

Implicaciones de los conceptos actuales neuropsicológicos de la memoria en el aprendizaje y en la enseñanza



Javier de la Fuente Rocha* y Javier de la Fuente Zepeda**

Recepción: 16 de diciembre de 2013

Aceptación: 1 de abril de 2014

*Universidad Nacional Autónoma de México, D. F.

**Universidad Iberoamericana, D. F.

Correos electrónicos: javdelafuente@cablevision.net.mx
y javier459@hotmail.com

Se agradecen los comentarios de los árbitros de la revista.

Resumen. Se hace una revisión de los conocimientos neuropsicológicos de procesos involucrados en el aprendizaje y, a partir de ellos, se aplica el método analítico-sintético para comentar algunas de sus implicaciones en la metodología pedagógica. Esta revisión presenta conceptos actuales que relacionan los centros nerviosos participantes, las vías que los conectan y su integración con otras funciones cerebrales importantes en el proceso de aprendizaje. Estos conocimientos tienen importancia en el área educativa debido a su potencial para dar sustento a diversas estrategias útiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: memoria, aprendizaje, educación y estrategia docentes.

Implications of the Neuropsychological Concepts of the Memory in Learning and Teaching

Abstract. The aim of this paper is to review the current knowledge of neuropsychological processes involved in learning and, with this basis, to apply the analytic-synthetic method to discuss some of their implications for the pedagogical methodology. This paper reviews current concepts that relate the neurological centers, the pathways connecting them, and important brain functions in the learning process. These skills are relevant in the educational area due to its potential to give support to useful strategies for the teaching and learning process.

Key words: memory, learning, education, teaching and learning process.

Análisis prospectivo

El conocimiento actual de los procesos cognitivos, a la luz de la neurobiología y de la neuropsicología, resulta ser cada día más importante para la planificación de los procesos de enseñanza y para las metodologías psicopedagógicas, lo cual propone evidenciar este ensayo.

El objetivo de este trabajo es revisar aspectos relevantes del proceso de aprendizaje, a la luz de los conocimientos neuropsicológicos actuales. Además, tomando como fundamento la

comprensión funcional de los centros y vías nerviosas participantes, se pretende señalar las implicaciones que pudieran repercutir en las estrategias de la enseñanza y con ello en la pedagogía actual.

Con tal fin, se aplicó el método analítico-sintético al estudio de datos de la literatura, con particular énfasis en datos reportados en los últimos años, que hacen referencia a los conocimientos neurobiológicos relacionados con las funciones que participan en el aprendizaje, así como a sus implicaciones pedagógicas.

La memoria no es la única función que participa en el aprendizaje; sin embargo, es la función cerebral que permite el registro, la retención y la evocación de datos que estuvieron presentes en el pasado. Esta función es fundamental en la educación y en el proceso de aprendizaje. Así, cuando se consideran los temas educativos, toma un creciente interés considerar los actuales conocimientos científicos sobre la actividad cerebral relacionada con los procesos de memorización y con las posibilidades para el aprendizaje en general.

Hay que considerar que también son remarcables otras funciones cerebrales, tales como la atención, las asociaciones y la participación de las emociones, entre otras, que también se consideran.

1. Breve revisión histórica

Los conceptos relacionados con la memoria han variado a lo largo de la historia. Ya 5 siglos a. C. encontramos la analogía socrática que equiparaba la memoria con un pedazo de cera, en la cual se imprimían los recuerdos. Entre los investigadores que hicieron abordajes científicos, en relación con el estudio de la memoria en el transcurso del siglo XIX, fueron importantes las participaciones de Hermann Ebbinghaus (1885) y la de William James (1890), quienes hicieron notar la existencia de diferentes tipos de memoria. En particular, hay que señalar que a finales del siglo XIX fue importante la participación de Ebbinghaus quien aplicó el método científico al estudio de la memoria (Ballesteros, 1999; Varela-Ruiz, 2005).¹

Entre las aportaciones notorias que podemos encontrar en la primera mitad del siglo XX podemos recordar la descripción de la memoria no consciente, la cual fue ilustrada por el caso de la mujer amnésica, descrito por el psicólogo suizo Édouard Claparède (1873-1940) (Wilson, 2002). Otro investigador relevante en esta época fue el neuropsicólogo soviético Alexander Luria quien fuera discípulo del eminente Lev Vygotsky (1902-1977) (Díaz, 2009; D'Amato y Hartlage, 2008).

Diversos investigadores hicieron aportaciones valiosas durante la segunda

mitad del siglo pasado, las cuales fueron dando fundamento a los conceptos modernos (Fernández, 2000). Éstos hacen distinción de diversas formas de actividad cerebral que, aunque a veces son englobadas bajo el mismo término general, pueden ser fácilmente distinguidas.

Recientemente, A. Budson y B. H. Price (2005) hicieron una revisión sobre las memorias episódica, semántica, de procedimientos y de trabajo, donde consideraron lo aportado por estudios de neuroimagen en pacientes con daño cerebral.

Se han hecho distinciones entre la memoria icónica, la memoria de trabajo, la memoria episódica, la memoria semántica, la memoria implícita, la memoria a corto y largo plazo, etc. (Fernández, 2000); en cada una de ellas, se activan predominantemente diferentes centros cerebrales, y las rutas y conexiones utilizadas en cada una varían.

A fin de aclarar conceptos, diremos que la memoria icónica es aquella que se refiere a la representación visual inmediata, mientras que la memoria de trabajo se refiere al cúmulo de información inmediatamente almacenada y disponible para ser procesada. La episódica se refiere a sucesos. La semántica, a significados o conceptos que permite nombrar y clasificar por acción de los lóbulos temporales en sus porciones lateral e inferior (Budson y Price, 2005). La memoria implícita es la que se genera en la acción continuada de lo que se recuerda.

Los estudios de la memoria continúan a la luz de los recursos técnicos actualmente disponibles. Un estudio de 2014 hecho por Goldstein *et al.* (2014) puso en evidencia que, en su desarrollo, la memoria de trabajo aumenta linealmente hasta la adolescencia, a diferencia de la memoria asociativa que crece con una curva asintótica a partir de los 12 años. Dichos autores estudiaron a 94 niños de 6 a 14 años por medio de una resonancia magnética, de quienes

midieron el porcentaje de materia gris y de fosfocreatina en seis grandes regiones cerebrales, y encontraron que la fosfocreatina tiene un aumento lineal con la edad, sobre todo en la parte superior del lóbulo parietal izquierdo, lo cual fue relacionado con el aumento de la memoria de trabajo; en cambio, la materia gris no aumentó en ninguna parte del cerebro.

En la segunda mitad del siglo pasado la psicología cognitiva, expuesta por Broadbent, propuso un modelo que trataba de esquematizar el flujo de la información en el marco del procesamiento de la misma (Martínez Freire, 2007; Fernández, 2000). Posteriormente, apareció el modelo estructural o modal de Atkinson y Shiffrin, que resaltó la participación de varias estructuras (Soprano y Narbona, 2007).

Hay que considerar que, como lo señala Aguado-Aguilar (2001: 374) “la capacidad del cerebro para aprender implica la capacidad del cerebro para recordar”, y que “ambas pueden resumirse en la capacidad del cerebro para adquirir información”.

Como se verá más adelante, el aprendizaje implica la participación de todas las funciones cerebrales: percepción, atención, memoria, emoción, planeación, etc. Aquí se hará referencia principalmente a las mencionadas.

2. Memoria inmediata-memoria mediata

Hace cincuenta años aparecieron los conceptos de memoria reciente y de memoria a largo plazo y dos décadas más tarde se hablaba de *memoria de trabajo* (Ballesteros, 1999); esta última se refiere a la capacidad de retener una cantidad de información que acaba de ser recibida y con ella poder planear alguna actividad (por ejemplo en la retención de dígitos). Dicho de otro modo, el término memoria de trabajo se refiere al sistema cerebral que permite

1. A él se deben los conceptos de la *curva de la memoria*, el cual señala un olvido más rápido después del aprendizaje, que luego se intensifica, y el de la *curva del aprendizaje*, que hace énfasis en que el aprendizaje es mayor en los primeros contactos con lo aprendido que en contactos subsecuentes.

tener presentes en la mente y utilizar un determinado número de representaciones mientras se desarrolla una tarea (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005).²

En la memoria inmediata los estímulos sensoriales son retenidos por fracciones de segundo y luego tienden a diluirse; sin embargo, después de esa primera etapa los datos pueden continuar retenidos si entra en acción un sistema fonológico que es reforzado por medio de repeticiones verbales, y que se conoce como sistema de control articulatorio (Del Rosario y Peñaloza, 2000). La memoria de trabajo fonológica genera una prueba muda de la información verbal que puede ser afectada por trastornos del lenguaje o de la atención (Budson y Price, 2005).

El sistema de control articulatorio pertenece a la memoria de trabajo y está implicado en el aprendizaje de la lectura, del habla y de la comprensión oral. La agenda viso-espacial es parte de la memoria de trabajo y retiene la información de lo visto y de las relaciones espaciales, que se logra por unos segundos (Blanco Pérez, 2012). Mientras eso sucede, se puede generar la codificación de lo visto (más no de lo oído); este segundo nivel corresponde a lo que llamamos memoria mediata o memoria de trabajo (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005). Si se organizan los datos retenidos en esta etapa, se facilitará más tarde su recuperación.

Una primera observación que puede ser de interés es que encontramos dos tipos de memoria complementarias (una memoria inmediata y una memoria mediata); también hay que comentar que es posible activar y reforzar la retención y la codificación de los datos a través de dos vías complementarias: la auditiva (para la memoria inmediata), relacionada con aspectos verbales y de comprensión oral, y la visual (para la memoria mediata), conectada con la percepción de la organización de los datos.

3. La atención

El concepto actual de la memoria de trabajo considera que ésta se encuentra bajo la dirección de un sistema que permite mantener la atención, el cual es conocido como *el ejecutivo central* (García Madruga *et al.*, 2010).

Los lóbulos frontales permiten retener la información, mientras es procesada; si se lesionan, aparecen distorsiones de la información que pueden variar en grado (Budson y Price, 2005).

Pastells (2007), al estudiar 94 niños españoles de siete y ocho años, encontró que el ejecutivo central es fundamental para el rendimiento aritmético, y señaló la importancia de ejercitar dicho componente de la memoria de trabajo de los niños con dificultades para el cálculo, así como la intervención en el contexto sociocultural y en la emotividad.

Las porciones mediales y orbitales de la corteza prefrontal permiten la eliminación de estímulos irrelevantes (Jódar-Vicente, 2004; Flores Lázaro, 2006).³ Dicho de otra manera: de la funcionalidad frontal depende la capacidad de tomar sólo un conjunto de datos para el procesamiento mental.

El trastorno conocido como déficit de la atención, que afecta a un porcentaje de entre 3% y 5% de los escolares, se acompaña de disminución del volumen del lóbulo frontal derecho y, en él, su metabolismo se encuentra disminuido (Cuervo y Quijano, 2008). La actividad de esta corteza cerebral se encuentra disminuida, y también la actividad del cíngulo (Carboni-Román *et al.*, 2006). Esta región cerebral se requiere para evitar la apatía y dar paso a acciones motivadas y es además un área de integración de informaciones que provienen del sistema límbico, el cual es el circuito que recoge datos procesados por el hipocampo, después de que éste los ha trabajado para la memoria inmediata (Jódar-Vicente, 2004; Bausela Herreras, 2007).⁴

La estimulación del ejecutivo central, la cual puede ser lograda por ejemplo por medio del ejercicio de recuerdo de dígitos, mejorará no sólo el aprendizaje, sino también los niveles medidos de la inteligencia de los educandos (Velilla-Jiménez *et al.*, 2010). Asimismo, las capacidades matemáticas también pueden ser mejoradas con el ejercicio de la atención y el de las funciones de la memoria de trabajo.

Sabemos actualmente que se puede medir el rendimiento mental de las personas ante diversos problemas a partir del análisis factorial de una matriz compuesta por una serie de pruebas (test) que exploran diversas aptitudes tales como vocabulario, semejanzas, dígitos, información, comprensión, letras y números, figuras incompletas, números clave, cubos, matrices, historietas, símbolos y rompecabezas. El resultado se expresa como factor G y es considerado una medida de inteligencia general.

2. La memoria de trabajo u operativa es una función ejecutiva que depende de la corteza prefrontal dorsolateral. Ella permite retener los datos (palabras, objetos o eventos) mientras se procesan mentalmente. También participa en la atención, en la inhibición de estímulos irrelevantes, en el reconocimiento de lo prioritario y en la formación de planes.
3. "En conjunto, las vías directas e indirectas modulan la actividad de los circuitos fronto/subcorticales y la actividad de respuesta a los diferentes estímulos que se reciben" (Lázaro, 2006: 45).
4. "El circuito cingular anterior tiene su origen en el córtex cingular anterior y proyecta hacia el estriado ventral (límbico), al tubérculo olfatorio y hacia zonas del caudado y putamen ventromedial. El retorno se realiza a través del pálido rostralateral y el núcleo dorsomedial del tálamo hacia el córtex cingular anterior. La lesión en este circuito se asocia a la presencia de apatía, reducción de la iniciativa y mutismo acinético. Se trata de un circuito especialmente implicado en la motivación y el mantenimiento de la atención" (Bausela Herreras, 2007: 4).

Según Colom (2001), la memoria de trabajo es un factor determinante del factor G.

La relación entre la memoria de trabajo y el factor G de la inteligencia indica que las deficiencias en éste podrían ser explicadas en función de la capacidad y velocidad de la primera. De ese modo, el nivel medido de la inteligencia del educando podría ser incrementado al aumentar la capacidad de la memoria de trabajo. En relación con este punto, se ha demostrado que su entrenamiento de la memoria de trabajo mejora las medidas de inteligencia (Díaz, 2009).

Budson y Price (2005: 697) señalan que “la memoria de trabajo depende de una red de actividad que incluye estructuras subcorticales como regiones corticales y frontal y parietal”.

En la atención participan todos los sistemas sensoriales que llevan información a la corteza cerebral, y que se encuentran interconectados por vías de asociación. Tal actividad es controlada por la amígdala cerebral, el hipocampo y la corteza prefrontal (De la Torre, 2002).

La atención visual se genera cuando se activan las estructuras visuales (corteza occipital, tálamo posterior) y es sostenida por la actividad de la corteza cingulada anterior.

En estudios recientes J. W. Bisley (2011) encontró explicaciones a la función de la atención visual, la cual

resalta ubicaciones, objetos o características. Dichos efectos pueden ser obtenidos cuando el ojo enfoca con la fovea, o cuando se aumenta el procesamiento de la información visual en los centros nerviosos que la reciben. Además existe una red neuronal que conecta la región parietal con la frontal que fomenta ambas acciones. El hipocampo codifica la atención, en tanto que la corteza prefrontal la dirige selectivamente.

La memoria explícita de eventos recupera voluntaria, intencional y conscientemente los materiales almacenados en la memoria (Redondo *et al.*, 2010),⁵ requiere de la atención, y es susceptible del establecimiento de reglas que propicien el aprendizaje de episodios. Todo ello no sucede con la memoria implícita, que se denomina también procedimental, la cual guarda relaciones estructurales y puede procesar la información de manera inconsciente; en la memoria procedimental, ganglios basales, el cerebelo y el área motora suplementaria, por ejemplo: para nadar o andar en patines (Budson y Price, 2005). Ambos tipos de memoria obedecen a distintos sistemas (Morgado, 2005).

Esto significa que, además de propiciar que la información llegue al educando por diferentes vías, pueden ser recomendables los entrenamientos que ejercitan la atención, es decir, el sostenimiento de la apertura perceptiva ante la llegada de datos específicos (León, 2008). Tales ejercicios propiciarán un mejor registro, vía memoria de trabajo y consecuentemente facilitarán la recuperación de los datos.

Otro tipo de ejercicios que pueden ser útiles son los que eliminan informaciones irrelevantes; ellos resultan de la activación de la corteza frontal medial y orbitaria y eliminan el ruido en los procesos de la memoria de trabajo (Aranovich, 2005).⁶

4. Integración del conocimiento

La corteza prefrontal desarrolla la actividad ejecutiva de la memoria de trabajo en colaboración con las regiones sensoriales corticales. La planificación de las acciones, el establecimiento de categorías y la integración de pistas se lleva a cabo en la corteza prefrontal dorsolateral (Morgado, 2005).

En la memoria explícita o declarativa, que comprende la episódica y la semántica, participa la zona diencefálica que propicia la integración de lo percibido (Piedra García, 2011; Ballesteros, 1999).

La memoria episódica se altera con lesiones mediales del lóbulo temporal, que incluye el hipocampo y las cortezas entorrinal y perirrinal y otras estructuras del sistema límbico. Tal lesión impide al enfermo recordar hechos sucedidos recientemente y aprender nueva información (Budson y Price, 2005). También participan en la memoria episódica los lóbulos frontales, que permiten registrar, retener y codificar información y establecer la secuencia.

La memoria semántica es facilitada conceptualmente, y se almacena ordenada, de acuerdo con los significados de la misma. Al recordar, se establecen asociaciones en función de estímulos que tienen un significado. Tales asociaciones, al conectarse, crean rutas que llevan a encontrar el recuerdo que se pretende, y dicho proceso se dispara por acción de la voluntad (Díaz, 2009).

En la memoria semántica participan las regiones inferiores y laterales de los lóbulos temporales; permiten recordar el nombre del “Padre de la patria” o la diferencia entre dos objetos distintos (Budson y Price, 2005).

La integración de significados de las diferentes informaciones recibidas que estimula la actividad diencefálica es de gran importancia dado que, como se señaló, la recuperación de la información se alcanza a través de asociaciones

5. “La memoria explícita, voluntaria, consciente, se evalúa normalmente mediante pruebas de recuerdo libre, recuerdo señalado y reconocimiento”.

6. “Karl Kleist describe lesiones en la corteza en el cerebro orbitario y en el lóbulo frontal inferior junto a lesiones del tallo cerebral –en algunos casos– en pacientes con el síndrome cronoamnésico. Este síndrome consiste en la alteración de la fijación y ordenación cronológica de los contenidos mnémicos”.

significativas (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005)⁷

La interconexión de todas las áreas corticales, ya sea por medio de conexiones entre circunvoluciones vecinas o por medio de vías largas del fórceps, y a través de las conexiones inter-hemisféricas que se establecen a través del cuerpo calloso, permiten la asociación de los datos, lo cual es un requisito fundamental del proceso de recuperación de la información (Bayona, 2010). Por ello, en el proceso de enseñanza-aprendizaje puede ser conveniente la inclusión de ejercicios de asociación que hagan participar diferentes áreas corticales.

La información contenida en la memoria a largo plazo puede ser recuperada más fácilmente en la medida en que haya sido mejor codificada. La memoria antigua se almacena en la corteza cerebral (Budson y Price, 2005). Dicho proceso es facilitado por medio de señales efectivas o claves, las cuales tienen una estrecha relación con los elementos codificados, y ello facilita el recuerdo.

La importancia de integrar la información en el proceso de enseñanza-aprendizaje se ve reflejada en la potencia que tiene su consideración en diversas estrategias. Por ejemplo, los cuadros sinópticos, los diagramas, o los mapas cognitivos, semánticos y conceptuales funcionan a través de la organización de la información de manera visual. Estas estrategias utilizan procesos que permiten distinguir jerarquías y categorías entre las ideas dentro de modelos con conceptos integrados. Las asociaciones de los elementos percibidos, a su vez, dan claves y pistas que, además de favorecer una mejor comprensión, permitirán recuperar la información con mayor facilidad. El uso de las matrices de inducción y de clasificación, o los cuadros comparativos, por otra parte, son ejemplos de estrategias que permiten categorizar los datos. Asimismo, el uso de las pistas se puede utilizar

de manera separada en estrategias de aprendizaje tales como preguntas guía o preguntas exploratorias y mnemotecnica (Pimienta, 2008).

De acuerdo con las ideas presentadas, es posible notar que, además del valor de tomar en cuenta los tipos de estímulos necesarios en la memorización (por ejemplo, auditivos y visuales), es conveniente considerar el proceso de integración de la información de la persona que aprende. Este último se lleva a cabo al categorizar los datos e integrar elementos que activan los recuerdos con más facilidad. También es factible considerar algunos posibles aspectos a trabajar puntualmente para promover un mejor aprendizaje.

La corteza prefrontal favorece la formación de pistas, y puede ser conveniente la incorporación de ejercicios que desarrollen la capacidad de relacionar los datos que se encuentran en la memoria mediata.

El ejercicio de comprensión de fragmentos de lectura también desarrolla la actividad prefrontal y mejora el proceso de aprendizaje, ya que repercute en las diversas funciones realizadas por la memoria de trabajo. Esto se puede complementar con estrategias tales como la elaboración de resúmenes o de síntesis (Pimienta, 2008). Hay que recordar que, como lo señalan Budson y Price (2005), “los lóbulos frontales y temporales del lado izquierdo en su cara medial es más activa cuando una persona está aprendiendo palabras, mientras los lóbulos temporales mediales derecho e izquierdo frontales son más activos en el aprendizaje de escenas visuales” (Budson y Price. 2005: 697).

Los ejercicios de planificación pueden tener un efecto propiciatorio del aprendizaje, pues ejercitan la memoria de trabajo y consecuentemente el registro de datos y el almacenamiento y la recuperación de los mismos (Bentosela y Mustaca, 2003). Para promover este

último aspecto, puede ser de utilidad, por ejemplo, la realización de ensayos estructurados. Estas actividades, al mejorar la ordenación y clasificaciones de datos, pueden posibilitar una recuperación de la información más accesible. Todo ello es capaz de mejorar las posibilidades del aprendizaje.

Por otra parte, en congruencia con lo descrito acerca de la atención, la integración del conocimiento y el uso de claves en el proceso de aprendizaje, es posible retomar las ideas de Vigotsky acerca de la zona de desarrollo próximo: las claves que un compañero capaz dé a quien aprende mientras lo guía pueden ser elementos que faciliten la codificación y la posterior recuperación de la información conocida o descubierta mientras se resuelve un problema (Diez Palomar y Flecha García, 2010; Vila, 2005). Así, a partir de un contexto sociocultural adecuado que sea favorable a la atención de la persona, ésta puede aprender integrando distintas percepciones en una totalidad congruente.

Como se revisa a continuación, hay elementos adicionales que refuerzan el proceso de aprendizaje: la codificación, la consolidación y la recuperación de la información son impactadas por los procesos emocionales.

5. Las emociones

De acuerdo con los trabajos Nader *et al.* (2000), la amígdala cerebral da lugar a la participación de la emocionalidad favoreciendo condicionamientos o

7. H. Bayona (2010), refiriéndose a los daños producidos por lesiones vasculares lacunares en el cerebro, señala la importancia de las vías de asociación: “afectará eminentemente estructuras subcorticales, como la sustancia blanca y los núcleos de la base, entre ellos los tálamos, interrumpiendo vías de asociación con la corteza principalmente la frontal llevando a lesiones más de tipo disececutivo en éstos casos.”

modificaciones en el aprendizaje consecuentes con la participación emocional (Aguado-Aguilar, 2001).

De acuerdo con lo visto, el proceso de memorización requiere del ingreso de información sensorial y por ello es importante hacerla llegar por diferentes vías, ya que cada una aportará datos que pueden ser asociados y enriquecer el proceso de codificación.

La actividad que desarrolla la corteza prefrontal, al retener la información durante la activación de la memoria de trabajo, permite un mejor registro y manejo de los datos. Tal actividad es reforzada por la corteza prefrontal dorso-lateral, por impulsos motivacionales que le llegan a su vez de la porción anterior de la corteza del cíngulo. La corteza del cíngulo corresponde a la circunvolución que se encuentra en la cara interna del hemisferio cerebral, rodeando al cuerpo calloso, razón por la cual se le denomina circunvolución del cuerpo calloso. La amígdala cerebral mantiene un nivel de alarma que, en cantidades adecuadas, permite la preservación de la especie. Sin embargo, la actividad intensa de dichas estructuras cerebrales genera ansiedad o angustia y, dadas sus conexiones con la corteza prefrontal, interfiere en la actividad de la misma y consecuentemente en la memoria de trabajo (Campos Roldán, 2007).

Por otro lado, las emociones positivas propician una mejor codificación, ya que hay conexiones entre las amígdalas cerebrales y los hipocampos. Ambos se encuentran en los lóbulos temporales y, si bien los últimos codifican la información, las amígdalas aportan un componente emocional a las mismas, generando memorias emocionales que pueden ser objeto de atención de acuerdo con las acciones que se quiera efectuar en el proceso de aprendizaje (Beneyto Molina y García Fernández-Abascal, 2012).

Además, hay que recordar que el hipocampo también codifica la atención (Rebollo y Montiel, 2006; De la Rosa, 2010). Por ello las memorias emocionales despertadas durante el aprendizaje son relevantes para fomentar la atención del sujeto en el proceso educativo.

En estudios recientes Wang y Saudino (2013) analizaron en gemelos la regulación emocional valiéndose de la escala de evaluación de comportamiento de las escalas Bayley de desarrollo infantil. Asimismo, estudiaron su memoria de trabajo, en relación con las influencias genéticas y ambientales. Dichos investigadores encontraron que hay una influencia genética y de factores ambientales no compartidos tanto en la regulación emocional como en la memoria de trabajo. En cambio, los efectos ambientales compartidos sólo afectan a la memoria de trabajo, pero no a la regulación emocional.

Lo descrito implica que sería conveniente propiciar en la persona que se encuentra aprendiendo un estado emocional de suficiente tranquilidad; una posibilidad en este sentido sería favorecer, en la medida de lo posible, que el individuo se sustraiga de las emociones negativas durante el proceso de aprendizaje. Asimismo, una alternativa valiosa podría ser el entrenamiento de la persona en técnicas de manejo del estrés y la ansiedad que le permitan mantener un estado emocional adecuado para facilitar el aprendizaje.

Como es posible notar, existen diversos procesos relacionados con la memorización y con el aprendizaje. Tal como se ha mencionado previamente, estos procesos involucran aspectos relacionados con distintos sentidos, así como con aspectos cognitivos y emocionales, entre otros. Distintas vías de aprendizaje parecen complementarse entre sí y reforzarse recíprocamente.

6. Discusión

Diversas funciones cerebrales participan en el aprendizaje. Entre ellas se cuentan la memoria, la atención, la percepción, la asociación, el análisis, la síntesis, etc. En este trabajo se consideraron algunas de ellas por su relevancia, dado que el avance de su conocimiento neuropsicológico permite notar la aplicabilidad de dichos conceptos a la labor pedagógica. Las técnicas pedagógicas pueden incorporar procesos que generen estimulación cognitiva y que propicien el mejoramiento de las funciones cerebrales y con ello el aprendizaje.

La estimulación cognitiva incrementa las capacidades del aprendizaje; esto es cierto tanto en la juventud como en edades más avanzadas. Borella (2013) ha dejado en claro que la plasticidad cerebral no se pierde, sino que se conserva hasta edades avanzadas. Gracias a ello las personas de más de 75 años de edad pueden mejorar con entrenamiento la memoria de trabajo, la memoria a corto plazo, la velocidad de procesamiento y la inteligencia fluida. Se ha demostrado que tales mejorías se mantienen ocho meses después del entrenamiento.

El efecto benéfico no sólo se da en sujetos sanos, sino también en personas que ya presentan déficit cognitivo. Owens *et al.* (2013) hicieron estudios en pacientes con disforia. Señalan que la disminución de la memoria de trabajo, en esa entidad, se debe al deterioro en la filtración de informaciones irrelevantes. Estos investigadores aplicaron la tarea llamada n-back dual que mejora la memoria de trabajo, y encontraron que también mejora la filtración de informaciones irrelevantes. Asimismo, se ha visto que los niños con trastornos de atención sometidos a entrenamiento cognitivo durante 12 semanas mejoran su capacidad para concentrarse. La función ejecutiva también mejora, así como su capacidad de planeación (Tamm *et al.*, 2013).

Las pacientes con cáncer de mama sufren con frecuencia deterioro de las funciones ejecutivas; se deteriora la memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, planificación y atención. Todas ellas mejoran con entrenamientos cognitivos (Kesler *et al.*, 2013).

Actualmente se ha reconocido la eficacia del entrenamiento cognitivo, y aún las terapias que hacen estimulación cerebral transcranial de la corteza prefrontal no invasiva lo incorporan a sus tratamientos para mejorar las funciones cognitivas (Snowball *et al.*, 2013).

En relación con la evolución histórica de tales conceptos, los últimos años han mostrado un avance sustancial gracias a la introducción de nuevas técnicas de observación de los procesos cerebrales. Esto ha llevado a un aclaramiento de los diversos procesos que participan en el aprendizaje y, al mismo tiempo, al conocimiento de los diversos factores que se involucran en cada uno de ellos y que pueden ser influidos por acciones educativas.

De acuerdo con la memoria de trabajo que, como se comentó, permite retener la información que se ha alcanzado momentos antes, y que permite el procesamiento de la misma bajo la influencia de otras funciones mentales, podemos ilustrar la importancia de ejercitarla con las investigaciones hechas por López-Escribano *et al.* (2013) en lo que concierne la comprensión de la lectura de estudiantes de habla española de tercer grado. Éstas mostraron que, si bien tal comprensión implica el reconocimiento de palabras, la velocidad de la lectura, la inteligencia verbal y la memoria de trabajo, es la memoria de trabajo verbal la que se manifiesta como uno de los principales predictores de la comprensión de la lectura. Igualmente se hace ostensible si consideramos que su estimulación ha formado parte de las acciones que se llevan a cabo en la rehabilitación de pacientes que han sufrido eventos vasculares cerebrales.

El entrenamiento mejora la memoria de trabajo, aunque en la literatura no se conoce el mecanismo neural subyacente (Buschkuehl, 2012). Por medio de tareas que estimulan la memoria de trabajo y que además se encuentran asociadas con una información, se estimularon la memoria de trabajo y la episódica. A los sujetos se les pedía detectar repeticiones en localizaciones espaciales y además identificar escenas (paradigma de doble n-back). Se evaluó la memoria episódica y la inteligencia fluida; la primera mejoró y la última lo hizo después de 20 días. También mejoró la memoria de reconocimiento (Rudebeck, 2012).

El entrenamiento cognitivo es aplicable para estimular diversas funciones de la actividad mental y mejorar la función de diversas áreas cerebrales. El entrenamiento cognitivo realizado con estrategias de codificación semántica para codificar palabras puede mejorar el recuerdo, incluso en adultos mayores. Esto se correlaciona positivamente con cambios tanto en los hipocampos como en la actividad prefrontal y temporal (Kirchhoff *et al.*, 2012).

En cuanto a la atención, ésta puede ser favorecida en los estudiantes de diversas maneras. Un ejemplo son los trabajos de Tian y Smith (2011), quienes investigaron a 34 estudiantes universitarios durante el ejercicio con el fin de estudiar la dirección de su atención ante estímulos agradables o desagradables y encontraron que la atención se dirige más hacia los primeros. Los resultados hablan de la influencia que puede tener el ejercicio físico si se aplica como direccionador de la atención en el aprendizaje.

Smith *et al.* (2010) hicieron una revisión sistemática de la literatura de enero de 1966 a julio del 2009 para conocer el efecto del ejercicio aeróbico sobre el rendimiento neurocognitivo, y encontraron que origina una modesta mejoría de la atención, de la velocidad del procesamiento, de la función ejecutiva y de la memoria.

Conclusiones

Al revisar los conceptos neurobiológicos actuales a la luz de algunas posibles aplicaciones en el aprendizaje y en las técnicas pedagógicas, se puede ver con claridad la estrecha relación entre ambas.

A lo largo de este trabajo se describieron los conceptos neurobiológicos de varias funciones importantes en el proceso de aprendizaje. Se reconoce que tal proceso resulta de la actividad integral cerebral y que la selección de algunas actividades que participan es sólo para hacer comprensible la importancia aplicativa de tales conocimientos al proceso pedagógico.

Se ilustraron algunos de los diversos enfoques de la investigación referente a la estimulación de las funciones cognitivas y sus resultados en sujetos sanos y en aquellos que presentan deterioros o enfermedades que afectan la cognición. En sujetos sanos se vio que es posible mejorar, por ejemplo, el rendimiento aritmético por medio del ejercicio de los componentes específicos de la memoria de trabajo o a través de la intervención dirigida a la emotividad y al contexto sociocultural.

También se planteó que las funciones que participan en el proceso de aprendizaje, tales como la atención, sufren el impacto de la actividad de la amígdala cerebral que participa en la emocionalidad. Por otra parte, se explicó la importancia cognitiva de la organización visual.

Se plantea que el conocimiento de cada función cognitiva desde el punto de vista neuropsicológico es aplicable para diversas técnicas de enseñanza. En síntesis se encontró que las aportaciones del conocimiento neurobiológico actualmente disponibles ofrecen un sustrato teórico importante para la fundamentación de técnicas pedagógicas.

La consideración de las diversas funciones cerebrales implicadas en cada uno de los procesos de memorización, así como el conocimiento de sus interacciones y fundamentos neurobiológicos, explica y da sustento a diversas técnicas pedagógicas existentes y fundamenta posibles alternativas para intervenir a través de las distintas vías consideradas. Asimismo, este conocimiento puede abrir camino en las consideraciones pedagógicas,

particularmente en relación con técnicas educativas para aumentar la eficiencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Hay investigación potencialmente valiosa en este campo y es previsible que el conocimiento neuropsicobiológico continúe haciendo aportaciones valiosas para la comprensión de los procesos educativos.

Una observación que puede ser pertinente, a partir de lo comentado en

este escrito, se refiere al fundamento biológico de la necesidad de que el docente atienda, de manera simultánea, las distintas vías de estimulación sensorial, los aspectos cognitivos y la parte emocional que percibe en las personas a las que enseña. Este cuidado permitirá reforzar procesos que se dan a través de vías paralelas en función de un objetivo común: mejorar el proceso de aprendizaje.



Bibliografía

- Aguado-Aguilar, L. (2001). Aprendizaje y memoria. *Revista de Neurología*, 32(4), 373-381.
- Aranovich, C. (2005). Estrés postraumático: una patología de la memoria. *Alcmeón. Revista Argentina de Clínica Neuropsiquiátrica*, 12(2). Disponible en http://www.alcmeon.com.ar/12/46/06_aranovich.htm.
- Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: investigación y teoría. *Psicothema*, 11(4), 705-723.
- Bausela Herreras, E. (2007). Implicaciones de las conexiones cortico y subcorticales del lóbulo frontal en la conducta humana. *Revista electrónica de Motivación y Emoción (EME)*, 10(25), 7. Disponible en <http://reme.uji.es/articulos/numero25/revisio/texto.html>. Recuperado el 8 de diciembre de 2014
- Bayona, H. (2010). Demencia vascular: un reto para el clínico. *Acta Neurológica Colombiana*, 26(3), 69-77.
- Beneyto Molina, V. B. y García Fernández-Abascal, E. (2012). ¿Es la memoria del optimista menos influenciada por las emociones negativas? *Psicothema*, 24(2), 199-204. Disponible en www.psicothema.com.
- Bentosela, M. y Mustaca, A. E. (2003). El papel de la corteza prefrontal en la motivación y en la conducta intencional. *Suma Psicológica*, 10(2), 153-166.
- Bisley, J. W. (2011). The neural basis of visual attention. [Special section reviews: information processing in the primate visual system: topical review]. *Journal of Physiology*, 589(1), 49-57.
- Blanco Pérez, M. (2012). *Dificultades específicas del aprendizaje de las matemáticas en los primeros*. Número 188 de la Colección de Investigación. España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Borella, E., Carretti, B., Zononi, G., Zavagnin, M. y De Beni, R. (2013). Working memory training in old age: an examination of transfer and maintenance effects. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 28(4), 331-47.
- Budson, A. E. y Price, B. H. (2005). Memory dysfunction. *The New England Journal of Medicine*, 352, 692-699.
- Buschkuhl, M., Jaeggi, S. M. y Jonides, J. (2012). Neuronal effects following working memory training. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 167-179.
- Campos Roldán, M. (2007). La relación psiconeural en el estrés o de las neuronas a la cognición social: una revisión empírica. *Revista de Investigación en Psicología*, 10(1), 125-143.
- Carboni-Román, A., Del Río Grande, D., Capilla, A., Maestú, F. y Ortiz, T. (2006). Bases neurobiológicas de las dificultades de aprendizaje. *Revista de Neurología*, 42(2), 171-175.
- Colom, R. (2001). Inteligencia y memoria de trabajo: la relación entre factor G, complejidad cognitiva y capacidad de procesamiento. *Psicología: teoría e pesquisa*, 17(1), 037-047.
- Cuervo, M. T. y Quijano, M. C. (2008). Las alteraciones de la atención y su rehabilitación en trauma craneoencefálico. *Pensamiento Psicológico*, 4(11), 167-182.
- D'Amato, R. C. y Hartlage, L.C., (2008). *Essentials of Neuropsychological assessment: treatment planning for rehabilitation*. New York: Springer Publishing Company.
- De la Rosa, N. (2010). Relevancia de las pruebas neuropsicológicas de atención y memoria en el traumatismo craneoencefálico. *Revista Mexicana de Psicología*, 27(2), 301-308.
- De la Torre, G. (2002). El modelo funcional de atención en neuropsicología. *Revista de psicología general y aplicada*, 55(1), 113-121.
- Del Rosario, Z. y Peñaloza, S. (2000). *El sistema de memoria humana: memoria episódica y semántica*. Caracas: Texto.
- Díaz, J. L. (2009). Persona, mente y memoria. *Salud Mental*, 32(6), 513-526.
- Diez Palomar, J. y Flecha García, R. (2010). Comunidades de aprendizaje: un proyecto de transformación social y educativa. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, 67(24), 19-30.
- Etchepareborda, M. C. y Abad-Mas, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Revista de neurología*, 40(1), 579-583.

- Fernández, H. (2000). Memoria humana (primera parte) estructuras y procesos: el modelo multi-almacén. *Psicología y Psicopedagogía*, 1(4). Disponible en <http://p3.usal.edu.ar/index.php/psico/article/view/1203/1500>
- Flores Lázaro, J. C. (2006). *Neuropsicología de los lóbulos frontales*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- García Madruga J. A., Delval Merino, J., Sánchez Queija, I., Herranz Ybarra, P., Gutiérrez Martínez, F., Delgado Egido, B., KohenKohen, R., Carriedo López, N. y Rodríguez González, M. (2010). *Psicología del desarrollo I. Volumen 1*. Madrid: UNED.
- Goldstein, G., Allen, D. N., Thaler, N. S., Luther, J. F., Panchalingam, K. y Pettegrew, J. W. (2014). Developmental aspects and neurobiological correlates of working and associative memory. Disponible en <http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.11.0a/ovidweb.cgi?&S=MGBMFPHLAIDDKNMGNC-MKBEJCMBAEAA00&SELECT=S.sh%7c&R=2&Process+Action=display>
- Jódar-Vicente, J. (2004). Funciones cognitivas del lóbulo frontal. *Revista de Neurología*, 39(2), 178-182.
- Nader, K., Schafe, G. E. y Le Doux, J. (2000). Fear memories require protein synthesis in the amígdala for reconsolidation after retrieval. *Nature*, 406, 722-726.
- Kesler, S., Hadi Hosseini, S. M., Heckler, C., Janelins, M., Palesh, O., Mustian, K. y Morrow, G. (2013). Cognitive training for improving executive function in chemotherapy-treated breast cancer survivors. *Clinical breast cancer*, 13(4), 299-306.
- Kirchhoff, B. A., Anderson, B. A., Smith, S. E., Barch, D. M. y Jacoby, L. L. (2012). Cognitive training-related changes in hippocampal activity associated with recollection in older adults. *Neuroimage*, 62(3), 1956-1964.
- Lázaro, J. C. F. (2006). *Neuropsicología de los lóbulos frontales*. Univ. J. Autónoma de Tabasco.
- León, B. (2008). Atención plena y rendimiento académico en estudiantes de escuela secundaria. *European journal of education and psychology*, 2(3), 17-26.
- Lopez-Escribano, C., De Juan, M. R. E., Gomez-Veiga, I. y Garcia-Madruga, J. A. (2013). A predictive study of reading comprehension in third-grade spanish students. *Psicothema*, 25(2), 199-205.
- Martínez Freire, F. (2007). *La importancia del conocimiento. Filosofía y ciencias cognitivas*. España: Netbiblo.
- Morgado, I. (2005). Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes. *Revista de Neurología*, 40(5), 289-297.
- Owens, M., Koster, E. H.W y Derakshan, N. (2013). Improving attention control in dysphoria through cognitive training: transfer effects on working memory capacity and filtering efficiency. *Psychophysiology*, 50(3), 297-307.
- Pastells, A. A. (2007). ¿Por qué algunos niños tienen dificultades para calcular? Una aproximación desde el estudio de la memoria humana. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 10(3), 315-333.
- Piedra García, L. A. (2011). Propuestas de la memoria en psicología: un estado de la cuestión y sus implicaciones en la enseñanza universitaria. *Ciencias económicas*, 29(1), 259-274.
- Pimienta, J. (2008). *Constructivismo estrategias para aprender a aprender*. México: Pearson Educación.
- Rebollo, M. A. y Montiel, S. (2006). Atención y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42(2), S3-S7.
- Redondo, M. T., Reales, J. M. y Ballesteros, S. (2010). Memoria implícita y explícita en mayores no dementes con trastornos metabólicos producidos por la diabetes mellitus tipo 2. *Psicológica*, 31, 87-108.
- Rudebeck, S. R., Bor, D., Ormond, A., O'Reilly, J. X. y Lee, A. C. (2012). A potential spatial working memory training task to improve both episodic memory and fluid intelligence. *PLoS ONE* [Electronic Resource], 7(11), e50431.
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., Browndyke, J. N. y Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: A meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, 72(3), 239-252.
- Snowball, A., Tachtsidis, I., Popescu, T., Thompson, J., Delazer, M., Zamarian, L., Zhu, T. y Cohen Kadosh, R. (2013). Long-term enhancement of brain function and cognition using cognitive training and brain stimulation. *Current Biology*, 23(11), 987-992.
- Soprano, A. M. y Narbona, J. (2007). *La memoria del niño: desarrollo normal y trastornos*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Tamm, L., Epstein, J. N., Peugh, J. L., Nakonezny, P. A., Hughes, C. W., (2013). Preliminary data suggesting the efficacy of attention training for school-aged children with ADHD. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 4, 16-28.
- Tian, Q. y Smith, J. C. (2011). Attentional bias to emotional stimuli is altered during moderate- but not high-intensity exercise. *Emotion*, 11(6), 1415-1424.
- Varela-Ruiz, M., Ávila- Acosta, R. y Fortul, T.I. (2005). *La memoria: definición, función y juego para la enseñanza de la medicina*. México: Médica Panamericana.
- Velilla-Jiménez, L. M., Soto-Ramírez, E. y Pineda-Salazar, D. (2010). Efectos de un programa de estimulación cognitiva en la memoria operativa de pacientes con deterioro cognitivo leve amnésico. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 5(3), 185-198.
- Vila, I. (2005). Lev S. Vigotsky: la psicología cultural y la construcción de la persona desde la educación, en J. Trilla (ed.), *El legado pedagógico del siglo xx para la escuela del siglo xxi* (pp. 207-227). España: Editorial Graó.
- Wang, M. y Saudino, K. J. (2013). Genetic and environmental influences on individual differences in emotion regulation and its relation to working memory in toddlerhood. *Emotion*, 13(6), 1055-1067.
- Wilson, T. D. (2002). *Strangers to ourselves: discovering the adaptive unconscious*. USA: Harvard University Press.