CONOCIMIENTO NEUROCIENTÍFICO DEL APRENDIZAJE. UN NUEVO CAMPO DEL SABER PARA LA EDUCACIÓN.

Recibido 23/07/2025 Aceptado 24/09/2025

Gusmary del Carmen Méndez Chacón
https://orcid.org/0000-0001-7342-2560
Universidad de Los Andes - Núcleo Universitario Dr. Pedro Rincón Gutiérrez
gusmarycm@gmail.com

Deysy Carolina Ramírez Conde
https://orcid.org/0001-0003-2088-167X
Universidad de Los Andes - Núcleo Universitario Dr. Pedro Rincón Gutiérrez
Carolinarc126@gmail.com

Resumen

El estudio del cerebro ha sido desafiante y complejo. Sin embargo, las Neurociencias apoyadas en hallazgos biológicos y psicológicos, se han abocado al estudio de este órgano. La educación, gracias a la influencia de la Psicología, Sociología y la Didáctica, ha asumido el aprendizaje como el proceso central del hecho formativo. Por otra parte, desde las Neurociencias se vislumbra el aprendizaje como el insumo y el producto de la construcción de la conducta humana, un saber contemporáneo que impacta directamente a la educación. De allí el interés que la educación tiene por comprenderlo bajo los fundamentos de Teoría Neurocientífica. El acercamiento a esta realidad promovió un trabajo de revisión teórica, para lograr una construcción conceptual apoyada en ambos campos científicos que permita identificar qué debe saber el docente para resignificar el aprendizaje en el hecho educativo

Palabras clave: Aprendizaje; Educación; Neurociencias.

ABSTRACT

The study of the brain has been challenging and complex. However, neuroscience, supported by biological and psychological findings, has devoted itself to the study of this organ. Education, thanks to the influence of psychology, sociology, and teaching, has embraced learning as the central process of formative learning. Furthermore, neuroscience views learning as both the input and output of human behavior, a contemporary body of knowledge that directly impacts education. Hence, education's interest in understanding it based on the foundations of neuroscientific theory. This approach to this reality promoted a theoretical review to achieve a conceptual construction supported by both scientific fields that allows us to identify what teachers must know to redefine learning in education.

Keywords: Learning; Education; Neuroscience.

UN NUEVO CAMPO DEL SABER PARA LA EDUCACIÓN

Llevar a cabo una investigación académica sobre el conocimiento del cerebro durante el proceso de aprendizaje, debe partir de referencias explícitas, esto conlleva a la profundización de contenidos y evidencias para estudiar notablemente cualquier trabajo innovador sobre el mismo. Actualmente, es numerosa la literatura que recoge y describe los distintos aportes de las ciencias para comprender el aprendizaje, basta con hacer lecturas, análisis en profundidad y abordar líneas de investigación que se han tejido con el propósito de conocer este tema. Por consiguiente, la presente revisión teórica tiene por objetivo determinar los conocimientos que deben tener los docentes acerca de los aportes de las Neurociencias a la educación, aportes que van a incidir directamente en la comprensión del proceso de aprendizaje.

Desde los fundamentos de la educación como ciencia y, las ciencias auxiliares que le aportan teorías para comprensión de este proceso, por una parte, se enfatiza que el aprendizaje es objeto y objetivo de la enseñanza y, por la otra, ha resultado uno de los fenómenos cognitivos de mayor importancia en la investigación neurocientífica, puesto que este proceso ocurre únicamente en el cerebro. En tal sentido, esta indagación teórica busca relacionar una serie de características cerebrales y el impacto que tienen en el aprendizaje (Jensen, 2010).

En función de lo planteado en los párrafos precedentes, como justificación de esta construcción teórica, Morales (2011), argumentó lo siguiente:

> durante las últimas décadas, los estudios en neurociencia han tenido un avance extraordinario, revelando una serie de resultados que aportan a la educación conocimientos y fundamentos que permiten comprender el fenómeno del aprendizaje, las bases de la memoria, de las emociones y de una cantidad de funciones cognitivas necesarias en el fenómeno pedagógico (P. 66).

En efecto, cabe destacar que hoy día, al hablar de la educación y no reconocer las bases biológicas que hacen posible el aprendizaje es una situación que puede resultar inaceptable, podría asumirse como una visión incompleta y parcial del fenómeno educativo (Díaz, López, y Bocanegra, 2023).

Ahora bien, al iniciar esta revisión teórica conducente a identificar el conocimiento que deben tener los docentes acerca de los aportes neurocientíficos a la educación, conlleva a una exploración teórica en la literatura científica disponible con hallazgo empírico para reconocer la definición que se ha tejido acerca del aprendizaje, “que no es común ni unánime en los distintos autores” (Alonso y Gallego, 2000). A continuación, se mencionan algunas concepciones del aprendizaje construidas desde las otras ciencias que han aportado a la educación para comprender este fenómeno como lo es el caso de la Psicología.

Se parte de la definición de Davis (1983), una definición completa del aprendizaje subraya la noción de “cambio relativamente permanente en la conducta como función de la práctica o la experiencia” (p. 195). En la misma línea conceptual, Díaz y Martíns (1986), ofrecen una definición más completa:

> Llamamos aprendizaje a la modificación relativamente permanente en la disposición o en la capacidad del hombre, ocurrida como resultado de su actividad y que no puede atribuirse simplemente al proceso de crecimiento y maduración o a causas tales como enfermedad o mutaciones genéticas. (p. 40).

Otro concepto es trabajado por Cotton (1989), quien afirma que “el aprendizaje es un proceso de adquisición de un nuevo conocimiento y habilidad” (p. 367). Para que este proceso pueda ser calificado como aprendizaje, en lugar de una simple retención pasajera, debe implicar una retención del conocimiento o de la habilidad en cuestión que permita su manifestación en un tiempo futuro. El aprendizaje puede definirse de un modo más formal como un cambio relativamente permanente en el comportamiento o en el posible comportamiento, fruto de la experiencia.

Para Beltrán (1990), el aprendizaje es “un cambio más o menos permanente de la conducta que se produce como resultado de la práctica” (p. 139). Otra postura a considerar es la que ofrece Torre (1993), quien manifiesta que hay tres cambios que se gestaron en la década de los 80 sobre el aprendizaje, se

parafrasea a continuación: el primero se fundamenta en el paso de una orientación psicologicista del aprendizaje a su integración en una teoría de la enseñanza o del currículo. Como segundo, se justifica el paso de un paradigma predominantemente conductista a otro de orientación cognitiva. Y, como tercero, la ampliación del concepto de aprendizaje que engloba lo cognitivo, afectivo y efectivo (referido a las estrategias de actuación).

El aprendizaje también ha sido entendido a partir de premisas tales como, el aprendizaje es un producto (resultado de una experiencia o el cambio que acompaña a la práctica); es un proceso (el comportamiento cambia, perfecciona); es una función (cambio que se origina cuando el sujeto interacciona con información: materiales, actividades, experiencias, otros).

Separadas revisiones acerca del aprendizaje con énfasis en los procesos didácticos, tiene como vector adquirir informaciones y conocimientos (dimensión cognitiva), modificar actitudes, modos de comportamiento y la relación con otros (dimensión conductual); robustecer las expectativas existentes y las capacidades operativas, almacenar experiencias, extraer informaciones del ambiente donde hace vida, asimilar y hacer propias determinadas formas de influencia, etc.

Otra concepción al amparo del aprendizaje, es asumir que este proceso es la tarea del alumno (conocer los factores que inciden en los procesos de aprendizaje de los alumnos). En tal sentido cabe la interrogante ¿Cómo aprenden los alumnos? Esta pregunta es el foco de atención para valorar los aportes de las Neurociencias para comprender cómo sucede el fenómeno del aprendizaje.

Continuando con la argumentación para situar al proceso del aprendizaje como eje central de estudio en los aportes de las Neurociencias y que deben ser apropiados por la educación, se hace una revisión a los conceptos aportados por la Psicología, por considerarse uno de los soportes teóricos de mayor conexión con los propósitos de las Neurociencias. Siendo así, trae consigo tres cambios importantes en la concepción del proceso de enseñanza y aprendizaje. Estos cambios son:

Primeramente, arguye que aprender en un proceso activo que ocurre dentro del alumno y que es influido por él mismo. Los resultados del aprendizaje se ven ahora como algo que depende tanto de la información que el profesor presenta como del proceso seguido por el alumno para procesar tal información. En tal sentido, se configuran dos tipos de actividad que condicionan el proceso aprender: las estrategias de enseñanza (cómo se presenta el material en tiempo y forma determinada) y las estrategias de aprendizaje (cómo el alumno a través de su propia actividad organiza, elabora y reproduce dicho material).

Otro argumento es que, el aprendizaje es una tarea del profesor (factores de intervención de los profesores que inciden en el aprendizaje). ¿Cómo enseñar a aprender? El profesor no se asume como -el que debe enseñar-, por el contrario, pasa a ser la figura que -debe hacer posible el aprendizaje-. Los estudiosos de este enfoque como Pozo (1997) al estudiar las teorías del aprendizaje, manifiesta que este enfoque tiene repercusiones en varios niveles a conocer. Primero, es menester un lugar en los componentes teóricos de la Didáctica: temas referidos a procesos y estrategias de aprendizaje, mecanismos cognitivos y sociales del desempeño del aprendiz, dirección de los aprendizajes, etc.

Sin embargo, no es suficiente con tener un vasto conocimiento y aplicador instrumental de los contenidos del canon de estudios, sino tener dominio en las estrategias que conducen a lograr el aprendizaje, es la indeleble exigencia en la formación inicial y permanente de los docentes. En función de la exigencia mencionada, los docentes deberán hacer una distribución eficaz para buscar un balance entre la enseñanza, por un lado, de los contenidos y, por el otro, de la enseñanza directa e indirecta de estrategias para aprender.

En función de lo anteriormente presentado a la luz de los aportes de la psicología y las teorías cognitivas, el aprendizaje es, desde estas perspectivas, una tarea del docente por una doble razón: -Las estrategias que los estudiantes aplican a su aprendizaje influyen directamente sobre este- y -tales estrategias son aprendibles y mejorables a través de la actuación del docente-. Por consiguiente, se asume que la incidencia del docente para lograr aprendizaje en los alumnos se produce por las siguientes vías: por la incidencia a través del manejo de técnicas por parte del profesor y a través de la enseñanza de técnicas a los

alumnos (vía técnica) y, por los efectos de los profesores sobre el aprendizaje de los alumnos con un fuerte sentido individual (vía relacional).

El estudio del aprendizaje en el tiempo, desde el siglo pasado hasta hoy, investigadores sujetos a paradigmas y tendencias, han ofrecido diversas construcciones teóricas para explicar las diferentes formas de aprender en el hombre. Desde las investigaciones más profundas hasta las menos elaboradas y comprobadas, desde campos como la Psicología humana, la sociología, la biología, apoyados en estudios experimentales en animales hasta experiencias grupales, sigue siendo hoy día un terrero en investigación que arrojará nuevas teorías para dar explicación y sustentación para comprender el proceso del aprendizaje. Por supuesto, esta producción teórica traerá consigo la inquietud permanente para establecer cuál teoría es más válida.

Se arguye entonces que, el aprendizaje es considerado un constructo teórico que trajo como resultado el surgimiento de unas teorías del aprendizaje. A partir de estas construcciones teóricas se respaldó y explicó el proceso de aprendizaje para ser comprendido por el hecho educativo de cara a la conformación de unas didácticas cada vez más científicas y sujetas a las condiciones impuestas por la naturaleza del propio fenómeno educativo. En consecuencia, se creó una pregunta fundamental ¿Cómo se aprende?

Dentro de este orden de ideas, la literatura revisada ha ofrecido buenos intentos en clasificar teorías del aprendizaje. Esta clasificación precisa criterios y concepciones intrínsecas del aprendizaje. Dada la importancia pedagógica, se enlistan unas teorías que han significado y han demostrado alta tendencia para comprender el hecho educativo. Estas teorías son las siguientes: Teorías conductistas; Teorías cognitivistas; Teorías cognitivo-conductuales; Teoría constructivistas; Teorías holísticas o globalizadoras; Teorías basadas en las diferencias individuales.

A continuación, se ofrece un resumen construido por Pulgar (2005) acerca de las teorías de aprendizaje más destacadas y que en sus campos de acción han sido objeto de debate y análisis en la comunidad científica para la comprensión del proceso de aprendizaje:

Tabla 1. Condensación de las teorías del aprendizaje

Teoría	Descripción
Teorías Conductistas (el aprendizaje como adquisición de respuestas)	-Teoría del aprendizaje por ensayo o error (Thorndike) -Teoría del reflejo condicionado o condicionamiento clásico (Pavlov, Betcherv…) -Teoría del condicionamiento operante (Skinner)
Teorías Cognitivistas (el aprendizaje como adquisición de conocimientos)	-Teoría del procesamiento de la información (Vygotski, Shannon, Norman…) -Teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, Novak, Hanessian…) -Teoría del aprendizaje por descubrimiento (Bruner)
Teorías Cognitivo-Conductuales (el aprendizaje como adquisición de respuestas y conocimientos)	-Teoría del aprendizaje social (aprendizaje vicario o por observación) -Teoría del aprendizaje taxonómico (Gagné)
Teorías constructivistas (el aprendizaje como construcción del conocimiento)	-Teoría del aprendizaje constructivista (Piaget) -Teoría del aprendizaje sociocultural (Vygotski)
Teorías holísticas o globalizadoras (el aprendizaje como resultado de la interacción múltiple)	-Teoría gestáltica del aprendizaje (Köhler, Koffka) -Teoría del modelo heurístico del aprendizaje escolar (Entwistle) -Teoría de los grupos de encuentro o del aprendizaje grupal (Regers, Lewin…) -Teoría de los grupos de tarea y de aprendizaje cooperativo (Aronson, Cousinet…)
Teoría basada en las diferencias individuales (el aprendizaje como resultado de las particularidades de cada individuo)	-Teorías de las inteligencias múltiples (Gardner) -Teoría de la inteligencia emocional (Goleman) -Teoría del modelamiento de la personalidad (Eysenck) -Teoría de los campos motivacionales (Kozéli) -Teoría de los enfoques del aprendizaje (Marton, Säljö) -Teoría de los estilos de aprendizaje o el aprendizaje experiencial (Kolb)

Fuente: Adaptación de Pulgar, J. (2005)

Cada una de estas teorías, desde sus bases científicas, se han dedicado a aportar al proceso formativo, los insumos y sustentaciones para comprender y dimensionar el proceso de aprendizaje para poder confeccionar y dar tratamiento a las estrategias y orientaciones acerca de cómo aprender.

Ahora bien, estas teorías de aprendizaje no han estado ajenas al análisis y consideración de las Neurociencias, por el contrario, son asumidas como bases empíricas para mejorar la comprensión el hecho educativo. Al respecto, David Bueno, en una exposición manifestó en su afán de dar explicación del fenómeno del aprendizaje a la luz de las Neurociencias que:

> cada teoría de aprendizaje ha funcionado porque aprovechan la forma natural que tiene el cerebro para aprender, aprovechan los ritmos naturales o ciclos de maduración del cerebro, aprovechan lo que el mismo cerebro de forma biológica, instintiva, busca en cada etapa de la vida para continuar construyéndose. (ISEP, 2019, 13m17s)

A partir de las palabras de Bueno (2019), se puede afirmar que las teorías del aprendizaje se constituyen en la base de estudio para las Neurociencias en su afán de aportar a la educación y orientar la mejora de sus procesos, específicamente el aprendizaje.

El cerebro es el órgano donde se construye el aprendizaje. En el escenario educativo se han adoptado una serie de símiles para explicar cómo funciona el cerebro: como un sistema de ferrocarriles, con un sistema telefónico, como un sistema informático, como un computador, entre otros. Incluso, de estas desacertadas comparaciones han surgido mitos que han traído como consecuencia desvirtuar al cerebro en sí mismo, sus capacidades y funcionamiento, tanto como órgano como mente.

Entender la fisiología del cerebro cuando se aprende apoyado en los aportes de las Neurociencias ha contado con numerosas intervenciones desarrolladas con alto rigor en los últimos años. ¿Qué ocurre en el cerebro cuando se escribe un texto? cuando se resuelve una ecuación, cuando hay emociones manifiestas como la tristeza o la alegría, cuando se ama o se odia, cuando llegan los recuerdos o cuando hay olvido… ¿cuándo se aprende? De forma enfática y afirmativa sostienen las Neurociencias que el estudio del cerebro y los procesos implicados para aprender debe interesarles a los educadores pues este es el órgano del conocimiento. Parafraseando a Hilgard (1979), el cerebro que el niño lleva a la escuela no se ha desarrollado para estar aprendiendo en la escuela misma, sino que, es un cerebro que va a sobrevivir cazando en un mundo de cambios.

La educación estudiada por las Neurociencias, centra su atención en la interacción entre el cerebro y el comportamiento de los sistemas de aprendizaje; “los alumnos piensan con todo el cerebro” (p. 27) como lo afirma Levy (1982). Sin embargo, la educación y, por ende, los docentes, mantienen centrada su actuación en concepciones mecanicistas del proceso del aprendizaje o, incluso en teorías y mitos cuestionados por las mismas Neurociencias. Se puede inferir que estas dos posibles situaciones aún permanecen en el aula debido al poco acercamiento (emergen imprecisiones o creencias como por ejemplo el aprendizaje sucede en el lóbulo izquierdo) y/o desconocimiento de los aportes y hallazgos neurocientíficos a la educación.

La necesidad de integrar el estudio del cerebro en la educación día a día crece con gran auge para dar respuesta a los problemas que surgen en la práctica escolar. Orientar investigaciones que nacen en el hecho educativo real bajo el amparo de las teorías neurocientíficas abre un abanico de posibilidades gracias al aporte de recursos para un mayor desarrollo cognitivo, efectos motivacionales, concentración de la atención, habilidades de memoria y manejo de emociones en el aula.

Para iniciar la exposición sobre el conjunto de referentes teóricos sobre la importancia del estudio del cerebro y el aprendizaje, se parte de las ideas de Salazar (2005), estas apuntan a una serie argumentos que aclaran la necesidad de conocer el funcionamiento del cerebro durante la enseñanza y el aprendizaje: Como primer punto de atención, la fisiología del cerebro y su relación con el proceso de construcción del aprendizaje deben conjugarse para ser conocidos por los docentes. Durante el proceso de aprendizaje suceden cambios y modificaciones en el Sistema Nervioso (en adelante SN), esto es posible gracias a la plasticidad del cerebro, capacidad y condición necesaria para el aprendizaje para adaptarse a nuevas situaciones.

Otro argumento que el autor señala es que el cerebro integra diversos modos de representación de la realidad. Es importante que los docentes diseñen y desarrollen estrategias tanto pedagógicas como didácticas que les ofrezcan a los estudiantes experiencias

de aprendizaje con propósitos definidos, en las que las motivaciones, la emoción, el logro de la atención, los pensamientos, la imaginación, la curiosidad y las predisposiciones se integren simultáneamente, pues estos interactúan con otros modos de adquisición y transformación de la información.

Otro de los aspectos más importantes es comprender que la fisiología humana compromete el aprendizaje. El aprendizaje puede verse seriamente comprometido por factores como la nutrición, el estrés, la amenaza, entre otros. Por ejemplo, si una persona siente una amenaza extrema, el hipotálamo y las glándulas suprarrenales se asocian para liberar adrenalina, cortisol y vasopresina, lo que condiciona un estado de alerta máximo que bloquea procesos de memoria de trabajo y de largo plazo. Tomando en cuenta esta circunstancia determinante, los docentes deben considerar de forma distinta la formulación y ejecución de la disciplina y tacto pedagógico dentro y fuera del aula.

En virtud de lo expresado, si se logra entender que cada alumno tiene una condición particular con los elementos mencionados y se interviene para superar estos factores orientados a crear las condiciones fisiológicas y bioquímicas equilibradas, resultaría el contexto idóneo para el aprendizaje, pues esto aumentaría el nivel de endorfina, dopamina, norepinefrine y los niveles de serotonina en el cerebro de los estudiantes y, por ende, se estimularía el aprendizaje. Es decir, el aprendizaje se produce como consecuencia de una serie de procesos eléctricos y químicos.

Ahora bien, los estudios llevados a cabo por Campos (2014), ofrecen una visión con rigor científico para comprender y promover la importancia de considerar los estudios, hallazgos y aportes de las Neurociencias a la educación. Los estudios y aportes de campos referidos a la educación con soporte en Neurociencias, inician haciendo una revisión al quehacer de las instituciones educativas, pues estas se configuran como el contexto de mayor influencia para el desarrollo educativo del ser humano y, por ende, del desarrollo del cerebro. Es de hacer notar esta responsabilidad puesto que los alumnos, en edad escolar pasan en estos recintos un promedio alto en cantidad de años y numerosas horas del día.

Seguidamente atiende las diferentes experiencias a las que se exponen los alumnos en el aula. Las experiencias de aula se deben promover con acciones convenidas con los sistemas biológicos del aprendizaje, esto reflejará en directo las capacidades del cerebro. Sumado a esto, es fundamental destacar el rol del docente, figura fundamental en la relación infinita entre lo teórico y lo práctico. Este rol le demanda al docente elevar su formación permanente y como resultado, sus competencias formativas orientadas a la puesta en escena de los aportes de las Neurociencias a la educación.

Toda esta información exige ser asimilada y comprendida, este cúmulo de información acerca de los hallazgos de las Neurociencias y su integración al escenario educativo demanda la atención de los agentes escolares para que conozcan y comprendan cómo aprende el cerebro, cómo procesa la información, cómo controla las emociones, los sentimientos, los estados conductuales y cómo muestra su fragilidad ante determinados estímulos y eventos de la cotidianidad. Esta comprensión se traduce en una exigencia indispensable para la innovación pedagógica y transformación de los Sistemas Educativos. Esto no quiere decir que las Neurociencias van a sustituir a la educación ni mucho menos a la Pedagogía ni a la Didáctica, estas vienen a aportar desde los elementos coincidentes, construir una base empírica para mejorar la comprensión de los procesos de desarrollo del ser humano.

Los componentes neuronales del aprendizaje

Como se expuso en los apartados anteriores, diversos investigadores han estudiado cómo se relacionan los procesos cerebrales con funciones cognitivas. En este sentido, la motivación, la emoción y la memoria, son procesos neuronales que se constituyen en requerimientos cognitivos para que se produzca aprendizaje (Kandel, Jessell y Schwartz, 2000). A continuación, se analizan las funciones de cada uno de estos requerimientos durante el aprendizaje.

Este conjunto de aportes se apoya enfáticamente en la neurofisiología del aprendizaje ya explicada anteriormente. Los elementos intervinientes en el sistema de procesamiento de la información incluyen los registros sensoriales, la memoria de corto plazo

(MCP), o memoria de trabajo (MT) y la memoria de largo plazo (MLP). Los registros sensoriales reciben información y la mantienen durante una fracción de segundo, después la información se descarta o se envía a la memoria de trabajo. La mayor parte de la información sensorial se descarta, ya que en todo momento se es bombardeado por múltiples estímulos sensoriales.

La información sensorial se procesa en las zonas de la memoria sensorial del cerebro, y aquella que se retiene el tiempo suficiente (fracciones de segundos) se transfiere a la MT. Al parecer la MT reside en múltiples partes del cerebro, pero principalmente en la corteza prefrontal del lóbulo frontal. La información de la MT se pierde en pocos segundos-minutos, a menos que se repita o se transfiera a la MLP. Para retener la información debe haber una señal neurológica que indique hacerlo, es decir, la información debe considerarse importante y necesaria.

Las principales partes del cerebro involucradas en la memoria y en el procesamiento de la información son la corteza y el lóbulo temporal medio. Al parecer el cerebro procesa y almacena recuerdos en las mismas estructuras que inicialmente perciben y procesan la información. Al mismo tiempo, las partes específicas del cerebro involucradas en la MLP varían dependiendo del tipo de información.

Ahora bien, la motivación se define como el proceso mediante el cual se incitan y mantienen las actividades dirigidas a las metas. Las acciones motivadas incluyen opciones de tareas, esfuerzo (físico y mental), perseverancia y logro. Las teorías contemporáneas describen la motivación principalmente en términos cognitivos. La autoeficacia, por ejemplo, se refiere a la percepción de las capacidades para aprender o realizar conductas a niveles designados. La autoeficacia es un constructo conductual, y como tal, es probable que tenga una representación nerviosa. Si bien aún falta investigación en esta área, se puede esperar que los constructos de autoeficacia estén representados en el cerebro como una red nerviosa que vincula el dominio de conocimiento por estudiar (por ejemplo, fracciones y lectura literaria) con la estimulación sensorial actual (Purves, Augustine, Fitzpatrick, Hall, LaMantía y White, 2007).Desde el punto de vista de las Neurociencias cognitivas, existen al menos dos clases de equivalentes nerviosos de la motivación: las recompensas y los estados motivacionales. Las recompensas tienen una larga historia en el estudio de la motivación; son componentes clave de las teorías del condicionamiento, las cuales plantean que las conductas que son reforzadas (recompensadas) tienden a repetirse en el futuro. La motivación representa un incremento en la frecuencia, la intensidad y la duración de la conducta.

Al parecer, el cerebro cuenta con un sistema para procesar las recompensas, pero, al igual que otras funciones cerebrales, esta también es compleja. Participan diversas estructuras cerebrales, incluyendo el hipotálamo, la corteza prefrontal y la amígdala. El cerebro produce sus propias recompensas en la forma de opiáceos endógenos, los cuales causan un estado placentero natural. Este efecto sugiere que el cerebro podría estar predispuesto a experimentar y mantener resultados placenteros, de modo que la expectativa de recibir una recompensa por un mejor desempeño, activaría a esta red del placer, en la que participan neurotransmisores como la dopamina y las endorfinas (Kandel, Jessell y Schwartz, 2000; Méndez y Labrador, 2021).

Existe la probabilidad que el cerebro almacene en memoria, como parte de una red nerviosa, la expectativa de la recompensa por desempeñar una conducta. De hecho, la dopamina puede producirse por la simple expectativa del placer (anticipación de la recompensa), así como por el placer en sí mismo. La producción de dopamina se modifica cuando hay una discrepancia entre la recompensa esperada y la recompensa obtenida (por ejemplo, cuando las personas esperan una recompensa grande, pero reciben una pequeña). El sistema de dopamina puede ayudar a las personas a ajustar sus expectativas, lo cual representa un tipo de aprendizaje.

Por otro lado, se tienen los estados motivacionales. Desde la perspectiva de las Neurociencias cognitiva, son conexiones nerviosas complejas que incluyen emociones, cogniciones y conductas, y que cambian según las condiciones. Si han pasado varias horas desde que se ha comido, es probable que el estado sea de hambre. Si se siente presión por problemas, el estado podría ser de preocupación. Si las cosas van bien, quizás se experimente un estado de felicidad.

De manera similar, un estado motivacional podría incluir emociones, cogniciones y conductas dirigidas hacia el aprendizaje. Como ocurre con otros estados, un estado motivacional hacia el aprendizaje es una combinación integrada de mente, cuerpo y conducta que, en su base, está relacionado con una red de conexiones sinápticas parecida a una telaraña tridimensional. Pero al igual que otros, los estados motivacionales dirigidos al aprendizaje son fluidos, ya que cambian constantemente con base en acontecimientos internos (por ejemplo, pensamientos) y externos (como el ambiente), con los que pueden fortalecerse, debilitarse o cambiar su cualidad.

Esta naturaleza cambiante sugiere que las conexiones sinápticas subyacentes a ellos también son dinámicas, y coincide con la idea de que la motivación es un proceso más que una función estable. En este sentido, la clave para el aprendizaje en la educación es mantener la motivación dentro de un rango óptimo (Boeree, 2003; Mahmoud y Lawrence, 2004; Labrador, 2019-2020; Méndez y Labrador, 2021).

Los profesores pueden comprender de forma intuitiva la idea de los estados motivacionales. Su meta consiste en lograr que los estudiantes alcancen un estado motivacional para aprender. En cualquier momento, algunos estudiantes lo alcanzarán, pero otros estarán experimentando diferentes estados, incluyendo la apatía, tristeza, hiperactividad y distracción. Para cambiar esto, los profesores primero tendrían que identificar el estado en el que están los estudiantes y luego tratar de enfocar su atención en la tarea.

La integración de la cognición, la emoción y la conducta, planteada por las Neurociencias es importante, pues si estos componentes actúan de manera individual no conducen al aprendizaje deseable. Por ejemplo, los alumnos que creen que quieren aprender y que están emocionalmente preparados para hacerlo aprenderán muy poco si no realizan ciertas conductas. De la misma forma, una conducta motivada, pero sin un enfoque cognitivo claro en el aprendizaje, será una actividad desperdiciada. Los estudiantes que estén experimentando estrés emocional, pero desean aprender y se involucran en conductas de aprendizaje, descubren que no logran aprender al máximo, probablemente porque sus emociones están evitando la formación de conexiones sinápticas que permitan la consolidación de un conocimiento actual (Kandel, Jessell y Schwartz, 2000; Purves, Augustine, Fitzpatrick, Hall, LaMantía y White, 2007).

La teoría de que la motivación se fundamenta en una red neuronal tridimensional y dinámica, permite explicar su relación con estados emocionales generados a partir del resultado de una conducta motivada y, a su vez, puede explicar las conductas motivadas generadas a partir de estados emocionales, así como la relación de estos estados emocionales con la consolidación de memoria. Las conexiones neuronales entre motivación y emoción parecen tener su base en vías neurales dopaminérgicas que parten del techo del mesencéfalo y van a los núcleos de la base cerebral, para iniciar conductas de logro dentro del proceso motivacional.

Si el resultado de estas conductas de logro se registra como éxito, se reactivan nuevamente las neuronas mesencefálicas dopaminérgicas, pero esta vez dirigidas a núcleos neuronales frontales que liberan endorfinas para producir placer y tranquilidad. Si se registra como fracaso, no hay reestimulación mesencefálica (dopamina) ni frontal (endorfinas) y, por tanto, no hay placer y se mantiene el estrés que activó el proceso motivacional. La relación entre motivación y los procesos de emoción y memoria, se fundamenta en que esta región del lóbulo frontal hay conexiones con estructuras del sistema límbico como la corteza del cíngulo, la amígdala y el hipocampo, capaces de iniciar procesos emocionales y de memoria, respectivamente.

Los procesos emocionales constan de tres etapas que tienen cierto nivel de superposición entre ellas, y también con la motivación. Estas etapas son la respuesta primitiva, el significado cognitivo y la experiencia consciente. La respuesta primitiva es un conjunto de cambios corporales como temblor, sudoración o palpitaciones, que ocurren de forma automática (no voluntaria, no consiente) ante la presencia de una situación relevante, ya sea positiva o negativa. Esta respuesta tiene su base neuronal en el núcleo de la amígdala cerebral, un centro que, ante la información sensorial recibida, activa respuesta mediada por el sistema nervioso autónomo y el endocrino. Ahora bien, el que una situación sea relevante para un

individuo significa que ha activado su atención, y con ella un proceso motivacional que es consciente. Hasta aquí podría decirse que motivación y emoción están activos simultáneamente a partir de un mismo insumo de información sensorial (Labrador, 2020).

En cuanto al significado cognitivo se puede considerar que la activación de la atención antes mencionada, ocurre porque la información sensorial que llega a la amígdala, también alcanza de forma simultánea la corteza cerebral, donde es codificada y analizada mediante comparación con situaciones previas similares. Lo anterior permite darle un significado inicial, que generalmente busca explicar lo que sucede con una perspectiva conveniente para el individuo, por lo que se lo considera subjetivo. Estos procesos son conscientes y ocurren en las cortezas cerebrales primaria y de asociación. En esta segunda fase del proceso emocional, el hecho de contar con un significado cognitivo de la situación, lleva a decidir qué hacer ante la misma, lo que resulta en la conducta de logro que constituye la segunda fase del proceso motivacional.

Podría entonces decirse que la segunda fase emocional (significado cognitivo) conlleva a la segunda fase motivacional (conducta de logro). Según el resultado de esta conducta, con el logro habrá placer y tranquilidad (placidez, felicidad) y sin el logro habrá estrés (ansiedad). Las conexiones desde corteza y núcleos subcorticales frontales con la corteza del cíngulo, permite reforzar el significado cognitivo subjetivo de la experiencia y generar, a partir del mismo, estados emocionales como alegría, tristeza, miedo o rabia, que constituyen un resultado parcial del proceso emocional y activan procesos de consolidación de memoria en amígdala o hipocampo, o en ambos.

Eventualmente, e independientemente de los procesos de memoria activados y que se describen más adelante, el significado cognitivo de la experiencia se evoca posteriormente y se revisa de forma más o menos objetiva, según el tema y/o la experiencia previa. Conexiones entre la amígdala y el hipocampo con los núcleos de la base y del frontal, permiten esta revisión y eventual modificación del recuerdo, en la que se despoja de todo aquello que se había supuesto y no puede comprobarse, produciendo así una experiencia emocional consciente, que tiene un carácter más objetivo que el significado cognitivo.

En cuanto a la memoria, se ha señalado que el proceso comienza desde la recepción y codificación de la información sensorial que resulta importante para el individuo, y que por ello activa la atención (primera fase de la conducta motivada) y la respuesta primitiva (primera fase del proceso emocional). Teniendo en cuenta la superposición de los tres procesos (motivación, emoción y memoria), podemos señalar que un primer componente de memoria es la memoria de corto plazo (duración de segundos o minutos), que permite identificar esa información sensorial como relevante y asociarla a información motora (vocalización o escritura del evento, movimientos que lo representen, acciones de afrontamiento). Con lo anterior pasamos a la segunda fase de la memoria, que es la MT (minutos, horas).

Debe entenderse que, al construir memoria de trabajo mediante la asociación de información sensorial relevante con acciones de afrontamiento, también estamos pasando de la atención a la conducta de logro (primera y segunda fases de la motivación). Desde la memoria de trabajo y según la acción de afrontamiento seleccionada que permitió construirla, habrá un resultado que puede generar recompensa positiva o negativa (tercera fase de la motivación), así como significado cognitivo de la experiencia (segunda etapa de la emoción).

Mientras que la MCP y la MT se producen en las cortezas primaria y de asociación, la llegada a amígdala y/o hipocampo de MT ensambladas en una experiencia con una recompensa (motivación) y con un significado (emoción), activan procesos de plasticidad sináptica que permiten consolidar la experiencia como una MLP. A partir de la evocación de la experiencia de MLP, se producen cambios en su significado emocional (experiencia emocional consciente) y en su contenido (aprendizaje).

En resumen, la motivación, la emoción y la memoria están relacionadas de forma integral con el procesamiento cognitivo en estructuras neurales complejas. La atención es el primer paso en las rutas de conducta motivada, experiencia emocional y memoria. En la primera (conducta motivada), es consecuencia del estrés que se desencadena ante una

necesidad de equilibrio por satisfacer o la posibilidad de satisfacerla. En la segunda (experiencia emocional), permite registrar una información sensorial relevante que desencadena una respuesta corporal automática. Y, en la tercera (memoria), permite identificar la información sensorial relevante que va a constituir MT. A partir de la atención, los procesos motivacional, emocional y memorístico, se activan y evolucionan hasta la satisfacción de la necesidad pendiente, la construcción de un significado cognitivo de la experiencia y la consolidación de esa experiencia en MLP.

Se concluye que, trabajar más en la investigación neurofisiológica sobre las variables de la motivación, la emoción, la atención, las memorias y la autorregulación ayudará a reducir la brecha entre la educación y las Neurociencias (Byrnes y Fox, 1998). En virtud de ello, se platea la necesidad de resignificar el componente cognitivo en el escenario educativo frente a las Neurociencias para lograr un proceso verificable y medible con necesidad de comprender lo neurofisiológico desde las Neurociencias, para entender el proceso neuronal que también es verificable y medible, y que puede contribuir para que el docente pueda desarrollar estrategias mucho más asertivas dentro del ámbito educativo.

REFERENCIAS

Alonso, C. y Gallego, D. (2000). Aprendizaje y ordenador. Madrid: Dykinson.

Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3ª edic. Bogotá: Prentice Hall.

Byrnes, J. y Fox, N. (1998). The educational relevance of research in cognitive neuroscience. Educational Psychology Review, 10.

Boeree, G. (2003). Teorías de la personalidad, de Abraham Maslow. Rafael Gautier (Traductor). Barcelona: Panamericana.

Campos, A. (2014). Los aportes de la neurociencia a la atención y educación de la primera infancia. Publicación realizada por el Banco Mundial, la cooperación japonesa a través del proyecto de atención y cuidado a la primera infancia ADEPI, en coordinación con UNICEF. Lima: Cerebrum Ediciones.

Cotton, J. (1989). Aprendizajes históricos de la teoría del aprendizaje. Enciclopedia internacional de la educación. Barcelona: MEC y Vicens-Vives.

Davis, R. (1983). Diseño de sistemas de Aprendizaje. México: Trillas.

Díaz, J. y Martíns, A. (1986). Estrategia de Enseñanza-Aprendizaje. San José: Editorial IICA.

Díaz, A., López, R. y Bocanegra, N. (2023). Formación, autopercepción y prospectiva de neuroeducación en los docentes de nivel primaria. Revista Unimar, 41(1), 137-149.

Hilgard, E. (1979). Teorías del aprendizaje. México: Trillas.

ISEP. (1 de Julio de 2019). David Bueno. Neurociencia y educación: ¿una nueva visión de los procesos educativos? (Parte 1). [Archivo de vídeo] YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=M6atHssVQXQ

Jensen, E. P. (2010). Una nueva mirada a la educación basada en el cerebro. Magisterio. (37).

Kandel, E., Jessell, T., y Schwartz, J. (2005). Neurociencia y conducta. Madrid: Pearson Prentice Hall.

Labrador P., Rafael O. (2020). Elementos neurofisiológicos constructores de la conducta en el niño y el adolescente. Una mirada al proceso de enseñanza-aprendizaje desde la neurociencia. Revista Acción Pedagógica, 28 (28), 2019-2020.

Levy, J. (1982). Children think with whole brains: myth and reality" en Student Learning styles and brain behavior: Programs, instrumentations, Research. Reston, Virginia: NASSP.

Mahmoud, A. y Lawrence G. (2004). Maslow reconsidered: A review of research on the need hierarchy theory. Baruch College, The City University of New York USA.

Méndez, Gusmary y Labrador, Rafael (2021). De las Neurociencias a la educación: un

puente en construcción. (Entrevista). Educere, 80 (25), enero-abril, 2021.

Morales, M. (2011) ¿Qué significa una educación inclusiva? Aporte desde las neurociencias y la experiencia de aprendizaje mediado. Sitientibus, janeiro/junho, (2011) 44, 59-77. Feira de Santana.

Pozo, J. (1997). Teorías cognitivas del aprendizaje. Madrid: Morata.

Pulgar, J. (2005). Evaluación del aprendizaje en educación no formal. Madrid: Narcea.

Purves, D. Augustine, G. Fitzpatrick, D. Hall, W. LaMantía. A. White, L. (2007). Neurociencia. Madrid: Medica Panamericana.

Salazar, S. (2005). "El aporte de la neurociencia para la formación docente". Actualidades investigativas en educación, 5 (1) 1-19. http://www.redalyc.org/pdf/447/44750102.pdf

Torre, I. (1993) Los COIE y la Orientación Profesional, en La orientación en el Sistema Educativo y en el Mundo Laboral. Madrid: Departamento MIDE, UNED y AEOEP.