

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 4 - Número 6
Enero – Junio 2022
Bogotá – Colombia

Neurodidáctica y estilos de aprendizaje en las aulas: orientaciones para docentes

DOI: <https://doi.org/10.38186/difcie.46.08>

José Alberto Sotelo Martín *

RESUMEN

El presente artículo busca mostrar el cambio que acontece en las aulas a partir de la personalización en educación. La metodología utilizada fue documental, con un procedimiento de revisión bibliográfica en bases de datos relevantes y actualizadas, bajo los principios de simplicidad, relevancia, orden y saturación de la información, y tomó como objetivo orientar al docente sobre algunos de los factores de la neurociencia, junto con la unificación de la información básica sobre los modelos más actuales de estilos de aprendizaje. De la revisión se concluye que la neurodidáctica se condensa, en parte, en los modelos de aprendizaje, e influye en la práctica cotidiana en las aulas, generando una personalización didáctica más provechosa.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje; neurodidáctica; educación; método de aprendizaje.

* Profesor. Universidad Internacional de La Rioja. España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5400-6788>. E-mail: jose.sotelo@unir.net

Neurodidactics and learning styles in the classroom: guidelines for teachers

ABSTRACT

This article seeks to show the change that occurs in classrooms from personalization in education. The methodology used was documentary, with a bibliographic review procedure in relevant and updated databases, under the principles of simplicity, relevance, order and saturation of the information, and aimed to guide the teacher on some of the factors of neuroscience, together with the unification of the basic information on the most current models of learning styles. From the review it is concluded that neurodidactics is condensed, in part, in learning models, and influences on daily practice in the classroom, generating a more profitable didactic personalization.

KEYWORD: learning; neurodidactics; education; learning methods.

Introducción

La neuroeducación y la neurodidáctica surgen desde el saber legado por las neurociencias, al expresarse como conocimiento centrado en las formas de aprender a partir de la interacción cerebro-rendimiento, y del resultado de la investigación en laboratorio cuando se traslada a las aulas, cuestión intermediada por los estilos de aprendizaje. La neuroeducación posiciona los avances sobre el funcionamiento cerebral en los diferentes contextos de aprendizaje, desligando ligeramente la neurodidáctica como la aplicación ordenada de dicho saber en las aulas. Estas áreas emergentes son el apoyo de otras neurociencias y suponen una mirada neurobiológica actualizada a los procesos de aprendizaje a nivel educativo en general, con miras a la mejora del sistema, y la neurodidáctica a la aplicación directa de estos conocimientos en un entorno escolar concreto (Gimeno, 1991; Grospietsch y Mayer, 2020).

La optimización de los complejos procesos de enseñanza-aprendizaje supone la puesta en juego de un repertorio de actitudes mentales y conductuales que se alejan de la concepción clásica del fenómeno educativo. Los últimos avances sobre el funcionamiento del cerebro, a partir de técnicas de neuroimagen, reorientan los nuevos perfiles de acción en las aulas, permiten una selección más rigurosa y acertada de la intervención metodológica en función de cómo los alumnos captan y procesan la información e influyen con mayor acierto en el resultado final de sus aprendizajes. La neurodidáctica, a partir de las aportaciones de las diferentes neurociencias implicadas,

se posiciona en el epicentro de los diseños metodológicos específicos, ya que proporciona más información sobre el funcionamiento cerebral durante el aprendizaje, es decir, reorienta la personalización de la enseñanza (Geake y Cooper, 2006; Zatorre, Fields y Johansen-Berg, 2012).

La imperiosa necesidad de avanzar en la aplicación de nuevas metodologías en las aulas y mejorar algunas de las ya existentes, bajo el auspicio de las neurociencias, promueve la integración de diferentes áreas de conocimiento, tales como la didáctica y la neurología, lo que motiva a una reflexión que aglutine resultados de forma multidisciplinar.

-Objetivo general

- Orientar conceptualmente al docente sobre importantes procesos de las redes neuronales activadas durante el aprendizaje y sus correspondientes efectos mentales en la enseñanza personalizada.

-Objetivos específicos

- Posicionar al docente ante los principales factores de la neurociencia que se activan durante el aprendizaje personalizado.
- Situar al docente ante los conceptos de neurogénesis y plasticidad cerebral.
- Comprender los diferentes modos de procesamiento de los alumnos en el momento de manejar y ordenar la información cuando se encuentran en situación de enseñanza-aprendizaje.

1. Método

Para la consecución de los objetivos, se desarrollará una metodología documental de revisión de la literatura en bases de datos relevantes y actuales, tomando como criterios fundamentales de inclusión para la revisión:

- Simplicidad
- Relevancia
- Orden
- Saturación de la información

La forma de revisión es una adaptación simplificada del modelo PRISMA-P de Moher, David, Shamseer et al (2016), desde la que se da respuesta a las necesidades

docentes. A partir de los criterios de inclusión se seleccionan las bases de datos que más información pueden aportar con el objetivo de simplificar la búsqueda, con una relevancia suficiente, sin olvidar el fenómeno de la saturación de la información, y que sean de amplio espectro, como son: Google Scholar, PubMed y Scopus.

2. Resultados

2.1. Definición de neurodidáctica

El enfoque psicopedagógico apoyado en el funcionamiento del cerebro que adecúa la acción didáctica de forma óptima a cada alumno es conocido como neurodidáctica. A esta breve definición podemos anexar que se trata de la intersección entre la didáctica propiamente dicha y la neurociencia. Si comenzamos este análisis desde el conocimiento clásico de la didáctica o, lo que es lo mismo, considerando que en ella se da una conjunción intencional de recursos, normas, procedimientos metodológicos y principios de actuación encaminados a colmar de estos saberes a todo docente del sistema y así potenciar su eficiencia práctica, llegamos al convencimiento de que el rendimiento académico puede mejorar, a partir de la idea de comprobar sistemáticamente que el saber didáctico clásico no es un saber suficiente para vencer el fracaso y los malos resultados en las pruebas generales de rendimiento, abriendo la imperiosa necesidad de instaurar un nuevo enfoque para aplicarlo de forma detenida en las aulas, desplazando el desgastado modelo clásico de enseñanza basado en la verticalidad que sume al alumno como un sujeto pasivo y receptor de la información (Chávez y Chávez, 2020; Morán-Gómez, 2020; Spitzer, 2005).

Comprendemos bien el excelso funcionamiento del sistema nervioso, que se moviliza desde una plasticidad organizativa siempre en movimiento y permite continuas readaptaciones que, modificándose una y otra vez, admiten una mayor dinámica neuroplástica y crean circuitos neuronales derivados de las nuevas experiencias vividas por el sujeto. Los cambios se ven influidos por la constante interacción genética-ambiente. Estas cualidades son idiosincrásicas, es decir, únicas e irrepetibles para cada sujeto (Sotelo, Barrientos y Arigita, 2019). Todo el conocimiento adquirido, tanto desde las neurociencias como desde la enseñanza práctica, se enfoca hacia una necesidad ineludible: personalizar la educación. Esta vertiente, aunque no nueva, selecciona los medios necesarios para posibilitar un aprendizaje óptimo, específico y único para cada alumno (Howard-Jones, 2011).

La direccionalidad de la neurodidáctica se encamina hacia la comprensión de todos los procesos accesibles del entramado total que el sujeto pone a funcionar en el aprendizaje. La neurodidáctica, idealmente, adapta los parámetros educativos, favoreciendo la interacción entre el despliegue de los contenidos y las competencias individuales, especialmente desde la atención como función ejecutiva (Chávez y Chávez, 2020; Posner y Rothbart, 2007).

2.2. Didáctica y cerebro cambiante

La posibilidad de incidir intencionalmente en el acto educativo aumenta considerablemente al tener en cuenta las cualidades cerebrales de cambio, dirigidas hacia una adaptación didáctica mejorada que produzca aprendizajes más significativos y cambios más intensos en las redes neuronales puestas en juego, de forma que los elementos constitutivos de dichos aprendizajes queden interiorizados con mayor fuerza y memoria al ser gestionados por un set de recursos de procesamiento personal de cada alumno, esto es, del estilo de aprendizaje personal. Al tiempo, la asimilación del contexto facilitador, es decir, su investimento, favorece el fenómeno de recuperación de la información procesada en el momento que se solicite (Morgado, 2014).

Desde el punto de vista interdisciplinar y neurocientífico, se han ido comprobando en situaciones de control los fenómenos adaptativos del sistema nervioso a los variados contextos del sujeto. De entre todos, destacan aquellos donde existe una mayor tasa de aprendizaje o en los que la densidad de asimilación de información es mayor (Jensen, 2010). La neurogénesis, las emociones y su influencia en los productos cognitivos, la plasticidad neural localizada y la interconexión entre diferentes redes, facilitan el uso personalizado del estilo o efecto de aprendizaje (Tokuhama-Espinosa, 2011).

La neuroplasticidad puede definirse como la activación de un conjunto de procesos con cualidades para conseguir efectuar importantes cambios cerebrales. Se trata de cambios significativos en las estructuras que tamizan, controlan y modulan los aprendizajes. En ocasiones, los cambios producen una mejora global en sus efectos sobre la capacidad de aprender del sujeto, otras de forma concreta y específica, pero cambios que pueden modificar patrones de conducta completos y complejos. La experimentación en laboratorio aporta información relevante sobre la capacidad de cambio desde vivencias experienciales, especialmente en momentos escolares de aprendizaje (Hardiman, 2012).

Es posible observar una extensa base experimental aportante de un amplio conocimiento sobre cómo el cerebro crea capacidad de aprendizaje, a partir de una multiplicación específica de conexiones sinápticas, observando cómo no solo favorece el aprendizaje del discente, sino que también posiciona de forma ventajosa la capacidad docente de programar, de crear situaciones idóneas de asimilación de conceptos, hechos y principios, aportando un plus en el acto mismo de enseñanza-aprendizaje. Igualmente se sabe que una exagerada carga curricular inhibe estos fenómenos de cambio neuronales, incidiendo en la calidad del aprendizaje final (Briones-Cedeño, Castro-Cárdenas, et al., 2020; Koski, Iacoboni, Dubeau et al., 2003).

Pensamos que todo educador necesita entender estas afirmaciones dirigiendo su interés a indagar sobre el efecto de materia curricular extensa y para transmitir a sus alumnos otra forma de autogestión más centrada en el autólogo, y que sean el docente y la administración la base de todo autoaprendizaje, sin eclipsar el protagonismo discente, marcando con claridad los objetivos a conseguir y todos los pasos del proceso. La meta es lograr un avance en la construcción de conocimiento con significado que se oriente hacia la materia con mayor importancia (Marina, 2011).

Al igual que es posible la destrucción y creación constante de nuevas estructuras sinápticas a través de la neurogénesis, el cerebro tiene capacidad para generar neuronas nuevas en cualquier momento de la vida. Algunas áreas cerebrales que han dado resultados positivos en laboratorio serían el hipocampo y el bulbo olfatorio (Pulido y Ramírez-Ortega, 2020; Yoneyama, Shiba, Hasebe et al., 2011).

Se deben tener en cuenta algunos factores importantes a la hora de considerar tanto la plasticidad como la neurogénesis cerebral. Esta clasificación es un compendio abierto, no descriptivo ni exhaustivo, pero que aglutina los factores en tres categorías. Cabe mencionar que algunos factores que aparecen en una de las categorías, también pueden verse en otras en función del análisis (Tokuhama-Espinosa, 2011).

2.3. Factores asociados a la neurogénesis

- Factores predisponentes: factores que predisponen a los procesos de creación de nuevas neuronas y/o a la creación de nuevas sinapsis. Por ejemplo, la genética. Un sujeto puede tener una cierta predisposición genética a fomentar la neurogénesis o a que esta sea más lenta o dificultosa. No está tan claro el efecto diferencial entre los estilos de aprendizaje.

- Factores precipitantes: factores que generan un estado inicial más potente de neurogénesis y/o un estado inicial de creación de nuevas sinapsis. Por ejemplo, el entrenamiento cerebral es fuente de necesidad plástica en función de los cambios notables de esfuerzo intelectual hasta ciertos límites, cuestión que se ha visto desde el trabajo de algunos autores, cómo el aprendizaje aparece de forma más notoria y controlada a partir de un estilo individual más definido, aunque no necesariamente enmarcado en un estilo de aprendizaje concreto y siempre considerando que el alumno constituye una unidad indisoluble, poniendo en juego todos los sentidos cuando aprende.

- Factores de mantenimiento: factores que mantienen la creación neuronal y/o conexiones sinápticas. Por ejemplo, el aprendizaje sostenido y el entrenamiento cerebral a ciertos niveles de demanda de recursos mentales del alumno bajo un tamiz estilista.

Sabemos que, funcionalmente, el motor del comportamiento emocional surge del sistema límbico. La amígdala, una pequeña zona de este sistema, actúa como cerradura de la memoria emocional, localizada esta de forma más o menos exacta en el hipocampo. El motor del procesamiento cognitivo se sitúa, aunque no solo, en el córtex prefrontal íntimamente conectado al resto del córtex, donde diferentes zonas regulan complejas conductas representativas de los estados emocionales y los procesos cognitivos. Los tres registros mantienen una interacción constante, de tal modo que a veces resulta complicado hacer delimitaciones precisas en ambientes naturales, tales como cuando un alumno queda sumergido en situaciones de aprendizaje significativo que requieren un gran nivel de actividad por su parte (Blakemore y Frith, 2011).

Estas situaciones de interacción entre las diferentes redes neurales implicadas proveen de recursos y capacidad de adaptación individual a cada persona, en cuanto a la correcta regulación emocional, el producto intelectual, la conducta proactiva y su potencial de aprendizaje. De los argumentos anteriores se desprende que debe haber una activación precisa y aceptable de cada registro en combinación con los otros.

En este sentido, el desarrollo emocional debe atenderse especialmente en el seno familiar y la continuidad de los aprendizajes conductuales más específicos, como técnicas y hábitos de estudio; cualidades más intelectuales, como el desarrollo de la curiosidad, el pensamiento lógico, etc., deben desarrollarse en sus inicios en los centros escolares y ser apoyados y potenciados por la familia (Belmonte, Bernádez-Gómez y

Conzi-Mehlecke, 2020; Medina, 2009). El producto final debería ser un sujeto altamente motivado para el aprendizaje activo, con un buen desarrollo del control emocional, sumado a unas buenas cualidades intelectuales; el alumno debe aprender a aprender, ajustando sus emociones a las situaciones y al contexto concreto, y mantener una buena actitud intelectual.

Siguiendo a Sotelo et al. (2019), una visión extensa de aprendizaje considera mente y cuerpo como las dos caras de la misma moneda, cuestión unificada en cada estilo de aprendizaje. La propia química corporal, asociada al aprendizaje en función de la intersección sistema nervioso-sistema endócrino, ejercen de sistema de filtraje de estímulos y generan una selección concreta del flujo informativo, que llega a las redes neuronales puestas en juego y activa o modera la atención. El resultado mnésico es variado y puede ir desde una modificación ligera, a la más rotunda direccionalidad, para bien o para mal.

Desde el ámbito científico se confirman ciertos momentos cargados de sensibilidad en la adquisición de determinados tipos de aprendizaje, donde se localizan unos periodos sensibles, que acontecen en los primeros años de la vida de las personas, que permiten verificar y comprender el impacto de las programaciones didácticas aplicadas en los centros escolares para favorecer la multiplicación de conexiones neurales, que faciliten la creación y el desarrollo de redes de aprendizaje que pueden ser el comienzo del futuro estilo personal de abordar las situaciones de aprendizaje. Se puede apreciar acá uno de los grandes motores de la neuroeducación. Es necesario posicionarse en el punto de vista de un aprendizaje intencionalmente programado y adecuado a las características idiosincrásicas del grupo de edad, considerando la precocidad del momento y con base en la necesaria especificidad didáctica (Howard-Jones, 2014).

2.4. La base neural cerebral humana se modifica con la experiencia

La neuroplasticidad facilita, como motor activo de las redes neuronales, una funcionalidad regenerativa, eliminando y formando cientos de miles de conexiones sinápticas previas y nuevas (Ortiz, 2009). Las modificaciones contextuales, tales como incidentes y accidentes, cambios significativos en los entornos inmediatos del alumno, azarosos o no, producen cambios en cualquier momento del ciclo vital, sin permanencia ni caducidad. Más bien, sujeta al influjo de los nuevos aprendizajes venideros.

Dentro de las rutinas habituales de aprendizaje el cerebro crea conexiones neuronales nuevas y modifica las existentes. Si se considera un modelo en el que existen itinerarios neuronales específicos y direccionales, no quedan exentos de nodos de relación e interacción entre diferentes redes, que generalmente influyen en los momentos en que dichas interacciones son requeridas. Estas rutas se establecen a partir de la praxis. La repetición constante produce nuevos aprendizajes, fortaleciendo las transmisiones sinápticas con la suficiente fortaleza para imprimir una huella neural significativa (Lara-Cruz, et al., 2020; Willis, 2008). Al mismo tiempo, el esfuerzo del alumno debe aproximarse a la forma y ruta de recuperación de ese conocimiento, es decir, el docente ha de considerar de forma insalvable el principio de codificación específica, cuestión común a todos los estilos de aprendizaje (Tokuhama-Espinosa, 2011).

El fenómeno que hace referencia a la multiplicación de neuronas nuevas en el cerebro es la neurogénesis; es de suma importancia en los procesos de aprendizaje. La investigación neurológica confirma el nacimiento de nuevas neuronas a partir de células madre en diferentes lugares del cerebro, que posteriormente la función glial se encarga de sus desplazamientos a zonas más necesitadas (Arias-Carrión, et al., 2007).

En el caso de la neuroplasticidad inducida intencionalmente, sabemos que las tareas que requieren mayor carga intelectual son precisamente las que mayor estimulación aportan a esta plasticidad tan especial e importante, bajo el supuesto de que el córtex prefrontal está más especializado en procesar la estimulación proveniente del contexto que otras zonas del cerebro, inclinando la balanza del influyente lado de la estimulación ambiental, y restando importancia al peso genético. Por tanto, el entrenamiento cognitivo y de las habilidades ejecutivas generan plasticidad cerebral (Kempermann, Gage, Aigner et al., 2018; Tartt, Fulmore, Liu et al., 2018). Esto supone una estimulación que pone en juego la experiencia que el cerebro necesita para crear redes neuronales nuevas y desarrollar miles de conexiones sinápticas entre grupos de neuronas. La existencia de grandes diferencias entre el trabajo por áreas de interés y las tareas rutinarias impositivas por coacción se basa en que el incentivo, la motivación, el control de la tarea y del tiempo aportan un extra de activación individualizada e idiosincrásica, y aumenta los índices neuroplásticos. De todo esto se desprende la gran importancia de la personalización de la enseñanza en todas las etapas del itinerario escolar, de educación infantil al doctorado, sin olvidar la formación recurrente y otras modalidades (Davidson y Begley, 2012).

2. 5. El cerebro enlaza el saber acumulado y el recién adquirido

La adaptación y readaptación del ser humano a su contexto es constante; no busca solo su supervivencia, sino que intenta de forma tenaz la creación y sumación de cultura a través de nuevos aprendizajes. Sabemos que, aunque con muchas restricciones, la autorregulación aporta potencialidad para regenerarse. Si se toma como punto de partida la teoría de esquemas, abrimos la perspectiva del ser humano como un organismo dinámico, autónomo y con una gran capacidad de autodirección. De eso se trata, de esgrimir esas potencialidades de forma práctica para dar sentido a un permanente autoaprendizaje, o lo que es lo mismo, a un aprendizaje auto adaptado a las necesidades propias de cada alumno, direccionado a partir de un estilo concreto de procesamiento (Sousa, 2011).

Los procesos de adaptación mencionados ponen sobre el tapete dos constructos acuñados por Piaget con base en la dinámica interactiva sujeto-contexto, alumno-sistema: nos referimos a la asimilación y a la acomodación. Decimos que asimilamos cuando el input externo queda incluido en los esquemas de conocimiento ya existentes. Si asimilar no es posible, modificamos los esquemas de conocimiento previos que se acomodan a las situaciones nuevas (Jensen, 2010; Pimiento-Idiarte, et al., 2020).

Existe un estrecho vínculo entre estos procesos adaptativos y es vital comprender que, a pesar de que pueden ser considerados como procesos contrapuestos, también funcionan de forma coordinada y complementaria. El objetivo siempre es conseguir una adaptación adecuada, óptima, por lo que es necesario que estos dos procesos lleguen a un equilibrio funcional. Debemos añadir que no existen las acomodaciones o asimilaciones puras, sino que estos dos fenómenos mentales se entrelazan y aportan distintas proporciones de adquisición de conocimiento.

Creemos firmemente que estos dos procesos, asimilación y acomodación, van más allá de ser simples procesos adaptativos; pensamos que son el motor del desarrollo cognitivo ontogenético. En la evolución personal de cada sujeto se asimila toda novedad informativa, se procesa información constantemente hasta que la capacidad de procesamiento se ve saturada y no asimila más. Es en este momento cuando tiene que generarse un cambio cualitativo más avanzado, poniendo en juego la acomodación. Y a partir de este pool, asimilando y acomodando, el sujeto va desarrollándose y moviéndose hacia estadios más avanzados (Forés y Ligioiz, 2009; Pimiento-Idiarte et al., 2020).

2.6.- Contraste entre enseñanza clásica y neuroeducación

De la mano del poder burgués y en el seno europeo, surge en el siglo XVII lo que hoy llamamos la escuela tradicional a partir de una cierta mezcla de necesidad y de esnobismo, dejando como herederos los sistemas modernos de instrucción pública y privada. Sus principios didácticos dotan a los centros de la responsabilidad de llegar a todos y es el principio del desarrollo cultural, intelectual, religioso y técnico. Al profesor se le atribuye un papel epicéntrico y sublime entre todas las cosas y, al ser el agente sabio y magno del proceso de enseñanza-aprendizaje, todo el saber mana de él; es la indiscutible autoridad y el portador del conocimiento total y absoluto. Es el origen de una espartana disciplina de carácter férreo y paternalista, etnocéntrica y coercitiva (Howard-Jones, 2011, 2014).

El profesor se sitúa en el espacio superior de un proceso escasamente interactivo, asumiendo un papel egocéntrico y directivo, siendo el protagonista de todo acto de enseñanza. Portador de la verdad absoluta, transmite el saber verticalmente, mientras que el alumno adquiere y juega un papel receptor y pasivo, movilizándolo la información y los conocimientos que le llegan a través de técnicas de repetición, en un ambiente prácticamente unidireccional que prioriza el flujo verticalizado de contenidos. No es común trabajar hechos vivenciados, siendo mucho más valorado lo intelectual, fragmentando el conocimiento y dotando a la exposición magistral presencial de todo poder didáctico, aplicando, de forma sumativa, una evaluación final como demostración del saber acumulado (Tacca, Tacca y Alba, 2019).

La perspectiva neurodidáctica promueve considerar como base del proceso de enseñanza aprendizaje, el correcto funcionamiento cerebral y sus capacidades potenciales. Considera habilidades estilísticas del discente en un rango amplio de actividad neurológica, modificando el aprendizaje y creando una huella mnésica más duradera. La organización del establecimiento escolar cambia para favorecer esta nueva visión de transmisión cultural, en la que el protagonista no es ya el profesor, sino el alumno. El rol del docente es afianzado y mejor descrito como un director de todos los aprendizajes posibles, un facilitador de recursos para ello, posibilitando experiencias en un ambiente sin presunciones, activo y vivenciado. El discente se adhiere a un papel dinámico y directo de cuya actividad surge la responsabilidad de unos aprendizajes de calidad. Los contenidos son propuestos, transformados activamente, asimilados y acomodados de forma idiosincrásica para cada alumno, lo que genera un efecto de

feedback altamente motivante y positivo para todos los agentes involucrados. La neurodidáctica muestra el camino para una verdadera personalización del proceso de enseñanza-aprendizaje sin restar valor al conocimiento, prescribiendo áreas de interés personalizadas dentro de cada materia (Morgado, 2014).

Si el objetivo es el diseño de situaciones de enseñanza-aprendizaje favorables, es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones desde la perspectiva de la neuroplasticidad y la inteligencia ejecutiva (Montanero, 2019).

Una situación de aprendizaje pone en marcha determinados procesos neuropsicológicos: los procesos funcionales se orientan a adquirir y transformar los conocimientos obtenidos de la vida cotidiana y la acaecida intencionalmente en los centros educativos. Basándonos en McAndrews, Cohn y Gold (2020):

- Las redes neuronales activadas generan procesos de adaptación constante: Una de las características más destacadas del cerebro es la capacidad asociativa interna e indica una evidente función de adaptación que se muestra en sus diferentes manifestaciones de forma alternativa y simultánea.

- El cerebro construye nuestra red social: Las capacidades neuroplásticas en respuesta a las interacciones contextuales con los demás, generan una trama de orden social que incluye contextos, roles, modelos de relación, etc.

- Una conjunción de redes neuronales produce una trama neuronal compleja en continua búsqueda de significado: En una incesante acumulación de procesamientos con sentido, aporta estructura y significado al conjunto experiencial con agrupaciones de aprendizajes. Es inherente al cerebro una alta capacidad para completar formas a partir de informaciones parciales.

- Los cimientos de los aprendizajes son hábitos y rutinas: Los hábitos son clústeres de información que contienen acción y procedimiento, los cuales se generan desde la repetición. Estos hábitos surgen de forma automática cada vez que son requeridas las rutinas que contienen y aumentan la probabilidad de que cuando se necesite cubrir una necesidad del tipo de las rutinas, estas sean activadas de forma automática, es decir, la frecuencia con que se activan producen mayor facilidad de que se activen de forma no consciente en el futuro.

- Triangulación de la experiencia: Para su análisis, toda conducta puede ser analizada en tres niveles. Una representación mental, que puede ser una imagen, un pensamiento, una idea, etc.; una emoción y una conducta. Para que el aprendizaje sea

completo y significativo, es necesario considerar el alcance específico del material a aprender en relación con estos tres registros. Estos tres registros deben darse a la vez, aunque puede ocurrir que no se den con la misma intensidad; de otro modo aparecería un fenómeno conocido como disociación, cuyo efecto enturbia el aprendizaje.

- Acto perceptivo simultáneo: Se ha de considerar el hecho de que el cerebro trabaja en red. A pesar de que el reduccionismo biológico afirma, y no sin razón, haber descubierto algunas funciones específicas en determinadas zonas del cerebro, no existen suficientes argumentos científicos para comprobar que toda la importancia funcional sea responsabilidad de las zonas más activadas.

- Aprender activa un procesamiento consciente y otro inconsciente en segundo plano (Fletcher y Grigorenko, 2017):

-Se postula un dispositivo funcional generador, en el que se incluye el conjunto de informaciones que el alumno ha manejado e integrado de forma completa en los aprendizajes acaecidos hasta el momento. Se trata de un compartimento con ciertas reglas de funcionamiento que tiene como fin: asimilar, acomodar, procesar, relacionar, evaluar y recuperar el conocimiento. Este nivel de procesamiento mantiene tres consideraciones importantes. En primer lugar, es un procesamiento automático. En segundo lugar, es inconsciente. En tercer lugar, no consume recursos de la atención o, dicho de otro modo, el sujeto no se esfuerza en activarlo. Cuando se recupera información a través de este mecanismo, la información pasa a un nivel consciente tras activarse en el plano inconsciente, es decir, se activan automáticamente los hábitos que concuerdan con las demandas del medio y después entra en juego el plano consciente, por ese orden.

-Un segundo complejo a medio camino entre teoría y práctica, pero más susceptible de contrastarse en la praxis, se promueve ampliamente en muchas aulas en todo el mundo; se trata del modelo ejecutivo de inteligencia, o el óptimo uso de las funciones ejecutivas. La triada conceptual que soporta el modelo es:

- a.- no es un procesamiento automático, aunque se apoya en él;
- b.- busca la máxima consciencia en el procesamiento;
- c.- consume constantemente recursos cognitivos y atencionales.

El nivel consciente asegura la marcha del aprendizaje con la ayuda de la metodología correcta.

- El procesamiento memorístico: Al consultar la literatura correspondiente buscando una explicación teórica de la memoria, se comprobó la existencia de una pluralidad de modelos. Uno de los más creíbles y potentes es el modelo compartimental, aunque desde dichos postulados se plantea a expensas de la idea de que la memoria no tiene una localización exacta, ni zonas en el cerebro que estén determinadas expresamente a tal efecto, es una estructura teórica muy manejable y concordante con la praxis, y que aporta referencias para la investigación y el diseño. El modelo defiende la existencia de tres artefactos memorísticos: una memoria sensorial muy limitada, una a corto plazo y una más amplia a largo plazo. Estas tres fuentes de almacenaje crean un circuito interactivo (Atkinson y Shiffrin, 1968). Si a este modelo le añadimos una memoria de trabajo o funcional, completamos el set de artefactos o compartimentos de memoria humana que la dotan de una alta capacidad dinámica de movilidad y gestión de datos (Baddeley, 2010).

- El aprendizaje desarrolla la plasticidad neural: El sistema nervioso en su conjunto, y especialmente el cerebro, es parcialmente moldeable al estar bajo la influencia de las experiencias personales y de los aprendizajes, sobre todo los que son intencionales y sistemáticos, aunque también lo es a las experiencias muy significativas, o lo que es lo mismo, la plasticidad se ve modificada, sobre todo cuando la situación de aprendizaje se apoya en momentos y experiencias de elevada intensidad, tanto positivas como negativas. Las aseveraciones anteriores, junto con la consideración de los estilos de aprendizaje, arrojan luz acerca de la programación para las aulas (McAndrews, et al., 2020).

- La existencia de marcadas diferencias individuales en la forma de procesar la información: Los estilos de aprendizaje marcan una pauta importante (Pérez-Guerrero y Ruiz, 2020). Todas las personas se desarrollan de forma más o menos progresiva desde el mismo momento de la concepción. El código genético, el ambiente y la interacción entre ambos dirigen alteraciones en las tendencias de aprendizaje, si la estimulación es lo suficientemente intensa. Lo cierto es que cada persona matiza y diferencia su forma de procesar información, movilizar y relacionar el conocimiento, abordar la adquisición de conocimiento con un estilo de aprendizaje específico. Es interesante el desarrollo de la idea de que cada individuo enfoca sus vivencias diferencialmente con su particular punto de vista y perspectiva, es decir, que aporta una dosis de independencia suficiente como para pensar que la educación personalizada es el camino correcto y necesario.

2.7. Estilos de aprendizaje

La neurodidáctica se centra en utilizar una lógica de enseñanza con base en el funcionamiento del cerebro, por lo que estima la idiosincrasia de modo con que cada alumno promueve sus propios aprendizajes, su estilo propio. Establecer una conceptualización precisa de lo que sean los estilos de aprendizaje sostiene una gran carga y aglutinamiento de cualidades, que se dan de forma similar en multitud de seres humanos cuando de aprender se trata. Vemos en esto una pérdida de cualidad personal muy particular en cada caso o, dicho de otro modo, dicha agrupación de cualidades va en claro detrimento de la personalización de la enseñanza, ya que lo específico e idiosincrásico se resiente, en buena parte, a favor de la aplicación generalizante en el formato en el que los estudiantes abordan sus aprendizajes. Estos estilos no pueden verse directamente, pero sí adscribirse a un modelo concreto que represente, lo más fielmente posible, la manera en que cada sujeto prefiere poner en marcha un conjunto de estrategias que le es útil, para configurar y estructurar contenidos, interaccionar con los diferentes ambientes y situaciones de aprendizaje en las que se ven envueltos, manipular conceptos, involucrar tendencias sensoriales preferentes, y desplegar el control emocional y afectivo necesario para llegar al éxito y al aprendizaje significativo (Riener y Willingham, 2010).

Desde esta doble perspectiva, aportar a cada alumno una perspectiva propia respecto al procesamiento de sus aprendizajes, con tareas personalizadas, considerando aspectos específicos personalizantes durante el transcurso de la clase y describir las formas de abordarlas, nos indica, al igual que en lo referente a toda actividad humana, que existe una dualidad que no se puede ignorar: las personas aprenden de distintas formas (Martínez-Álvarez, 2019).

Llegar a un equilibrio que consideremos suficiente en la praxis, supone igualmente una conceptualización general, es decir, el despliegue de los modelos de aprendizaje, y una matización individual permanente sobre el sujeto relacionado con dicho modelo, esto es, la personalización real en las aulas (Pashler, 2008; Pérez-Guerrero y Ruiz, 2020).

2.7.1. Modelo de Felder y Silverman

En este modelo se establecen cinco dimensiones, obtenidas desde las siguientes premisas (Felder y Silverman, 1988):

- Tipo de información

- Modalidad sensorial
- Tipo de procesamiento
- Organización de la información
- Forma de progreso

A partir de aquí, los autores realizan la clasificación:

→ Sensitivos-Intuitivos: En esta dimensión se recorre un trayecto entre el polo sensitivo activando redes neurales de procesamiento sensorial en alumnos que buscan la practicidad de sus actos a través de un alto nivel de concreción y procedimiento, mantienen el interés por la resolución de problemas prácticos, son minuciosos con los detalles, sobre todo si están conectados con la realidad, y el polo intuitivo, donde se encuentran discentes que buscan innovar, activan sus procesamientos neuronales secundarios, huyendo así de lo repetitivo en la construcción de teorías, dada su alta sensibilidad a asimilar conceptos nuevos, memorizan fácilmente, son buenos en matemáticas y en resoluciones abstractas, pero sobre todo por orientación relacional.

→ Visuales-Verbales: Esta dimensión otorga un espacio entre el polo visual, desde donde los alumnos tienen preferencias visuales de obtención de información, dado que recuerdan muy bien lo que pueden ver; y el polo verbal, en el que se destaca la información lingüística, escrita y hablada al recordar con más facilidad lo que oyen y pueden leer.

→ Activos-Reflexivos: El polo activo representa un alto nivel de actividad, un aprovechamiento y mayor retención de la información obtenida a partir de actividades de debate, explicativas, que pueden tener buena aplicabilidad, destacando en su rendimiento con el trabajo práctico en grupo. El polo reflexivo interioriza habitualmente la información a partir del pensamiento, así como del acto reflexivo, apreciando más el trabajo en solitario.

→ Secuenciales-Globales: El polo secuencial proporciona una visión del alumno que avanza paso a paso a través de un hilo argumental lineal, lógico y ordenado, que le lleva a la resolución de problemas a partir de un orden incremental. El polo opuesto al anterior, el global, aporta una visión del alumno que avanza a grandes pasos, a partir de un punto de vista de los datos como totalidad, agrupando y completando información con carácter innovador. Pueden mantener actitudes descriptivas en la resolución de

problemas, conservando el punto de vista contextual, sin perder de vista el escenario donde se desarrolla la problemática.

→ Inductivo-Deductivo: El polo inductivo representa alumnos con una gran capacidad de construcción de principios generales a partir de un conjunto de observaciones particulares. El polo deductivo expresa la búsqueda desde las posibilidades fundamentales o generales en busca de los hechos aplicables y particulares, al observar cualidades individuales de un fenómeno y aunar las coincidencias y elementos comunes en una categoría definible, por ejemplo, cuando se observa que todos los árboles de un bosque tienen hojas percederas.

2.7.2. El Modelo de Herrmann

Este modelo porta una perspectiva de funcionalidad cerebral de la que se derivan cuatro espacios, resultantes de cruzar los dos hemisferios, derecho e izquierdo, con las redes neuronales límbicas y corticales. Cada entrecruzamiento supone una caracterización funcional diferente (Herrmann, 1981):

- Zona cortical izquierda

Esta conjunción de redes proporciona altos componentes conductuales que se caracterizan por frialdad emocional, distancia contextual y personal, código lingüístico muy elaborado, contraste de información a través de expresiones irónicas, evaluativas y críticas. Alumno muy autónomo en el momento de aprender, competitivo, analítico, riguroso, preciso y cristalino. Estas cualidades otorgan una alta capacidad técnica y de resolución de problemas basados en abstracciones complejas y matemáticas.

- Zona límbica izquierda

Las redes neuronales desde esta sección del modelo despliegan un comportamiento interior replegado e introvertido, emocionalmente controlado, conservador y fiel a los principios personales y a su aceptación social concreta; dinamiza un gran potencial para detectar realidades con base en la experiencia, dirigiendo y redirigiendo el elemento conductual hacia el poder. Las aportaciones conductuales más destacables son una alta capacidad de planificación procedimental formal, con mayor comodidad en situaciones secuenciales metódicas, las cuales conforman una base positiva para la administración y la promoción facilitadora del liderazgo, además de una gran capacidad de trabajo.

- Zona límbica derecha

Esta zona proporciona una gran capacidad de extroversión espontánea y de verbalización, con gran implicación relacional y de trabajo en equipo, afectiva y con excelente capacidad de integrar la experiencia, al mostrar una actitud hedónica con una incesante tendencia a la búsqueda de sensaciones placenteras que se evalúan una y otra vez; en otras palabras, es la habilidad de transmisión de conocimientos, de expresividad hablada y redacción.

- Zona cortical derecha

Amplio despliegue de creatividad e imaginación, originalidad, potencialidad visual, capacidad asociativa, buen humor, independencia y alto potencial de predicción e innovación. En resumen, esto se refiere a la intuición, a la independencia y al manejo del riesgo.

2.7.3. Modelo de Bandler y Grinder

Desde este modelo se tiene en cuenta una partición triple que permite reflejar tres complejas estructuras o formas de representación mental (Valencia-Gutiérrez, López-Méndez, García-Ramírez et al., 2020).

- Estructura visual

Los alumnos que utilizan las representaciones visuales centran mejor la información procesada por este sentido, esto les ayuda a relacionar conceptos y a abarcar mucha información simultáneamente, pudiendo después derivar de ella abstracciones con mayor facilidad. Gracias a las representaciones visuales de la información, los alumnos tienen una mejor comprensión de su entorno ya que, al recuperar algo de la memoria, lo primero que aparece son las imágenes asociadas a ello. Despliegan una gran necesidad de control sobre su vida, especialmente en los ámbitos laboral y académico.

- Estructura auditiva

La manera del alumno de procesar la información más importante y la que antes y con mayor fuerza se activa es a través del canal auditivo, codificando la información de manera ordenada y secuencial. Estos alumnos se sienten más cómodos con explicaciones orales, en tertulias o debates donde las verbalizaciones de los involucrados priman sobre las imágenes. Activan la sonoridad mental como recurso

memorístico. Se genera un procesamiento más lento de la información que en la modalidad visual; en contraste, poseen una excelente capacidad de organización mental, repercutiendo en su organización general.

- Estructura kinestésica

Los alumnos que procesan principalmente de forma kinestésica resaltan sensaciones y esquemas de movimiento, que producen un profundo aprendizaje con un gran calado en la memoria a largo plazo, aunque también supone un mayor tiempo de asimilación al ser el sistema de procesamiento más lento de los tres. Es una forma de aprendizaje muy particular que no se contrapone con el nivel de inteligencia, ya que se aprende de los actos y se involucra el cuerpo a través del movimiento como un requisito importante para estar cómodos en situaciones de aprendizaje. La sensorialidad del estudiante es amplia y comprometida con su conducta, buscando constantemente el contacto directo con los demás.

Como organismos que aprendemos, las personas suelen dar prioridad a una de las modalidades defendidas por este modelo, dejando de lado las otras dos, pero sin llegar a anularlas. Se mantiene la premisa que mente y cuerpo son las dos caras de la misma moneda, influenciándose mutua y constantemente en los aprendizajes.

2.7.4. Modelo de Kolb

Este modelo toma como punto de partida el mismo principio fundamental que los demás, el procesamiento de la información. Postula que el conocimiento comienza de forma experiencial directa, generando en el alumno un interés por aprender que se vuelve activo en su proceso de aprendizaje, a partir de un despliegue experiencial abstracto o indirecto, en cuyo caso prefiere procesar la información de forma teórica.

Tanto desde el punto de vista abstracto como desde la perspectiva experiencial directa, la información debe modificarse como pensamiento, teniendo como resultado un alumno reflexivo, o bien a partir de un componente activo, generando la idea de un estudiante pragmático.

Kold (1984) añade cuatro fases necesarias para optimizar el aprendizaje, de entre las cuales cada alumno suele instalarse en una o dos como máximo. De la combinación de parámetros surgen cuatro tipologías de discentes en función de la fase preestablecida: activos, reflexivos, teóricos y pragmáticos. El autor afirma que esta fase electa

condiciona y dirige la facilidad de asimilación, siendo mejor o peor en función de la forma o fase predilecta desde la que el estudiante aborda sus aprendizajes, así como de la presentación de la información. Considerando que optimizar un aprendizaje necesita de todas las fases, sería necesario tenerlas en cuenta para gestionar la enseñanza de la forma más adecuada posible.

Siguiendo a Kolb (1984):

- Alumnos activos

Mejoran en sus aprendizajes ante retos y desafíos, especialmente si para conseguirlos necesitan poco tiempo y obtienen un beneficio con inmediatez. Se manejan muy bien en situaciones de crisis. Si se les pide un papel pasivo en su aprendizaje se desmotivan y muestran desinterés, aportando menos al trabajo en equipo y asimilando peor los aprendizajes. Esto empeora aún más si se ven obligados a trabajar de forma individual o se les obliga a trabajar e interpretar mucha cantidad de información.

- Alumnos reflexivos

Analizan detalladamente sus aprendizajes desde múltiples puntos de vista buscando el porqué de las cosas. De esta manera su capacidad de aprendizaje se potencia enormemente. Cuando estas condiciones no pueden cumplirse o se cumplen parcialmente, su potencialidad disminuye consecuentemente.

- Alumnos teóricos

Buscan, preguntan e investigan acerca de temas de interés. Exploran retos teóricos clásicamente académicos, aunque muestran una buena dosis de creatividad organizativa. Se encuentran muy incómodos frente a ambigüedades, en circunstancias de alta emoción y cuando la teoría no satisface sus expectativas o refleja alta incertidumbre.

- Alumnos pragmáticos

Este tipo de alumno busca integrar lo teórico y lo práctico, buscando siempre la utilidad de lo que aprenden. Están incómodos en situaciones donde lo aprendido no puede reflejarse en la práctica, donde no se satisfacen sus necesidades y cuando lo real no se conecta con lo aprendido.

2.7.5. Modelo de los hemisferios cerebrales diferenciales

El cerebro cuenta con dos hemisferios que tienden a procesar la información de forma diferencial. Esto no quiere decir que un tipo de procesamiento concreto sea exclusivo de un solo hemisferio. No obstante, así se ve desde este modelo de estilos de aprendizaje. Veamos hasta qué punto es, a grandes rasgos, utilizable en el aula (Nivela-Cornejo, Echeverría-Desiderio y Otero-Agreda, 2020).

- Principales características asignadas al hemisferio derecho

El hemisferio derecho mantiene un procesamiento holístico, global, gestáltico, representando la totalidad de las cosas a partir de la impresión total de los sentidos y a sus posibles combinaciones a nivel neurológico. En él se activan redes neuronales de interpretación y razonamiento espacial, redes creativas e imaginativas con tendencias no verbales, dando prioridad a la construcción total de los estímulos; de forma intuitiva extrae información útil para la comprensión de la globalidad de la situación, visualizando e interpretando imágenes asociadas con el arte, la creación y la originalidad; dado a la reflexión intuitiva y tendente a la innovación, a una apertura intuitiva y divergente orientada a la novedad. Asimismo el origen del arte es supuesto en este hemisferio. Es necesario recordar que ninguno de los dos hemisferios es suficiente por sí mismo, necesita coordinarse con el otro para poder realizar las funciones que se le atribuyen.

- Principales características asignadas al hemisferio izquierdo

Este hemisferio se orienta hacia la seriaciones secuenciales y temporales, un estímulo, después otro, etc. Directamente vinculado con la expresividad lingüística al localizarse en él las áreas del lenguaje. Desarrolla una gran capacidad analítica y habilidades verbales, íntimamente relacionadas con los razonamientos numérico y lógico. Estas zonas del cerebro utilizan rutas secuenciales para mover la información.

2.7.6. Los estilos de aprendizaje y el aula

Los mecanismos de funcionamiento cerebral sugieren una avanzada idea compuesta de dos orientaciones de aprendizaje y pensamiento; del mismo modo, ofrece dos formas de ver la enseñanza. De ordinario en todo centro y aula, existirán ambas modalidades funcionales relacionadas con el procesamiento diferencial mono-hemisférico, aunque el cerebro siga trabajando como un todo sincrónico. La direccionalidad mono-hemisférica es en parte elegida por el alumno, marcando su comportamiento y asimilación de contenidos. Un alumno hemisféricamente zurdo entenderá sin dificultad un determinado grupo normativo gramatical, es decir, abstracción de pensamiento; y un alumno

hemisféricamente diestro concretará y matizará los mejores ejemplos al respecto, no encontrándose en ese momento en condiciones de comprender tal conjunto de normas de forma clásica (Hatami, 2012).

Es importante aunar los sistemas de representación con la perspectiva de pensamiento, tomando en cuenta los estilos de aprendizaje y la diferenciación hemisférica. Los alumnos visuales y holísticos desarrollarán el mismo grupo conceptual ofrecido también a un grupo de alumnos orientados a la lógica, pero de forma totalmente distinta. Esta es la principal razón de desarrollar una didáctica que unifique ambos campos de procesamiento cerebral, activando ambos hemisferios y coordinando las dos formas de pensamiento.

Como orientación a los docentes sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, Hatami (2012) propone:

- Para comenzar, resulta interesante una explicación breve sobre lo que se va a realizar en clase y su posible relación con otros fragmentos del temario, incluso de otros conocimientos ya adquiridos.
 - Desarrollar contenidos de forma simbólica y abstracta desde o hacia ejemplos de amplia concreción.
 - Utilizar de forma combinada un lenguaje que pueda abarcar ambas perspectivas, alternado actividades orientadas a uno y otro modo de procesar la información.
 - Si existe una pronunciada tendencia de uso de uno de los dos hemisferios, equilibrar la actividad del alumno.
 - Partir de la base de que en nuestro entorno social y laboral se valora más el procesamiento lógico.

Conclusiones

- Respecto a los objetivos específicos

El objetivo específico uno queda expresado en todo el texto, y en él se resalta la importancia de personalizar la enseñanza. La aportación de las neurociencias vuelca un saber de apoyo en el discurrir cotidiano en las aulas, respecto a la tan beneficiosa personalización circunstancial de la intervención docente en las aulas, cuestión que se materializa en lo funcional a partir de la puesta en juego de los estilos de aprendizaje. Personalizar es lo más apoyado neurocientíficamente, destacándose la parte más implícita para el profesorado.

En relación al objetivo específico dos, los avances en regeneración, desarrollo y crecimiento del sistema nervioso y su influencia directa en los alumnos que están en permanente cambio, se asumen con la idea de que las estructuras cerebrales pueden desarrollarse con el aprendizaje y paralelamente a este, y que supone para el profesor un importante apoyo en su intervención en las aulas, tanto durante las clases, como en la preparación y la programación docente.

Desde la visión del objetivo específico tres, la existencia de diferentes formas de aprender por parte de los discentes pone en juego los conceptos diferenciales que indican variados modos de procesar la información cuando se aprende, a través de modalidades o estilos de aprendizaje que muestran una vía regia para personalizar la enseñanza.

- Respecto del objetivo general

Como se puede apreciar, los objetivos específicos dan cuenta de la enorme importancia del saber de las neurociencias en la práctica docente, plasmándose en una realidad claramente definida. Los cambios neuroquímicos que producen aprendizaje y fijan el conocimiento en las estructuras cerebrales, se benefician y potencian si se consideran las diferentes formas de activación de redes neuronales que están detrás de los estilos de aprendizaje, matizándose en función de la personalización docente.

Referencias

Arias-Carrión, O., Olivares-Bañuelos, T. y Drucker-Colín, R. (2007). Neurogénesis en el cerebro adulto. *Revista de Neurología*, 44(9), 541-550. https://www.academia.edu/26096206/Neurogenesis_in_the_adult_brain?auto=citations&from=cover_page

Atkinson, R. C. & Shiffrin, M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89-195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)

Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20, Issue 4(23), 136-140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>

Belmonte, M. L., Bernárdez-Gómez, A. y Conzi-Mehlecke, Q. T. (2020). La relación familia-escuela como escenario de colaboración en la comunidad educativa. *Revista Valore*, 5. <https://doi.org/10.22408/revva502020465e-5025>

Blakemore, S.-J. y Frith, U. (2011). *Cómo aprende el cerebro: las claves para la educación*. Ariel.

Briones-Cedeño, G. C., Castro-Cárdenas, M. P., Lema-Paucar, M. L. y Rodríguez-Gómez, M. (2020). Cerebro y aprendizaje papel fundamental en la innovación educativa. *Localización: Dominio de las Ciencias*, 6(3), 919-931. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1325>

Chávez, L. M. y Chávez, R. L. (2020). Neurodidáctica como alternativa innovadora para optimizar el aprendizaje. *Revista Varela*, 20(56), art. (01), pp. 145-157. <http://revistavarela.uclv.edu.cu>

Davidson, R. y Begley, S. (2012). *El perfil emocional de tu cerebro*. Destino.

Felder, R. y Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Semantic Scholar*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:140475379>

Fletcher, J. M. & Grigorenko, E. L. (2017). Neuropsychology of Learning Disabilities: The Past and the Future. *J. Int. Neuropsychol*, 23(9-10), 930–940. doi: <http://doi.org/10.1017/S1355617717001084>

Forés, A. y Ligoiz, M. (2009). *Descubrir la neurodidáctica: aprender desde, en y para la vida*. UOC.

Geake, J. y Cooper, P. (2006). Cognitive Neuroscience: Implications for Education? *Westminster Studies in Education*. DOI: <https://doi.org/10.1080/0140672030260102>

Gimeno-Sacristán, J. (1991). *El currículum. Una reflexión sobre la práctica*. Morata.

Grospietsch, F. & Mayer, J. (2020). Misconceptions about neuroscience – prevalence and persistence of neuromyths in education. *Neuroforum*, 26(2), 63–71. DOI: <https://doi.org/10.1515/nf-2020-0006>.

Hardiman, M. (2012). *The brain-targeted teaching model for 21 st-century schools*. Corwin.

Hatami, S. (2012). Learning styles. *ELT Journal*, 67(4), 488–490. <https://doi.org/10.1093/elt/ccs083>

Herrmann, N. (1981). The Creative Brain. Eric Collection. *Training and Development Journal*, 35(10), 10-16. <https://eric.ed.gov/?id=EJ251892>

Howard-Jones, P. (2011). *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. La Muralla.

Howard-Jones, P. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15.

Jensen, E. (2010). *Cerebro y aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas*. Narcea.

Kempermann, G., Gage, F. H., Aigner, L., Song, H., Curtis, M. A., Thuret, S., Kuhn, H. G., Jessberger, S., Frankland, W. P., Cameron, H. A., Gould, E., Hen, R., Abrous, D. N., Toni, N., Schinder, A. F., Xinyu Zhao, X., Lucassen, P. J. y Frisén, J. (2018). Human Adult

Neurogenesis: Evidence and Remaining Questions. *Cell Stem Cell*. 23(1), 25-30.
<https://doi.org/10.1016/j.stem.2018.04.004>

Kolb, D. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Koski, L., Iacoboni, M., Dubeau, M. C., Woods, R. P. & Mazziotta, J. C. (2003) Modulation of cortical activity during different imitative behaviors. *Journal of Neurophysiology*, 89, 460–71. <https://doi.org/10.1152/jn.00248.2002>

Lara-Cruz, A., Ángeles-Llerenas, A., Katz-Guss, G., Astudillo-García, C., Rangel-Eudave, N. G., Rivero-Rangel, G. M., Salvador-Carulla, L., Madrigal-de-León, E. y Lazcano-Ponce, E. (2020). Conocimiento sobre trastornos del neurodesarrollo asociado con la aceptación del modelo de educación inclusiva en docentes de educación básica. *Salud pública mex.*, 62(5), 569-581. <https://doi.org/10.21149/11204>

Marina, J. A. (2011). *El cerebro infantil: la gran oportunidad*. Ariel.

Martínez-Álvarez, I. (2019). Neuropsicología de las estrategias de aprendizaje y la atención en alumnos de 6.º de Educación Primaria. *Revista de Estilos de Aprendizaje / Journal of Learning Styles*. <https://orcid.org/0000-0002-4534-4072>

Medina, J. (2009). *Brain rules: 12 Principles for surviving and thriving at work, home and school*. Pear Press.

McAndrews, M. P., Cohn, M. y Gold, D. A. (2020). Infusing cognitive neuroscience into the clinical neuropsychology of memory. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 32, 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.01.011>

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P. y Stewart, L. A. (2016). Ítems de referencia para publicar Protocolos de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: declaración PRISMA-P 2015. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(2), 148-160. <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.20.2.223-3>

Montanero, M. (2019). Métodos pedagógicos emergentes para un nuevo siglo. ¿Qué hay realmente de innovación? Teoría de la Educación. *Revista interuniversitaria*, 31(1), 5-34. <https://doi.org/10.14201/teri.19758>

Morán-Gómez, Y. A. (2020). *Neurodidáctica para la construcción de aprendizajes en educación preescolar* [Tesis de investigación. Benemérita y Centenaria Escuela Normal del Estado de San Luis de Potosí]. <https://repositorio.beceneslp.edu.mx/jspui/handle/20.500.12584/478>

Morgado, I. (2014). *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*. Ariel.

Nivela-Cornejo, M. A., Echeverría-Desiderio, S. V. y Otero-Agreda, O. E. (2020). Estilos de aprendizajes e inteligencia artificial. *Polo del Conocimiento*, 5 (09), 222-253. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i9.1686>

Ortiz, T. A. (2009). *Neurociencia y educación*. Alianza.

Pashler, H., McDaniel, M. Roher, D. & Bjork, R. (2008). Learning styles: concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9 (3), 105-109.
<https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x>

Pérez-Guerrero, J. y Ruiz, J. A. (2020). La educación personalizada según García Hoz. *Revista Complutense de Educación*, 31 (2), 153-161.
<https://dx.doi.org/10.5209/rced.61992>

Pimiento-Ildiarte, D. C., Jaramillo-López, M., Campoverde-Chamorro, E. y Salgado-Peñafiel, L. (2020). Fundamentos biológicos de los procesos cognitivos desde el paradigma epistemológico. *Journal of the Academy*, 2, 46-56.
<https://doi.org/10.47058/joa2.5>

Posner, M. I. & Rothbart, M. K. (2007). Educating the human brain. *American Psychological Association*. <https://doi.org/10.1037/11519-000>

Pulido, R. y Ramírez-Ortega, M. (2020). Actividad física, cognición y rendimiento escolar: una breve revisión desde las neurociencias. *Retos*, 38 (38), 868-878.
<https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.72378>

Riener, C. y Willingham, D. (2010). The myth of learning styles. *Change: The Magazine of Higher Learning*, Sept/Oct.
https://www.researchgate.net/publication/249039450_The_Myth_of_Learning_Styles

Sotelo, J. A., Barrientos, A. y Arigita, A. (2019). Fundamentos neuropsicológicos de la inteligencia emocional: El sistema límbico como motor biológico de las emociones. *Creatividad y Sociedad. Creatividad y emociones*, 29, 251-275.
<http://creatividadysociedad.com/creatividad-y-emociones>

Spitzer, M. (2005). *Aprendizaje: neurociencia y la escuela de la vida*. Omega.

Tacca, D. R., Tacca, A. L. y Alva, M. A. (2019). Neurodidactic strategies, satisfaction and academic performance of university students. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 10 (2), 15-32.

https://www.researchgate.net/publication/336974416_Estrategias_neurodidacticas_satisfaccion_y_rendimiento_academico_en_estudiantes_universitarios

Tartt, A. N., Fulmore, C. A., Liu, Y., Rosoklija, G. B., Dwork, A. J., Arango, V., Hen, R., Mann, J. J. y Boldrini, M. (2018). Considerations for Assessing the Extent of Hippocampal Neurogenesis in the Adult and Aging Human Brain. *Cell Stem Cell Letter*, 23(6), 782-783.
<https://doi.org/10.1016/j.stem.2018.10.025>

Tokuhama-Espinosa, T. (2011). *Mind, brain, and education science: a comprehensive guide to the new brain-based teaching*. W. W. Norton y Co.

Valencia-Gutiérrez, M. C., López-Méndez, M.R., García-Ramírez, M. J. y Zavala-Centeno, B. (2020). Comparativo de dos modelos de estilos de aprendizaje en un grupo de estudiantes de QFB de la UACAM. *Revista Boletín Redipe*, 9(6), 134-143.
<https://doi.org/10.36260/rbr.v9i6.1007>

Willis, J. (2008). *How your child learns best: brain-friendly strategies you can use to ignite your child's learning and increase school success*. Sourcebooks.

Yoneyama, M., Shiba, T., Hasebe, S. y Ogita K. (2011). Adult Neurogenesis Is Regulated by Endogenous Factors Produced During Neurodegeneration. *Journal of Pharmacological Sciences*. <https://doi.org/10.1254/jphs.11R02CP>

Zatorre, R., Fields, R. y Johansen-Berg, H. (2012). Plasticity in gray and white: neuroimaging changes in brain structure during learning. *Nature Neuroscience*. 15, 528–536. <https://doi.org/10.1038/nn.3045>