



Neuroplasticidad y Educación Virtual: Aportes de la Neurociencia al Diseño Instruccional

Neuroplasticity and Virtual Education: Contributions of Neuroscience to Instructional Design

Ingrid Sofía Lizarazo Camacho ¹.

¹ Profesional en Filosofía y Letras, Universidad de La Salle, docente Tunja - Colombia.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-1993-2559>. Email: sofiecamacho@gmail.com

Recibido: Día 13, Mes 05, Año 2026.

Aprobado: Día 01, Mes 06, Año 2026.

Publicado: Día 22, Mes 07, Año 2026.

Citación: Lizarazo-Camacho, I. (2026). Neuroplasticidad y Educación Virtual: Aportes de la Neurociencia al Diseño Instruccional. *Revista Conocimiento, Investigación y Educación. CIE*, 2(23), 24–34.

Resumen:

La expansión de la educación virtual ha suscitado debates sobre los efectos de las tecnologías digitales en los procesos cognitivos y el aprendizaje. Mientras algunas investigaciones advierten riesgos asociados a la sobrecarga informativa, la dispersión atencional y el debilitamiento de la lectura profunda, este artículo reflexiona sobre las posibilidades de potenciar la neuroplasticidad mediante diseños instruccionales fundamentados en principios neuroeducativos. El propósito es analizar cómo los procesos de percepción, atención y memoria pueden fortalecerse en entornos virtuales para favorecer aprendizajes significativos. A partir de una metodología de carácter narrativo e integrativo, se examinan aportes de la neurociencia relacionados con la neuroplasticidad, particularmente la potenciación a largo plazo, entendida como mecanismo neuronal que fortalece las conexiones sinápticas involucradas en el aprendizaje y la memoria. Asimismo, se analizan los efectos del uso de dispositivos electrónicos sobre los procesos cognitivos, considerando fenómenos como el zapping, el scrolling y el efecto Google, los cuales pueden afectar la consolidación de conocimientos cuando promueven interacciones superficiales con la información. El análisis muestra que los efectos de la tecnología dependen menos de los dispositivos en sí mismos que de las condiciones pedagógicas y del contexto de uso. En este sentido, se destaca la importancia de minimizar la carga cognitiva extrínseca, incorporar estrategias de repetición espaciada, aprovechar la multimodalidad y estructurar contenidos mediante secuencias progresivas adaptadas a las características de los estudiantes. Se concluye que la educación virtual puede constituirse en un escenario favorable para el desarrollo cognitivo cuando integra principios neuroeducativos que promuevan la atención sostenida, la retención significativa y la construcción activa del conocimiento.

Palabras Clave: Aprendizaje en línea; educación; educación a distancia; neurobiología; tecnología educativa; enseñanza multimedia.

Abstract:

The expansion of online education has sparked debates about the effects of digital technologies on cognitive processes and learning. While some research warns of risks associated with information overload, attentional dispersion, and the weakening of deep reading, this article reflects on the possibilities of enhancing neuroplasticity through instructional designs grounded in neuroeducational principles. The aim is to analyze how the processes of perception, attention, and memory can be strengthened in virtual environments to foster meaningful learning. Using a narrative and integrative methodology, the article examines contributions from neuroscience related to neuroplasticity, particularly long-term potentiation, understood as a neuronal mechanism that strengthens the synaptic connections involved in learning and memory. It also analyzes the effects of electronic device use on cognitive processes, considering phenomena such as channel surfing, scrolling, and the Google effect, which can affect knowledge consolidation when they promote superficial interactions with information. The analysis shows that the effects of technology depend less on the devices themselves than on the pedagogical conditions and the context of use. In this regard, the importance of minimizing extrinsic cognitive load, incorporating spaced repetition strategies, leveraging multimodality, and structuring content through progressive sequences adapted to students' characteristics is highlighted. It is concluded that online education can become a favorable environment for cognitive development when it integrates neuroeducational principles that promote sustained attention, meaningful retention, and the active construction of knowledge.

Keywords: Online learning; education; distance education; neurobiology; educational technology; multimedia teaching.

1. INTRODUCCIÓN

Ampliamente caracterizada, la noción de neuroplasticidad se refiere a las diferentes formas en que el sistema nervioso puede cambiar formando nuevas conexiones neuronales (Barrios-Tao, 2016; Barroso Osuna et al., 2020; Costandi, 2016; Nájera González et al., 2021; Sierra & León, 2019). Tal noción referencia la condición cerebral que, independientemente de la edad, cambia de manera continua a lo largo de la vida en función de las experiencias de los individuos en entornos cambiantes. Es importante señalar que, si bien el concepto de neuroplasticidad ha cobrado fuerza en torno a la investigación sobre los cambios en las dinámicas mentales y físicas (Costandi, 2016, pp. 11-13). Lo que resulta interesante de este concepto es que señala que el sistema nervioso experimenta modificaciones sinápticas que pueden considerarse la base neuronal del aprendizaje y la memoria, en función de escenarios de vida que implican transformaciones y adaptaciones. En ese sentido, se puede decir que es posible redirigir los procesos de la memoria y el aprendizaje. Esta comprensión resulta crucial para el diseño instruccional, pues permite adaptar los entornos de aprendizaje a los mecanismos cerebrales de cambio y consolidación (Zuluaga et al., 2022).

Ese primer paso en la comprensión del problema de la plasticidad mental obliga a considerar temas más puntuales de la investigación. La noción de neuroplasticidad abarca diversos procesos neuronales. Por ejemplo, procesos como la potenciación y la depresión a largo plazo, la poda sináptica, entre otros (Cramer et al., 2011; Kleim & Jones, 2008). Dada la complejidad de esos procesos, la investigación se concentrará en las operaciones asociadas a la potenciación a largo plazo (en adelante, PLP). La PLP es un proceso que aumenta la eficiencia de la transmisión sináptica y se constituye en la base neuronal del aprendizaje y la memoria (Costandi, 2016, p. 50). De manera simple: la PLP es un proceso que fortalece las conexiones sinápticas.

La transmisión sináptica (o sinapsis) es la conexión que se establece entre las neuronas. Todo lo que se conoce – por ejemplo,

experiencias y pensamientos– se almacena en el cerebro mediante las conexiones sinápticas. Eso quiere decir que, dependiendo de la fuerza de las conexiones en juego, el almacenamiento puede ser a corto o a largo plazo. Se trata de recuerdos temporales o permanentes vinculados a la reiteración de experiencias y a las adaptaciones que estas promueven. En general, el fortalecimiento de las conexiones sinápticas se traduce en modificaciones neuronales que se reflejan en la estructuración de los procesos mentales (Costandi, 2016, p. 58; López, 2023; Vitureira et al., 2022). Es el caso de la memoria. En que la repetición de actividades tiende a consolidar la información almacenada en la memoria. Por su parte, el aprendizaje se produce cuando las conexiones sinápticas se fortalecen mediante la atención sostenida (Hawkins, 2023, pp. 56-65).

Es un asunto complejo que aún está por ser descrito con detalle. En cualquier caso, se puede decir que las conexiones sinápticas ocurren en procesos cognitivos como la percepción, la atención, la memoria, las emociones, las funciones ejecutivas, entre otros (Domínguez Márquez, 2019). De acuerdo con la teoría de los tres cerebros –reptiliano, límbico y neocórtex–, el cerebro límbico y el neocórtex son los encargados de los procesos cognitivos (Sánchez-Heredia & Álvarez-Medina, 2022). Estos procesos se dan en todos los aspectos del aprendizaje.

El cerebro aprende a través de la información que entra por los sentidos—por ejemplo, las sensaciones. La información que se recibe a través de los sentidos es organizada por la percepción en un nivel interpretativo vinculado a la experiencia (Domínguez Márquez, 2019; Vilatuña Correa et al., 2012). Eso quiere decir que la percepción es un proceso cognitivo estructurante que da lugar a modelos.

En sentido estricto, los seres humanos producen modelos a través de los cuales se reconoce el mundo. Eso es aprender: construir modelos adaptables a los entornos de la realidad (Hawkins, 2023, pp. 16-20). Desde ese punto de vista, se puede decir que la cognición construye representaciones relevantes en la praxis: es decir, produce mapas o coordenadas de la experiencia que garantizan el desenvolvimiento activo

de los individuos en escenarios de cambio constante (Donato et al., 2023; García Andrade, 2020).

Es importante insistir en el tema. La cognición modela la experiencia del mundo bajo la forma de mapas multidimensionales hechos de sensaciones espaciotemporalmente ubicadas. Estos mapas son modelos que, a su vez, están compuestos por marcos de referencia. Los marcos de referencia son las estructuras de los objetos percibidos necesarias para planificar y moverse (Dong & Fiete, 2024; Hawkins, 2023, p. 70; Moser et al., 2008). Los marcos de referencia necesitan dos tipos de células: de cuadrícula y de lugar. Las células de cuadrícula crean un marco que especifica las posiciones y planifica los movimientos. Las células de lugar se encargan de la información que se percibe. De esa manera, las células de cuadrícula y de lugar permiten determinar la localización del cuerpo y, con cada experiencia sensorial, construir marcos de referencia a partir de los cuales se elaboran los mapas o modelos del mundo (I. González et al., 2024; Hawkins, 2023, p. 84).

En general, los marcos de referencia pueden interpretarse como una forma de organizar la experiencia. Son representaciones espaciotemporales producidas para orientar la percepción y el pensamiento ante la diversidad de la realidad. Eso quiere decir, finalmente, que el cerebro es capaz de organizar la diversidad de la experiencia en forma de modelos que apoyan el movimiento y la planificación de las acciones (Hawkins, 2023, p. 93).

En cuanto a la atención, se encuentran diferentes modelos (abordados desde la psicología, pasando por la neuropsicología) en los que se caracteriza como una actividad que involucra la alerta, la orientación y la ejecución (García-Cubillos, 2015; Portellano Pérez & García Alba, 2014, p. 69; Posner & Petersen, 1990).

La atención es la capacidad de mantenerse despierto y consciente ante estímulos (Parra Bolaños & Peña Álvarez, 2017). Se trata de un esfuerzo cognitivo que requiere tres aspectos: activación, selección y control (Domínguez Márquez, 2019). Dicho en términos más sencillos, la atención es la que permite mover el foco de percepción a otro a través de filtros para seleccionar la información que se considere relevante e ignorar la que no (Hawkins, 2023, p. 134; Ison et al., 2015; Rueda et al., 2016; Vera & Mendoza, 2024).

Por otra parte, la memoria se asocia a las diferentes sinapsis a través de las cuales se almacena información (Hawkins, 2023, p. 56). Los recuerdos –todo lo que se ha ido almacenando con el tiempo– se forman cuando conjuntos de sinapsis se fortalecen y se debilitan (Costandi, 2016, p. 58). Según su duración, la memoria se divide en memoria a corto y a largo plazo. La memoria a corto plazo puede definirse como la capacidad de almacenar información de menos de una docena de dígitos. La memoria a largo plazo, en cambio, genera cambios estructurales en las sinapsis que permiten almacenar información de manera indefinida (Domínguez Márquez, 2019; Fuenmayor & Villasmil, 2008; García-Cubillos, 2015; Kirschner et al., 2018).

Otro papel importante de la memoria es la memoria secuencial, que permite hacer predicciones. Si bien las sinapsis son conexiones entre neuronas, algunas no se activan del todo. Si bien este pulso incrementa el voltaje celular, no hace que la neurona se dispare, pero sí la pone en un

estado activo: predictivo, de anticipación. Esta predicción puede hacerse sobre la base de un patrón reconocido, es decir, de información ya almacenada (Hawkins, 2023, pp. 65-66; Lange et al., 2018; Ramos & Valiente, 2020; Treviño, 2024).

Retomando lo expuesto, se pueden decir tres cosas puntuales.

Por una parte, la noción de neuroplasticidad sirve para señalar los cambios que experimenta el cerebro al realizar actividades como el aprendizaje y la memoria. En ese sentido, se insiste en que el tipo de neuroplasticidad conocida como potenciación a largo plazo es la que fortalece las conexiones neuronales y permite el almacenamiento a corto o a largo plazo en el cerebro.

Por otra parte, se ha subrayado la idea de que la percepción desempeña un papel importante en el proceso de aprendizaje, siendo el escenario en el que el conocimiento del mundo constituye la base para la formación de representaciones que actúan como modelos cognitivos de la realidad (Hawkins, 2023, pp. 46-58). La idea es subrayar que la percepción nutre el proceso de formación de coordenadas espaciotemporales mediante la constitución perceptual de marcos de referencia –mapas interactivos a través de los cuales se pueden mover y proyectar las acciones del presente hacia el futuro.

Finalmente, se dice que la atención es un proceso por el cual se establecen prioridades para mantener el foco en el conocimiento almacenado, y que la memoria está presente en cada proceso cognitivo al encargarse del almacenamiento de la información recibida.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Educación Virtual y Dispositivos Electrónicos: Riesgos y Potencialidades

Los debates recientes en educación digital se centran en tres ejes principales: En primer lugar, la integración de la neurociencia en la educación, orientada a optimizar el aprendizaje mediante estrategias didácticas alineadas con el funcionamiento del cerebro (Tokuhamas-Espinosa, 2021). En segundo lugar, se destaca el uso de tecnologías inmersivas como la realidad virtual, capaces de enriquecer la experiencia educativa y mejorar la participación del estudiante (U.N.E.S.C.O., 2023). En tercer lugar, se aborda la transformación digital a través de la inteligencia artificial y las TIC, bajo el supuesto de que estas ofrecen oportunidades para personalizar el aprendizaje y hacer más eficiente la gestión educativa (O.E.C.D., 2023).

En el marco de estos tres ejes, este artículo se concentrará en el primero: la integración de la neurociencia en la educación, por considerarse clave para comprender y orientar los efectos del uso de la tecnología sobre los procesos cognitivos.

Esa decisión tiene que ver con la siguiente consideración: los hallazgos de la neurociencia resultan particularmente interesantes al explorar el problema de cómo construir herramientas para diseñar intervenciones más focalizadas en los procesos de enseñanza y aprendizaje en escenarios virtuales (Tokuhamas-Espinosa, 2021).

Para abordar el asunto planteado, se consideran los efectos del uso de dispositivos en la atención y la memoria.

En la educación, suele surgir la duda sobre cómo los dispositivos digitales pueden afectar la atención. La duda se comprende mejor al considerar el lugar que ocupan los mecanismos neurocognitivos implicados en el aprendizaje. ¿Los dispositivos pueden (o no) disminuir la capacidad cognitiva y afectar la atención sostenida? ¿La sobrecarga de estímulos puede saturar los filtros sensoriales y dificultar la consolidación de la memoria, limitando la plasticidad sináptica necesaria para un aprendizaje profundo? ¿Qué efectos tienen en la memoria y el aprendizaje la reproducción infinita de la información y la disponibilidad de acceso constante a los datos?

Las preguntas son difíciles de responder, sobre todo si se sospecha de los efectos del uso indiscriminado de dispositivos electrónicos –sobre todo desde temprana edad. Esto, al menos, en dos dimensiones diferentes. Se suele decir que el uso de los dispositivos electrónicos está vinculado a las necesidades de entretenimiento y no tanto a las demandas cognitivas del aprendizaje. Esta distinción es clave, pues el uso recreativo parece fomentar un consumo fragmentado, impulsivo y multisensorial de información que favorece la gratificación inmediata.

En contraste, el uso educativo parece fortalecer procesos de atención sostenida, de autorregulación y de comprensión significativa (Howard-Jones, 2014; Tokuhamas-Espinosa, 2021; Ward et al., 2017). Por ejemplo, plataformas como Khan Academy o Duolingo utilizan principios de neuroeducación al dividir los contenidos, ofrecer retroalimentación instantánea y mantener la concentración del estudiante mediante desafíos que aumentan gradualmente. El diseño instruccional juega así un papel decisivo para reducir la dispersión atencional, mediante la organización clara de tareas, la gestión de estímulos visuales y la activación de objetivos cognitivos precisos (O.E.C.D., 2023).

Para ilustrar lo anterior, los debates sobre el scrolling, el zapping y el efecto Google resultan particularmente interesantes. Dicho de forma amplia, en los adolescentes se puede identificar un comportamiento particular asociado al uso del internet en general. Es el llamado “pensamiento zapping”. Este se conoce como una forma superficial de manejar la información que puede disminuir la capacidad de memoria (Balaguer Prestes, 2010; Cerisola, 2017). Aunque el zapping se relaciona directamente con la televisión, más ampliamente se referencia a la “libertad de elegir” y a la posibilidad de “saltar” de un set de información a otro. Este tipo de procesamiento, por ejemplo, impide activar la PLP, ya que no hay repetición ni elaboración profunda del contenido (Hawkins, 2023, p. 56).

El concepto de zapping es muy similar al scrolling en la medida en que hacen referencia a las dinámicas de acción o comportamientos directamente relacionados con las redes sociales. Los efectos del scrolling, en términos del manejo superficial de la información, son similares a los del zapping. Esto es, la interacción con la información es superficial cuando se asume pasivamente y hay poca búsqueda de sentido y poco control por parte del usuario (Meinhardt et al., 2025).

Tanto en el zapping como en el scrolling, no hay una interacción significativa que permita construir representaciones complejas de la

realidad. De hecho, es todo lo contrario. Al pasar de una imagen a otra (de una página a otra) se configura una actividad multitarea que desgasta la capacidad cognitiva al dificultar las conexiones sinápticas adecuadas. Eso quiere decir que, en lugar de promover conexiones dinámicas, las actividades repetitivas como el zapping y el scrolling constituyen comportamientos adictivos. Esto es, acciones compulsivas relacionadas con la satisfacción inmediata (o la compensación en el placer) y no con la interacción compleja entre las percepciones, nuestras representaciones allí ancladas y procedimientos de sentido como la reflexividad, la interpretación y la organización de información con base en consideraciones de significado y propósito (Meinhardt et al., 2025).

Finalmente, lo que se describe como “efecto Google” consiste en olvidar información que se sabe que se puede encontrar en línea, haciendo que la memoria actúe de manera transactiva. En este aspecto, no es el dispositivo electrónico en particular, sino la interacción con la red de internet lo que modifica la forma en que la memoria trabaja. Eso quiere decir que se puede optar por economizar recursos cognitivos al delegar la función de memoria en el dispositivo o en una fuente externa. Lo que se observa es un cambio importante. La memoria no parece ser necesaria como receptáculo de datos en la medida en que la retención de información es una función integrada a los dispositivos digitales (Sparrow et al., 2011).

En el contexto del zapping, el scrolling y el efecto Google, se puede insistir en que el uso intensivo de dispositivos tecnológicos afecta la atención y el aprendizaje. ¿En qué medida? La atención permite priorizar estímulos relevantes y suprimir los que no lo son, lo cual es importante para el paso de la información de la memoria de trabajo a la memoria a largo plazo (Tokuhamas-Espinosa, 2021). Esta relación memoria-atención se ve favorecida cuando el estímulo, además de ser de alta intensidad, se repite. Lo contrario pasa cuando los dispositivos no se usan con fines académicos, pues, causan distracción al punto de desconectar de la realidad, fragmentando el foco atencional, reduciendo la profundidad del procesamiento y debilitando la consolidación sináptica necesaria para el aprendizaje duradero (Cerisola, 2017; Howard-Jones, 2014; O.E.C.D., 2023; Sánchez-Heredia & Álvarez-Medina, 2022).

Sin embargo, cuando el uso de dispositivos tecnológicos se realiza de manera controlada y con acompañamiento, se esperan aportes diferenciales al desarrollo. Eso es especialmente interesante en el contexto de las niñas y los niños. El punto aquí es que no todo es negativo. De acuerdo con Robles-Estrada et al. (2024), si bien dentro de los procesos que se ven disminuidos por el uso de pantallas, también se encuentra una pérdida de la densidad léxica, cuando las niñas y los niños están acompañados de un adulto, esta densidad, y el uso de oraciones, es mayor. Esto no significa que anule las consecuencias en la memoria y el aprendizaje señaladas arriba. Pero la presencia activa de adultos sí evidencia un cambio en el comportamiento de las niñas y los niños.

Esto implica que, cuando se utilizan estos aparatos en condiciones reguladas y con objetivos claros, es posible fortalecer las funciones ejecutivas. Para ello, es importante que la interacción esté acompañada de procesos reflexivos y de búsqueda de sentido. Lo anterior sugiere que la tecnología en sí misma no necesariamente representa un problema para los procesos de la memoria y el aprendizaje, ni tiene una

incidencia directamente negativa en los procesos cognitivos del cerebro. Es el contexto de uso y la preocupación por cómo aprender los que subyacen a las consideraciones sobre el diseño instruccional (Mendoza Chavarria et al., 2024).

Carga cognitiva y arquitectura cognitiva humana (ACH)

En el aprendizaje digital, es fundamental la carga cognitiva: esto es, la cantidad de recursos mentales necesarios para procesar información en una tarea específica y almacenarla a largo plazo en la memoria (Andrade-Lotero, 2012; Barrios et al., 2023). Es claro que tales recursos son limitados por la capacidad humana. De allí que sea tan claro que la exposición constante a múltiples fuentes de estímulo, característica de los entornos virtuales, tiende a provocar sobrecargas. En comparación, los límites humanos en el procesamiento de información contrastan con la capacidad de almacenamiento de información de los aparatos digitales. Entre lo uno y lo otro se presentan desplazamientos que perjudican la atención sostenida y las funciones de la memoria a largo plazo (Andrade-Lotero, 2012; Sweller et al., 2019).

¿Cómo entender el asunto? La propuesta aquí es que, para entender mejor el fenómeno de la sobrecarga cognitiva, es necesario tener presente la arquitectura cognitiva humana –al menos en tres dimensiones: la memoria sensorial, la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo.

La memoria sensorial actúa como un filtro inicial que recibe estímulos del entorno y los transforma en trazas sensoriales breves, con una duración general de entre uno y tres segundos (Andrade-Lotero, 2012). Solo una fracción de la información pasa a la memoria de trabajo, que, aunque más extensa que la memoria sensorial, tiene un periodo de retención de entre 15 y 30 segundos (Andrade-Lotero, 2012; Barrios et al., 2023; Cowan, 2010). Es en la memoria de trabajo donde se procesa activamente la información mediante recursos atencionales conscientes, lo que implica una carga cognitiva variable según la complejidad de la tarea.

La teoría de la carga cognitiva propone tres tipos de actividades: la carga intrínseca, la extrínseca y la relevante (Andrade-Lotero, 2012; Le Cunff et al., 2024; Sweller et al., 2019). Cada carga se referencia a la forma en que los individuos abordan una tarea. La carga intrínseca depende de la complejidad inherente a la tarea, que, a su vez, se relaciona con la familiaridad con el contenido en cuestión. La carga extrínseca, en cambio, se debe por elementos irrelevantes (o mal diseñados) que interfieren con el procesamiento de la información. Por ejemplo, los diferentes estímulos visuales distractores, las interfaces confusas o las instrucciones ambiguas (Mayer, 2024; Sobarzo-Ruiz & Arroyo Hernández, 2023). Esta es la más susceptible de ser gestionada mediante un diseño instruccional adecuado.

Por último, la carga relevante se relaciona con los esfuerzos cognitivos que contribuyen al aprendizaje, como la elaboración activa, la reflexión y la transferencia de conocimientos a nuevos contextos (Andrade-Lotero, 2012; Le Cunff et al., 2024). Justo aquí tiene valor mencionar lo siguiente: el llamado efecto Google –la tendencia a olvidar información que se sabe accesible en línea– al externalizar parte de la memoria en fuentes digitales, no solo transforma los modos de almacenamiento, sino que también incide en la gestión de la información

y en la carga cognitiva. Así, tanto la dependencia de la memoria como la sobrecarga de estímulos digitales evidencian que el entorno virtual modifica simultáneamente cómo se recuerda y cómo se procesa la información (Sparrow et al., 2011).

Aunque este fenómeno no implica directamente una sobrecarga cognitiva, sí puede vincularse con una gestión superficial de la información, especialmente cuando se combinan distintas fuentes de distracción. La carga cognitiva, por tanto, no se limita a la interacción con dispositivos electrónicos o plataformas virtuales, sino que depende de la complejidad de la actividad en sí. Cuando la carga supera la capacidad de la memoria de trabajo, interfiere con la consolidación de la información en la memoria a largo plazo, requerida por los procesos atencionales sostenidos y organizados (Sweller et al., 2019).

Eso significa que, para comprender los límites y las posibilidades de la arquitectura cognitiva humana, resulta útil considerar el diseño de experiencias de aprendizaje virtuales. La minimización de la carga extrínseca, el aprovechamiento de la carga relevante y la organización secuencial del contenido son principios que permiten alinear las exigencias del entorno digital con el modo natural en que aprende el cerebro.

Lo anterior es esencial a la hora de sopesar las implicaciones del uso de la tecnología en la memoria y el aprendizaje –y, claramente, en el diseño instruccional como alternativa.

Lo que se ha dicho es esto: Los procesos neurocognitivos involucrados en el aprendizaje y los principios de la carga cognitiva resultan pertinentes para describir las implicaciones en el diseño instruccional (DI) en entornos virtuales. La secuencia de nociones se hila en torno a la posibilidad de pensar en usos alternativos de la tecnología orientados a la promoción del aprendizaje. Eso se puede hacer una vez que se tenga claro qué ocurre con el uso indiscriminado de la tecnología. Pero también cuando se tienen presentes las posibilidades de adaptación cognitiva de los seres humanos. Dicho técnicamente, los diferentes modelos de diseño instruccional ofrecen estructuras metodológicas que, al interpretarse desde la perspectiva de la neuroplasticidad, permiten comprender cómo el aprendizaje digital puede organizarse de manera coherente con los principios del funcionamiento cerebral.

En ese sentido, sin la intención de desarrollar teóricamente cada modelo de diseño instruccional, resulta relevante entender que el DI permite abordar las especificaciones del proceso de aprendizaje, así como las características y los requerimientos de los estudiantes. En el modelo de diseño instruccional se pueden encontrar los objetivos, el contenido, la metodología, los materiales que se desarrollarán y la forma en que se evaluará (Espinoza et al., 2018). Como lo dicen Brown y Green (2019), el diseño instruccional es una búsqueda de estrategias y su aplicación, que facilitan el aprendizaje y lo hacen más efectivo. Entonces, un modelo de diseño instruccional podría entenderse como la traducción pedagógica de la plasticidad cerebral, toda vez que articula ciclos de procesamiento mental para optimizar el aprendizaje mediante la adaptación a recursos y dispositivos.

En ese orden de ideas, es necesario articular los hallazgos neurocientíficos con decisiones pedagógicas concretas, de modo que las

plataformas digitales no solo sean espacios de transmisión de contenidos, sino también entornos estructurados según el modo natural en que el cerebro aprende. De esta manera, aspectos como la segmentación del contenido, la secuencia de tareas, la estimulación multisensorial o la retroalimentación inmediata no deben entenderse como recursos opcionales, sino como estrategias instruccionales necesarias para optimizar la atención, favorecer la retención y reducir la sobrecarga cognitiva.

Las siguientes son tres líneas de acción que pueden guiar el diseño de experiencias educativas más eficaces, inclusivas y neuroeducativamente fundamentadas. Por una parte, el diseño de ambientes virtuales fundamentados en principios neuroeducativos exige reconocer que el aprendizaje significativo no ocurre espontáneamente ante un dispositivo, sino que depende de condiciones estructurales que faciliten la activación atencional, la codificación profunda y la retención a largo plazo. En esta línea, se puede retomar el concepto de neuroconstructivismo para subrayar que la comprensión se construye a partir de conocimientos previos. Estos conocimientos anteriores no son simples datos almacenados, sino patrones que, al activarse la memoria secuencial, permiten generar predicciones y anticipar nueva información (Hawkins, 2023, pp. 65-66; Lange et al., 2018; Ramos & Valiente, 2020; Treviño, 2024).

Por otra parte, uno de los lineamientos prácticos que establece Tokuhami-Espinosa radica en la noción de paquetes de aprendizaje (Bundles), que constituyen unidades estructuradas de contenidos. La propuesta pone en juego tres criterios. Se trata de reconocer las diferencias entre individuos, considerando, por ejemplo, el rendimiento. Además, la cuestión radica en diversificar los recursos didácticos mediante la combinación de diversas herramientas digitales. Y, finalmente, la idea es diferenciar en secuencia los contenidos de manera progresiva para favorecer la integración gradual del conocimiento (2021).

Estos criterios sugieren que la enseñanza virtual no puede basarse en un único formato ni en la repetición mecánica, sino que debe ofrecer experiencias flexibles, multimodales y adaptativas, capaces de potenciar la neuroplasticidad del estudiante.

En esta línea, surgen preguntas. ¿Cómo minimizar la carga extrínseca? ¿Cómo promover información relevante? ¿Cómo subrayar la importancia de la carga intrínseca asociada a la información pertinente? Desde la perspectiva neurocientífica, el aprendizaje en ambientes virtuales no depende únicamente de la secuenciación de contenidos, sino también de la forma en que se formulan las instrucciones. La teoría de la carga cognitiva resalta el principio de la modalidad (también conocido como modalidad instruccional) según el cual el aprendizaje mejora cuando la información se presenta de manera complementaria a través de distintos canales sensoriales (auditivo y visual).

Dado que cada canal tiene una capacidad limitada de procesamiento, la distribución entre ambos optimiza el rendimiento de la memoria de trabajo y favorece la construcción de esquemas en la memoria a largo plazo. Esto se explica porque la memoria de trabajo presenta una codificación dual: dispone de subsistemas diferenciados para procesar tanto el lenguaje auditivo como la información visoespacial (Castro-

Alonso & Sweller, 2022; Mayer, 2024). El secreto parece radicar en la intención de evitar elementos irrelevantes que distraigan o interfieran con el procesamiento de la memoria de trabajo (Andrade-Lotero, 2012; Le Cunff et al., 2024). Desde el principio de la modalidad, se recomienda aprovechar el procesamiento simultáneo que permiten los canales auditivo y visual (Castro-Alonso & Sweller, 2022). En términos prácticos, esto significa que un gráfico o una animación acompañado de una narración oral es más eficiente que un gráfico acompañado de texto. De hecho, en este último, los dos estímulos compiten por el canal visual, lo que incrementa la sobrecarga cognitiva. Así, la minimización de la carga extrínseca no consiste en simplificar en exceso el contenido, sino en diseñar materiales que organicen de manera óptima los estímulos sensoriales disponibles para favorecer la comprensión profunda.

En la búsqueda de estrategias que aseguren la retención de la información y la transferencia de la memoria de trabajo a la memoria a largo plazo, la repetición espaciada se configura como un recurso clave.

Esta técnica consiste en retomar información previamente aprendida en intervalos de tiempo estratégicos, lo que permite que el cerebro fortalezca de manera progresiva las conexiones sinápticas y consolide aprendizajes duraderos (Berenguel, 2020; Laflaur & Kanazawa, 2024; San Martín, 2017). Su eficacia radica en la potenciación a largo plazo, un proceso neuronal que incrementa la fuerza de las sinapsis mediante el uso repetido y sostenido (Costandi, 2016, p. 50; San Martín, 2017). Aunque algunos estudios sugieren intervalos de uno a nueve días (Lafleur y Kanazawa, 2024), lo fundamental es reconocer que los tiempos deben adaptarse a la complejidad de la tarea.

Ahora bien, el papel de los sentidos en este proceso resulta decisivo.

El cerebro organiza la información entrante en marcos perceptivos coherentes a partir de la estimulación sensorial (Domínguez Márquez, 2019; Vilatuña Correa et al., 2012). Como advierte Hawkins, la percepción permite construir modelos internos que orientan la comprensión del mundo y facilitan la planificación de acciones (2023, p. 70). En entornos virtuales, esta condición neurocognitiva hace imprescindible integrar estímulos multisensoriales –textuales, visuales, auditivos e interactivos– que refuercen la codificación de la información y promuevan aprendizajes duraderos. La multimodalidad, en consecuencia, no debe entenderse como un recurso accesorio, sino como una estrategia pedagógica esencial que permite activar distintas rutas de procesamiento y optimizar la retención a largo plazo en la memoria.

3. CONSIDERACIONES FINALES

El argumento aquí expuesto tiene lugar como una provocación de investigación en torno a la pregunta acerca de cómo se puede potenciar la neuroplasticidad en los procesos de percepción, atención y memoria para favorecer el aprendizaje en entornos virtuales.

En torno a esa pregunta, el argumento central es que la potenciación de la neuroplasticidad en entornos virtuales no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino también de un diseño instruccional fundamentado en principios neuroeducativos. Dicho de otra

manera, el desarrollo cognitivo en entornos virtuales no depende únicamente de la posibilidad de interactuar con dispositivos digitales. Hace falta introducir otros mediadores del aprendizaje para promover ese desarrollo.

Esta idea se compone de tres aspectos. Por una parte, minimizar la carga extrínseca mediante la aplicación del principio de modalidad asegura un uso eficiente de la memoria de trabajo. Eso evita la saturación de un solo canal sensorial y favorece la codificación dual de la información.

Complementariamente, la implementación sistemática de la repetición espaciada garantiza la consolidación sináptica y la transferencia del conocimiento a la memoria a largo plazo. Bajo una condición específica: que la repetición se adapte a la complejidad de la tarea y a las características del estudiante.

Por último, la integración de estrategias multisensoriales hace que la multimodalidad sea un componente estructural del aprendizaje virtual. La razón de ello es que, al activar simultáneamente distintas rutas de procesamiento, se fortalece la retención significativa.

Esos tres aspectos señalan que la educación virtual no solo debe reproducir modelos tradicionales de enseñanza y trasladarlos a soportes digitales, sino que también debe configurarse como un entorno diseñado en atención a la manera en que los seres humanos aprenden. Al articular principios como la modalidad, la repetición espaciada y la multisensorialidad en propuestas de aprendizaje flexibles y adaptativas, se esperaría generar condiciones para que la atención sostenida, la codificación profunda y la retención a largo plazo se desarrollen.

Se trata de una invitación. En efecto, diseñar escenarios de enseñanza y aprendizaje no se reduce a un solo canal de aprehensión, tanto perceptiva como cognitiva. Eso se puede lograr mediante la planificación de la repetición de contenidos en intervalos estratégicos que favorezcan la consolidación sináptica y la transferencia a la memoria a largo plazo. Dicho en una sola frase: el llamado es a integrar recursos multisensoriales que permitan estructurar paquetes de aprendizaje secuenciales y adaptativos en los que la segmentación, la retroalimentación inmediata y la interacción activa potencien la atención sostenida y el aprendizaje significativo.

Finalmente, se puede evidenciar que la educación digital, lejos de limitarse a reproducir contenidos, es un espacio que permite configurar los procesos de percepción, atención y memoria. De este modo, la enseñanza mediada por tecnología puede convertirse en un laboratorio cognitivo en el que los principios del funcionamiento cerebral orienten la construcción de aprendizajes más estables, conscientes y transferibles.

Ahora bien, el asunto hay que tematizarlo más ampliamente. ¿En qué consiste el problema de modelar el mundo? ¿Qué está en juego cuando se aprenden cosas? ¿Qué sentido tiene la información? ¿Es solo para describir hechos? ¿Sirve para interpretar realidades?

Estas preguntas no se pueden responder aquí. Pero sí se puede considerar el problema que está en juego allí. Lo que sigue adopta una tonalidad más reflexiva, a través de la cual es posible ampliar el argumento presentado en torno a las preguntas pendientes en el marco de la investigación sobre la mente y sus procesos.

En general, se puede aceptar una conclusión reciente: el uso de los dispositivos sin acompañamiento en la primera infancia, el uso desmedido en los adolescentes y adultos, así como el uso recreativo de estos, causan diversos problemas y plantean diversos retos, no solo de tipo cognitivo, sino también emocional. Ahora bien, la idea aquí ha sido mostrar que su uso adecuado también puede potenciar procesos cognitivos que expresan aprendizajes significativos.

Se trata de una ambigüedad que se está explorando. En ocasiones, ante la sugerencia de acompañamiento para el uso de dispositivos, se adopta la prohibición de los dispositivos electrónicos. En ocasiones, se insiste en que el secreto radica en promover interacciones inteligentes entre la tecnología y las personas.

Está claro que los aportes de las neurociencias a la educación son invaluableles. Mucho más en el terreno mencionado. El conocimiento que se tiene sobre el cerebro ha permitido desarrollar estrategias para potenciar el aprendizaje en niños y adultos. Eso siempre representa un riesgo. “Al mar [...] hay que enfrentarlo con ‘astucia’, ‘inteligencia’ y ‘valor’” (Han, 2019, p. 82). Eso quiere decir que hace falta lidiar con las dificultades y los riesgos mediante estrategias que nos integren al panorama de posibilidades que allí se encuentran, en lugar de meramente desplazarlas.

Cada época trae consigo su propio reto. Así como las calculadoras no causaron el olvido de las operaciones, sino que resultaron ser una herramienta útil para las fórmulas más complejas, o el desarrollo de la cámara y la fotografía no desplazó las funciones del arte, los dispositivos electrónicos y sus medios tecnológicos tienen múltiples posibilidades que apoyan el aprendizaje (S. González, 2006).

Hay otra razón para considerar la incorporación de la tecnología en el ámbito educativo con la que vale la pena cerrar.

Vivir, conocer, experimentar, sentir, aprender, etc. Todas son actividades para las que estamos preparados. El cuerpo y la mente son materia dinámica. “No es la confianza en el mundo, sino la angustia el comienzo del pensamiento” (Han, 2019, p. 84). Decir eso cambia todo en el escenario de reflexión.

Ciertamente, las tecnologías y sus expresiones diversas representan un camino con incertidumbres para enseñar. Representan retos que causan angustia. Pero permiten pensar con frescura en la medida en que proponen asuntos aún no vividos. No se trata de pensar en el bien o en el mal de lo que está pasando en el escenario de la innovación de la técnica y la ciencia actuales. Se trata de decir que la mente y el cuerpo tienen la capacidad de adaptarse de manera flexible a las condiciones del entorno y a los seres y elementos presentes. El énfasis, a la hora de decir que la mente produce modelos que se actualizan con la experiencia, tiene ese propósito: sugerir que, en el fondo de las operaciones cognitivas y perceptuales, lo que ocurre son dinámicas recurrentes de eventos físicos (neuronales) cuya naturaleza es producir respuestas contingentes, pero adaptativas, a los hechos del mundo.

Estar en el mundo y conocer la vida implican más actividades que gestionar un calendario, un correo electrónico, navegar por la web en busca de información, utilizar un mapa o enfrentarse a juegos basados en texto (Bubeck et al., 2023, pp. 43-53). La apertura de la vida es el lugar de

las luchas por comprender y dar sentido a lo que sucede. Esa no es una tarea reducible a la capacidad de usar aparatos. La inteligencia implica ensamblajes de seres interrelacionados, en constante transformación y movimiento, en relación con descripciones de lo real que no pueden separarse de la comprensión de lo que ha pasado en el mundo, de la planificación del futuro y del aprendizaje del presente. Los seres inteligentes utilizan herramientas e interactúan con el mundo más allá de las capacidades individuales para usar información. Aprender de la experiencia, colaborar, negociar, etc., son habilidades valiosas. Pero la inteligencia tiene lugar en el desplazamiento flexible entre la información y su uso en entornos de retos y preguntas sobre el sentido de lo que hacemos y sobre las posibilidades de adaptación frente a lo desconocido.

De nuevo, esa idea, que es amplia respecto al rol de vivir en el mundo, lo cambia todo al considerar la tecnología en el marco más preciso de la educación.

Es claro que los dispositivos electrónicos han cambiado la forma en que los niños, niñas y adolescentes –incluso adultos– se relacionan con el otro, con el conocimiento y con el mundo. Es claro que el uso meramente recreativo, al provocar un consumo inmediato, no le permite al cerebro establecer conexiones sólidas, por lo que la información no pasa de la memoria a corto plazo. Sin embargo, al tener presente el proceso de plasticidad del cerebro, es claro que existen caminos muy interesantes que recorrer.

Al final, argumentar que la inteligencia es poderosa en sus formas productivas de procesar información y su capacidad para producir sentido no es necesariamente un reflejo de orgullo antropológico por lo que los humanos han hecho. Al contrario, es un recordatorio. Debemos recordar que la inteligencia es compleja, multifacética e interactiva en su relación con la realidad. Definitivamente, todavía nos queda mucho por aprender sobre ella. Por lo tanto, solo deberíamos recurrir a conceptos, evaluaciones y conclusiones limitadas con pensamientos cuidadosamente equilibrados sobre los problemas en cuestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade-Lotero, L. (2012). Teoría de la carga cognitiva, diseño multimedia y aprendizaje: Un estado del arte. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5(10), 75-92. <http://magisinvestigacioneducacion.javeriana.edu.co/>
- Balaguer Prestes, R. (2010). Zapping, navegación, nomadismo y cultura digital (Razón y Palabra, Vol. 73). <https://www.academia.edu/download/71386476/199514908012.pdf>
- Barrios, R., Morales, D., & Domínguez, L. (2023). Carga cognitiva y retención de información mediante dos técnicas de video en aula invertida: Estudio aleatorizado controlado. *Educación Médica*, 24(3). <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100826>
- Barrios-Tao, H. (2016). Neurociencias, educación y entorno sociocultural. *Educación y Educadores*, 19(3), 395-415. <https://doi.org/10.5294/edu.2016.19.3.5>
- Barroso Osuna, J. M., Cabero Almenara, J., & Valencia Ortiz, R. (2020). Visiones desde la neurociencia-neurodidáctica para la incorporación de las TIC en los escenarios educativos. *Revista de Ciencias Sociales Ambos Mundos*, 1, 7-22. <https://doi.org/10.14198/ambos.2020.1.2>
- Berenguel, J. (2020). Aplicación híbrida para memorizar usando repetición espaciada [Tesis de grado, Universidad de Almería]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10835/9867>
- Brown, A., & Green, T. (2019). The essentials of instructional design: Connecting fundamental principles with process and practice (4.a). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429439698>
- Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., Lee, P., Lee, Y., Li, Y., Lundberg, S., Nori, H., Palangi, H., Ribeiro, T., & Zhang, Y. (2023). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712>
- Cabero-Almenara, J., Miravete-Gracia, M., & Palacios-Rodríguez, A. (2025). Aprendizaje en realidad virtual: Impacto en la carga cognitiva y el rendimiento del alumnado universitario. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 25(82). <https://doi.org/10.6018/red.644621>
- Castro-Alonso, J. C., & Sweller, J. (2022). The modality principle in multimedia learning. En E. R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3.a, pp. 220-230). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.026>
- Cerisola, A. (2017). Impacto negativo de los medios tecnológicos en el neurodesarrollo infantil. *Revista de Pediatría de Panamá*, 46(2), 126-131. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/08/848347/126-131.pdf>
- Costandi, M. (2016). Neuroplasticidad. Ediciones UC; Massachusetts Institute of Technology.
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51-57. <https://doi.org/10.1177/0963721409359277>
- Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., Rumsey, J. M., Hicks, R., Panssepp, J., & Vinogradov, S. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*, 134(6), 1591-1609. <https://doi.org/10.1093/brain/awr039>

- Domínguez Márquez, M. (2019). Neuroeducación: Elemento para potenciar el aprendizaje en las aulas del siglo XXI. *Educación y Ciencia*, 8(52), 66-76. https://www.academia.edu/download/62142696/533-Texto_del_articulo-456804-1-10-2019121820200219-44316-lbsn95.pdf
- Donato, F., Schwartzlose, A., & Viana, R. (2023). How do you build a cognitive map? The development of circuits and computations for the representation of space in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 46, 53-75. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-090922-010618>
- Dong, L., & Fiete, I. R. (2024). Grid cells in cognition: Mechanisms and function. *Annual Review of Neuroscience*, 47. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-101323-112047>
- Espinoza, J., Rodríguez, N., & Moreira-Mora, T. (2018). Relación entre diseño instruccional y rendimiento académico en un curso presencial y bimodal en matemática: Un estudio cuasiexperimental. *Revista Educación*, 42(2). <https://doi.org/10.15517/revedu.v42i2.28763>
- Fuenmayor, G., & Villasmil, Y. (2008). La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 9(22), 187-202. <https://www.redalyc.org/pdf/1701/170118859011.pdf>
- García Andrade, L. (2020). Percepción emocional: Sociología y neurociencia afectiva. *Revista Mexicana de Sociología*, 82(4), 789-812. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2020.4.59209>
- García-Cubillos, J. (2015). Atención, memoria y rendimiento escolar en Educación Infantil [Trabajo de fin de máster, Universidad Internacional de La Rioja]. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/2995>
- González, I., Hernández, J., González, E., Carmona, E., González, J., Castañeyra, L., Hernández, L., & Castañeyra, A. (2024). Variaciones de las células de cuadrícula y de posicionamiento de la corteza entorrinal y del giro dentado de 6 humanos de 56 a 87 años. *Neurología*, 39(3), 244-253. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2021.04.017>
- González, S. (2006). Prótesis video o la máquina de visión: Paul Virilio. En E. A. Chaparro (Ed.), *Los límites de la estética de la representación* (pp. 241-265).
- Han, B.-C. (2019). Ausencia: Acerca de la cultura y la filosofía del Lejano Oriente (Trad. J. C. Negra. R. Gabás, Trad.).
- Hawkins, J. (2023). *Mil cerebros: Una nueva teoría de la inteligencia*.
- Horowitz-Kraus, T., & Hutton, J. S. (2018). Brain connectivity in children is increased by the time they spend reading books and decreased by the length of exposure to screen-based media. *Acta Paediatrica*, 107(4), 685-693. <https://doi.org/10.1111/apa.14176>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>
- Ison, M., Greco, C., Korzeniowski, C., & Morelato, G. (2015). Atención selectiva: Un estudio comparativo sobre los estudiantes argentinos de diferentes contextos socioeconómicos. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 13(2), 343-368. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=293141133007>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano, J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13, 213-233. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>
- Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2008). Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(1), 225-239. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/018\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/018))
- Krumsvik, R. J. (2025). Smartphones, media multitasking and cognitive overload. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 20(1), 5-15. <https://doi.org/10.18261/njdl.20.1.1>
- Laflaur, L., & Kanazawa, Y. (2024). The effects of interleaved spaced repetition learning on vocabulary knowledge. *Computer-Assisted Language Learning Electronic Journal*, 25(3), 172-194. <https://callej.org/index.php/journal/article/view/87>
- Lange, F. P., Heilbron, M., & Kok, P. (2018). How do expectations shape perception? *Trends in Cognitive Sciences*, 22(9), 764-779. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.06.002>
- Le Cunff, A., Giampietro, V., & Dommett, E. (2024). Neurodiversity and cognitive load in online learning: A systematic review with narrative synthesis. *Educational Research Review*, 43, Artículo 100604. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100604>
- López, D. (2023). Inducción de potenciación a largo plazo en la corteza insular (IC) por estimulación optogenética simultánea de la amígdala basolateral (BLA) y del área ventral tegmental (VTA) [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstreams/2003f1bf-7463-40bf-afd6-115ac32e1d60/download>
- Mayer, R. E. (2024). The past, present, and future of the cognitive load theory of multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 36(1). <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1>

Meinhardt, L.-M., Elhaidary, M., Colley, M., Rietzler, M., Rixen, J. O., Purohit, A. K., & Rukzio, E. (2025). Scrolling in the deep: Analysing contextual influences on intervention effectiveness during infinite scrolling on social Media. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713187>

Mendoza Chavarria, V. C., Robles Ortega, D. A., Molina Cusme, J. J., & Arteaga-Alcívar, Y. (2024). La neurociencia como base para la mejora de las TIC educativas. VICTEC: Revista Académica y Científica, 69-80. <https://doi.org/10.61395/victec.v5i8.141>

Moser, E. I., Kropff, E., & Moser, M. B. (2008). Place cells, grid cells, and the brain's spatial representation system. Annual Review of Neuroscience, 31, 69-89. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.31.061307.090723>

Nájera González, E. A., Bran Solórzano, A. L., Canel Pinto, I. M., León, R. M., Lemus, M. N., & Osegueda, C. Y. M. (2021). Influencia de la digitalización en el siglo XXI en la neuroplasticidad. Revista Académica CUNZAC, 4(1), 81-86. <https://doi.org/10.46780/cunzac.v4i1.36>

O.E.C.D. (2023). OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>

Parra Bolaños, N., & Peña Álvarez, C. (2017). Atención y memoria en estudiantes con bajo rendimiento académico: Un estudio exploratorio. Reidocrea, 6, 74-83. <http://hdl.handle.net/10481/45029>

Portellano Pérez, J. A., & García Alba, J. (2014). Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria. Editorial Síntesis.

Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. Annual Review of Neuroscience, 13, 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>

Ramos, J., & Valiente, C. (2020). Memoria secuencial auditiva y memoria verbal en alumnado con discapacidad intelectual. Electronic Journal of Research in Educational Psychology, 18(2), 279-302. <https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/5f581f9c2999525e6b9f9ced>

Robles-Estrada, E., Carpio-Ovando, P., & Gago Galvano, O. (2024). Uso de pantallas y su influencia en la cognición y los hitos del desarrollo motor de infantes mexicanos. Revista de Psicología Clínica con Niños y Adolescentes, 11(2), 21-28. <https://doi.org/10.21134/rpcna.2024.11.2.3>

Rueda, M. R., Conejero, Á., & Guerra, S. (2016). Educar la atención desde la neurociencia. Pensamiento Educativo: Revista de Investigación Educativa Latinoamericana, 53(1), 1-16. <https://doi.org/10.7764/PEL.53.1.2016.3>

San Martín, Á. (2017). Estudio de la plasticidad sináptica estructural inducida por estímulos espaciados [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires]. https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n6304_SanMartin

Sánchez-Heredia, N., & Álvarez-Medina, G. (2022). Impacto de la neurociencia cognitiva en los aprendizajes. Polo del Conocimiento, 7(6), 2382-2405.

Sierra, E., & León, M. (2019). Plasticidad cerebral, una realidad neuronal. Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río, 23(4), 599-609. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=91707>

Sobarzo-Ruiz, R. A., & Arroyo Hernández, L. C. (2023). La construcción del aprendizaje; teoría de la carga cognitiva y aprendizaje significativo. Experiencias, Reflexiones y Resultados para el Desarrollo de la Ciencia. Tecnología e Innovación, 3(Número especial 2023), 35-43. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8331253>

Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google's effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. Science, 333(6043), 776-778. <https://doi.org/10.1126/science.1207745>

Sweller, J., Merriënboer, J. J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. Educational Psychology Review, 31(2), 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>

Tokuhami-Espinosa, T. (2021). Bringing the neuroscience of learning to online teaching: An educator's handbook. Teachers College Press.

Treviño, M. (2024). Procesamiento predictivo en el cerebro. Revista Ciencia, 75(1). <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antiores/edicion-actual/365-neurobiologia-de-los-sentidos/1075-procesamiento-predictivo-en-el-cerebro>

U.N.E.S.C.O. (2023). Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>

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>

Vilatuña Correa, F., Guajala Agila, D., Pulamarín, J. J., & Ortiz Palacios, W. (2012). Sensación y percepción en la construcción del conocimiento. Sophia, Colección de Filosofía de la Educación, 13, 123-149. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8680>

Villar Peña, R. (2019). ¿Cómo afectan los smartphones a la atención selectiva? Una revisión sistemática [Trabajo de grado, Universitat Oberta de Catalunya. <https://hdl.handle.net/10609/101386>

Vitureira, N., Pasquale, R., Leão, R. M., & Rossi, F. M. (2022). Editorial: Cellular and molecular mechanisms of synaptic plasticity at hippocampal and cortical synapses. En *Frontiers in Cellular Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fncel.2022.980623>

Ward, A. F., Duke, K., Gneezy, A., & Bos, M. W. (2017). Brain drain: The mere presence of one's own smartphone reduces available cognitive capacity. *Journal of the Association for Consumer Research*, 2(2), 140-154. <https://doi.org/10.1086/691462>

Zuluaga, M., Botero, J. C., Martínez, A. M., & Lopera, Y. (2022). Neurodidáctica y pensamiento crítico: Perspectivas para la educación actual. *Educación y Educadores*, 25(2), 2522. <https://doi.org/10.5294/edu.2022.25.2.2>