

9. Análisis de indicadores indirectos de rendimiento durante actividades específicas usando Emotiv Epoc X

FABIOLA ESCOBAR MORENO*

CLARA MAYO JUÁREZ**



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.399.09>

Resumen

La neuroeducación provee de información valiosa a los educadores para repensar y diseñar actividades retadoras y articuladas con procesos cognitivos en el aula. En relación con esta idea, en este estudio se pretendió analizar la actividad cerebral mediante indicadores indirectos de rendimiento relacionado con los procesos cognitivos en un estudiante de ingeniería mientras realizaba actividades concretas, utilizando una neuro herramienta: Emotiv Epoc X. Fue un estudio de caso, ya que se midió y registró la actividad cerebral de un estudiante de ingeniería con diagnóstico clínico de Asperger. Para este experimento se diseñaron actividades relacionadas con la estimulación de procesos cognitivos: pensamiento racional, recuperación de información, memoria de trabajo y atención. Se encontró que una actividad desafiante cognitivamente genera un mayor interés, en contraste, una actividad tradicional mostró niveles bajos de interés y estrés, reforzando la idea de que la pasividad, desde la neurociencia, no emociona al individuo para aprender.

* Doctora en Ciencias con especialidad en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8958-2075>

** Doctora en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0009-4196-3464>

Introducción

La neuroeducación integra la neurociencia, la pedagogía y la psicología para comprender la relación entre cerebro y aprendizaje (Sánchez y Barba, 2019). De acuerdo con Colvin (2016), la neuroeducación destaca procesos neuronales: la sinaptogénesis, la poda sináptica y la neurogénesis, que son fundamentales para la plasticidad cerebral y el desarrollo de habilidades cognitivas, también conocidas como funciones ejecutivas que son necesarias para realizar tareas académicas complejas y para que un estudiante ejecute aprendizajes efectivos (Sánchez y Barba, 2019). Un desarrollo óptimo de estas funciones es clave para un aprendizaje efectivo.

La atención juega un papel crucial en el aprendizaje, permitiendo al cerebro enfocarse en diferentes estímulos mediante circuitos neurales especializados. Robertson *et al.*, (1996) en su estudio, demuestran que existen diversos tipos de atención que se activan de forma independiente, lo que permite a los estudiantes mantener la concentración en actividades como matemáticas o la instrucción docente. En este sentido, los autores apuntan que la atención se considera una puerta de entrada al aprendizaje, afectando directamente los procesos de memoria.

Los educadores enfrentan el desafío de crear actividades emocionantes que fomenten este tipo de atención, como estudios de caso y cuentos didácticos, para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y conectar la emoción con el aprendizaje. Así, en palabras de Carballo y Portero (2019, p.9): “la atención es la puerta de entrada al aprendizaje y condiciona de forma crítica los procesos de aprendizaje y memoria”. Sin embargo, algunos neurocientíficos, señala Villalobos (2015), aseveran que la atención está aparejada a la emoción y, por ende, se relaciona con el aprendizaje.

Tomando en cuenta las ideas anteriores, en torno a cómo las actividades permiten mantener la concentración y atención de los estudiantes, decidimos realizar un estudio con un enfoque neuro didáctico. El objetivo de esta investigación consistió en analizar la actividad cerebral mediante indicadores indirectos de rendimiento relacionado con los procesos cognitivos en un estudiante de ingeniería mientras realizaba actividades concretas, utilizando una diadema Emotiv Epoc X. La pregunta que orienta esta indagación

es: ¿cómo varían los indicadores de rendimiento registrados por la diadema Emotiv Epoc X durante la ejecución de actividades específicas en un estudiante universitario?

Contextualización de la neuroeducación

Quintero y Domínguez (2025) señalan que la rama científica encargada de explicar tanto la identificación y la relación que existe entre los estímulos provenientes de los órganos de los sentidos (oído, tacto, gusto, olfato y vista) con los niveles de activación cerebrales es la neurociencia. La neuroeducación, siendo una derivación de la neurociencia, invita a conocer cómo funciona el órgano donde se ejecutan los procesos que permiten que los seres humanos pensemos de forma creativa, tomemos decisiones, sintamos las emociones, el dolor; empero, el cerebro es un órgano que también necesita ejercitarse, de acuerdo con Bueno (2021). Así, la persona encargada de diseñar actividades para la ejercitación del cerebro mientras los individuos son estudiantes formalmente son los docentes.

Significación de la neuroeducación en el ámbito educativo

Se analiza que si las autoridades educativas, así como los y las docentes utilizáramos información neurocientífica en las aulas, conoceríamos lo relevante de diseñar experiencias que tiendan a estimular las funciones ejecutivas (procesos cognitivos). También los y las docentes sabrían que integrar actividades diversificadas, estimulantes y lúdicas incentivan mejores aprendizajes. Mediante el conocimiento de los principios de la neuroeducación, los docentes pueden identificar las funciones ejecutivas que demandan sus estudiantes para aprender un determinado tema, por ejemplo, el profesor de filosofía, historia, literatura, requiere de atención sostenida, el insumo, entonces, deben ser lecturas, y cuando los estudiantes no quieran realizarlas, se requiere de una estrategia que los obligará a hacer la lectura, como los anagramas, la lectura compartida, controles de lecturas, etcétera

Los y las docentes son los responsables de tomar decisiones sobre cuáles son las estrategias pertinentes (en términos de efectividad e interés) para sus

alumnos, sin embargo, la decisión debe respaldarse en evidencia científica respecto a cuáles actividades estimulan los procesos neuronales. Al respecto, Dzib (2013) señala que los procesos neuronales requieren actividades de instrucción y éstas constituyen el cimiento del aprendizaje. Es relevante asentar qué se entiende por actividades de instrucción, esto es, todas aquellas que se diseñan con un objetivo didáctico, están vinculadas a un programa y plan de estudios específico e implican la interconexión de otros conocimientos. Gkintoni y Dimakos (2022) señalan que la neurociencia ha enfatizado lo siguiente, el alumno que mejor aprende no es el que capta información, sino aquel que aplica lo que aprende a través de estímulos sensoriales.

Algunas propuestas didácticas con enfoque neuro educativo que muestran los beneficios de esto son las siguientes: la aplicación del modelo instruccional ADDIE por Escobar y Romero (2022) mejoró el aprendizaje de gráficas cinemáticas mediante procesos cognitivos específicos. Sulieman *et al.* (2024) también implementaron un enfoque neuro educativo para estimular la comprensión lectora a través de actividades como la lectura en voz alta, los debates y las críticas, logrando un aumento en dicha comprensión.

Müller *et al.* (2021) afirman que cuando las personas hacen actividades por sí mismas, como aprender algo, hay evidencia científica basada en imágenes de resonancia magnética funcional que acreditan la activación de distintas zonas del cerebro. Esta activación implica una comunicación entre las redes neuronales, como señalan algunas indagaciones (Sulieman *et al.*, 2024; Müller *et al.*, 2021). Las dos indagaciones anteriores muestran que el diseño de las actividades no emerge de las taxonomías cognitivas, sino de los procesos cognitivos que se pretenden estimular, esperando que se active una o varias partes del cerebro para que ocurran las interconexiones neuronales.

Procesos cognitivos

De acuerdo con Newen (2017), los procesos cognitivos se definen como:

...procesos de transferencia de información que típicamente tienen lugar para conectar múltiples (o complejas) entradas informativas para formar un sistema cognitivo mínimamente flexible con un espectro de salidas

conductuales mínimamente flexibles, donde estos procesos típicamente involucran (al menos un nivel mínimo de) uno de los siguientes procesos paradigmáticos como se describe en ciertas ciencias cognitivas con un método cognitivo: percepción, memoria, aprendizaje, emoción, intencionalidad, autorrepresentación, racionalidad y toma de decisiones o algo relevantemente similar a esto. (p.4257)

En este documento los procesos cognitivos que se pretendieron estimular fueron el pensamiento racional, la recuperación de información, la memoria de trabajo y la atención. Se entiende por pensamiento racional: “la capacidad de suprimir los procesos de pensamiento heurístico y anularlos con los sistemáticos” (Grimm y Richter, 2024, p.1). La recuperación de información se define como: “el proceso de adquirir elementos de información relevantes de un corpus predefinido para satisfacer las necesidades de información del usuario” (Zhang *et al.*, 2024, p.1). Por su parte, la memoria de trabajo “...es la que guarda y procesa durante un breve tiempo la información que viene de los registros sensoriales y actúa sobre ellos y también sobre otros” (Etchepareborda y Abad, 2005, p. 80). Mientras que la atención es “...un medio por el cual la información de los sistemas perceptivos se vuelve accesible para la memoria de trabajo” (De Brigard y Prinz, 2010, p. 53).

“La electroencefalografía (EEG) es la medición continua de la actividad eléctrica generada por las neuronas que se activan en el cerebro, la EEG es una de las herramientas neurocientíficas más populares para académicos y profesionales médicos debido a su no invasividad y facilidad de uso” (Sabio *et al.*, 2024).

Las seis métricas (datos electroencefalográficos) evaluadas por el dispositivo utilizado en este experimento —interés, excitación, compromiso, enfoque, estrés y relajación— son representadas gráficamente como indicadores indirectos del rendimiento. Según Emotiv (2025), el interés se refiere al “grado de atracción o aversión hacia los estímulos, el entorno o la actividad actual”. La excitación se define como “una percepción o sensación de activación fisiológica con un valor positivo”. El estrés es descrito como “una medida de la comodidad ante el desafío actual”, mientras que el compromiso corresponde al “nivel de inmersión en el momento presente, resultado de la

combinación entre atención y concentración”. El enfoque se entiende como la “profundidad de la atención y la frecuencia con la que se alterna entre tareas”. Finalmente, la relajación hace referencia a la “capacidad de desconectar y recuperarse tras una concentración intensa”. Cada métrica se computa en una escala de 0 a 100. Por su parte, para analizar la información de las seis métricas se establecen tres rangos: del 0 al 30 se considera bajo; del 31 al 69 medio y del 70 al 100 alto.

En este documento, en el apartado correspondiente se reportan los valores de las escalas provenientes de los registros gráficos de los indicadores indirectos de rendimiento que proporciona Emotiv Epoc X, ya que, si se interpretan los potenciales o las frecuencias de las señales, primero se requieren técnicas especializadas para capturar la naturaleza variable de las señales de EEG, así como también se requiere una formación médica y técnica, específicamente en neurología con conocimiento del procesamiento de señales eléctricas (Chaddad, *et al.*, 2023). Si bien existen investigaciones previas en el ámbito educativo sobre procesos cognitivos (Liu *et al.*, 2022; Marty *et al.*, 2021; Slattery *et al.*, 2024), algunas coinciden en las limitaciones de las mediciones, ya que las mediciones están basadas en la observación del investigador y en la autoevaluación de los estudiantes, es decir, no utilizan neuro herramientas (Rosengrant, *et al.*, 2021).

Neuro herramientas

En este documento se entiende como neuro herramientas aquellos dispositivos que apoyan la medición de la actividad cerebral. En esta indagación se utilizará el dispositivo Emotiv Epoc X, el cual registra y detecta la actividad eléctrica cerebral, por lo tanto, se considera el dispositivo Emotive Epoc X una neuro herramienta. Se decidió adquirir este dispositivo porque es de costo asequible y de operación básica, asimismo, su uso no requiere un conocimiento especializado. No obstante, para asegurar la transparencia metodológica, y por ende la integridad y credibilidad de esta investigación, se precisa que los datos de los indicadores de rendimiento que se reportan en este estudio no derivan de lo señalado por la EEG, sino que provienen de los algoritmos internos del dispositivo Emotiv Epoc X. De acuerdo con las especificaciones del fabricante del dispositivo, estas métricas se generan

por clasificadores de machine learning que procesan las señales para inferir los estados cognitivos (Emotiv, 2025a). No obstante, este proceso implica obligatoriamente un preprocesamiento y la limpieza de la señal, aunque esos detalles sobre los filtros y algoritmos que usa el software no se explican ni transparentan por parte del fabricante de Emotiv Epoc X. Al respecto, es cierto que si bien la salida de los resultados automatizada facilita la usabilidad de la herramienta, igualmente constituyen una limitante para esta investigación, porque nuestros hallazgos dependen de algoritmos de una “caja negra”. Es por ello que los datos que se reportan en este documento son de carácter exploratorio y se denominan indicadores indirectos.

Instrumentos

Para este experimento se utilizó un dispositivo de nombre: Emotiv Epoc X, el cual se ha creado para la investigación escalable y contextual del cerebro humano, proporcionando acceso a datos cerebrales de calidad profesional con un diseño que no es invasivo y es fácil de usar. Asimismo, los datos proporcionados por el dispositivo son útiles para investigaciones que impliquen al cerebro en un uso académico y comercial (Emotiv, 2025b). Las particularidades de la Emotiv Epoc X son: EEG de 14 canales para la detección de todo el cerebro. Una diadema giratoria para una portabilidad máxima y electrodos a base de solución isotónica, con un diseño ergonómico y fácil de rehidratar.

Metodología

Esta es una investigación descriptiva, ya que su interés consiste en identificar cómo las actividades didácticas inciden en los procesos cognitivos (Martínez, 2006). El método de investigación es un estudio de caso, debido a que se pretendió registrar y medir la actividad cerebral de una persona (por lo tanto, no tiene pretensiones de generalización), relacionada con procesos cognitivos. Además, se pretende responder una pregunta vinculada al cómo se analiza un fenómeno complejo como los procesos cognitivos (Bisquerra, 2009). Asimismo, debido a que las señales de EEG son disímiles entre sujetos debido a diferencias en el grosor del cráneo, la conductividad y la es-

estructura cerebral, la comparación de las señales es complicada y hasta infructuosa, ya que los datos entre sujetos siempre serán diferentes (Chaddad *et al.*, 2023).

En el apéndice 1 se describen a detalle todas las fases en las que se desarrolló este estudio de caso, así como las características del sujeto de estudio.

Diseño del experimento

El periodo de 6 minutos por actividad se seleccionó considerando la estabilidad de las señales registradas por dispositivos EEG portátiles, como Emotiv Epoc X, y su capacidad para captar patrones neurofisiológicos representativos en tiempos reducidos. Este lapso es consistente con estudios previos que han demostrado que periodos de 5-10 minutos son adecuados para analizar estados cognitivos y emocionales (Gobbo *et al.*, 2024), minimizando efectos de fatiga y garantizando la eficiencia en el diseño experimental. Además, este tiempo permite un equilibrio entre la recopilación de datos robustos y la comodidad de los participantes durante el experimento. Asimismo, se estableció la condición de alta atención, es decir, la realización de actividades sin distracciones y la minimización de ruido ambiental.

Materiales e instrumentos

Se utilizaron una computadora portátil, cuya función fue grabar los datos electroencefalográficos; un dispositivo Emotiv Epoc X, con su correspondiente kit de uso; también se usó una carta de consentimiento que detalla los objetivos y la descripción del proyecto de investigación. Dicha carta fue firmada por el participante donde, de acuerdo con la ley, se establece que es mayor de edad, por tanto, la participación fue voluntaria y el compromiso de las autoras de esta indagación fue el anonimato y el uso de los datos con fines académicos y de investigación, siguiendo las guías de ética en los procesos de indagación auspiciados por el Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS) y World Health (WHO), 2016. Se utilizaron una computadora portátil, cuya función fue grabar

los datos electroencefalográficos; un dispositivo Emotiv Epoc X, con su correspondiente kit de uso; también se usó una carta de consentimiento que detalla los objetivos y la descripción del proyecto de investigación. Dicha carta fue firmada por el participante donde, de acuerdo con la ley, se establece que es mayor de edad, por tanto, la participación fue voluntaria y el compromiso de las autoras de esta indagación fue el anonimato y el uso de los datos con fines académicos y de investigación, siguiendo las guías de ética en los procesos de indagación auspiciados por el Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS) y World Health (WHO), 2016.

Asimismo, las autoras de este documento diseñaron tareas focalizadas para estimular un proceso cognitivo específico (ver tabla 9.1).

Tabla 9.1: Descripción de las tareas diseñadas para el experimento

<i>Actividad</i>	<i>Código</i>	<i>Tiempo de monitorización (en minutos)</i>	<i>Instrucción</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Proceso cognitivo que se estimula</i>
<i>Resolución de ejercicio de mecánica (equilibrio estático)</i>	ACT1	6	Leer el ejercicio propuesto, categorizar sobre el tema de mecánica, realizar cálculos hasta plantear ecuaciones.	Medir el estado mental mediante: interés, excitación, compromiso, enfoque, estrés y relajación.	Racionalidad
<i>Explicación verbal a partir de la realización de una lectura corta</i>	ACT2	6	Realiza la lectura de: y explica lo que entendiste con tus propias palabras.	Medir el estado mental mediante: interés, excitación, compromiso, enfoque, estrés y relajación.	Recuperar información
<i>Ejecución de una pieza musical en piano</i>	ACT3	6	Ejecutar una pieza musical sin observar la partitura.	Medir el estado mental mediante: interés, excitación, compromiso, enfoque, estrés y relajación.	Memoria de trabajo
<i>Clase magistral (tradicional)</i>	ACT4	6	Escuchar y atender la explicación del profesor sobre el ejercicio de la conservación de la energía mecánica	Medir el estado mental mediante: interés, excitación, compromiso, enfoque, estrés y relajación.	Atención

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Es pertinente aclarar y reiterar que la naturaleza de nuestros hallazgos, los porcentajes de rendimiento que se reportan a continuación, no son un análisis directo de la señal de EEG cruda sino que son producto de los algoritmos de la herramienta Emotiv Epoc X. Según lo declarado por el fabricante del dispositivo, la señal tiene un denoising básico, es decir, un filtro pasa banda y un filtro de muesca, asimismo, tiene un procesamiento agregado que la interfaz de programación de aplicaciones ejecuta para mejorar los datos que nutren a sus clasificadores. Este preprocesamiento automático hace de fácil usabilidad la herramienta, aunque también es una limitante para la investigación educativa, puesto que no se puede verificar que los algoritmos sean los correctos, por lo tanto, estos datos y su interpretación tienen sólo fines exploratorios.

Para mayores detalles sobre los gráficos y los datos proporcionados por el dispositivo ver apéndice 2. A continuación, en la tabla 2 se aprecian los seis indicadores indirectos de rendimiento para cada actividad provistos por la neuro herramienta Emotiv Epoc X.

Tabla 9.2: resultados reportados en porcentaje de los indicadores indirectos de rendimiento

Métrica (indicador)	ACT1 (Resolución de problema)	ACT2 (Explicación)	ACT3 (Piano)	ACT4 (Clase tradicional)
Interés (At)	43	41	61	20
Compromiso (En)	42	69	49	52
Excitación (Ex)	11	92	27	36
Enfoque (In)	67	60	59	54
Relajación (Re)	70	70	36	51
Estrés (St)	49	50	63	35

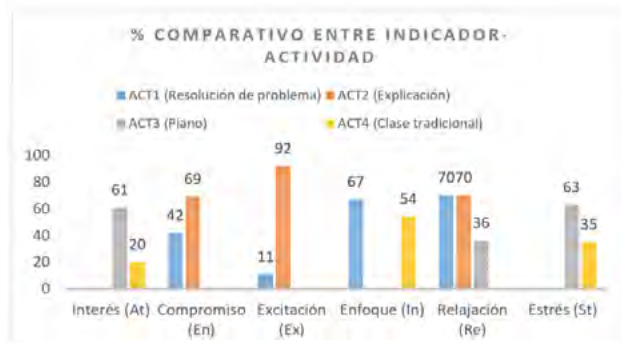
Fuente: elaboración propia.

A partir de las métricas reportadas por Emotiv Epoc X, se observa que el mayor interés está en la actividad de piano (ACT3) con 61, en contraste, el menor interés sucede en la clase tradicional (ACT4) con 20. Esto respalda el resultado de que la actividad de tocar el piano fue la más atractiva, mientras que la clase tradicional generó el menor involucramiento. Por su parte, el máximo compromiso (nivel de inmersión) se registró en la actividad de explicación

(ACT2) con 69 y el mínimo compromiso se encuentra en la actividad de ejercicios (ACT1) con 42. La excitación más alta ocurrió en la explicación (ACT2) con 92, indicando una gran activación emocional en esta actividad. La excitación más baja se dio en la resolución de ejercicios (ACT1) con 11, lo que indica que fue una tarea menos estimulante. El mayor enfoque se alcanzó en la resolución de ejercicios (ACT1) con 67. El menor enfoque se registró en la clase tradicional (ACT4) con 54. Parece que la tarea de resolución de ejercicios demandó una mayor concentración, mientras que la clase tradicional permitió más dispersión. La mayor relajación (desconexión) ocurrió en la resolución de ejercicios (ACT1) y la explicación (ACT2) con 70. La menor relajación fue durante la actividad de piano (ACT3) con 36, indicando una mayor activación en esa tarea. Es probable que las primeras dos actividades generen una sensación de vigilancia, mientras que tocar el piano pudo generar más tensión. Finalmente, el mayor nivel de estrés ocurrió en la actividad de piano (ACT3) con 63. Mientras que el menor nivel de estrés se presentó en la clase tradicional (ACT4) con 35. Esto podría indicar que la actividad del piano fue la más desafiante, ya que no se tuvo a la mano la partitura para leer la pieza musical y se debe considerar que ejecutar una pieza de memoria en el piano es una tarea psicomotriz compleja con una alta demanda cognitiva mientras que la clase tradicional implica sólo estar escuchando, y no representa un desafío intelectual porque el estudiante adopta una actitud pasiva.

En este orden de ideas, el gráfico 9.1 muestra los porcentajes más altos y más bajos de cada indicador dependiendo de la actividad desarrollada

Gráfico 9.1: Resultados reportados en porcentaje de los indicadores indirectos de rendimiento



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Derivado del análisis de los indicadores indirectos registrados con la diadema Emotiv Epoc X durante la realización de distintas actividades, se divisa que los procesos cognitivos del estudiante varían en función del tipo de actividades. Asignaciones como tocar el piano y explicar oralmente presentaron niveles medios de interés y compromiso, y en el caso de la explicación, un nivel alto de excitación, lo cual sugiere una mayor activación emocional y participación cognitiva. En cambio, la clase tradicional mostró niveles bajos de interés y estrés, así como niveles medios de enfoque y compromiso, reforzando la idea de que la pasividad no emociona al individuo. La resolución de ejercicios evidenció un nivel alto de enfoque, lo cual indica una demanda atencional, aunque también se asoció con un nivel bajo de excitación emocional. Esta combinación sugiere que ciertas tareas pueden estimular funciones cognitivas específicas (como la concentración), sin necesariamente implicar un alto nivel de activación emocional.

Estos resultados, aunque limitados a un estudio de caso, respaldan la conjetura de que el diseño de tareas concretas puede modificar la activación cognitiva y emocional del estudiante, y que herramientas como la Emotiv Epoc X permiten divisar, con reservas y limitaciones de generalización, de forma no invasiva estos procesos en tiempo real. Desde una perspectiva neuroeducativa, este estudio resalta la importancia de promover actividades activas y desafiantes que involucren tanto el conocimiento como la explicación, la resolución y la interacción. Asimismo, se plantea la necesidad de que los y las docentes reflexionen críticamente sobre el tipo de experiencias de aprendizaje que ofrecen, considerando no sólo los contenidos, sino también el impacto cognitivo y emocional que estas experiencias generan en los estudiantes. Finalmente, se destaca el potencial de las neuro herramientas en contextos educativos como instrumento exploratorio para comprender mejor cómo se involucran los estudiantes con diferentes tipos de actividades, y para generar evidencias que orienten la mejora de las prácticas docentes.

Este capítulo pertenece al Proyecto de Investigación No. 20252377: “Fábulas y experimentos: estrategias para la alfabetización científica en la infancia”, financiado por el Instituto Politécnico Nacional en la convocatoria Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico 2025.

Referencias

- Bisquerra, R. (2009). Metodología de la investigación educativa. La Muralla.
- Bueno, D. (2021). La neurociencia como fundamento de la educación emocional. *Revista internacional de educación emocional y bienestar*, 1(1), 47-61. <https://doi.org/10.48102/rieeb.2021.1.1.6>
- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*, (20), 165-193. <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/view/3576>
- Carballo, A. y Portero, M. (2019). 10 ideas clave. Neurociencia y educación: Aportaciones para el aula (Vol. 27). Graó.
- Chaddad, A., Wu, Y., Kateb, R., y Bouridane, A. (2023). Electroencephalography signal processing: A comprehensive review and analysis of methods and techniques. *Sensors*, 23(14), 1-27. <https://doi.org/10.3390/s23146434>
- Colvin, R. (2016). Optimising, generalising and integrating educational practice using neuroscience. *Science of Learning*, 1(1), 1-4. <http://10.1038/npjscilearn.2016.12>
- Council for International Organizations of Medical Sciences and World Health Organization. (2016). International ethical guidelines for health-related research involving humans. CIOMS. <https://cioms.ch/wp-content/uploads/2017/01/WEB-CIOMS-EthicalGuidelines.pdf>
- De Brigard, F., y Prinz, J. (2010). Attention and consciousness. *Wiley interdisciplinary reviews: Cognitive science*, 1(1), 51-59. <http://10.1002/wcs.27>
- Dzib, A. (2013). La evolución del aprendizaje: más allá de las redes neuronales. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 8(1), 20-25. <https://www.redalyc.org/pdf/1793/179328394004.pdf>
- Emotiv, (2025a). Performance Metrics. <https://www.emotiv.com/tools/knowledge-base/performance-metrics/performance-metrics?srsId=AfmBOorLWIL6zJ1b9KZwZec8LKPAHNMDjWDsv5nh4UNqVUvaZUMt-VoN>
- Emotiv, (2025b). Guía de inicio rápido. EPOC x. <https://www.emotiv.com/pages/quick-start-guide-epoc-x>
- Escobar, F. y Romero, S. (2022). El aprendizaje de gráficas cinemáticas a través del modelo ADDIE utilizando un enfoque neuro-educativo. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, (13), 28. https://doi.org/10.33010/ie_riediech.v13i0.1554
- Etchepareborda, M. y Abad, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos

- del aprendizaje. *Revista de neurología*, 40(1), 79-83. <https://doi.org/10.33588/rn.40S01.2005078>
- Gkintoni, E. y Dimakos, I. (2022, 5 de julio). An overview of cognitive neuroscience in education. 14th International Conference on Education and New Learning Technologies. Palma de Mallorca, España. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2022.1343>
- Gobbo, M., Medrano, L., Parada, M. y Palau, F. (2024). Impacto de una intervención breve y online de mindfulness para mejorar el rendimiento cognitivo y bienestar emocional en adultos. *Neurología Argentina*, 16(1), 22-30. <http://10.1016/j.neuarg.2024.02.002>
- Grimm, J., y Richter, T. (2024). Rational thinking as a general cognitive ability: Factorial structure, underlying cognitive processes, and relevance for university academic success. *Learning and Individual Differences*, 111, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102428>
- Liu, M., Zuo, J., Tao, Y., Zhao, L., Wu, S., Feng, L., y Liao, L. (2022). Influencing factors of learning sustained attention for nursing students in online settings: A structural equation model. *Nurse Education Today*, 111, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105248>
- Marty, J., Howes, L., y Smilek, D. (2021). Sustained attention and the experience of flow. *Psychological research*, 85(7), 2682-2696. <https://doi.org/10.1007/s00426-020-01433-x>
- Müller, C., Otto, B., Sawitzki, V., Kanagalingam, P., Scherer, J. S. y Lindberg, S. (2021). Short breaks at school: effects of a physical activity and a mindfulness intervention on children's attention, reading comprehension, and self-esteem. *Trends in Neuroscience and Education*, 25, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2021.100160>
- Newen, A. (2017). What are cognitive processes? An example-based approach. *Synthese*, 194, 4251-4268. <http://10.1007/s11229-015-0812-3>
- Quintero, J. y Domínguez, C. (2025). Neurociencia y educación: comprendiendo el origen del aprendizaje desde la plasticidad cerebral. *Revista Metropolitana De Ciencias Aplicadas*, 8(1), 42-53. <https://doi.org/10.62452/tasqde94>
- Robertson, I. H., Ward, T., Ridgeway, V. y Nimmo-Smith, I. (1996). The structure of normal human attention: The Test of Everyday Attention. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2(6), 525-534. <http://10.1017/S1355617700001697>
- Rosengrant, D., Harrington, D. y O'Brien, J. (2021). Investigating student-sustained attention in a guided inquiry lecture course using an eye tracker. *Educational psychology review*, 33, 11-26. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09540-2>
- Sabio, J., Williams, N. S., McArthur, G. M. y Badcock, N. A. (2024). A scoping review on the use of consumer-grade EEG devices for research. *PLoS one*, 19(3), e0291186. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291186>
- Sánchez, F. y Barba, A. (2019, 4 de julio). Cómo impartir una clase magistral según la neurociencia. *Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*. XXV

- Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática. Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática (AENUI), Murcia, España. https://www.researchgate.net/publication/335207388_Como_impartir_una_clase_magistral_segun_la_neurociencia
- Slattery, E., Ryan, P., Fortune, D. y McAvinue, L. (2024). Evaluation of a School-Based Attention Training Program for Improving Sustained Attention. *Mind, Brain, and Education*, 18(1), 103-124. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/mbe.12396>
- Suliman, H., Alamoush, I. y Al Shdaifat, K. (2024). The impact of a cognitive neuroscience-based educational program on developing reading comprehension skills among intermediate stage students. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 12(3), 575-589. <https://Doi.Org/10.46328/Ijemst.4051>
- Villalobos, J. (2015). Francisco Mora (2013). *Neuroeducación, solo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza Editorial, 224 pp. *Persona: Revista de la Facultad de Psicología*, (18), 155-158. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6170873>
- Zhang, W., Liao, J., Li, N., Du, K. y Lin, J. (2024, 4 de junio). Agentic information retrieval. 47th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. Woodstock, Nueva York, EE. UU. <https://arxiv.org/pdf/2410.09713>
- Apéndice 1: https://drive.google.com/file/d/1TOiG9NFg3KJkjt7c_MF14ww7b0jowv9/view?usp=sharing
- Apéndice 2: https://drive.google.com/file/d/1VGrNQCFdbP36YdpXrbZKiwne_A7klorT/view?usp=sharing