atiende más de un tipo de discapacidad (visual, auditiva, motora, cognitiva), no solo visual	0–3
8. Adherencia a estándares	Cumplimiento verificable de WCAG 2.1 y principios de Diseño Universal de Aprendizaje	0–3
9. Participación de usuarios con discapacidad en el diseño (DCU)	Evidencia de que personas con discapacidad participaron en el diseño/validación de la app	0–3

Nota. Cada aplicación fue puntuada de forma independiente por los autores conforme a los criterios de la sección 4.2; se consideró "accesible" toda herramienta con puntaje total ≥ 18/27.

4.2.3 Desafíos de accesibilidad y equidad en la aplicación de tecnologías neurocientíficas

Independientemente del promisorio potencial de la inteligencia artificial y las tecnologías de la información y comunicación para fortalecer la neuroplasticidad, la investigación y la aplicación práctica continúan confrontando desafíos considerables respecto a la distribución equitativa de recursos y el cumplimiento de normativas establecidas (Chemnad, 2024).

Brechas en la cobertura de discapacidades

La literatura académica contemporánea sobre accesibilidad digital con base en inteligencia artificial presenta una orientación preponderante hacia las deficiencias visuales. Esta concentración genera una laguna significativa en la investigación y en la creación de sistemas comprehensivos de IA destinados a atender las demandas de otras comunidades con discapacidad, incluyendo deficiencias en el habla y audición, trastornos del sistema nervioso (particularmente la dislexia), así como limitaciones en la función motora (Chemnad, 2024).

Barreras tecnológicas, operacionales y éticas

El uso de estas aplicaciones digitales puede estar limitado por las siguientes barreras concretas:

- Desigualdad tecnológica y costo: Los obstáculos operacionales contemplan la inversión requerida en infraestructura tecnológica y en adquisición de dispositivos. La insuficiencia de infraestructura también se reconoce como una limitación operacional significativa (Raihan, 2025; Van de Werfhorst, 2022; Zou, 2025)
- Problemas de datos (sesgo y escasez): Los desafíos de datos incluyen la falta de datos o las dificultades en la recopilación de datos de comunidades con discapacidad. También se ha encontrado sesgo en los datos, como cuando la evaluación solo incluye un género, ignorando la diversidad. La recopilación de datos inclusiva es crucial, reconociendo las dificultades inherentes, tales como aquellas experimentadas por personas con ceguera en actividades de captura fotográfica (Jofre, 2024; Melcon, 2025; Perdue, 2023; Russell, 2019).
- Seguridad y privacidad: La seguridad y la privacidad son desafíos significativos con énfasis en la protección de datos neurales y neuroderechos (Bastidas, 2021). Esta preocupación también ha sido recogida por organismos internacionales. Durante el Comité Internacional de Bioética de la UNESCO (2021), se analizó las implicaciones éticas asociadas al desarrollo de la neurotecnología y se destacó la necesidad de fortalecer la protección de la dignidad humana frente a sus posibles usos indebidos. En una línea similar,

la OCDE (2019), ha señalado la importancia de promover una innovación responsable en este campo, acompañada de políticas y marcos regulatorios capaces de proteger los derechos fundamentales

Para garantizar que las herramientas digitales alcancen los propósitos de fortalecer la neuroplasticidad de manera integral e inclusiva, el proceso de diseño y desarrollo debe orientarse mediante marcos de referencia validados y un enfoque metodológico que privilegie las necesidades y características del usuario:

- Adherencia a estándares: Resulta fundamental cumplir con normativas de accesibilidad, tales como las Directrices de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) 2.1 y los postulados del Diseño Universal de Aprendizaje. La omisión en la aplicación de regulaciones y estándares de accesibilidad constituye un desafío operacional urgente (Naranjo-Villota 2020; Vejarano, 2022).
- Diseño centrado en el usuario inclusivo: El Diseño Centrado en el Usuario (DCU) constituye un concepto que sitúa al ser humano como eje fundamental en la creación de espacios y productos, persiguiendo como propósito el mejoramiento de sus vivencias, la elevación de su calidad de vida y la optimización de su nivel de satisfacción. Resulta esencial la incorporación activa de personas con discapacidad en las etapas de obtención de información y conceptualización del diseño, lo que garantiza que las soluciones respondan a necesidades auténticas y reales (Godoy, 2021).

4.3 Criterios de relevancia para el campo de la neuroeducación y la rehabilitación

- **Definición y alcance de la relevancia en neuroeducación y rehabilitación**: Es esencial que las aplicaciones digitales orientadas a estimular la plasticidad cerebral presenten una pertinencia funcional y coherente con los propósitos concretos de la neuroeducación y la rehabilitación. Esta relevancia implica que las herramientas deben sustentar los procesos neurobiológicos fundamentales que sustentan el aprendizaje y la recuperación funcional. (Apolo, 2024). Esta diferenciación tiene como propósito distinguir las intervenciones orientadas al fortalecimiento de habilidades cognitivas en entornos educativos de aquellas destinadas a la rehabilitación posterior a lesiones neurológicas o trastornos neurocognitivos.
- **Fundamentos neurocientíficos para la selección de herramientas relevantes:** Los criterios de relevancia deben sustentarse en evidencias que relacionen las aplicaciones con mecanismos neuroplásticos esenciales, como la memoria, la atención, las funciones ejecutivas y la regulación emocional. Tecnologías como el Neurofeedback han demostrado científicamente su eficacia en la estimulación de la reorganización neuronal y en la optimización del rendimiento cognitivo, convirtiéndose en un referente destacado en este ámbito. (Loriette, 2021).

- **Evidencias empíricas y validación experimental:** Para asegurar la eficacia y el impacto real de estas aplicaciones, resulta indispensable su verificación a través de estudios experimentales rigurosos con poblaciones clínicas y educativas. Es esencial evaluar tanto los cambios neurofisiológicos observados como la mejora funcional que pueda trasladarse a contextos de la vida cotidiana. Un ejemplo representativo es el entrenamiento cognitivo auditivo en personas mayores, donde la evidencia empírica ha demostrado incrementos significativos en la neuroplasticidad y el rendimiento cognitivo. (Kawata, 2022).
- **Relevancia práctica para la rehabilitación neurológica**: Las herramientas digitales que se utilizan en neurorrehabilitación están pensadas para ayudar a personas con dificultades como el TDAH, el deterioro cognitivo leve o quienes se recuperan de una lesión cerebral. Estas aplicaciones ayudan a fortalecer habilidades como la atención y la planificación, favorecen que el cerebro se adapte mejor a los cambios y apoyan la compensación de funciones afectadas. En conjunto, contribuyen a mejorar la autonomía y la calidad de vida de quienes las utilizan (Tataranu, 2025).
- **Adaptabilidad y personalización**: Un aspecto clave es que las aplicaciones puedan ajustarse a las necesidades únicas de cada persona, reconociendo que no todos aprendemos o respondemos de la misma manera. Las tecnologías más recientes, como la realidad virtual o las interfaces cerebro-computadora, abren la puerta a experiencias más personalizadas e inclusivas. Gracias a

ello, estas herramientas no solo se vuelven más efectivas, sino también más significativas, tanto para el aprendizaje como para los procesos de rehabilitación (Drigas, 2024).

4.4 Análisis crítico de aplicaciones y casos prácticos

El análisis crítico y práctico de las herramientas digitales desarrollado en esta sección —que incluye los casos en los que se ha empleado las aplicaciones Lumosity y BrainHQ— se fundamenta rigurosamente en los criterios de selección y validación neurocientífica establecidos en la Sección 4 de este estudio. A través del análisis de la evidencia empírica y las experiencias de aplicación, se busca determinar la eficacia real y el alcance de estas plataformas en la estimulación de la plasticidad cerebral (Al-Thaqib et al., 2018; Osman et al., 2023), garantizando que el análisis se enfoque en herramientas con resultados comprobados sobre los procesos de reorganización neuronal y el desempeño cognitivo (Loriette, 2021).



Figura 25. Análisis crítico y validado de herramientas digitales para la estimulación de la plasticidad cerebral.

Nota. Imagen generada por Napkin IA. Creada por Argoti, S. (2025).

Este enfoque no solo pretende destacar los avances que han logrado las aplicaciones digitales, sino también reconocer sus límites, los retos que aparecen al ponerlas en práctica y cómo el contexto puede influir en que funcionen mejor o peor.

En esta sección se ofrece una mirada crítica e integradora, sustentada en estudios recientes y casos reales, para servir como guía tanto a investigadores como a profesionales de la neuroeducación y la neurorrehabilitación. Evaluar de manera cualitativa y cuantitativa estas herramientas permitirá identificar las mejores prácticas, optimizar su aplicación y fortalecer el vínculo entre innovación tecnológica y principios neurocientíficos, con el fin de potenciar al máximo el desarrollo cognitivo y funcional de las personas.

4.4.1 Selección y descripción de casos prácticos representativos

Evaluar las aplicaciones digitales Lumosity y BrainHQ resulta esencial debido a la solidez y amplitud de las investigaciones que las respaldan (Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021). Ambas se fundamentan en el principio de neuroplasticidad, entendida como, la capacidad del cerebro para adaptarse y reorganizarse frente a los desafíos del entorno, un concepto clave tanto en la neuroeducación como en la neurorrehabilitación (Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021; Tataranu y Rizea, 2025).

Lumosity

Lumosity es una plataforma de entrenamiento cognitivo en línea que integra hasta 49 juegos diseñados a partir de paradigmas utilizados en entornos clínicos y de laboratorio para investigar funciones cognitivas específicas (Al-Thaqib et al., 2018; Hardy et al., 2015). Su estructura está pensada para mantener a los usuarios constantemente desafiados cerca de su nivel máximo de rendimiento, incorporando una diversidad de tareas que promueven el desarrollo de la habilidad de "aprender a aprender" y facilitan la transferencia de habilidades a contextos y actividades que no han sido entrenadas directamente (Hardy et al., 2015).

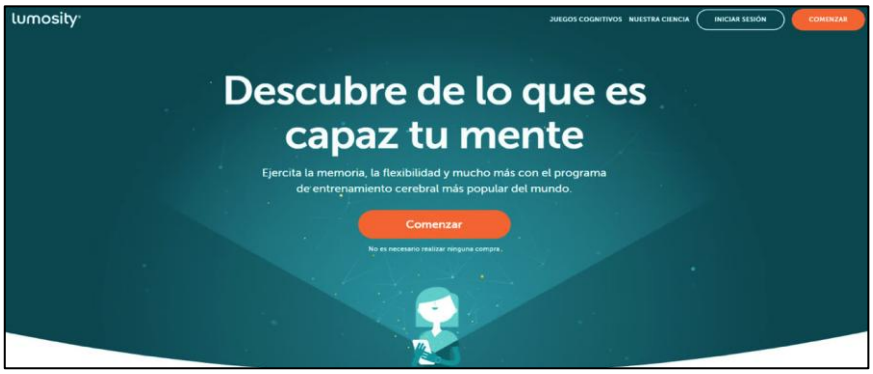


Figura 26. Interfaz de inicio de la aplicación Lumosity como plataforma de entrenamiento cognitivo digital.

Nota. La imagen muestra el FrontEnd de la aplicación Lumosity, es decir, la parte visible de la aplicación con la que los usuarios pueden interactuar directamente. *Fuente:* www.lumosity.com

La aplicación abarca un amplio espectro de habilidades cognitivas, entre ellas la velocidad de procesamiento, la memoria de trabajo, la atención

dividida, la inhibición de respuestas automáticas, la flexibilidad cognitiva y el razonamiento fluido (Hardy et al., 2015; Al-Thaqib et al., 2018). El desempeño de los usuarios se evalúa mediante el Lumosity Performance Index (LPI), un indicador que integra y promedia los resultados obtenidos en las distintas áreas cognitivas evaluadas (Al-Thaqib et al., 2018).

Lumosity ha sido validada mediante:

Ensayos controlados aleatorizados (RCT) de gran escala en línea: Un estudio de gran escala comparó el entrenamiento cognitivo de Lumosity con un grupo de control activo que realizaba crucigramas. En total, participaron 4,715 personas completamente evaluadas, quienes realizaron las sesiones de entrenamiento al menos cinco días por semana durante un período de diez semanas (Hardy et al., 2015).

Estudios observacionales de dosis-respuesta: En una investigación de gran escala, se empleó un conjunto de datos masivo que incluyó aproximadamente 107,000 usuarios con el propósito de examinar en profundidad la relación existente entre la cantidad de tiempo dedicada al entrenamiento cognitivo (dosis) y los cambios observados en el rendimiento cognitivo (respuesta). Este volumen de datos representa una de las muestras más amplias utilizadas en estudios de este tipo, lo que proporciona una base estadística sólida y un nivel elevado de validez externa para los resultados obtenidos.

El análisis se centró en determinar cómo el incremento progresivo en la frecuencia y duración del juego dentro de la plataforma influía en la magnitud de las mejoras cognitivas alcanzadas por los participantes. Dicho enfoque permitió observar tendencias significativas de mejora asociadas al tiempo de exposición al entrenamiento, confirmando que una mayor constancia y práctica sostenida generan efectos más notables en funciones como la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento.

Además, el estudio permitió establecer patrones de aprendizaje adaptativo, evidenciando que los usuarios con niveles iniciales más bajos de desempeño mostraban progresos más rápidos en las primeras fases del entrenamiento, mientras que aquellos con un rendimiento base más alto tendían a experimentar mejoras más graduales pero estables. Estos hallazgos aportan evidencia empírica relevante sobre la dosificación óptima del entrenamiento cognitivo digital, respaldando la idea de que la eficacia de este tipo de programas depende en gran medida de la intensidad, regularidad y personalización del uso (Osman et al., 2023).

Estudios en poblaciones específicas: Diversos estudios han explorado la efectividad de Lumosity en poblaciones específicas, con el fin de analizar su aplicabilidad y beneficios en distintos contextos neurocognitivos. En el caso de los jóvenes adultos sanos, la investigación realizada por Al-Thaqib et al. (2018) evaluó cómo el uso sistemático de la plataforma influye en el fortalecimiento de funciones cognitivas clave, tales como la memoria de trabajo, la atención sostenida

y la velocidad de procesamiento. Los resultados indicaron que incluso en individuos sin alteraciones neurológicas ni déficits cognitivos, la práctica continua con Lumosity puede generar mejoras significativas en la eficiencia mental y en la capacidad de adaptación cognitiva ante nuevas tareas, lo que sugiere su potencial no solo como herramienta terapéutica, sino también como medio de optimización del rendimiento cognitivo general.

Por otro lado, Phelan (2015) presentó un estudio de caso único en el que se aplicó Lumosity como método de entrenamiento cerebral en una mujer en proceso de recuperación post-ictus. El término post-ictus (o post-ACV) se refiere al periodo posterior a un accidente cerebrovascular (ictus), es decir, a la etapa de recuperación o rehabilitación que sigue al evento neurológico agudo. Durante esta fase, la persona puede presentar una variedad de secuelas físicas, cognitivas o emocionales, dependiendo de la zona del cerebro afectada y de la magnitud del daño.

Este caso resultó especialmente relevante, ya que demostró la viabilidad del uso de plataformas digitales interactivas en la rehabilitación neurológica, evidenciando mejoras notables en la atención, la memoria inmediata y la capacidad de planificación tras un periodo de entrenamiento controlado. Aunque los resultados deben interpretarse con cautela debido al tamaño de muestra limitado, el estudio aporta evidencia cualitativa valiosa sobre la adaptabilidad y potencial terapéutico de Lumosity en contextos clínicos, abriendo la puerta a futuras investigaciones con muestras más amplias que validen estos hallazgos (Phelan, 2015).

En conjunto, estas investigaciones subrayan la versatilidad del programa Lumosity al ser aplicable tanto en contextos de mejora cognitiva preventiva en adultos jóvenes, como en procesos de rehabilitación post-lesión cerebral, destacando su relevancia dentro del campo de la neuroeducación y la neurorrehabilitación contemporánea.

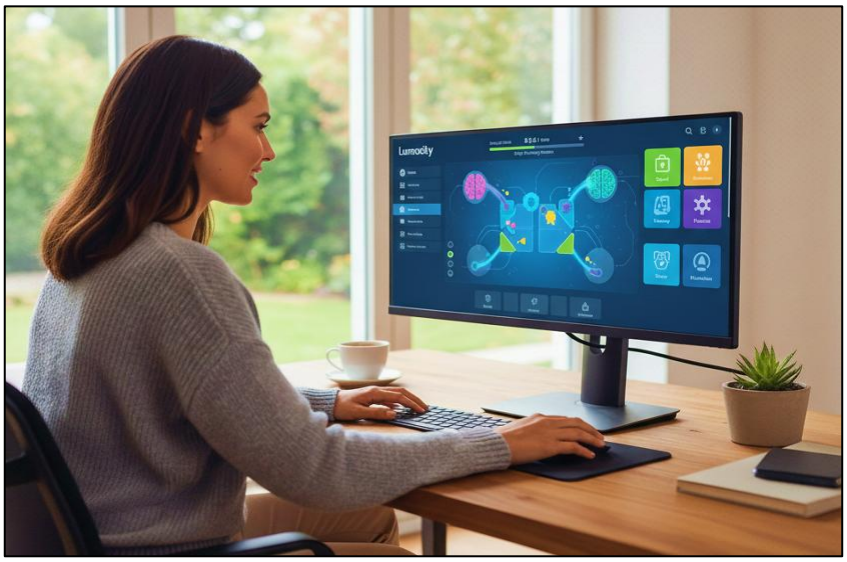


Figura 27. Usuaria participando en actividades de entrenamiento cognitivo ofrecidas por la aplicación Lumosity.

Nota. Imagen generada por Google AI Studio. Creada por Argoti, S. (2025).

BrainHQ

BrainHQ, ha sido desarrollado por Posit Science, representa un programa innovador que se propone optimizar la velocidad y la precisión en el procesamiento de la información a nivel neural,

fundamentándose en la premisa de que los deterioros cognitivos se encuentran estrechamente vinculados con la desaceleración y degradación progresiva de estas capacidades de procesamiento. El programa, diseñado desde una perspectiva neurocognitiva comprehensiva, incorpora 23 ejercicios interactivos que desafían de manera rigurosa e intensiva los sistemas neurales tanto sensoriales como cognitivos, estimulando activamente los mecanismos de neuroplasticidad cerebral con la intención de restituir y normalizar el funcionamiento cognitivo comprometido. Esta aproximación reconoce la capacidad inherente del cerebro humano para adaptarse y reorganizarse frente a demandas cognitivas específicas, ofreciendo una intervención estructurada que busca recuperar o mejorar funciones neuronales deterioradas o subutilizadas. (Mahncke et al., 2021).



Figura 28. Interfaz de inicio de la aplicación BrainHQ como plataforma de entrenamiento cognitivo digital.

Nota. La imagen muestra el FrontEnd de la aplicación BrainHQ, es decir, la parte visible de la aplicación con la que los usuarios pueden interactuar directamente.

Una característica distintiva y fundamental de BrainHQ radica en su capacidad de adaptación dinámica en tiempo real; el nivel de dificultad de cada ejercicio se modula de manera individualizada prueba tras prueba, persiguiendo como objetivo que el usuario alcance aproximadamente un 80% de precisión en sus respuestas, lo que garantiza un estímulo continuo y óptimamente calibrado para maximizar las condiciones de aprendizaje neuroplástico (Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021). Los ejercicios implementados en la plataforma avanzan progresivamente, iniciando con demandas cognitivas de menor complejidad, tales como tareas de procesamiento visual acelerado, hasta alcanzar requisitos cognitivos de mayor orden jerárquico, incluyendo procesos sofisticados como la cognición social y la integración de información multisensorial (Mahncke et al., 2021).

BrainHQ ha sido rigurosamente investigado en:

- Ensayo clínico aleatorizado (RCT) Clase I (Estudio BRAVE): Se realizó una evaluación rigurosa de su eficacia, implementando un grupo de control activo que participó en juegos informáticos de carácter general, en una población compuesta por militares en servicio activo y veteranos que presentaban diagnósticos documentados de Lesión Cerebral Traumática Leve (mTBI, por

sus siglas en inglés) y experimentaban deterioro cognitivo persistente y significativo.

Esta evaluación contrastiva permitió examinar los efectos específicos de la intervención neuroplástica versus la estimulación cognitiva general, considerando que la población participante representaba un grupo particularmente vulnerable con necesidades de recuperación cognitiva compleja derivada de traumas neurológicos reales. La inclusión de militares y veteranos añade relevancia clínica considerable, dado que estas poblaciones frecuentemente enfrentan secuelas cognitivas prolongadas tras exposición a eventos traumáticos, tales como conmociones cerebrales en combate o incidentes accidentales en contextos operacionales, lo que subraya la importancia práctica de desarrollar intervenciones efectivas y específicamente diseñadas para facilitar su recuperación y reintegración funcional (Mahncke et al., 2021).

- Protocolos de estudio en neurorrehabilitación: Se ha propuesto un protocolo piloto para evaluar sus efectos en pacientes de 65 a 85 años con Enfermedad de Alzheimer (EA) en fase prodrómica, enfocándose en mantener la Velocidad de Procesamiento (Agzannay El Hssnaoui, 2018).

Se ha desarrollado para ello, un protocolo piloto innovador y cuidadosamente estructurado, cuyo propósito es evaluar sistemáticamente los efectos terapéuticos potenciales de intervenciones de neuroplasticidad en una población específica y vulnerable de adultos

mayores, comprendiendo individuos con edades entre 65 y 85 años que han sido diagnosticados con Enfermedad de Alzheimer (EA) en su fase prodrómica, la que se constituye en un período crítico en el cual los cambios neurodegenerativos comienzan a manifestarse clínicamente pero aún existe oportunidad para intervención terapéutica.

El protocolo de investigación se orienta con especial énfasis hacia la preservación y optimización de la Velocidad de Procesamiento de la Información, una función cognitiva fundamental que típicamente se ve comprometida en las etapas tempranas de la enfermedad neurodegenerativa. Esta aproximación reconoce la importancia de mantener la integridad funcional de procesos cognitivos esenciales durante ventanas críticas de oportunidad terapéutica, cuando aún es posible ralentizar o potencialmente modificar la trayectoria del deterioro cognitivo. La investigación con esta población de adultos mayores reviste particular significancia clínica y social, considerando el impacto devastador de la enfermedad de Alzheimer en la calidad de vida del paciente y sus cuidadores, así como la creciente prevalencia de demencia en sociedades envejecidas (Agzannay El Hssnaoui, 2018).

4.4.2 Análisis crítico de evidencia empírica y experiencias de implementación

El examen pormenorizado de la información empírica recopilada para ambas aplicaciones digitales se fundamenta sólidamente en criterios rigurosos de validación establecidos por la comunidad neurocientífica, así como en la evaluación de la transferencia y generalización de los

beneficios cognitivos logrados hacia contextos y dominios de funcionamiento que no fueron específicamente entrenados durante la intervención. Este análisis reconoce la importancia crítica de que los avances cognitivos obtenidos mediante intervenciones digitales no permanezcan circunscritos a las tareas específicas de entrenamiento, sino que se extiendan significativamente hacia situaciones cotidianas reales de la vida académica, laboral y personal del usuario, demostrando así una verdadera transformación en su capacidad funcional general y no meramente un mejoramiento superficial limitado al contexto controlado de la plataforma tecnológica.

Evidencia de transferencia cognitiva

Lumosity mostró una eficacia estadísticamente superior a la de los crucigramas —utilizados como control activo— en la mejora global de la función cognitiva, aunque con un tamaño de efecto pequeño (Cohen's d = 0.255) (Hardy et al., 2015). Se observaron diferencias favorables en áreas como la velocidad de procesamiento, la memoria de trabajo, la resolución de problemas y el razonamiento fluido (Hardy et al., 2015; Al-Thaqib et al., 2018). Además, los participantes que realizaron el entrenamiento cognitivo reportaron mayores beneficios percibidos, sobre todo en su capacidad de concentración, en comparación con el grupo de control (Hardy et al., 2015; Phelan, 2015). De igual manera, un estudio con adultos jóvenes sanos evidenció mejoras estadísticamente significativas en tareas de atención y cambio de tarea (AST), así como en la latencia de respuesta motora (MOT), lo que podría indicar un incremento tanto en la velocidad motora como en la

atención posterior al entrenamiento (Al-Thaqib et al., 2018). No obstante, la magnitud modesta de estos efectos sugiere que la transferencia a contextos de la vida diaria podría ser limitada y requiere investigación adicional.

La frase “en la mejora global de la función cognitiva, alcanzando un tamaño de efecto de Cohen’s d = 0.255” se refiere a qué tan fuerte fue el impacto del entrenamiento con Lumosity en las habilidades mentales de los participantes.

De esto podemos entender que lo siguiente:

Función cognitiva global: se relaciona con el rendimiento mental en conjunto, es decir, se trata de una medida general que combina varios aspectos como la memoria, la atención, la velocidad de procesamiento, el razonamiento, etc. No analiza una sola habilidad, sino el “promedio general” del funcionamiento cerebral.

Tamaño de efecto (Cohen’s d): es una medida estadística que indica cuán grande es la diferencia entre dos grupos, en este caso, entre quienes usaron Lumosity y quienes hicieron crucigramas.

Un **d = 0.2** se considera un efecto pequeño.

Un **d = 0.5** es un efecto moderado.

Un **d = 0.8** o más es grande.

Entonces, cuando el estudio reporta Cohen's d = 0.255, significa que Lumosity tuvo un efecto pequeño, pero estadísticamente significativo sobre la mejora cognitiva en comparación con los crucigramas.

En lenguaje más simple para que se comprenda mejor, esto quiere decir que, Lumosity sí mejoró las funciones mentales generales de los usuarios, pero el cambio no fue enorme, sino modesto pero real.

Aunque "pequeño", no es irrelevante. Significa que el grupo Lumosity superó al grupo de crucigramas en rendimiento cognitivo global por un margen que equivale a aproximadamente 0,255 veces la desviación estándar común de ambos grupos (Lakens, 2013). Un d de ese tamaño refleja que, si tomas dos personas al azar (una del grupo Lumosity y otra de los crucigramas), la del grupo Lumosity promedio rendiría un poco mejor que la otra, aunque con bastante superposición entre los grupos.

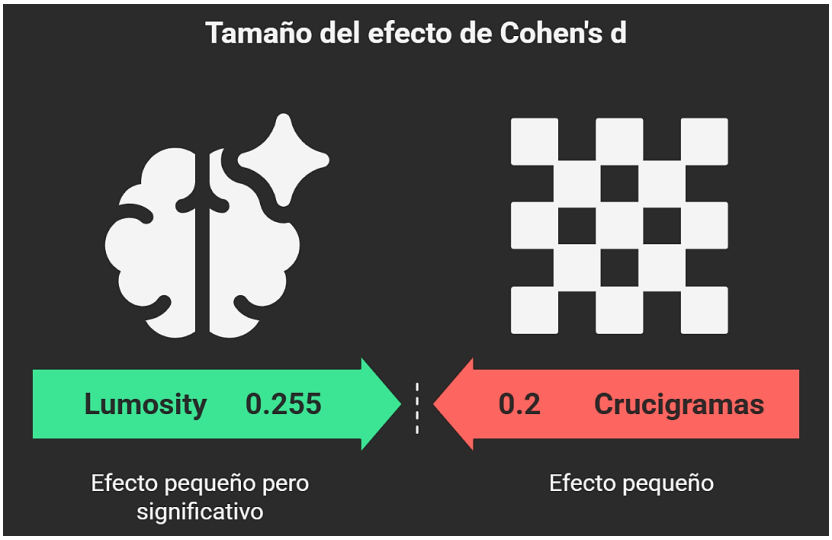


Figura 29. Interpretación del tamaño de efecto de Cohen (d = 0.255) en la mejora global de la función cognitiva con Lumosity.

Nota. Imagen generada por Napkin IA. Creada por Argoti, S. (2025).

BrainHQ. En el caso de lesiones cerebrales traumáticas leves (mTBI), el programa BrainHQ evidenció una mejora significativamente superior en la puntuación cognitiva global en comparación con el grupo de control activo, alcanzando un tamaño de efecto clínicamente relevante (d = 0.555). Los hallazgos mostraron avances notables en el aprendizaje, la memoria a largo plazo y diversas áreas de la función ejecutiva. En términos cuantitativos, la mejora cognitiva obtenida por los participantes que utilizaron BrainHQ fue entre 3,9 y 4,9 veces mayor que la registrada en el grupo de control activo. (Mahncke et al., 2021).

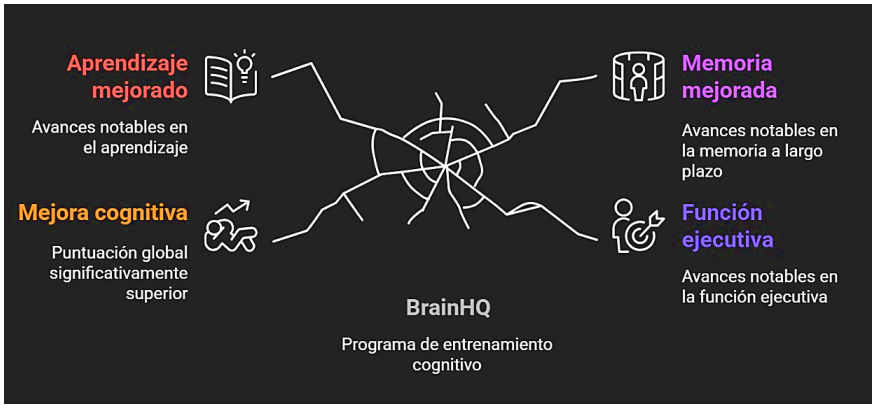


Figura 30. Efecto del entrenamiento cognitivo con BrainHQ en la mejora global de la función cognitiva en pacientes con lesión cerebral traumática leve (mTBI).

Nota. Imagen generada por Napkin IA. Creada por Argoti, S. (2025).

El rol de la dosis y la edad (Criterio 4.1.2)

Ambas aplicaciones destacan que la intensidad y la cantidad del entrenamiento son factores clave para estimular la neuroplasticidad cerebral.

En el caso de **Lumosity**, los análisis realizados con datos de miles de usuarios mostraron algo muy claro: cuanto más se entrena el cerebro, mayores son las mejoras. Es decir, existe una relación directa entre la cantidad de práctica y el nivel de avance cognitivo. Mientras más tiempo y frecuencia dedica una persona al entrenamiento mental, más notables son los beneficios que obtiene, no solo en las tareas específicas del programa, sino también en su capacidad para pensar, recordar y resolver problemas en situaciones nuevas.

En otras palabras, el cerebro aprende de forma acumulativa. Cada sesión de entrenamiento suma, y con el tiempo ese esfuerzo se traduce en una mente más ágil y adaptable. Sin embargo, los investigadores notaron que esta mejora sigue un patrón muy particular: al principio los progresos son rápidos y evidentes, pero después empiezan a estabilizarse, alcanzando un punto en el que seguir entrenando produce avances más pequeños. Este fenómeno se describe con un modelo llamado "función exponencial que tiende hacia una asíntota", una forma elegante de decir que el aprendizaje mejora mucho al inicio y luego se va "aplanando", como si el cerebro llegara a un techo natural de rendimiento. Esto ocurre porque las conexiones neuronales se fortalecen hasta cierto límite biológico, y a partir de ahí el progreso depende de otros factores, como la motivación, la variedad de estímulos o la calidad del descanso.

En resumen, Lumosity demuestra que el cerebro responde como un músculo: con práctica constante mejora su rendimiento, aunque llega un momento en el que mantener el progreso requiere más que solo repetir, necesita desafiarse de nuevas maneras (Osman et al., 2023).

Un hallazgo especialmente interesante es que la capacidad del cerebro para aplicar lo aprendido a nuevas situaciones —la llamada transferencia del aprendizaje— se mantiene estable a lo largo de la vida adulta. Esto significa que, sin importar la edad, el cerebro sigue siendo capaz de aprender de forma significativa y flexible, no solo repitiendo información, sino adaptándola a distintos contextos.

En cambio, los beneficios de la práctica directa, esa que mejora el rendimiento simplemente por repetir una tarea una y otra vez, tienden a disminuir con los años. Es como si con el tiempo el cerebro se volviera menos eficiente en los aprendizajes "mecánicos", pero mantuviera intacta su habilidad para aprender de manera más inteligente y adaptable. Este contraste revela que existen dos tipos de aprendizaje distintos: Uno basado en la repetición, que depende de la memoria operativa y es más vulnerable al envejecimiento. Y otro basado en la transferencia, vinculado a la neuroplasticidad, es decir, la capacidad del cerebro para crear y reorganizar conexiones neuronales profundas.

Lo más alentador es que este segundo tipo de aprendizaje parece resistir mejor el paso del tiempo, lo que abre una gran oportunidad para diseñar entrenamientos cognitivos adaptados a cada edad, capaces de fortalecer las rutas neuronales que el cerebro conserva activas incluso en etapas avanzadas de la vida. (Osman et al., 2023).

Para **BrainHQ**, aunque el estudio principal no analizó directamente la relación entre la cantidad de práctica y los resultados obtenidos, el estudio BRAVE demostró que la clave del éxito estuvo en la intensidad del entrenamiento. Los participantes siguieron un programa exigente: cinco días a la semana, una hora diaria, durante trece semanas (Mahncke et al., 2021).

Este nivel de compromiso no fue casualidad. La evidencia indica que para que el cerebro realmente cambie, necesita ser desafiado de manera constante y estructurada. La combinación entre alta intensidad y un

diseño adaptativo, que ajusta la dificultad a las capacidades del usuario, es lo que permite activar los mecanismos profundos de plasticidad cerebral —esa increíble capacidad del cerebro para reorganizarse, fortalecer conexiones y formar otras nuevas (Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021).

En pocas palabras, el estudio BRAVE nos recuerda que la neuroplasticidad no se enciende con un simple ejercicio mental ocasional, sino con una práctica consistente, progresiva y bien diseñada.

Limitaciones en la transferencia funcional y síntomas

Un aspecto clave de comparación se encuentra en la capacidad de trasladar las mejoras cognitivas obtenidas hacia el desempeño en actividades cotidianas y en los síntomas percibidos por los propios participantes (Criterio 4.3):

- **BrainHQ (mTBI):** El estudio BRAVE no encontró diferencias claras entre quienes entrenaron con BrainHQ y el grupo de control activo en cuanto a su desempeño en tareas cotidianas ni en la reducción de síntomas depresivos o cognitivos que los propios participantes reportaban. En otras palabras, ambos grupos sintieron una mejora similar en su bienestar general. Los investigadores creen que esto podría deberse a que el grupo de control también recibió acompañamiento y apoyo remoto durante el estudio, lo cual probablemente influyó de manera positiva en su

estado emocional y cognitivo, independientemente del tipo de entrenamiento mental que realizaron (Mahncke et al., 2021).

- **Lumosity (Saludable y Post-ictus):** En el ensayo controlado aleatorizado realizado por Hardy et al. (2015), los participantes que entrenaron con Lumosity reportaron mayores beneficios percibidos que aquellos del grupo de control activo, destacando una mejora notable en su capacidad de concentración. Es decir, más allá de los resultados medidos objetivamente, las personas sintieron que su atención y enfoque mental habían mejorado, lo cual es un indicador relevante de motivación y compromiso con el entrenamiento.
- De manera complementaria, un estudio de caso en una paciente post-ictus mostró que el uso de Lumosity durante un periodo breve de cuatro semanas resultó ser una herramienta viable y efectiva. A pesar de su corta duración, el entrenamiento se asoció con mejoras en la velocidad de lectura y en la capacidad para recuperar palabras, habilidades frecuentemente afectadas tras un accidente cerebrovascular. Estos hallazgos, aunque preliminares, sugieren que incluso intervenciones digitales de corta duración pueden activar procesos de recuperación cognitiva, brindando apoyo a la rehabilitación neurológica mediante estrategias accesibles y personalizables (Phelan, 2015).

Relevancia para la neurorrehabilitación

La importancia de estas aplicaciones dentro del ámbito de la rehabilitación se refleja claramente en las poblaciones a las que están dirigidas:

- **BrainHQ** se orienta específicamente a la rehabilitación de déficits en el procesamiento cognitivo asociados a lesiones cerebrales (Mahncke et al., 2021). Sus protocolos también han sido aplicados en el estudio de enfermedades neurodegenerativas, como la enfermedad de Alzheimer (EA), con el propósito de preservar la velocidad de procesamiento mental y, con ello, mejorar el desempeño funcional en las AVD (Agzannay El Hssnaoui, 2018). El término AVD (Actividades de la Vida Diaria) hace referencia a las tareas básicas y cotidianas que una persona realiza para desenvolverse de forma independiente, como vestirse, alimentarse, bañarse, manejar dinero, preparar alimentos o desplazarse. En contextos de rehabilitación cognitiva, mejorar las AVD significa ayudar a que una persona recupere o mantenga su autonomía funcional, lo cual es uno de los principales objetivos terapéuticos en casos de lesión cerebral o deterioro neurodegenerativo.
- **Lumosity** se ha consolidado como una herramienta accesible y práctica para fortalecer las funciones cognitivas, tanto en adultos sanos como en personas que, tras un ictus, conservan un alto grado de independencia funcional (Phelan, 2015). Su diseño, basado en una amplia gama de juegos y ejercicios mentales, busca estimular simultáneamente diversas redes neuronales, promoviendo un

entrenamiento global del cerebro más que el desarrollo de una sola habilidad.

- Sin embargo, precisamente por su carácter integral, resulta complejo aislar los mecanismos específicos responsables de las mejoras observadas. Es decir, aunque los usuarios suelen mostrar avances en memoria, atención y velocidad mental, no siempre es posible determinar qué tarea o tipo de estímulo genera cada efecto concreto. Aun así, este enfoque amplio tiene una ventaja importante: favorece una activación cerebral más completa, ideal para quienes buscan mantener su agilidad mental y prevenir el deterioro cognitivo a través de una práctica constante y variada (Hardy et al., 2015).

Desafíos metodológicos y de implementación

Ambos programas enfrentan desafíos significativos en cuanto a sus diseños metodológicos y capacidad investigativa. Los estudios que documentaron mejoras cognitivas asociadas con **Lumosity** frecuentemente no logran identificar y aislar con precisión los mecanismos específicos que fundamentan la transferencia de beneficios hacia contextos reales, tales como la adaptación dinámica de la dificultad o la diversificación de las tareas presentadas al usuario (Hardy et al., 2015). Este vacío metodológico impide una comprensión profunda de cómo exactamente estos programas generan sus efectos cognitivos beneficiosos.

En el caso particular de **BrainHQ**, los resultados del estudio BRAVE revelaron la ausencia de superioridad estadística en medidas funcionales y sintomáticas de bienestar general, lo que sugiere de manera relevante que el componente de apoyo personalizado proporcionado por entrenadores de salud especializados puede resultar tan influyente y determinante en la mejora del bienestar psicológico del usuario como el contenido del entrenamiento cognitivo propiamente dicho (Mahncke et al., 2021). Este hallazgo subraya la importancia del factor humano y el apoyo relacional en los procesos de recuperación cognitiva y bienestar emocional.

Además, investigaciones de corta duración temporal, como la conducida por Al-Thaqib et al. (2018) con la plataforma **Lumosity** durante un período de apenas tres semanas, limitan considerablemente la capacidad investigativa para determinar con certeza los beneficios reales y sostenibles a largo plazo de estas intervenciones digitales. Esta limitación temporal impide extraer conclusiones robustas sobre la durabilidad y el mantenimiento de los efectos cognitivos una vez finalizada la intervención.

4.5 Comparativa práctica entre aplicaciones y modalidades tecnológicas

La siguiente tabla presenta un análisis comparativo detallado entre las aplicaciones digitales Lumosity y BrainHQ, fundamentándose sólidamente en la evidencia empírica derivada de sus respectivos ensayos clínicos de amplio alcance que incorporaron grupos de control

activo. Este análisis comparativo destaca las diferencias significativas observadas tanto en sus enfoques de diseño e implementación como en los patrones de transferencia de beneficios cognitivos hacia contextos no entrenados, permitiendo así a educadores, profesionales de la salud y personal a cargo de la toma de decisiones en políticas públicas comprender de manera integral las fortalezas y limitaciones particulares de cada plataforma en la práctica educativa y clínica real.

Tabla 8. Análisis comparativo de la evidencia empírica, el diseño y la transferencia cognitiva de las aplicaciones Lumosity y BrainHQ.

Criterio de Comparación	**Lumosity (Hardy et al., 2015; Osman et al., 2023)**	**BrainHQ (Mahncke et al., 2021)**
Enfoque primario de entrenamiento	Entrenamiento **integral/variado** que cubre 5 dominios (Memoria, Atención, Velocidad, Flexibilidad, Resolución de Problemas) con hasta 49 tareas.	Entrenamiento basado en la Plasticidad con enfoque en mejorar la Velocidad y Precisión del procesamiento de la información neural.
Población de estudio (RCT principal)	Adultos sanos (18–85 años).	Adultos/Veteranos con **Lesión cerebral traumática leve (mTBI)** y deterioro cognitivo.

Modalidad de control activo	Crucigramas.	**Juegos de ordenador** de propósito general (ej. Tetris, Mah-jong), diseñados para minimizar demandas de velocidad y precisión.
Diseño de dificultad/adaptabilidad	**Adaptativo progresivo**; desafía a los usuarios cerca de sus umbrales de rendimiento.	**Altamente adaptativo en tiempo real** (prueba por prueba), ajustando la dificultad para lograr un rendimiento objetivo (~80% de acierto).
Transferencia cognitiva (tamaño del efecto)	**Significativa pero modesta** en rendimiento agregado (Grand Index) vs. control activo: d = 0.255.	**Significativa y mayor** en compuesto cognitivo vs. control activo: d = 0.555.
Impacto de la dosis	Se observó una relación dosis-respuesta monotónica; inicialmente, la transferencia es directamente proporcional a la cantidad de juego realizado. No obstante, esta	El diseño enfatiza la **intensidad** (1 hora/día, 5 días/semana) para la transferencia.

	relación no es lineal indefinidamente: la transferencia de aprendizaje tiende a estabilizarse (asíntota) después de cierto umbral de práctica, mostrando rendimientos decrecientes a medida que aumenta la cantidad de entrenamiento (Osman et al., 2023).	
Efecto de la edad en el aprendizaje	El beneficio generado por la transferencia de aprendizaje hacia contextos no entrenados permanece estable y consistente a través de diferentes etapas de la vida adulta, en tanto que el efecto derivado de la práctica directa y la repetición sistemática de las mismas tareas tiende a disminuir progresivamente conforme avanza la edad.	El RCT (Ensayo Controlado Aleatorizado, por sus siglas en inglés) se centró en adultos jóvenes/de mediana edad con mTBI.
Efectos en síntomas y funcionalidad	Mostró mayor mejora en beneficios auto percibidos, especialmente en concentración, reflejando cómo los participantes experimentaban directamente las transformaciones	Los resultados no mostraron superioridad de BrainHQ frente al control activo en síntomas de depresión, deterioro

	cognitivas en sus actividades diarias.	cognitivo o medidas funcionales, sugiriendo que el apoyo personalizado del coaching es tan influyente como el entrenamiento digital en la mejora del bienestar psicológico y la recuperación cognitiva.

Nota. La tabla compara Lumosity y BrainHQ con base en ensayos clínicos aleatorizados (RCTs) con control activo, destacando diferencias en el diseño, la metodología y la transferencia cognitiva *Fuente:* Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021; Osman et al., 2023

4.6 Reflexiones críticas, limitaciones y consideraciones éticas

El análisis de aplicaciones digitales como Lumosity y BrainHQ revela un panorama prometedor en optimización cognitiva, pero también subraya limitaciones significativas que deben abordarse en investigación y práctica educativa.

4.6.1 Limitaciones metodológicas y evidencia de transferencia

Un desafío fundamental emerge al reconocer que el cambio cognitivo generado por las intervenciones digitales, aunque real y medible, es frecuentemente modesto en comparación con otras formas de estimulación cerebral. **Lumosity**, por ejemplo, demostró una mejora cognitiva global estadísticamente significativa, pero con un tamaño de efecto pequeño (d = 0.255) frente a actividades como los crucigramas. Este hallazgo, humanamente hablando, nos invita a ser realistas: estas herramientas producen transformaciones positivas en las personas, pero no representan cambios dramáticos o revolucionarios.

Reconocer esta verdad es importante para establecer expectativas justas con usuarios, educadores y profesionales clínicos, evitando promesas excesivas mientras valoramos genuinamente los beneficios reales que estas tecnologías pueden aportar al bienestar cognitivo de las personas (Hardy et al., 2015).

Existe una dificultad metodológica fundamental para aislar los mecanismos específicos que subyacen a la transferencia de beneficios cognitivos hacia contextos reales, impidiendo una comprensión profunda de cómo exactamente estos programas generan sus efectos (Hardy et al., 2015).

Aunque programas como **BrainHQ** demostraron una mejora cognitiva superior en poblaciones con Lesión Cerebral Traumática Leve (mTBI), no evidenciaron una superioridad estadística clara frente al grupo de

control activo en la reducción de síntomas funcionales o emocionales auto percibidos, como la depresión. Este hallazgo sugiere que el componente de apoyo personalizado, la relación terapéutica y el coaching remoto proporcionado por profesionales especializados podría ser tan determinante en la mejora del bienestar psicológico integral y en la recuperación cognitiva auténtica de las personas como el propio contenido técnico del entrenamiento digital (Mahncke et al., 2021).

Las investigaciones de corta duración, como el estudio de tres semanas con **Lumosity**, limitan la capacidad de determinar los beneficios reales y sostenibles a largo plazo una vez que finaliza la intervención, sin poder establecer si las mejoras observadas se mantienen, se desvanecen o se consolidan en cambios permanentes en la vida de los usuarios (Al-Thaqib et al., 2018).

4.6.2 Barreras de implementación, accesibilidad y equidad

A pesar del potencial real de estas tecnologías para transformar vidas y optimizar funciones cognitivas, su implementación práctica en contextos educativos y clínicos reales enfrenta obstáculos importantes que afectan tanto la equidad como los aspectos operacionales, siendo el costo de acceso a estas plataformas una barrera crítica que determina quién puede beneficiarse y quién queda excluido de estas oportunidades de mejora cognitiva:

- **Brecha tecnológica y costo:** Los obstáculos operacionales contemplan la inversión requerida en infraestructura tecnológica

y la adquisición de dispositivos, contribuyendo a la desigualdad tecnológica (Raihan, 2025; Van de Werfhorst, 2022; Zou, 2025). Un factor determinante es el costo de acceso a las plataformas, que representa una barrera económica que determina quién puede beneficiarse y quién permanece excluido. Aunque este capítulo se enfoca en el análisis de herramientas digitales, la disparidad económica es relevante: mientras que **Lumosity** se describe como gratuita, **BrainHQ** opera bajo un modelo de suscripción de pago (como $8 mensuales por un año o $14 mensuales), a pesar de contar con una versión gratuita que es limitada. Este obstáculo financiero exacerba la desigualdad tecnológica (Raihan, 2025; Van de Werfhorst, 2022; Zou, 2025).

- **Sesgo y escasez de datos:** Existen desafíos significativos en la obtención de información inclusiva y representativa proveniente de comunidades con discapacidad, donde a menudo las voces y experiencias de estas poblaciones marginalizadas no se incluyen adecuadamente en investigaciones y procesos de validación de tecnologías. Adicionalmente, se ha identificado la presencia de sesgos sistemáticos en los datos recopilados, ejemplificado cuando las evaluaciones se conducen incluyendo únicamente un género, lo que resulta en investigación incompleta que ignora deliberada o inadvertidamente la diversidad humana, perpetuando así perspectivas parciales y excluyentes que no representan las necesidades y realidades de todas las personas que podrían beneficiarse de estas intervenciones (Jofre, 2024; Melcon, 2025; Perdue, 2023; Russell, 2019).

- **Brechas en la cobertura de discapacidades:** La literatura académica contemporánea sobre accesibilidad digital con base en Inteligencia Artificial (IA) se concentra predominantemente en las deficiencias visuales, dejando otras comunidades con discapacidad significativamente subrepresentadas. Esta concentración investigativa genera una laguna crítica en la investigación y en la creación de sistemas comprehensivos de IA destinados a atender verdaderamente las demandas diversas y específicas de otras comunidades con discapacidad, como deficiencias en el habla y audición, trastornos neurológicos como la dislexia, o limitaciones en la función motora, perpetuando así una brecha de oportunidades tecnológicas que afecta desproporcionadamente a poblaciones vulnerables (Chemnad, 2024).
- **Desafíos de usabilidad en adultos mayores:** Esta población en particular enfrenta varios desafíos, entre ellos una limitada alfabetización digital y cierta resistencia a incorporar nuevas tecnologías (Chae, 2025). A esto se suman dificultades para comprender instrucciones complejas, una mayor carga cognitiva al enfrentarse a entornos digitales y problemas para manejar dispositivos convencionales, como el ratón o las pantallas táctiles, que demandan precisión y coordinación fina (González-Abraldes, 2010).

4.6.3 Consideraciones éticas

El avance de las aplicaciones digitales y la neurotecnología introduce consideraciones éticas cruciales que requieren reflexión seria y toma de decisiones responsable:

- **Seguridad y privacidad:** Es fundamental y urgente proteger los datos neurales sensibles de las personas, reconociendo su naturaleza íntima y personal, y avanzar activamente en la definición, conceptualización y protección legal de los neuroderechos, derechos emergentes que reconocen la autonomía, dignidad y libertad cognitiva de todo ser humano frente a las nuevas tecnologías neurocientíficas (Bastidas, 2021).
- **Adherencia a estándares:** La falta de implementación rigurosa de regulaciones y estándares de accesibilidad reconocidos internacionalmente, como las Directrices de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1) y los principios del Diseño Universal de Aprendizaje, constituye un desafío operacional y ético urgente que perpetúa la exclusión digital de poblaciones vulnerables (Naranjo-Villota, 2020; Vejarano, 2022). Para abordar esta brecha, la inclusión activa de personas con discapacidad en todas las etapas de recopilación de información y conceptualización del diseño mediante el enfoque del Diseño Centrado en el Usuario (DCU) es esencial, garantizando que las soluciones tecnológicas resultantes respondan a necesidades reales en lugar de representaciones superficiales o suposiciones de personas sin discapacidad (Godoy, 2021).

4.7 Recomendaciones prácticas y conclusiones

4.7.1 Conclusiones

En este capítulo se ha analizado críticamente el uso de aplicaciones digitales orientadas a potenciar la plasticidad cerebral, y se puede concluir lo siguiente:

- **Validación neurocientífica:** Las aplicaciones digitales Lumosity y BrainHQ se fundamentan sólidamente en el principio neurocientífico de la neuroplasticidad cerebral (Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021) y cuentan con respaldo de ensayos clínicos controlados y aleatorizados (RCT) que ofrecen evidencia científica demostrando su capacidad para optimizar funciones cognitivas esenciales, tales como la memoria, la velocidad de procesamiento de información, la atención sostenida y las funciones ejecutivas de orden superior (Al-Thaqib et al., 2018; Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021).
- **Importancia de la dosis y la adaptabilidad:** La efectividad del entrenamiento cognitivo se encuentra directamente vinculada con la **magnitud** e **intensidad** de la práctica realizada y la **regularidad** con que se ejecuta, demostrando una relación dosis-respuesta de carácter monotónico y predecible (es decir, la relación es **lineal y previsible**: si se aumenta la práctica, mejoran los resultados; si se disminuye la práctica, disminuyen los resultados), lo que implica que el cerebro humano asimila y consolida aprendizajes de manera acumulativa y progresiva

(Osman et al., 2023). Un diseño de intervención altamente personalizado y adaptativo que mantiene al usuario constantemente próximo a su umbral óptimo de rendimiento (ejemplificado en el criterio del 80% de precisión implementado por BrainHQ) resulta esencial para sostener un nivel de desafío apropiado y maximizar la activación de mecanismos de neuroplasticidad cerebral, facilitando así transformaciones cerebrales significativas y duraderas (Hardy et al., 2015; Mahncke et al., 2021).

- **Relevancia para la neurorrehabilitación y la neuroeducación:** Estas aplicaciones digitales resultan relevantes y aplicables tanto en contextos de optimización cognitiva para adultos sin patología neurológica documentada (Al-Thaqib et al., 2018) como en procesos de rehabilitación y recuperación funcional de déficits cognitivos asociados con condiciones neurológicas específicas, incluyendo Lesión Cerebral Traumática Leve (mTBI) (Mahncke et al., 2021), deterioro cognitivo de diversas etiologías y secuelas cognitivas post-accidente cerebrovascular (post-ictus), demostrando así su versatilidad en diferentes contextos clínicos y poblacionales (Agzannay El Hssnaoui, 2018; Phelan, 2015).
- **Persistencia del aprendizaje por transferencia:** Un descubrimiento particularmente significativo y alentador es que la capacidad del cerebro humano para transferir y aplicar lo aprendido en contextos nuevos y diferentes (proceso íntimamente vinculado con los mecanismos de neuroplasticidad cerebral) se mantiene estable a lo largo de todas las etapas de la vida adulta.

- Este hallazgo es muy relevante porque sugiere que, aunque el beneficio directo obtenido mediante la repetición sistemática de tareas específicas tienda a disminuir gradualmente conforme envejecemos, nuestra capacidad fundamental para aprender, adaptarnos y generalizar esos aprendizajes hacia nuevas situaciones de la vida real permanece intacta y operativa.
- Esta comprensión ofrece una perspectiva esperanzadora para adultos mayores, demostrando que el cerebro conserva su flexibilidad cognitiva y su capacidad para crecer y transformarse incluso en edades avanzadas, siempre que se le presente con desafíos apropiados y significativos (Osman et al., 2023).
- En conjunto, la evidencia revisada indica que las aplicaciones de entrenamiento cognitivo pueden favorecer mejoras significativas en determinadas funciones cognitivas, aunque sus efectos dependen de la población y del tipo de intervención. Sin embargo, estos beneficios no siempre se trasladan al funcionamiento cotidiano ni a la reducción de síntomas, por lo que su aplicación en contextos clínicos y educativos debe partir de objetivos específicos y de expectativas realistas sobre el alcance de las mejoras obtenidas.

4.7.2 Recomendaciones prácticas

Basado en los hallazgos en los diferentes artículos de investigación se puede recomendar a educadores, neuropsicólogos y desarrolladores de tecnología, lo siguiente:

- **Priorizar la evidencia sobre la usabilidad:** Seleccionar cuidadosamente herramientas digitales educativas que demuestren contar con una validación rigurosa y exhaustiva respaldada por la comunidad neurocientífica, así como con evidencia empírica sólida que compruebe su capacidad real para estimular activamente los mecanismos de neuroplasticidad neuronal (Loriette, 2021). Es fundamental evitar limitar la selección únicamente a criterios superficiales de facilidad de uso o usabilidad técnica (Drigas, 2024).
- **Integrar el apoyo humano:** Reconocer y valorar la importancia significativa del factor humano como elemento determinante en los resultados alcanzados en términos de bienestar psicológico y funcionalidad cognitiva (Mahncke et al., 2021). Se recomienda enfáticamente la combinación del entrenamiento cognitivo digital adaptativo con el apoyo y el coaching personalizado proporcionado por profesionales especializados, con el propósito de maximizar los procesos de recuperación psicológica integral y fortalecer la permanencia sostenida al tratamiento, reconociendo así que la tecnología por sí sola es insuficiente sin la presencia, orientación y acompañamiento humano que facilita la motivación, el compromiso emocional y la transformación real en la calidad de vida del usuario (Mahncke et al., 2021).
- **Adoptar un Diseño Universal e Inclusivo (DCU):** El diseño y desarrollo de nuevas herramientas debe regirse por el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), incorporando activamente a personas con discapacidad, y garantizar adherencia a estándares

de accesibilidad como WCAG 2.1 para asegurar soluciones auténticas e inclusivas (Naranjo-Villota, 2020; Vejarano, 2022).

- **Diseñar para poblaciones específicas:** Al trabajar con poblaciones de adultos mayores o individuos que experimentan deterioro cognitivo, las aplicaciones digitales deben caracterizarse por su simplicidad de uso, intuitividad en la navegación, requerimiento mínimo de supervisión especializada y utilización de canales de transmisión de instrucciones múltiples, incluyendo modalidades visuales y auditivas simultáneamente (González-Abraldes, 2010). Se recomienda prioritariamente el empleo de dispositivos de interacción ergonómicos y adaptados, tales como el lápiz táctil, en lugar de periféricos tradicionales como el ratón de computadora, para mejorar la precisión en las operaciones y facilitar la accesibilidad para usuarios con limitaciones motrices o menor familiaridad con tecnología convencional (Chae, 2025; González-Abraldes, 2010).
- **Atender las consideraciones éticas:** Implementar mecanismos sólidos para salvaguardar la seguridad integral y la privacidad de los datos neurales y neurocognitivos sensibles, promoviendo de manera activa el diálogo académico, profesional y público en torno a la protección de los neuroderechos en el contexto de estas tecnologías innovadoras y su aplicación en contextos educativos y clínicos (Bastidas, 2021).
- **Fortalecer la investigación prolongada a gran escala:** es prioritario impulsar activamente la realización de ensayos clínicos controlados y aleatorizados (RCT) junto con estudios de

seguimiento extendido en el tiempo para estas herramientas educativas digitales. La evidencia científica actual advierte que las investigaciones de breve duración temporal, como el estudio de apenas tres semanas realizado con Lumosity, limitan significativamente la capacidad para determinar con seguridad los beneficios auténticos y sostenibles a largo plazo que estas intervenciones generan una vez que los participantes cesan su participación (Al-Thaqib et al., 2018; Loriette, 2021). Es fundamental priorizar la utilización de muestras de investigación más amplias y representativas para validar de forma rigurosa y confiable los hallazgos preliminares y cualitativos, especialmente en contextos clínicos reales donde se atienden poblaciones con necesidades específicas, lo cual es crítico para establecer conclusiones robustas y fundamentadas sobre la persistencia real de los efectos cognitivos a través del tiempo y su capacidad para mantener sus beneficios tras la finalización de la intervención (Al-Thaqib et al., 2018; Loriette, 2021; Phelan, 2015).

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, M. (2019). Sueño, memoria y aprendizaje. *Medicina (Buenos Aires), 79*(Supl. 3), 29–32. Recuperado el 7 de julio de 2025, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802019000700008&lng=es&tlng=es

Agrela, F., & Simons, C. (2024). Implicaciones de la metacognición en el desarrollo de estrategias de aprendizaje para estudiantes con altas capacidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(6). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15672

Aguilar Mendoza, L. A., Espinoza Pardo, G., Oruro Puma, E., & Carrión, D. (2010). Aprendizaje, memoria y neuroplasticidad. *Temática Psicológica: Revista Especializada de los Programas Académicos de Doctorado y Maestría en Psicología*, *(6)*, 1–11. https://doi.org/10.33539/tematpsicol.2010.n6.856

Agzannay El Hassnaoui, O. (2018). Evaluación de los efectos del programa BrainHQ y terapia ocupacional en la velocidad de procesamiento en pacientes con enfermedad de Alzheimer en fase prodrómica: Protocolo de un estudio piloto [Tesis de maestría, Universidad Miguel Hernández]. Repositorio RediUMH. https://dspace.umh.es/handle/11000/8502

Al-Thaqib, A., Al-Sultan, F., Al-Zahrani, A., Al-Kahtani, F., Al-Regaiey, K., Iqbal, M., & Bashir, S. (2018). Brain training games enhance cognitive function in healthy subjects. *Medical Science*

Monitor Basic Research, 24, 63–68. https://doi.org/10.12659/MSMBR.909022

Altimus, C. M., Marlin, B. J., Charalambakis, N. E., Colón-Rodríguez, A., Glover, E. J., Izbicki, P., Johnson, A., Lourenco, M. V., Makinson, R. A., McQuail, J., Obeso, I., Padilla-Coreano, N., & Wells, M. F. (2020). The next 50 years of neuroscience. *The Journal of Neuroscience, 40*(1), 101–106. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0744-19.2019

Amores, C. (2021, abril). STEAM y neuroeducación. *EPALE - Electronic Platform for Adult Learning in Europe*. https://epale.ec.europa.eu/es/resource-centre/content/steam-y-neuroeducacion

Apolo, D., Vásquez, I., Moreira, A., Méndez, J., Cisneros, C., & Muñoz, M. (2024). Neuroeducación: Aplicaciones de la neurociencia para mejorar la enseñanza. *South Florida Journal of Development, 5*(12), 1–16. https://doi.org/10.46932/sfjdv5n12-014

Arana, R., Gómez, V., Sánchez, M., Henríquez, E., & Moran, J. (2023). Neurociencia y su aporte determinante en la educación. *Journal of Science and Research, 8*(1), 344–352. https://doi.org/10.5281/zenodo.10420835

Araya-Pizarro, S. C., & Espinoza Pastén, L. (2020). Aportes desde las neurociencias para la comprensión de los procesos de aprendizaje en los contextos educativos. *Propósitos y Representaciones, 8*(1). https://doi.org/10.20511/pyr2020.v8n1.312

Arce, A., & Galanti, K. (2017). Sistema límbico y educación emocional. *Alétheia, 5*(1).

https://revistas.unife.edu.pe/index.php/aletheia/article/download/2102/2160/6470

Asinc, E., & Alvarado, S. (2019). STEAM como enfoque interdisciplinario e inclusivo para desarrollar las potencialidades y competencias actuales. *Identidad Bolivariana, 3*(1), 98–112.

aulaPlaneta. (2018, 16 de mayo). Las claves de la neurociencia educativa. https://www.aulaplaneta.com/2018/05/16/educacion-y-tic/las-claves-de-la-neurociencia-educativa

Balseca-Bolaños, D., León-Tapia, A., Gamboa-Proaño, M., & Pérez-Lalama, K. (2022). Funcionamiento de las redes atencionales en la adultez joven y el nivel de educación. *Acta Colombiana de Psicología, 25*(2), 181–195. https://doi.org/10.14718/ACP.2022.25.2.12

Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Stanford University, General Learning Corporation. https://www.asecib.ase.ro/mps/Bandura_SocialLearningTheory.pdf

Bang, M., Kim, M., Kim, S., & Seop, H. (2024). Cognitive training using virtual reality: An assessment of usability and adverse effects. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation, 6*(4). https://doi.org/10.1016/j.arrct.2024.100378

Barrios, H., & Gutiérrez, C. (2020). Neurociencias, emociones y educación superior: Una revisión descriptiva. *Estudios Pedagógicos, 46*(1). https://www.redalyc.org/journal/1735/173565056021/html/

Bastidas, Y. (2021). Neurotecnología: Interfaz cerebro-computador y protección de datos cerebrales o neurodatos en el contexto del tratamiento de datos personales en la Unión Europea. *Revista Iberoamericana de Derecho Informático*, *2*(11), 101–176. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8397899

Bauz, A., Pupiales, A., Rodríguez, C., Quinata, L., & Catagña, B. (2024). Importancia de las habilidades emocionales en el proceso de enseñanza aprendizaje en niños y adolescentes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 956–970. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12338

Bello Ávila, S. E., Cedeño Santacruz, F. V., Fernández Conforme, M. E., & Carrillo Bello, B. M. (2025). Impacto de los trastornos del desarrollo infantil temprano en el progreso académico: Un análisis desde la neurociencia y la psicología educativa. *Revista Científica Kosmos*, *4*(1), 359–383. https://doi.org/10.62943/rck.v4n1.2025.254

Belando-Montoro, M. R. (2017). Aprendizaje a lo largo de la vida. Concepto y componentes. *Revista Iberoamericana de Educación*, *75*, 219–234. https://doi.org/10.35362/RIE7501255

Betsy, Ng. (2018). The neuroscience of growth mindset and intrinsic motivation. *Brain Sciences*, *8*(2), 20. https://doi.org/10.3390/brainsci8020020

Braidot, N. (2019). *El cerebro: ¿Cómo funciona? Los viejos mitos que hay que derribar*. Instituto Braidot de Formación. https://landings.braidot.com/QR-P9-CEREBRO

Briceño-Martínez, J., Barrios-Aguirre, F., & Castellanos, M. (2024). Relaciones entre la metacognición, las estrategias de aprendizaje y las emociones en estudiantes universitarios. *Publicaciones, 54*(1), 235–257. https://doi.org/10.30827/publicaciones.v54i1.27736

Broadfoot, M. (2023). Leer la mente con máquinas. *Knowable Magazine*. https://doi.org/10.1146/KNOWABLE-061223-2

Brown, J., & Adler, R. (2008). Minds on fire: Open education, the long tail, and learning 2.0. *Educause Review*, January/February 2008. https://er.educause.edu/-/media/files/article-downloads/erm0811.pdf

Bullón, I. (2016). La neurociencia en el ámbito educativo. *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad, 3*(1), 118–135. https://www.redalyc.org/journal/5746/574660901005/html/

Carlos, J., & Valverde, C. (2025). El aprendizaje desde las emociones en discentes de la era post-COVID. *Aula Virtual, 6*. https://doi.org/10.5281/zenodo.15441485

Cavada, C. (2025). Historia de la neurociencia. https://www.senc.es/introduccion-historica-a-la-neurociencia/

Cedeño, J., & Loor, E. (2019). Procesos de atención y funciones ejecutivas en estudiantes de educación superior. *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación Científica, 3*(29). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573263328003

Centro Universitario Especializado en Educación y Pedagogía. (2025, 20 de marzo). Neuroeducación: Cómo aplicar la neurociencia en el aula. https://cesdonbosco.com/neuroeducacion/

Chae, H.-J., Kim, C.-H., & Lee, S.-H. (2025). Development of an evidence-based cognitive training application for elderly individuals with cognitive dysfunction. *Healthcare, 13*(3). https://doi.org/10.3390/healthcare13030215

Charles, A. S., Falk, B., Turner, N., Pereira, T. D., Tward, D., Pedigo, B. D., Chung, J., Burns, R., Ghosh, S. S., Kebschull, J. M., Silversmith, W., & Vogelstein, J. T. (2020). Toward community-driven big open brain science: Open big data and tools for structure, function, and genetics. *Annual Review of Neuroscience, 43*, 441–464. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-100119-110036

Chemnad, K., & Othman, A. (2024). Digital accessibility in the era of artificial intelligence—Bibliometric analysis and systematic review. *Frontiers in Artificial Intelligence, 7*. https://doi.org/10.3389/frai.2024.1349668

Coello-Zambrano, E., & Ramos-Galarza, C. (2022). Construcción teórica neuropsicológica de las funciones ejecutivas. *Revista Ecuatoriana de Neurología, 31*(2), 74–83. https://doi.org/10.46997/revecuatneurol31200074

Cooper, K., Tran, E., McIntosh, B., Lam, T., Tat, C., Gallegos, D., Dukes, A., & Chen, A. (2025). Challenges that novices face in applying core concepts to neuroscience contexts. *Frontiers in Education, 10*. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1488892

Cuadrado, I. H. R. (2024). Educación emocional como una herramienta para mejorar el proceso educativo en Colombia: Una revisión documental. *Revista Digital de Investigación y Postgrado, 5*(10), 173–181. https://doi.org/0009-0002-2067-6879

de Castro, F. (2019). Cajal and the Spanish neurological school: Neuroscience would have been a different story without them. *Frontiers in Cellular Neuroscience, 13*. https://doi.org/10.3389/fncel.2019.00187

de Sousa Fernandes, M. S., Ordônio, T. F., Santos, G. C. J., Santos, L. E. R., Calazans, C. T., Gomes, D. A., & Santos, T. M. (2020). Effects of physical exercise on neuroplasticity and brain function: A systematic review in human and animal studies. *Neural Plasticity*. https://doi.org/10.1155/2020/8856621

Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology, 3*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429

Denning, P. J. (2017). Aproximación a una definición de pensamiento computacional. *Communications of the ACM, 60*(6), 33–39. https://doi.org/10.1145/2998438

Di Domenico, S., & Ryan, R. (2017). The emerging neuroscience of intrinsic motivation: A new frontier in self-determination research. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00145

Díaz-Mosquera, E., & Merlyn, M. (2024). Funciones ejecutivas y género: Una revisión sistemática. *Revista Ecuatoriana de*

Neurología, *33*(3), 73–85. https://doi.org/10.46997/revecuatneurol33300073

Diekelmann, S., & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*, 114–126. https://doi.org/10.1038/nrn2762

Drigas, A., & Sideraki, A. (2024). Brain neuroplasticity leveraging virtual reality and brain-computer interface technologies. *Sensors*, *24*(17). https://doi.org/10.3390/s24175725

Dubinsky, J. M., Roehrig, G., & Varma, S. (2013). Infusing neuroscience into teacher professional development. *Educational Researcher*, *42*(6), 317–329. https://doi.org/10.3102/0013189X13499403

Dueñas Buey, M. L. (2002). Importancia de la inteligencia emocional: Un nuevo reto para la orientación educativa. *Educación XX1*, (5), 77–96. https://doi.org/10.5944/educxx1.5.1.384

Educa.Pro. (2023, 19 de diciembre). Descubre las bases del complejo mundo de la neurociencia de las emociones. https://educa.pro/articulos/neurociencia-de-las-emociones

Elizondo Carmona, C. (2023). *Neuroeducación y diseño universal para el aprendizaje: Una propuesta práctica para el aula inclusiva*. Octaedro Editorial.

Escuela Internacional de Neurociencia Empresarial. (2022). Neurociencia: 5 avances que transformarán nuestra vida - Neurociencia Empresarial ESCO E-Universitas. https://escoeuniversitas.com/neurociencia-5-avances-transformaran-nuestra-vida/

Esparza, T. (2022). *Educar con cerebro: Curso de neuroeducación para docentes de nivel medio superior* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Universitario UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000822108

Fernandes, J. B., Teixeira, F., & Godinho, C. (2022). Personalized care and treatment compliance in chronic conditions. *Journal of Personalized Medicine, 12*(5). https://doi.org/10.3390/jpm12050737

Figueroa-Oquendo, A. (2024). La motivación intrínseca y su incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios de Ecuador. *Cátedra, 7*(1), 53–75. https://doi.org/10.29166/catedra.v7i1.5431

Flores-Lázaro, J. C. (2023). Principales influencias en la historia y desarrollo de la neuropsicología / Main influences on the history and development of neuropsychology. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología*, 1–18. https://doi.org/10.18270/chps.v22i2.4361

Fundación Pasqual Maragall. (2025). ¿Qué es la neuroplasticidad? https://blog.fpmaragall.org/que-es-la-neuroplasticidad

Fundación Universitaria San Pablo CEU. (2022, 24 de febrero). El aprendizaje STEAM en el aula: Un enfoque transversal, empírico y cooperativo. https://www.colegioceumurcia.es/blog/el-aprendizaje-steam-en-el-aula-un-enfoque-transversal-empirico-y-cooperativo/

Gallego, I. (2017). La neurociencia en el ámbito educativo. *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, *3*(1), 118–135. https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/riai/article/view/4192

García Retana, J. Á. (2012). La educación emocional, su importancia en el proceso de aprendizaje. *Revista Educación*, *36*(1), 1–24. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44023984007

Godoy, M., Izcovich, M., & Apollonio, A. (2021). Diseño centrado en los usuarios. En *Actas de Diseño* (Vol. 35, pp. 180–185). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/actas/article/view/2224

Goncalves, M. (2024, 1 de noviembre). Neurociencia y salud mental: Importancia y rol en la actualidad. https://www.gsinapsis.com/neurociencia-y-salud-mental-importancia-y-rol-en-la-actualidad/

Goncalves, M. (2025, 15 de marzo). Neurociencia y salud cognitiva: Cómo está transformando la intervención profesional - Grupo Sinapsis. https://www.gsinapsis.com/neurociencia-y-salud-cognitiva-como-esta-transformando-la-intervencion-profesional/

González, R., & Parra-Bolaños, N. (2024). Neurociencia de las emociones: Revisión actualizada. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(2), 4527–4557. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10875

González-Abraldes, I., Millán-Calenti, J., Balo, A., Tubío, J., Lorenzo, T., & Maseda, A. (2010). Accesibilidad y usabilidad de las aplicaciones computarizadas de estimulación cognitiva: Telecognitio®. *Revista Española de Geriatría y Gerontología, 45*(1), 26–29. https://doi.org/10.1016/j.regg.2009.10.005

Gorga, M. (2012). Implicaciones éticas del conocimiento acerca del cerebro. Una aproximación a la neuroética. *Revista Colombiana de Bioética, 7*(1), 1–18. http://www.unsam.edu.ar/escuelas/humanidades/Jornada_Neuroetica/index.htm

Gordillo León, F., Arana Martínez, J. M., & Mestas Hernández, L. (2012). La memoria emocional: Síntesis de una propuesta de estudio. *Neurología, 27*(8), 513–515. https://doi.org/10.1016/j.nrl.2011.09.004

Guadamuz, J., Miranda, M., & Mora, N. (2022). Actualización sobre neuroplasticidad cerebral. *Revista Médica Sinergia, 7*(6). https://doi.org/10.31434/rms.v7i6.829

Guillén Rodríguez, P. Y., & Guillen Ruiz, A. A. (2025). Cómo aprende el cerebro: Aplicaciones de la neurociencia en la educación. Una revisión sistemática. *RECIAMUC, 9*(1), 16–31. https://doi.org/10.26820/reciamuc/9.(1).ene.2025.16-31

Gutiérrez-de Blume, A., & Montoya, D. (2022). Explorando la relación entre las funciones ejecutivas y la metacognición: ¿Las primeras predicen la segunda? *Praxis & Saber, 13*(33). https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n33.2022.12500

Gutiérrez Rico, D., Mercado Piedra, J. A., & Cordero Gutiérrez, J. J. (Coords.). (2023). *Neurociencia y educación*. Red Durango Investigadores Educativos (ReDIE).

Hablamex. (2023, 21 de abril). Estrategias para la memoria de los estudiantes. https://hablamex.com/es/noticias/potenciar-memoria-trabajo-estudiantes

Hardy, J. L., Nelson, R. A., Thomason, M. E., Sternberg, D. A., Katovich, K., Farzin, F., & Scanlon, M. (2015). Enhancing cognitive abilities with comprehensive training: A large, online, randomized, active-controlled trial. *PLOS ONE, 10*(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134467

Hernández, M., & López, N. (2019). Andamiaje, basado en una didáctica multisensorial, para el proceso de la enseñanza de la biología en un aula con diversidad de capacidades. *Revista Espacios, 40*(1), 26. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7561632

Hernández-Suárez, C. A., Gamboa-Suárez, A. A., & Prada-Núñez, R. (2024). Percepciones sobre el aprendizaje social y la operatividad de un entorno virtual: Un análisis en estudiantes de una Facultad de Educación. *Formación Universitaria, 17*(1), 129–138. https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000100129

Holguín Carvajal, J. P., Palacios Rivera, F. D., & Palomeque León, I. S. (2024). Análisis de la evolución de la mortalidad por accidente cerebrovascular en Ecuador en el periodo 2010 a 2020. *Revista Médica Ateneo, 26*(2), 55–65.

Hyunjoong, K. (2025). Neuroscience-based approaches in chronic pain management: Integration of mind-body interventions in rehabilitation. *Exploration of Medicine, 6*. https://doi.org/10.37349/emed.2025.1001282

Ibañez-Faichin, C., Medina-Garagate, E., & Jiménez-Hualpa, V. (2025). El estado emocional y su impacto en el aprendizaje actitudinal de estudiantes del nivel primario. *Revista InveCom, 5*(1). https://doi.org/10.5281/zenodo.12676536

Immordino-Yang, M. H. (2016). *Emotions, learning, and the brain*. W. W. Norton & Company.

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education, 1*(1), 3–10. https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x

Jofre, C. M. (2024). Neurociencia, diversidad e inclusión educativa: El rol de las tecnologías frente a las neurodivergencias. En *XVI Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Psicología. https://n2t.net/ark:/13683/evo3/d9F

Jolles, J., & Jolles, D. (2021). On neuroeducation: Why and how to improve neuroscientific literacy in educational professionals. *Frontiers in Psychology, 12*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.752151

Juárez, V., & Fuentes, A. (2018). La importancia de estimular las redes atencionales en la infancia. *Investigación en la Escuela*, (96), 53–68. https://doi.org/10.12795/IE.2018.i96.04

Kauvar, I. V., Machado, T. A., Yuen, E., Allen, W. E., Wetzstein, G., & Deisseroth, K. (2020). Cortical observation by synchronous multifocal optical sampling reveals widespread population encoding of actions. *Neuron, 107*(2), 351–367. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.04.023

Kawata, N., Nouchi, R., Oba, K., Matsuzaki, Y., & Kawashima, R. (2022). El entrenamiento cognitivo auditivo mejora la plasticidad cerebral en adultos mayores sanos: Evidencia de un ensayo controlado aleatorio. *Frontiers in Aging Neuroscience, 14*. https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.826672

Kritikou, M., & Giovazolias, T. (2022). Emotion regulation, academic buoyancy, and academic adjustment of university students within a self-determination theory framework: A systematic review. *Frontiers in Psychology, 13*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1057697

Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology, 4*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863

López, L. (2012). Neuroplasticidad y sus implicaciones en la rehabilitación. *Universidad y Salud, 14*(2), 197–204. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072012000200009

López, S., Ávalos, R., & Ávila, L. (2024). Plasticidad cerebral como herramienta para favorecer habilidades cognitivas en alumnos con dificultades de aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica*

Multidisciplinar, *8*(4), 1512–1528. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12512

López-Navarro, E., Giorgetti, D., Isern-Mas, C., & Barone, P. (2023). La gamificación mejora la motivación extrínseca pero no la intrínseca hacia el aprendizaje en estudiantes universitarios: Un estudio reequilibrado. *European Journal of Education and Psychology*, *16*(1), 1–18. https://doi.org/10.32457/ejep.v16i1.2007

Loriette, C., Ziane, C., & Ben Hamed, S. (2021). Neurofeedback for cognitive enhancement and intervention and brain plasticity. *Revue Neurologique*, *177*(9), 1133–1144. https://doi.org/10.1016/j.neurol.2021.08.004

Lucía, L., Calle, M., Gonzalo, L., Veja, M., Jannet, M., Analuisa, T., Atahualpa, A., Velez, R., Yamilet, F., & Monserrate, S. (2025). Impacto del aprendizaje basado en proyectos (ABP) en la motivación y la creatividad de los estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(1), 4179–4198. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16140

Magaña, C., Rivas, S., Palmero, R., & Rodríguez, S. (2020). *La tecnología como eje del cambio metodológico*. Universidad de Málaga, Servicio de Publicaciones y Divulgación Científica.

Mahncke, H., DeGutis, J., Levin, H., Newsome, M., Bell, M., Grills, C., French, L., Sullivan, K., Kim, S., Rose, A., Stasio, C., & Merzenich, M. (2021). A randomized clinical trial of plasticity-based cognitive training in mild traumatic brain injury. *Brain*, *144*(7), 1994–2008. https://doi.org/10.1093/brain/awab202

Manes, F. (2017, agosto). *Neurociencias y educación: Qué es importante para el aprendizaje*. Universidad Favaloro. https://www.favaloro.edu.ar/neurociencias-educacion-importante-aprendizaje/

Manzanero, A., Balmaseda, R., Pérez, M., Berisso, B., & Álvarez, M. Á. (2025). La atención sostenida en edad escolar: El sexo y el desarrollo cognitivo. *Psicología Educativa, 31*(2), 171–180. https://doi.org/10.5093/psed2025a15

María, C., Sanabria, B., Alarcón, R., Hernán, R., Alexis, C., Villacís, C., Fernando, P., Salazar, B., Carmen, N. del, Sevillano, S., Johana, L., & Santillán, S. (2025). Impacto de la realidad aumentada en la enseñanza y aprendizaje de ciencias naturales: Un estudio de caso. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(1), 1–20. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15487

Martí-Climent, J. M., Prieto, E., López Lafuente, J., & Arbizu, J. (2010). Neuroimagen: Fundamentos técnicos y prácticos. *Revista Española de Medicina Nuclear, 29*(4), 189–210. https://doi.org/10.1016/J.REMN.2010.05.001

Martínez, A., & Pascuas, Y. (2025). Implementación del enfoque STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) en la educación secundaria alta: Revisión sistemática de metodologías, temáticas y formación de ciudadanos activos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (76), 254–294. https://doi.org/10.35575/rvucn.n76a10

Mejía, N. (2024). Neurociencia y ciencias sociales. Emociones, redes sociales, comunicación y poder. *Espacio Abierto, 33*, 9–22. https://doi.org/10.5281/zenodo.11208236

Mejillones, R. (2024). Neuroplasticidad y terapias basadas en realidad virtual para el tratamiento de trastorno de estrés postraumático (TEPT): Una revisión científica. *Innovarium International Journal*, *2*(1), 1–15. https://revinde.org/index.php/innovarium/article/view/19

Melcon, M., Alet, M., & Ameriso, S. (2025). Sesgos en neuroepidemiología: Consecuencias y recomendaciones. *Neurología Argentina*, *17*(2), 112–120. https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2025.04.002

Mendieta, L. (2024). La metodología STEAM y el ABP en la integración de saberes y desarrollo de competencias matemática. *Torreón Universitario*, *13*(38), 82–102. https://revistatorreon.unan.edu.ni/index.php/torreon/article/view/728

Meneses Granados, N. (2019). Neuroeducación. Sólo se puede aprender aquello que se ama, de Francisco Mora Teruel. *Perfiles Educativos*, *41*(165), 210–216. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2019.165.59403

Michel-Chávez, A., Estañol-Vidal, B., Sentíes-Madrid, H., Chiquete, E., Delgado, G., & Castillo Maya, G. (2015). Reward and aversion systems of the brain as a functional unit: Basic mechanisms and functions. *Salud Mental*, *38*(4), 295–301. https://doi.org/10.17711/SM.0185-3325.2015.041

Michuy, M., Molina, A., Peña, P., & Vistin, J. (2023). El enfoque STEAM para la mejora de conocimientos y motivación desde un aprendizaje interdisciplinario en estudiantes de primaria. *Prometeo Conocimiento Científico, 3*(2). https://doi.org/10.55204/pcc.v3i2.e51

Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2025, 29 de octubre). En el Día Mundial del Accidente Cerebrovascular (ACV), Ecuador registra 40 hospitales certificados para salvar vidas y garantizar atención especializada ante el derrame cerebral. https://www.salud.gob.ec/en-el-dia-mundial-del-accidente-cerebrovascular-acv-ecuador-registra-40-hospitales-certificados-para-salvar-vidas-y-garantizar-atencion-especializada-ante-el-derrame-cerebral/

Montoya, D. (2010). La mayoría de edad de la potenciación de larga duración: Plasticidad sináptica y diagnóstico temprano del Alzheimer. *Revista de Neurología, 51*(6), 367–374. https://doi.org/10.33588/rn.5106.2009616

Montoya, I., & Montoya, L. (2023). Perspectivas de las neurociencias y sus aplicaciones en las organizaciones. *DYNA (Colombia), 90*(230), 29–37. https://doi.org/10.15446/dyna.v90n230.111697

Morrison, L., & Jacobsen, M. (2023). The role of feedback in building teaching presence and student self-regulation in online learning. *Social Sciences & Humanities Open, 7*(1), Artículo 100503. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100503

Muñoz, M. A. T. (2025). El impacto de la neurociencia en la enseñanza y el aprendizaje: Evidencia de una revisión sistemática. *Plumilla*

Educativa, *34*(2), 14–39. https://doi.org/10.30554/p.e.2.5150.2025

Naranjo-Villota, D., Guaña-Moya, J., Acosta-Vargas, P., & Muirragui-Irrazábal, V. (2020). Evaluación de la accesibilidad web en institutos acreditados de educación superior del Ecuador. *Revista Espacios*, *41*(4). https://www.revistaespacios.com/a20v41n04/20410405.html

Nishida, M., Pearsall, J., Buckner, R. L., & Walker, M. P. (2009). REM sleep, prefrontal theta, and the consolidation of human emotional memory. *Cerebral Cortex, 19*(5), 1158–1166. https://doi.org/10.1093/cercor/bhn155

NIH MedlinePlus. (2024). 4 descubrimientos más allá del cerebro. https://magazine.medlineplus.gov/es/art%C3%ADculo/4-descubrimientos-mas-alla-del-cerebro

Ocaña, J. (2021). Regulación emocional, autoeficacia y su relación en el estrés de los estudiantes universitarios de Tungurahua. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/7396

OCDE. (2019). *Recommendation of the Council on Responsible Innovation in Neurotechnology* (OECD/LEGAL/0457). https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0457

Oliva, H. (2016). La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. *Realidad y Reflexión, 16*(44), 29–47. https://doi.org/10.5377/RYR.V44I0.3563

Osman, A. M., Jaffe, P. I., Ng, N. F., Kerlan, K. R., & Schafer, R. J. (2023). Transfer of learning: Analysis of dose-response functions

from a large-scale, online, cognitive training dataset. *PLOS ONE, 18*(5). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281095

Ostos, R. (2025). Cómo cuidar la salud mental y la neurociencia. https://centromedicoabc.com/revista-digital/como-cuidar-la-salud-mental-y-la-neurociencia/

Pannu, J. K., Sheu, C. F., Chen, M. J., Tsai, J. C., Wu, M. T., & Yang, H. C. (2010). Staying cool when things get hot: Emotion regulation modulates neural mechanisms of memory encoding. *Frontiers in Human Neuroscience, 4*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00230

Paraskevopoulos, E., Anagnostopoulou, A., Chalas, N., Karagianni, M., & Bamidis, P. D. (2024). Unravelling the multisensory learning advantage: Different patterns of within and across frequency-specific interactions drive uni- and multisensory neuroplasticity. *NeuroImage, 291*. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120582

Park, J. M., Jung, S.-C., & Eun, S.-Y. (2014). Long-term synaptic plasticity: Circuit perturbation and stabilization. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology, 18*(6), 457–460.

Patiño, S., & Garzón, J. (2024). Efectos de un videojuego en el aprendizaje y la motivación de los alumnos en un curso de ciencias naturales. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (71), 81–104. https://doi.org/10.35575/rvucn.n71a5

Perdue, M., Mahaffy, K., Vlahcevic, K., Wolfman, E., Erbeli, F., Richlan, F., & Landi, N. (2023). Reading intervention and neuroplasticity: A systematic review and meta-analysis of brain

changes associated with reading intervention. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *132*, 465–494. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.011

Phelan, B. (2015). *Lumosity: Can an independent individual obtain positive results using the program post-stroke?* [Honors capstone, Northern Illinois University]. Huskie Commons. https://huskiecommons.lib.niu.edu/studentengagement-honorscapstones/753

Pizarro, B. (2021). *Neurociencia y educación*. Ediciones Morata. https://www.digitaliapublishing.com/a/137215/neurociencia-y-educacion

Polo-Romero, F. J., Sánchez-Beteta, P., Perona-Buendía, P., & Pérez-García, A. M. (2012). La memoria emocional: Síntesis de una propuesta de estudio. *Neurología*, *27*(8), 511–513. https://doi.org/10.1016/j.nrl.2011.10.009

Quinde Barcia, B., Mosquera González, M., & Vázquez Martínez, A. (2020). Brecha digital en adultos mayores: Accesibilidad tecnológica y redes sociales. *GIGAPP Estudios Working Papers*, *7*, 166–182.

Raihan, M., Subroto, S., Chowdhury, N., Koch, K., Ruttan, E., & Turin, T. (2025). Dimensions and barriers for digital (in)equity and digital divide: A systematic integrative review. *Digital Transformation and Society*, *4*(2), 111–127. https://doi.org/10.1108/DTS-04-2024-0054

Ranz-Alagarda, D., & Giménez-Beut, J. A. (2019). Principios educativos y neuroeducación: Una fundamentación desde la

ciencia. *Revista Española de Pedagogía*, *77*(274), 449–468. https://doi.org/10.22550/REP77-3-2019-03

Redolar Ripoll, D. (Ed.). (2014). Neuropsicología de las emociones. En D. Redolar Ripoll (Ed.), *Neuropsicología* (pp. 308–316). Editorial Médica Panamericana.

Restrepo-Sánchez, A., & Muñoz-Meneses, J. (2025). Gamificación como estrategia de motivación intrínseca en la formación profesional policial en Ecuador. *Revista Cognosis, 10*(2), 1–18. https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Cognosis/article/view/7495

Rodríguez, R. (2016). La construcción de ambientes de aprendizajes desde los principios de la neurociencia cognitiva. *Revista de Educación Inclusiva, 9*(2), 158–178. https://revistaeducacioninclusiva.es/index.php/REI/article/view/257

Rodríguez Reyes, F. F., Pitizaca Torres, T. del C., Rodríguez Verdugo, M. D., Cun Aldaz, P. R., & Vera Ortega, D. E. (2025). La neuroeducación en el aula infantil: Aportes científicos para potenciar el desarrollo cognitivo y emocional. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA, 2*(2), 171–181. https://doi.org/10.63415/saga.v2i2.90

Romero, M., Valarezo, D., Uzho, A., & Luzuriaga, T. (2025). Plasticidad cerebral y aprendizaje significativo: Implicaciones psicopedagógicas en la educación superior. *Revista Veritas de Difusão Científica*, *6*(1), 212–225. https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.405

Rubio, E. (2023, 11 de enero). Qué es el neuroaprendizaje y cómo afecta en la formación. https://www.rubio.net/es/con-buena-letra/que-es-el-neuroaprendizaje-y-como-afecta-en-la-formacion

Ruiz, F. (2017). *Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo, flipped classroom y robótica educativa* [Tesis doctoral, Universidad CEU Cardenal Herrera]. Repositorio Institucional CEU. http://hdl.handle.net/10637/8739

Russell, G., Mandy, W., & Elliott, D. (2019). Selection bias on intellectual ability in autism research: A cross-sectional review and meta-analysis. *Molecular Autism, 10*. https://doi.org/10.1186/s13229-019-0260-x

Sagñay, B. (2024). La neurodidáctica y su impacto en el desarrollo infantil. *UCT, 28*(125). https://doi.org/10.47460/uct.v28i125.858

Sanipatin, B. (2025). El modelo STEAM como enfoque pedagógico innovador en la educación inicial de Ecuador. *Chakiñan, Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, (26), 256–272. https://doi.org/10.37135/chk.002.26.12

Sánchez, J., & Uribe, L. (2009). Aspectos neurobiológicos implicados en el miedo animal. *Biosalud, 8*, 189–213.

Sánchez, L. (2020, 9 de noviembre). Apuntes sobre la neurociencia educativa. https://unae.edu.ec/apuntes-neurociencia-educativa/

Sánchez, R. (2023). Neurociencia conductual: Bases, aportes y aplicaciones - Mente y Ciencia. *Mente y Ciencia*. https://www.menteyciencia.com/neurociencia-conductual-bases-aportes-y-aplicaciones/

Sarmiento Rivera, L. F., & Ríos Flórez, J. A. (2017). Bases neurales de la toma de decisiones e implicación de las emociones en el proceso. *Revista Chilena de Neuropsicología, 12*(2), 32–37. https://doi.org/10.5872/rchne.v12i2.195

Schwartzmann, L. (2003). Calidad de vida relacionada con la salud: Aspectos conceptuales. *Ciencia y Enfermería*, *9*(2), 9–21. https://doi.org/10.4067/S0717-95532003000200002

Secretaría de Educación Pública de México. (2022). *Enfoque STEAM*.

Silva-Barragán, M., & Ramos-Galarza, C. (2021). Brain organization models: A neuropsychological journey. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, *29*(3), 74–83. https://doi.org/10.46997/REVECUATNEUROL29300074

Slattery, E., Ryan, P., Fortune, D., & McAvinue, L. (2021). Contributions of working memory and sustained attention to children's reading achievement: A commonality analysis approach. *Cognitive Development, 60*. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101028

Sopla-Tafur, R. (2024). Neuronas espejo y aprendizaje vicario en una muestra de estudiantes de 4to grado de Perú. *European Public & Social Innovation Review*, *9*, 1–14. https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1143

Tataranu, L. G., & Rizea, R. E. (2025). Neuroplasticity and nervous system recovery: Cellular mechanisms, therapeutic advances, and future prospects. *Brain Sciences*, *15*(4). https://doi.org/10.3390/brainsci15040400

Triviño, M. (2024). Neurociencia y sus campos de acción. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 396–408. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12228

Tyng, C. M., Amin, H. U., Saad, M. N. M., & Malik, A. S. (2017). The influences of emotion on learning and memory. *Frontiers in Psychology*, *8*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454

UNESCO. (2021). *Cuestiones éticas de la neurotecnología: Informe del Comité Internacional de Bioética*. UNESDOC Biblioteca Digital. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378724

UNIR. (2023, 18 de julio). ¿Qué es la neuroeducación? Objetivos y aplicaciones. https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/neuroeducacion/

Universidad Iberoamericana CDMX. (2023). ¿Qué es la neurociencia y cuál es su importancia? https://ibero.mx/prensa/que-es-la-neurociencia-y-cual-es-su-importancia

Universidad Isabel I. (2022, junio). Aportes de la neurociencia al aprendizaje. https://www.ui1.es/comment/8621#comment-8621

Universitat Oberta de Catalunya (UOC). (2025). La realidad aumentada... https://www.uoc.edu/es/news/2025/realidad-aumentada-una-herramienta-para-aumentar-el-aprendizaje-del-alumnado

Ureña Mejía, R., & Dotel Hernández, M. G. (2024). Guía de diseño neuroarquitectónico basada en la determinación de elementos para modelar las conductas en menores infractores. *Entrópico Arquitectura y Urbanismo*, *2*(1). https://doi.org/10.33413/eau.2024.292

Valencia Jiménez, L. K. (2024). Neurociencia y educación: Cómo el cerebro aprende y su aplicación en el aula. *Ciencia y Descubrimiento, 2*(4). https://doi.org/10.70577/ntfy3x84RCD

Valerio Ureña, G., Rodríguez Martínez, M. C., & Herrera Murillo, D. (2016). Principios de neurociencia aplicados en la educación universitaria. *Formación Universitaria, 9*(4), 75–82. https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000400009

Van de Werfhorst, H., Kessenich, E., & Geven, S. (2022). The digital divide in online education: Inequality in digital readiness of students and schools. *Computers and Education Open, 3*. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100100

Vara, C. (2017). Creatividad, memoria y neurociencia cognitiva - Fundación Aquae. https://www.fundacionaquae.org/elogio-del-olvido/

Vardalaki, D., Yaeger, C. E., & Harnett, M. T. (2025). Silent synapses in the adult brain. *Annual Review of Neuroscience, 48*, 169–189. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-112723-032924

Vargas-Tipula, W., Rojas-Rojas, N., & Jara-Amaya, F. (2024). Estrategias para el aprendizaje desde la neurociencia: Revisión sistemática. *Revista Científica Kairós, 9*(1), 150–173. https://doi.org/10.35381/r.k.v9i1.3556

Vejarano, L., Gutiérrez, D., Camacho, M., & Gómez-Jaramillo, S. (2022). Guía para el diseño de sitios web de instituciones de educación superior basado en el estándar WCAG 2.1 aplicado a discapacidades visuales. *Revista Academia y Virtualidad, 15*(1), 105–118. https://doi.org/10.18359/ravi.5601

Velázquez, M. Á. (2023, 26 de marzo). Las neurociencias en la política. *La Nación*. https://lanacion.com.py/columnistas/2023/03/26/las-neurociencias-en-la-politica/

Vera, M., & Mendoza, A. (2024). La atención como proceso cognitivo para estimular el aprendizaje de los estudiantes. *Revista Scientific*, *9*(32), 320–339. https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2024.9.32.15.320-339

Verdugo, M. Á., Schalock, R. L., Arias, B., Gómez, L. E., & Jordán de Urríes, B. (2013). Calidad de vida. En M. Á. Verdugo & R. L. Schalock (Eds.), *Discapacidad e inclusión: Manual para la docencia* (pp. 443–461). Amarú.

Villagómez Cabezas, A., Bonilla Andrango, L., Bonilla González, G., & Torres García, T. (2023). El aprendizaje social de Albert Bandura como estrategia de enseñanza de educación para la ciudadanía. *Código Científico Revista de Investigación, 8*(5), 1286–1307. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9335841

Vives-Vilarroig, J., Ruiz-Bernardo, P., & García-Gómez, A. (2022). Sensory integration and its importance in learning for children with autism spectrum disorder. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional, 30*. https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAR22662988

Yánez Puruncajas, S. D., & Veintimilla Hurtado, M. (2024). Autorregulación del aprendizaje y retroalimentación en la educación superior. *Runae*, (11), 81–95. https://doi.org/10.70141/runae.11.1004

Yang, L., Liu, Y., & Xu, Z. (2022). Examining the effects of self-regulated learning-based teacher feedback on English-as-a-foreign-language learners' self-regulated writing strategies and writing performance. *Frontiers in Psychology, 13*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1027266

Yusop, S., & Mohd, M. (2019). Multisensory approaches to enhancing students' readiness for special education learning disabilities. *Religación: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 4*(20), 210–217. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7400358

Zou, Y., Kuek, F., Feng, W., & Cheng, X. (2025). Digital learning in the 21st century: Trends, challenges, and innovations in technology integration. *Frontiers in Education, 10*. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1562391

Zurita, L. (2023, septiembre). *La educación STEAM desarrolla habilidades para una exitosa inserción laboral*. UNIFRANZ. https://unifranz.edu.bo/blog/la-educacion-steam-desarrolla-habilidades-para-una-exitosa-insercion-laboral/

Neurociencia y educación: Nuevas perspectivas para la enseñanza,
se publicó en el mes de noviembre de 2026.

ISBN: 978-9907-802-26-9

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

BIOGRAFÍA DE AUTORES

Marco Adrían Criollo Armijos:
Psicólogo Clínico (UTMACH, Ecuador, 2015) y Máster en Metodología de las Ciencias del Comportamiento y de la Salud (UNED, España, 2019). Docente de Psicología Clínica en UTMACH y docente de posgrado en Universidad Hemisferios en tres Maestrías: Psicopedagogía en Neuroeducación (IMF), Educación en STEAM-Neurodidáctica-Gamificación, y Educación Inclusiva. Investigador en psicología clínica, discapacidad, familia, psicometría y exclusiones transgénero. Miembro del grupo "Psicodidáctica, Discursos y Subjetividades" (UTMACH) y RISEI. Autor de publicaciones científicas y ponente en congresos académicos.

Ronnal Efraín Andrango Guazumba:
Ingeniero en Sistemas (Universidad Peruana Unión, Perú, 2015), Máster en Dirección y Gestión de Tecnologías de Información (Universidad Peruana Unión, Perú, 2019), y Máster en Educación mención STEAM, Neurodidáctica y Gamificación (Universidad Hemisferios, Ecuador, 2025). Promotor pedagógico para el Ministerio de Educación en el Distrito Educativo de Quinindé y asesor pedagógico, con experiencia docente en áreas de ciencias e innovación en instituciones particulares y fiscales.

Santiago Alexander Argoti López:
Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia (Universidad Central del Ecuador, 2002); Magíster Summa Cum Laude en Educación con mención en STEAM, Neurodidáctica y Gamificación (Universidad de los Hemisferios, Ecuador, 2025). Docente de Biología, Unidad Educativa Juan Montalvo, Modalidad a Distancia – Tipo Educación Virtual, Ecuador.

NEUROCIENCIA Y EDUCACIÓN: NUEVAS PERSPECTIVAS PARA LA ENSEÑANZA

Estimado lector, Neurociencia y educación: Nuevas perspectivas para la enseñanza constituye una obra académica que conecta los avances de la neurociencia cognitiva con la labor pedagógica en el aula. A través de un enfoque interdisciplinario que integra la neurobiología, la psicología y la didáctica, el texto ofrece un marco conceptual para comprender cómo el cerebro procesa, consolida y recupera la información. Los autores analizan mecanismos fundamentales como la plasticidad cerebral, la atención focalizada, los circuitos de la memoria de trabajo y la autorregulación emocional, demostrando que la enseñanza efectiva se alinea con la arquitectura biológica del aprendizaje.

Asimismo, la obra articula propuestas didácticas basadas en el modelo STEAM, la gamificación, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el pensamiento computacional. Mediante una revisión crítica de aplicaciones digitales y plataformas de entrenamiento cognitivo, el libro evalúa herramientas tecnológicas bajo criterios de usabilidad, diseño centrado en el usuario y fundamentación empírica. Se destaca la doble dimensión del enfoque neuroeducativo: la optimización de los procesos de aprendizaje en el aula general y su aplicación en programas de neurorrehabilitación y estimulación cognitiva a lo largo del ciclo vital, promoviendo una inclusión real frente a la neurodiversidad.

Diseñado como una guía estratégica e informativa, este libro es un recurso para docentes, investigadores, terapeutas y profesionales de la educación y la salud mental. Al desmitificar los neuromitos y proporcionar pautas aplicables en entornos presenciales y virtuales, la obra contribuye al diseño de entornos educativos flexibles y científicamente respaldados, orientados a maximizar el potencial cognitivo y el bienestar integral de los estudiantes.

GRUPO BLR

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

ISBN: 978-9907-802-26-9

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
1969