



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Departamento de Psicología
Facultad de Ciencias Sociales

**La Memoria de Trabajo y su incidencia en el Rendimiento
Académico en la asignatura de Matemática, en la infancia y
adolescencia**

Lic. Clara Elizabet Carrillo-Risquet
M.Sc. Elizabeth Jiménez-Puig
Lic. Yuliana Morell-Esquivel

Edición: Miriam Artilles Castro
Corrección: Liset Manso Salcerio

Clara Elizabet Carrillo-Risquet, Elizabeth Jiménez-Puig, Yuliana Morell-Esquivel, 2019

Editorial Feijóo, 2019

ISBN: 978-959-312-368-6

Arbitrada por pares académicos



Editorial Samuel Feijóo, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830

Índice

Introducción / 4

Desarrollo / 8

Generalidades teóricas sobre el proceso de memoria / 8

Principales posturas teóricas en el abordaje de la memoria / 9

Funciones ejecutivas / 15

Memoria de Trabajo. Una aproximación teórica / 16

Modelos para el estudio de la Memoria de Trabajo / 21

Memoria de Trabajo Visoespacial / 25

Memoria de Trabajo Verbal / 26

Bases neuroanatómicas de la Memoria de Trabajo / 28

La Memoria de Trabajo y el Rendimiento académico en el proceso de enseñanza-aprendizaje / 33

Memoria de Trabajo y Rendimiento académico en Matemática / 37

Conclusiones / 41

Referencias / 42

Introducción

El desarrollo en el conocimiento de la neuropsicología sobre los lóbulos frontales que es sin lugar a duda la zona donde se desarrollan los procesos superiores de la psiquis, permite avanzar en la comprensión de las zonas del cerebro más importantes para la conducta y la cognición humana (Flores-Lázaro & Ostrosky-Solís, 2008).

Como objeto de estudio de dicha ciencia, el cerebro se divide en diferentes lóbulos, entre ellos el lóbulo frontal es la estructura cerebral de más reciente desarrollo y evolución en el cerebro humano. Su perfeccionamiento en los primates se relaciona con la necesidad de un control y coordinación más compleja de los procesos cognitivos y conductuales que emergieron a través de la filogénesis de estas especies (Fuster, 2002).

López (2011) ampliaba que la corteza prefrontal está involucrada en varias funciones cognitivas superiores, como la planificación, el razonamiento y la comprensión del lenguaje. Estas capacidades cognitivas cambian drásticamente en función de la edad durante la infancia y la adolescencia. Por tanto denota gran importancia su conocimiento y manejo para varias profesiones entre estas la Medicina, la Psicología y también la rama Pedagógica, en tanto se explicita como un sistema general de control cognitivo y de procesamiento ejecutivo, guía el comportamiento e implica interacciones entre varios procesos mentales como la percepción, atención, motivación, memoria, entre otros.

La neuropsicología propone conocimientos sobre los cambios estructurales y desarrollos progresivos de las áreas cerebrales involucradas con la memoria de trabajo (MT), como la corteza prefrontal antes mencionada, la cual experimenta una maduración formidable en sus funciones durante la primera infancia, logrando prácticamente en esta etapa su madurez para el empleo de la misma en el desarrollo humano de la cognición y con esto el desempeño exitoso o no de los sujetos en determinada tarea (López, 2011).

En los últimos años ha crecido el interés por conocer los determinantes del rendimiento académico y se aprecia la necesidad de investigar nuevas

variables que expliquen el frecuente fracaso escolar de los alumnos. Las investigaciones en psicología evolutiva y las neurociencias están realizando numerosos aportes a la comprensión del aprendizaje y la didáctica docente (López, 2013).

Un grupo de autores (Zapata, Reyes, Lewis y Barceló, 2009) plantea que para algunos la neuropsicología, desde su análisis detallado y riguroso sobre los procesos cognitivos y su relación con la organización y funcionamiento cerebral no se trata de analizar la memoria en general, sino de mirar qué tipo de memoria es la más básica en un momento dado del proceso de aprendizaje.

Autores como Hitch, Towse y Hutton (2001) consideran a la memoria de trabajo de gran importancia en el aprendizaje escolar debido a que es un sistema activo, que representa la capacidad de mantener la información relevante para el objetivo que se quiere lograr, y fundamental para las funciones cognitivas superiores, como el razonamiento y la comprensión de la lectura.

Baddeley y Hitch (1974), señalan que el sistema de memoria manipula simultáneamente su contenido y actualiza la información en la memoria para alcanzar las metas de las tareas. El carácter funcional de este sistema es evidente cuando se necesita mantener la información en el corto plazo en tareas tan diversas como la comprensión y el razonamiento.

Dada la necesidad de este sistema para los procesos cognitivos, y por tanto en el rendimiento académico, creemos necesario profundizar en el conocimiento de este constructo, identificando qué componentes del modelo multialmacén manifiestan mejor la relación entre la Memoria de Trabajo y el Rendimiento Académico en las asignaturas de Lengua y Matemática (López, 2013).

La MT es uno de los procesos psicológicos básicos que interviene en forma relevante en los aprendizajes elementales, por lo cual se considera esencial ahondar en su evolución y el nivel de incidencia que presenta en el aprendizaje (Ardila & Surloff, 2012; López, 2011).

Siendo aún un campo poco explorado, en el presente trabajo, se patentiza la necesidad de explorar el funcionamiento de la MT en estudiantes, pues estos datos serían esenciales para imprimir en la praxis educativa mayor efectividad en la puesta en práctica de los contenidos impartidos por los docentes y con esto en la apropiación de estos por parte de los estudiantes.

Por tanto, se plantea la exploración de la relación entre ambos subcomponentes en el RA en general, pues en este sentido Best y Miller (2010) establecen que la mayoría de los artículos científicos que existen se enfocan en momentos específicos del desarrollo, como por ejemplo la edad preescolar o la niñez; siendo escasas las investigaciones que se centran en el desarrollo a lo largo de la infancia-adolescencia. Como principal obstáculo señalan en su estudio la falta de instrumentos diseñados específicamente para que se facilite el análisis comparativo a través de las distintas etapas evolutivas.

Otros autores plantean que el desarrollo de las FE sobre el desarrollo cognitivo es aditivo-sistémico a lo largo de la infancia y adolescencia: selectividad y control de los procesos cognitivos, mayor capacidad para crear esquemas mentales, mayor flexibilidad mental, incremento en el uso y complejidad de estrategias de memoria-aprendizaje, mayor organización y planeación de la actividad cognitiva y conductual; en el fondo de un desarrollo constante de la actitud para analizar los fenómenos de forma cada vez más abstracta, así como de emplear elementos psicolingüísticos complejos. Sin embargo aún, falta información sobre cómo se integran entre ellas, sobre todo durante la adolescencia y cómo se integran con otras capacidades cognitivas a lo largo del desarrollo (Flores, Castillo, & Jiménez, 2014).

Pautando la necesidad de investigaciones en las primeras etapas evolutivas del presente tema de investigación, Gutiérrez y Ramos (2014) argumentan que la memoria operativa o de trabajo se define como constructo que ha adquirido particular relevancia, como capacidad esencial que media el rendimiento escolar, argumentando resultados que avalan su validez, al confirmar su valor predictivo y discriminativo respecto a la competencia intelectual general y el desempeño específico en las materias escolares, lo que pone de manifiesto su utilidad en los ámbitos educativos como medida predictora del rendimiento.

Recientemente se ha desarrollado un estudio con niños, donde se ha argumentado que la gravedad de sus dificultades en Matemática puede ser importante para comprender las debilidades cognitivas subyacentes que pueden afectar su rendimiento matemático (Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007).

Se decide ahondar en dicha relación específicamente en la asignatura de Matemática, pues es donde se concentran la mayoría de las dificultades en la

promoción del estudiantado actual. En años anteriores el constructo MT fue considerado como un almacén pasivo en cuanto a la manipulación de la información. No obstante, el término ha evolucionado y hoy se reconoce que la MT es la responsable de conectar la memoria sensorial con la memoria a largo plazo, presenta un gran componente atencional y permite llevar a cabo varias tareas cognitivas simultáneamente, contemplando la manipulación y transformación de la información para planificar y guiar el comportamiento (Portellano, 2005).

En síntesis, la MT implica el almacenamiento temporal de información para su utilización en tareas cognitivas complejas, que requieren procesamiento o algún tipo de modificación o integración de la información. Consiste en un mecanismo de almacenamiento activo y en mecanismos especializados de almacenamiento provisional que solo entran en juego cuando es preciso retener un tipo de información específica (López, 2011). De ahí su impacto en los contenidos vinculados con la Matemática y en el aprendizaje en general.

Por tanto como objetivo general de la presente revisión bibliográfica se plantea: Sistematizar en las posturas actuales que abordan la Memoria de Trabajo y su incidencia en el Rendimiento Académico en la asignatura de Matemática, en las primeras etapas evolutivas.

Desarrollo

Generalidades teóricas sobre el proceso de memoria

Numerosos autores se han dado a la tarea de investigar la complejidad de los procesos cognitivos para desentrañar tanto su funcionamiento, su implicación con otros procesos, como las bases neurales que lo sustentan. Entre ellos se le ha brindado especial interés a la memoria. Dada la complejidad de su funcionamiento, ha sido considerada como uno de los aspectos más importantes para la vida diaria del ser humano, pues refleja las experiencias pasadas y permite la adaptación a situaciones presentes y futuras.

Se considera que Hermann Ebbinghaus (1850-1909) fue el pionero en el estudio experimental de la memoria humana, pues trató de aplicar la metodología de los estudios psicofísicos de Fechner (1860) sobre la sensación, al estudio de la memoria, utilizando como material sílabas sin sentido y siendo él mismo el sujeto de los experimentos. También se reconoce a William James por ser el primero en abordar la memoria primaria y diferenciarla de la secundaria (Manzanero, 2008).

Estos autores solo fueron el comienzo de una larga trayectoria de investigaciones acerca de este complejo proceso cognitivo. Por ejemplo (Sokolov, 1970; citado en Zúñiga *et al.*, 2010), se refieren a la memoria como un mecanismo o proceso que permite conservar la información transmitida por una señal después de que se ha suspendido la acción de esta. Reafirma, además, que permite almacenar experiencias y percepciones para evocarlas posteriormente (Ardila & Surloff, 2012).

Sin embargo, Portellano (2005) aborda una concepción más amplia. Plantea que es una función neurovegetativa que permite registrar, codificar, consolidar, retener, almacenar, recuperar y evocar la información previamente almacenada. Mientras que el aprendizaje es la capacidad para adquirir nueva información, la memoria es la capacidad para retener la información aprendida.

Otros autores coinciden en que es la capacidad de ingresar, de registrar, de almacenar y de recuperar la información del cerebro; ya sean valores,

recuerdos visuales o auditivos; básicos en el aprendizaje y el pensamiento. También es la impresión, retención y reproducción de una experiencia anterior. La memoria tiene que ver con prácticamente todos los comportamientos sensibles a la experiencia (Montejo, 2006; citado en Broche, 2011).

En la actualidad, la memoria es entendida, como un proceso cognitivo, mediante el cual las neuronas realizan sinapsis, para dar como resultado el almacenamiento de información que podrá luego ser evocada, es decir, recuperar informaciones adquiridas (Chapi, 2012).

Desde una posición neuropsicológica, Chapi (2012) también define la memoria como un proceso neurocognitivo que permite registrar, codificar, consolidar, almacenar, acceder y recuperar la información que constituye un proceso básico para la adaptación del ser humano al mundo que lo rodea.

Principales posturas teóricas en el abordaje de la memoria

A pesar de que los estudios sobre memoria se han consolidado con el paso del tiempo, aún no existe un consenso acabado sobre sus divisiones. Para intentar comprender en qué consiste la memoria, los psicólogos idearon paradigmas experimentales que han permitido poner a prueba, en los laboratorios, esa capacidad humana.

Entre los postulados dedicados a este tema encontramos que, algunos autores se refieren a la memoria como un sistema integrado por diferentes procesos básicos y otros la consideran como un multialmacén que contiene diversos tipos de memoria. Este último ha sido el más aceptado y trabajado por los estudiosos del tema (Tirapu & Muñoz, 2005)

En psicología existen al menos tres grandes teorías de la memoria (Smith, 1996) sobre las etapas de memoria, sobre los sistemas de memoria y basadas en los recursos de la memoria (Colom, 2001). Las teorías sobre las etapas de la memoria distinguen la fase de codificación, de almacenamiento y de recuperación, propuestas originalmente por Atkinson y Shiffrin (1968). A continuación se ofrece brevemente una caracterización de estas teorías.

Codificación de la información, consiste en transformar los estímulos en representaciones mentales. Este proceso ocurre de dos formas, de manera automática o intencionada. La primera se refiere a la codificación inconsciente de datos menos importantes, como el espacio y el tiempo; mientras que la intencionada requiere atención y esfuerzo constante, para lograr mediante el repaso o la repetición el mantenimiento y almacenamiento de la información (Myers, 2006).

La información se codifica de acuerdo con el significado, visualización y organización mental. Por ejemplo, a través de imágenes, sonidos, experiencias, acontecimientos o ideas.

Se emplea, además, la organización de elementos en unidades significativas como letras, palabras, frases o números y estableciendo jerarquías entre ellos (Etchepareborda & Abad-Mas, 2005). Almacenamiento de la información es la etapa que se caracteriza por el ordenamiento, categorización o simple titulación de la información, lo cual requiere tanto de una metodología como de estructuras intelectuales que ayuden a la persona a clasificar los datos. Esta fase está conformada por la memoria sensorial, que se encarga de la fijación inmediata de estímulos visuales (memoria icónica) y estímulos auditivos (memoria ecoica).

Cuenta, además, con la memoria a corto plazo, la que retiene algunos elementos durante un corto período de tiempo y la memoria a largo plazo, como almacén relativamente permanente e ilimitado del sistema de memoria. Una vez codificada la experiencia y almacenada por cierto tiempo, esta se presenta de manera automática (Myers, 2006).

Evocación o recuperación de la información es el proceso por el cual recuperamos la información. Si esta ha sido bien almacenada y clasificada será más fácil localizarla y utilizarla en el momento en que se solicita (Etchepareborda & Abad-Mas, 2005).

Existen dos formas o caminos a través de los cuales podemos recuperar la información: reconocimiento y evocación. La evocación es la búsqueda autoiniciada de la información almacenada en la memoria a largo plazo y el reconocimiento es percibir o reconocer la información entre varias alternativas. La evocación generalmente se dispara con una clave.

La clave puede ser un pensamiento, imágenes, sonidos, palabras, olores, etc, que disparan la recuperación de información del almacenaje en la memoria a largo plazo (Clare & Wilson, 1997).

Por otra parte, aparecen las teorías basadas en los recursos cognitivos, que se centran fundamentalmente en explicar los procesos de memorización, a partir de parámetros tales como; la velocidad con la que se puede procesar mentalmente la información, la capacidad de la Memoria a Corto Plazo (MCP) y la habilidad para inhibir el procesamiento mental de la información irrelevante. Desde estas teorías, las limitaciones temporales de la MCP conllevan a que el sujeto pueda procesar una determinada cantidad de información por unidad de tiempo. Cuando un sujeto puede procesar la información de la MCP a mayor velocidad que otro, entonces posee una ventaja, en el sentido de que podrá procesar más información por unidad de tiempo (Colom, 2001).

La teoría sobre los sistemas de memoria o teoría multialmacén aunque dan prioridad al análisis estructural de la memoria, no se limitan a un estudio estático de las estructuras, sino que inevitablemente aluden también, a las propiedades procesuales tales como codificación, control y recuperación de información. Las estructuras que se distinguen en esta teoría son la memoria sensorial (MS), la memoria a corto plazo (MCP) y la memoria a largo plazo (MLP). Cada una de ellas tiene propiedades funcionales específicas relativas al tipo de información que almacenan, capacidad y persistencia temporal (Vega, 1984).

Planteaba Colom (2001), el sujeto recibe la información del entorno a través de los órganos de los sentidos, dando lugar a impresiones sensoriales que se almacenan en la MS, pero cuya duración no suele exceder el medio segundo. Gran parte de la información incluida en esas impresiones sensoriales, se desvanece rápidamente. La información superviviente se traslada desde la MS a la MCP, donde el sujeto pueda manipularla conscientemente.

Teoría multialmacén (Memoria a corto y largo plazos)

De acuerdo con Vega (1984) la teoría multialmacén ha servido de marco conceptual con una doble función: guía de investigación y organización

coherente de los datos empíricos. Para los investigadores de la memoria ha sido de gran utilidad apoyarse en sus líneas teóricas, dado que aparecen bien definidas y contribuyen a la fiabilidad de los trabajos. Por lo tanto, a continuación se describen las dos grandes modalidades de memoria: memoria a corto y largo plazos, con las tipologías que lo conforman.

Memoria a corto plazo (MCP)

Los modelos generales de memoria plantean que la información procedente de los sentidos, tras pasar brevemente por el almacén sensorial y antes de almacenarse en la memoria a largo plazo (MLP) es transferida a la memoria a corto plazo (MCP). La MCP sería un almacén de retención temporal pero, lo que es más importante, se considera que es la responsable de los procesos de codificación de la información, aunque también de la recuperación, pues es en ella donde se activa la información procedente de la MLP. La mayoría de los primeros estudios se centraron en analizar su capacidad, duración, codificación, recuperación y transferencia de información a la MLP (Manzanero, 2008).

Ampliaba además Manzanero (2008) que para que se obtenga como resultado el procesamiento perceptivo de la información, es necesario que se produzca una codificación sensorial de los estímulos que han de ser memorizados, por lo que dentro de la memoria a corto plazo existen varias modalidades: memoria sensorial, memoria inmediata y memoria de trabajo.

Memoria sensorial (MS)

Se refiere a una memoria ultracorta. Actúa como el registro inicial de la información a través de los receptores sensoriales. Los distintos estímulos auditivos, olfatorios, luminosos, táctiles, etc., acceden al cerebro a través de los órganos de los sentidos. Según planteaba Manzanero (2008), es posible que existan dos procesos en la MS: el primero consiste en realizar la fotografía instantánea del estímulo y el segundo mantiene la huella sensorial durante un período inferior a un segundo. Atkinson y Shiffrin (1968) refieren que sería el equivalente a un post-efecto, por ejemplo, cuando los ojos se cierran y se mantiene, durante un tiempo corto, la imagen visual que se tenía.

La MS tiene como características su amplia capacidad y la brevedad de su duración; además de estar formada por un conjunto de sistemas correspondientes a cada uno de los canales sensoriales estimulados: memoria icónica o visual, memoria auditiva o ecoica, memoria táctil, memoria olfativa y memoria gustativa (Portellano, 2005). Estos estímulos, a pesar de su corta duración, pueden prolongar su permanencia si se almacenan en la MCP.

Memoria a largo plazo (MLP)

En el caso de la memoria a largo plazo Vega (1984) plantea que es un almacén de capacidad y persistencia ilimitadas. La información almacenada en MLP permanece habitualmente en un estado inactivo o latente y solo se recuperan fragmentos de información eventualmente, cuando las demandas ambientales o una determinada tarea, así lo exigen.

Según Portellano (2005) las divisiones tradicionalmente realizadas dentro de la MLP, precisan la existencia de la memoria anterógrada y retrógrada para explicar cuadros amnésicos. Las memorias declarativa y no declarativa aparecen más relacionadas con las experiencias o hechos adquiridos a través del aprendizaje, que pueden ser conscientemente recuperados por el sujeto, además de los automatismos o información registrada inconscientemente.

La MLP incluye otros componentes como: la memoria semántica, la cual abarca los conocimientos sobre el significado de las palabras, las reglas gramaticales, reglas de resolución de problemas y conocimientos generales sobre el mundo físico y social. La memoria episódica almacena y recupera eventos organizados en pautas espaciales y temporales, y la autobiográfica hace referencia a los acontecimientos que se produjeron a lo largo de la biografía del sujeto, como la fecha, el lugar de nacimiento, entre otros sucesos (Vega, 1984).

Portellano (2005) refiere el concepto de memoria retrospectiva como la capacidad para recordar los acontecimientos y acciones del pasado mientras que la prospectiva es la memoria de actividades que van a realizarse en el futuro, como felicitar a la pareja el día de aniversario.

Memoria a corto plazo (MCP)

Vega (1984) refiere que la memoria a corto plazo funciona como un sistema de retención y almacenamiento temporal, donde solo se puede retener un número limitado de unidades de información y durante períodos de unos cuantos segundos. Una de las propiedades básicas de la MCP, es su escasa persistencia (aproximadamente entre 15 y 30 segundos). Su capacidad es limitada, pues algunas investigaciones realizadas han establecido los límites de MCP, aproximadamente en 7 unidades de información.

También Vega (1984) refería que la MCP es un dispositivo que opera a partir de inputs procedentes tanto del exterior como del propio sistema cognitivo. En MCP se combina la información del input sensorial con los conocimientos permanentes del sujeto, ejecutándose complejas operaciones de codificación y elaboración de la información. Debido a este importante rasgo funcional a la MCP también se le ha llamado “memoria activa o memoria operativa”.

Memoria de trabajo (MT)

La memoria operativa o memoria de trabajo (MT) se ha catalogado como una modalidad de MCP que resulta esencial para el procesamiento cognitivo, ya que permite simultanear varias tareas cognitivas. Mientras que la MCP es un sistema unitario y pasivo de almacenamiento, la memoria de trabajo funciona como un sistema activo de almacenamiento (Portellano, 2005). Lo que se desarrolla detalladamente entendiendo el término como una de las funciones cognitivas esenciales en el aprendizaje y por ende en el comportamiento.

Estructuras generales que sustentan las modalidades de memoria

Luria (1973, 1977), presenta la zona prefrontal como la zona clave para la programación de la actividad mental, para la planificación de acciones, la regulación de ellas, y/o el cambio entre las mismas en función de los objetivos planeados (Barroso, 2002).

El lóbulo frontal se relaciona directamente con los niveles más altos de conductas dirigidas a una meta, incluyendo secuenciación compleja,

creación de planes a corto y largo plazos y la manipulación interna de los sistemas de representación (Perecman,1987, citado en Barroso, 2002). Se ha postulado que el sistema de memoria en el cerebro incluye las siguientes estructuras: los cuerpos mamilares del hipotálamo, el tálamo (en particular los núcleos dorsomediales), lóbulos frontales, el cíngulo y el hipocampo (Squire *et al.*, 1992; Tulving, 1992). Lesiones en diferentes estructuras cerebrales pueden generar directa o indirectamente defectos de memoria. Por ejemplo, las lesiones en las estructuras del sistema límbico, particularmente del hipocampo, la amígdala, los cuerpos mamilares y en algunos núcleos del tálamo, afectan el proceso de almacenamiento de información nueva, manteniéndose, sin embargo, la habilidad para recordar hechos antiguos (Mesulam, 1990).

Funciones Ejecutivas. Una aproximación teórica

Las funciones ejecutivas (FE) son un constructo psicológico unitario que engloba una serie de procesos neuropsicológicos de alto orden, los cuales permiten el desarrollo de tareas ajustadas a una meta o propósito. Fue Alexander Luria (1980) quien se referiría a ellas, al establecer las tres unidades o bloques de funcionamiento cerebral. En este sentido, las FE se encuentran en la tercera unidad funcional, la cual permite la programación, regulación y verificación de las acciones. No obstante, se considera que quien acuñó el término fue Muriel Lezak (1982) para describir la capacidad mental necesaria para formular metas, planificar la manera de lograrlas y llevar adelante planes de acción de manera eficaz.

Son estas en cierta forma las responsables del control de la cognición, de la regulación de la conducta y del pensamiento. De forma empírica se patentiza un concepto a partir de las investigaciones científicas realizadas con pacientes con lesiones prefrontales, de la región dorsolateral principalmente y en experimentos con animales (Fuster, 1989; Goldman-Rakic, 1997).

En este sentido Denckla (1994) plantea que las FE incluyen el mantenimiento de un contexto para la solución de problemas, dirección de la conducta hacia un objetivo, control de la interferencia, flexibilidad, planeación estratégica y la habilidad para anticipar y comprometerse en actividades dirigidas a una meta. Se relacionan con la habilidad de filtrar información que interfiere con la tarea,

involucrarse en conductas dirigidas a un objetivo, anticipar consecuencias de las propias acciones y el concepto de flexibilidad mental.

Por su parte, Ardila y Surloff (2012) abordan una serie de elementos que se encuentran a su vez asociados al funcionamiento ejecutivo, como son la moralidad, las conductas éticas y la autoconciencia. Hacen referencia a la implicación de los lóbulos frontales como sustrato anatomofisiológico de las FE. Tratándose entonces de los procesos cognitivos que intervienen en la planificación, en el mantenimiento de una meta determinada, en el control de los impulsos, en la memoria de trabajo y en el control de la atención (Pennington & Ozonoff, 1996).

Algunos autores definen FE como un conjunto de procesos de control interdependientes y relacionados entre sí (García-Villamizar y Muñoz, 2000). Lezak (1995) señala que en la FE están involucradas la volición, planificación, acción propositiva y ejecución efectiva. Duncan (1995) y Duncan y cols. (1996) planteaban que las FE son habilidades para mantener una gama de estrategias para la resolución de problemas, con el fin de alcanzar un objetivo determinado.

De forma general, las FE son consideradas en calidad de habilidades o capacidades cognoscitivas de orden superior, que permiten a una persona conseguir un objetivo o solucionar un problema (Casas, 2013). Aun cuando no existe un consenso acabado sobre los procesos que integran las FE (Broche-Pérez & Herrera-Jiménez, 2016; Vergara-Mesa, 2011), diversos autores señalan entre sus componentes el control inhibitorio (CIn), la flexibilidad atencional (FA), la planificación de acciones, la toma de decisiones, la memoria de trabajo (MT), entre otras. Estas funciones dirigen la conducta hacia un objetivo; y permiten emitir respuestas adaptativas a situaciones novedosas o complejas (Bausela, 2014).

Son el basamento que nos permite desarrollarnos personal y socialmente ante las demandas del medio circundante. Por lo tanto inciden directamente en todas las actividades de la vida cotidiana de los sujetos desde las acciones más simples, hasta las más complejas en mayor o menor medida, incluyendo en estas las que implican aprendizaje informal y formal de los individuos. Se deberá ahondar entonces, en los constructos que apoyan y comprueban dichas afirmaciones, tomando en consideración algunos de los procesos que

componen las FE, lo cual será esclarecedor en la comprensión del complejo tema que se aborda.

Memoria de trabajo. Una aproximación teórica

Un análisis del término memoria permite constatar que en la actualidad se entiende como un proceso cognitivo mediante el cual las neuronas realizan sinapsis, lo que traerá como resultado el almacenamiento de información que podrá luego ser evocada, es decir, esta información adquirida con anterioridad se podrá recuperar cuando se necesite (Chapi, 2012).

Desde una posición neuropsicológica Chapi (2012), define la memoria como un proceso neurocognitivo que permite registrar, codificar, consolidar, almacenar, acceder y recuperar la información que constituye un proceso básico para la adaptación del ser humano al mundo que lo rodea.

De este concepto se desliga un término más contemporáneo trabajado por la Neuropsicología, y es que lograr una definición acabada del término memoria de trabajo es actualmente tema de discusión de muchos estudiosos. La MT ha sido abordada desde diferentes posturas, incluso se ha utilizado con arbitrariedad, lo que ha dado lugar a cierta confusión terminológica y conceptual. Por ello, es necesario definir claramente a qué nos referimos con este término y diferenciarlo de otros que han sido utilizados en muchas ocasiones como sinónimo de MCP, memoria primaria, memoria activa o memoria reciente (Tirapu, 2005).

Específicamente la MT (*working memory*) como componente esencial de las FE, constituye el dispositivo o mecanismo encargado de procesar y mantener la información relevante durante el desarrollo de las tareas cognitivas (Baddeley & Hitch, 1974). Su concepción parte de la Teoría Multialmacén de Memoria planteada por Atkinson y Shiffrin (1968), desde la cual la MT es considerada como un componente de la memoria a corto plazo (MCP). Anteriormente, este almacén era considerado un almacén pasivo en cuanto a la manipulación de la información. No obstante, el término ha evolucionado y hoy se reconoce que la MT es la responsable de conectar la memoria sensorial con la memoria a largo plazo, presenta un gran componente atencional y permite llevar a cabo varias tareas cognitivas simultáneamente, contemplando la

manipulación y transformación de la información para planificar y guiar el comportamiento (Portellano, 2005).

En este sentido, se considera que la MT es un espacio de trabajo mental que está involucrado en el control, la regulación y el mantenimiento activo de la información relevante, para realizar tareas cognitivas complejas (Miyaki & Shah, 1999).

Baddeley y Logie (1999), sostienen que dicho componente está conformado por aspectos cognitivos que influyen y determinan la acción humana de comprender y representar mentalmente su ambiente más inmediato, retener la información de la experiencia pasada más reciente, es la capacidad de asimilar nuevos conocimientos para solucionar las demandas del medio, es la aptitud para formular metas y actuar en consecuencia para lograrlas. Dentro de las características más importantes de la MT están la amplitud, el mantenimiento de la información durante cierto tiempo y el nivel de activación durante el proceso de trabajo (Baddeley & Logie, 1999; Carpenter, Just, & Shell, 1990; Duff, 2000; Rowe, Toni, Josephs, Frackowiak, & Pssingham, 2000; Towse, Hitch, & Hutton, 2000).

La MT establece un vínculo fundamental entre la percepción, la atención, la memoria y la acción (Baddeley, 1996). Su principio operacional de funcionamiento opera sobre la base de la recepción de estímulos en los receptores sensoriales, los cuales son percibidos y atendidos, para posteriormente integrar sus diversos componentes y realizar operaciones simultáneas en presencia o ausencia del estímulo original. Esta memoria permite la evocación de información, pero su capacidad es limitada y susceptible de interferencias. Esta vulnerabilidad le imprime un carácter de enorme flexibilidad, que posibilita estados de alerta ante la recepción de nuevos estímulos, a la vez que manipula la información necesaria en función de otros procesos cognitivos de alta complejidad (Baddeley, 1983).

En este sentido, Etchepareborda y Abad (2005) plantean la necesidad de un establecimiento preciso de la conexión que posee la MT con otros mecanismos especializados de almacenamiento provisional, además de su conexión con la memoria a largo plazo (MLP). Este vínculo permite acceder a los conocimientos y experiencias pasadas que el sujeto haya tenido sobre temas específicos, pues con el empleo de esa información operaría con mayor precisión en la

resolución de problemas planteados. Por ende, el rendimiento en tareas de memoria depende de la habilidad del individuo para manipular unidades pequeñas de información que se traducen en fonemas, palabras. Las implicaciones prácticas de funcionamiento de la MT de acuerdo con dichos autores serían:

- La información a manipular debe ser lo suficientemente comprensible como para identificar los elementos que la componen y organizarla de acuerdo con sus esquemas.
- La práctica o el entrenamiento permitirán ampliar los límites de espacio y tiempo que tiene la MT.
- Se deben tener claros los problemas que puede acarrear, para el aprendizaje, como las interferencias o distractores que impidan aprender.
- La organización de la información facilita su recuperación.
- La información a procesar en la MT puede ser organizada jerárquicamente por orden alfabético, por categorías, por número de elementos, etc. Por tanto, la incorporación de un nuevo dato puede dar lugar a reorganizar su estructura.

De ahí que se establezca que la MT denota la capacidad para realizar tareas que implican simultáneamente almacenamiento y manipulación de la información, por ejemplo, lectura y comprensión; mantenimiento de la información mientras se codifican nuevos elementos; así como la realización de operaciones aritméticas que implican la retención de dígitos simultáneamente con el desarrollo de disímiles operaciones (Román, Sánchez y Rabadán, 2010). De esta manera, la MT se implica directamente en actividades que incluyen la interrelación de tópicos y la realización de cálculos mentales de diversa índole (Bruce, 2013).

De acuerdo con lo anterior, se establece que la MT opera de manera continua y requiere de un esfuerzo mental constante, además tiende a la distracción, hecho que explica por qué muchas veces falla. El espacio de almacenamiento es aproximadamente de 5 a 9 unidades mnémicas simultáneamente. Cuando se intenta almacenar más, los elementos interfieren unos con otros, resultando que en muchos casos se recuerde la primera información y la última (Báez, 2013).

Muchos han sido los que han investigado sobre la MT y de estos estudios han surgido algunas teorías que ayudan a comprender el concepto, con todas sus vertientes y subcomponentes. Los autores han resaltado la importancia de diferentes bases anatómicas, responsables de las tareas ejecutorias del proceso en cuestión, proponiendo otras categorías sobre su funcionamiento. Por tal motivo resulta oportuno realizar una breve síntesis de cada uno de estos para facilitar la comprensión del constructo teórico.

Modelos teóricos para el estudio de la Memoria de Trabajo

Inicialmente, de forma equivalente a la MCP, y por oposición a una representación más estable o a largo plazo, la memoria de trabajo definía un cierto tipo de capacidades de retención temporal de la información. Ambos conceptos hacían referencia a un almacén donde los datos permanecían sin manipular durante un corto período de tiempo y bajo un formato especial mientras se transferían a un almacén permanente (Manzanero, 2008).

Esta concepción de la MCP ha cobrado auge entre los estudiosos del tema, dado que las funciones pasivas de almacenamiento de la información que originalmente eran atribuidas a este almacén, han evolucionado hasta considerarse que no solo es capaz del mantenimiento en la mente de la información, sino de la manipulación y transformación de esta información para planificar y guiar nuestra conducta. De acuerdo con sus características funcionales se denomina memoria de trabajo, en inglés *working memory*.

Existen diversos modelos de memoria de trabajo donde los autores han resaltado la importancia de diferentes bases anatómicas, responsables de las tareas ejecutorias de este proceso, y otros han propuesto categorías específicas de su funcionamiento. Algunos modelos que se deben destacar son los planteados por Goldman-Rakic en 1984 y por Michael Petrides en 1982, aunque actualmente el más conocido y aceptado es el propuesto, en 1974, por Alan Baddeley y Graham Hitch. Cada uno de los modelos mencionados será abordado para comprender la posición teórica asumida por estos autores en función de la memoria de trabajo.

Modelo de Baddeley y Hitch (1974)

Según el modelo de Baddeley y Hitch (ampliado en el año 2000), la memoria de trabajo está compuesta por un Sistema Ejecutivo Central que supervisa y coordina varios subsistemas subordinados: el bucle fonológico, la agenda visoespacial y el buffer episódico (Tirapu & Muñoz, 2005). Según Manzanero (2008) estos cuatro sistemas estarían a su vez

relacionados con el lenguaje, la memoria episódica a largo plazo y las representaciones visuales semánticas. A continuación se explican los diferentes componentes de forma detallada para comprender en qué consiste el modelo teórico.

Ejecutivo central

Este componente tiene como función principal el control y la regulación de todo el sistema de memoria operativa. Originalmente, esta función implicaba básicamente la coordinación de los sistemas subsidiarios, la focalización de la atención, el cambio atencional y la activación de representaciones en la memoria a largo plazo (Baddeley, 1974). Posteriormente se incrementaron otras funciones como la inhibición o supresión activa de las respuestas prepotentes o la información irrelevante, el control y actualización del contenido de la memoria operativa, la codificación contextual de la información entrante, y la planificación y secuenciación de las acciones deseadas (Miyaki & Shah, 1999), mientras que ha ido perdiendo la función de almacenamiento temporal que tenía en la propuesta inicial.

El Sistema Ejecutivo Central cuenta con tres sistemas subsidiarios (Baddeley, 2000, 2003): la agenda visoespacial, el bucle fonológico y el almacén episódico, especializados en el almacenamiento temporal y activo de huellas de memoria con características específicas, visoespaciales, verbales y episódicas, directamente relacionados con los procesos perceptivos. Además de estos sistemas especializados, no se descarta la existencia de otros procesos que transmitan información de otro tipo, como olfativa o musical (Santiago y Gómez, 2006, citado en Manzanero, 2008).

Bucle fonológico

Según Manzanero (2008), el bucle fonológico mantiene activa la información verbal mediante mecanismos de repaso. Está formado por dos subcomponentes: un almacén fonológico pasivo y un subsistema de repaso fonológico. El primero representa la información en un formato proposicional fonológico con una duración y capacidad limitada, y el segundo tiene como función refrescar las representaciones del almacén

fonológico para que no declinen con el tiempo. El bucle fonológico está implicado en la realización de cálculos matemáticos, en la adquisición de la lectura y del vocabulario, y en la comprensión lectora.

Agenda viso-espacial

La agenda visoespacial funciona de manera similar al bucle fonológico de acuerdo con el mantenimiento activo de la información, pero en este caso con un formato de imágenes viso-espacial. Está formada también por dos subcomponentes: un almacén visual pasivo con la función de retener la información visual que todavía no ha sido codificada, y un subsistema de procesamiento visual activo que codifica la información visual, transformándola e integrándola (Manzanero, 2008).

Almacén episódico

Este subsistema, como los anteriores, almacena información de manera temporal y su capacidad es limitada. Su función se basa en integrar información procedente de una variedad de fuentes, mediante la codificación de la información en un código multimodal (visual, espacial y verbal) en una secuencia temporal o cronológica (Baddeley, 2000).

El almacén episódico al estar controlado por el ejecutivo central, accede a la información episódica, mediante procesos de atención consciente. La información en él almacenada está relacionada con la memoria a largo plazo y con significados semánticos (Manzanero, 2008).

Modelo de Goldman-Rakic (1984)

En lo referido a este modelo planteaba Tirapu (2005) que para una comprensión de la memoria de trabajo, Goldman-Rakic (1984) propone una interesante teoría basada en la arquitectura funcional de la corteza prefrontal. Esta autora considera que la corteza prefrontal desempeña un papel crucial en las funciones de la memoria de trabajo y debería entenderse como una red de integración de áreas, cada una de las cuales se especializaría en un dominio específico.

La propuesta que plantea Goldman-Rakic (1984) en su modelo, hace referencia al resultado del procesamiento del sistema ejecutivo central

como consecuencia de la interacción de múltiples módulos de procesamiento de información independientes, cada uno de los cuales contendría sus propios sistemas de control motor, sensorial y mnésico.

Este procesamiento lineal deja entrever la existencia de una red neuronal cortical independiente para cada subsistema de la memoria de trabajo y estos subsistemas pueden cooperar para dar lugar a una conducta compleja. La autora plantea que la coactivación de los diferentes subsistemas de la memoria de trabajo y su capacidad para recibir información de la memoria y de otras áreas corticales le permiten procesar información en paralelo, lo que desembocaría en lo que denominamos procesos cognitivos de alto nivel (Tirapu, 2005).

Modelo de Michael Petrides (1982)

Petrides (1982), otro de los autores interesados en la memoria de trabajo desarrolló el cartografiado anatómico funcional de la corteza prefrontal medial-lateral en relación con las distintas operaciones mentales que integran el constructo de memoria de trabajo (incluyendo procesos de mantenimiento, manipulación y comparación entre estímulos). En su modelo argumenta que la región frontal medial-dorsolateral (áreas 9 y 46 de Brodmann) conforma un sistema cerebral en el que la información puede mantenerse en línea para monitorizar y manipular el estímulo, entendiendo por monitorizar el proceso, considerar diferentes alternativas de elección (Tirapu & Muñoz, 2005).

De manera general cada uno de los autores postula cuestiones interesantes y acertadas acerca de la memoria de trabajo. La mayoría de estos estudios han sido ampliados a partir de las técnicas de neuroimagen, logrando más precisión y solidez en los argumentos sobre la complejidad de este proceso.

Algunos investigadores han argumentado que la capacidad de memoria de trabajo refleja la eficacia de las funciones ejecutivas y, concretamente, la capacidad de mantener unas representaciones relevantes para la tarea, ante la presencia de información irrelevante. Las tareas parecen reflejar diferencias individuales en la capacidad para enfocar (concentrar) y

mantener la atención, en particular cuando otros acontecimientos sirven para capturar la atención. Estos efectos parecen ser una función de áreas frontales cerebrales (Tirapu, 2005).

Memoria de trabajo visoespacial. Una aproximación teórica

Tomando como referente el Modelo Multicomponente desarrollado por Baddeley y Hitch (1974), la MT, de acuerdo con su funcionamiento, constituye un sistema jerárquico de componentes que incorpora de manera separada un sistema verbal y otro visoespacial. Dichos sistemas retroalimentan el ejecutivo central, el cual se encarga de proveer los recursos atencionales necesarios en las tareas.

En este sentido, el componente que sustenta la memoria de trabajo visoespacial (MTVE) según López (2011) es la agenda visoespacial. Este sistema es responsable de preservar y procesar información de naturaleza visual y espacial proveniente tanto del sistema de percepción visual como del interior de la propia psiquis. Baddeley (1996a), refiere que la agenda visoespacial es más compleja de investigar que el componente fonológico, pues la información visual y espacial se maneja por separado, pero interactúan fuertemente. Además, el uso de las imágenes visuales es menos practicado o automático que la codificación fonológica, y en consecuencia las tareas con la agenda parecen demandar más al ejecutivo central.

El funcionamiento de la agenda visoespacial es observable desde muy temprana edad y se han realizado estudios en niños, los cuales demuestran su uso desde los 8 años, aunque es posible que ya se emplee desde antes (Gutiérrez-Garralda & Fernández-Ruiz, 2011). Según dichos autores, la MTVE se refiere al almacenamiento por un tiempo corto y limitado de información espacial, y está relacionada con la posición de los objetos en el medioambiente. Esta memoria solo se mantiene por un corto tiempo para un uso inmediato, ya que poco después de ser almacenada, esta información es degradada o reemplazada por nueva información.

En este sentido, Baddeley (2003a) sustenta que el mundo visual persiste en el tiempo, haciendo detallada la retención visual y, características como el color, ubicación y forma dentro de una dimensión determinada, las cuales compiten por la capacidad de almacenamiento que presenta la MTVE. La percepción y

procesamiento de esta clase de estímulos y sus peculiaridades, muchas veces ocurre de una manera automatizada, no siendo completamente conscientes de los procedimientos que se realizan a nivel neuropsicológico.

De ahí que la MTVE sea considerada como una función que se utiliza constantemente y de la cual no nos percatamos fácilmente. Nos sería muy difícil manejarnos en el espacio sin ella, pues estaríamos propensos a cometer muchos errores conductuales (Courtney, Petit, Maisog, Ungerleider, & Haxby, 1998).

Toda la información espacial requiere de un plano o marco de referencia sobre el cual basarse para tener sentido. Sin estos planos sería imposible orientarse en el espacio, pues la información espacial no tendría una estructura sobre la cual construir la información. Los marcos de referencia son representaciones mentales que contienen la información espacial de los objetos que nos rodean. Un marco de referencia espacial es una manera en la que se puede representar la localización de distintas entidades en el espacio (Waugh & Norman, 1965).

Existen dos marcos de referencia y la información espacial solamente puede codificarse a través de uno o el otro. Los marcos o planos de referencia que pueden utilizarse son: (1) en función de la posición del observador y (2) en función de la posición de un objeto en relación con otros objetos. Cuando la información espacial se basa en la posición del observador, es decir, en el marco de referencia interno, se le llama memoria egocéntrica. Esta información es construida a partir del lugar en el que el observador percibe los datos espaciales. Cuando la información espacial se construye en referencia a otros objetos, es decir, con un marco de referencia externo, se le llama memoria alocéntrica (o exocéntrica) (Atkinson & Shiffrin, 1968).

Por tanto, la agenda visoespacial o MTVE opera centrándose en mantener y manipular imágenes visuales, se alimenta de estas últimas y se emplea además en la creación y utilización de estas imágenes (Tirapu & Muñoz, 2005).

Memoria de trabajo verbal. Una aproximación teórica

Siguiendo la lógica del modelo multicomponente de Baddeley y Hitch (1974) el bucle fonológico o memoria de trabajo verbal (MTV) es el encargado de mantener activa y manipular la información presentada por medio del lenguaje,

mediante mecanismos de repaso articulatorio, que explican la importancia de la codificación del lenguaje en la MCP.

Este subcomponente de la MT resulta imprescindible para el aprendizaje fonológico nuevo, tanto para los niños que aprenden el lenguaje como para los adultos que aprenden un idioma nuevo, definiéndose entonces como un elemento esencial para la adquisición del lenguaje (Baddeley, 1996a). De cualquier manera, esta relación no significa causalidad. Es plausible suponer que los niños con un vocabulario rico pueden usarlo para ayudar a adquirir palabras nuevas, al igual que la suposición inversa de que la buena memoria fonológica facilita la adquisición del vocabulario (Baddeley, 2003).

A partir de pruebas de apoyo desarrolladas por Baddeley (2000) en su teoría, se establecen elementos que caracterizan la MTV y su estructura, los cuales son:

- Los efectos acústicos similares: la memoria y el recuerdo inmediato es pobre o poco favorable cuando se tratan en ella ítems en sonidos similares (Eje: can, pan, tan, van, etc.). Dicha similitud no permite distinguir sus sonidos, en comparación con los ítems similares (Eje: pan, sin, ver, tos, etc.) tendiendo entonces a ser olvidadas las primeras.
- Los efectos del habla irrelevantes: las palabras cuyos significados son desconocidos por el niño, en este caso funcionan como fonemas o pseudopalabras. Por el contrario, cuando la palabra es bien conocida por el niño, el almacenamiento en la MT no reclama más que un elemento por palabra, sino también su significado.
- Los efectos de la longitud de las palabras: cuanto más extensas las palabras, más difícil su retención en la MT.

En este sentido, Alsina y Sáiz (2004) plantean que la capacidad del bucle fonológico depende de la cantidad de información que pueda ser repetida subvocalmente; además, a mayor velocidad del procesamiento, mayor es la duración de la información en la MT.

La MTV se encuentra a su vez constituida por dos subcomponentes: un almacén fonológico pasivo y un subsistema de repaso fonológico. El primero representa la información en un formato proposicional fonológico con una duración y capacidad limitada, y el segundo refresca las representaciones del almacén fonológico para que no declinen con el tiempo. De este modo el bucle

fonológico se utilizaría para el almacenamiento transitorio del material verbal y para mantener el habla interna implicada en las tareas de la MCP (Tirapu, Muñoz, & Pelegrín, 2002).

Por tanto, la MTV actúa como un sistema de almacenamiento provisional que permite utilizar el sistema subvocal hasta que el cerebro procese esta información (Tirapu & Muñoz, 2005). Tiene la misión de almacenar información de tipo lingüístico, la cual puede ser recibida tanto desde inputs externos como desde el interior del sistema cognitivo. Este es el más desarrollado del modelo de memoria de trabajo (Baddeley, 1996a, 2003).

De este modo, el bucle fonológico es responsable del almacenamiento temporal de la información verbal: almacena la información en una reserva fonológica de duración limitada y estos se mantienen dentro de la reserva a través del proceso de articulación (Raghubar, Barnes, & Hecht, 2010). Es el componente que está, por excelencia, implicado en las tareas puramente lingüísticas, como la comprensión, la lectoescritura o la conversación, las descripciones, así como el manejo de palabras y la realización de cálculos matemáticos, etc. (Fraga, 2015; Manzanero, 2008).

Bases neuroanatómicas de la memoria de trabajo

La MT se encuentra relacionada directamente con la corteza prefrontal (CPF), de modo que esta zona del córtex cerebral se constituye como el principal sustrato biológico de las FE. Tanto la corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL) como el córtex prefrontal ventrolateral (CPF VL) desempeñan un papel preponderante en lo referente a la MT. El CPF DL regula la información espacial mientras que el CPF VL es responsable de la información no espacial (Goldman-Rakic, 1997).

De forma específica, la CPF DL izquierda (CPF DLI) se relaciona con el procesamiento de información a nivel de la atención selectiva y selección de estrategias; mientras que la CPF DL derecha (CPF DLD) se relaciona con la atención selectiva espacial. Por su parte, el giro supramarginal izquierdo tiene una implicación directa en tareas que requieren el empleo de la memoria a corto plazo verbal, y el giro supramarginal derecho se implica en tareas que requieren el uso de la memoria a corto plazo visual (Román, Sánchez, & Rabadán, 2010).

De ahí que cuando se producen lesiones temporales bilaterales se observa una pérdida de memoria importante, mientras que las unilaterales tienen efecto menos dramático. Las lesiones izquierdas producen alteraciones en la memoria verbal y las derechas en la visual (Román *et al.*, 2010).

Estudios de imagen por resonancia magnética funcional han demostrado que existen dos áreas en la corteza (CPF DL y CPF VL) que se especializan según el tipo de MT que se está procesando. Referente a ello las investigaciones arrojan que cuando la información que debe recordarse excede la capacidad de la MT se activa el CPF DL, lo que sugiere que esta región puede facilitar la codificación de la información. Durante el subsiguiente período de demora, cuando la información no es accesible al sujeto, el sector ventrolateral y el dorsolateral se activan (Tirapu & Muñoz, 2005).

Fuster (1999) añade que la MT es una memoria para el corto plazo, más que una memoria a corto plazo, y consiste en una activación temporal de una red ampliamente distribuida por el córtex de memoria a largo plazo, esto es, de información previamente almacenada.

De manera general, plantea Portellano (2005) que mientras la memoria sensorial se localiza en los receptores sensoriales y la MCP en el área supramarginal y giro angular del lóbulo parietal, la MT se localiza en el área prefrontal en colaboración con el área de Broca, el área de Wernicke y las áreas parietooccipitales de asociación.

En el caso específico de la memoria de trabajo visoespacial, el modelo propuesto por Baddeley y Hitch (1974), plantea que tiene sus bases anatómicas en un circuito neural que involucra primordialmente a la CPF DL y su asociación con la corteza temporal, el cíngulo anterior, el hipocampo y los ganglios basales (Curtis, Zald, & Pardo, 2000; M. Luciana & Nelson, 1998).

Un elemento importante de este modelo radica en el descubrimiento de dos vías visuales que comienzan en la corteza visual primaria, las cuales proyectan hacia distintas áreas de la corteza: una hacia el lóbulo temporal y otra hacia el lóbulo parietal, lo cual sugiere que la información visual es procesada en diferentes áreas en dependencia de su naturaleza (una vía asociada a la información sobre la posición espacial de los objetos y una vía con información asociada a la representación y reconocimiento de los objetos) (Gutiérrez-Garralda & Fernández-Ruiz, 2011).

De manera general, la agenda visoespacial se localiza en las áreas parieto-occipitales del hemisferio derecho. Muchas investigaciones aseguran que la CPFDL es una de las últimas áreas cerebrales en alcanzar su total madurez (Portellano, 2005). Román y colaboradores (2010), refieren que el CPFDL es la zona del cerebro que se activa durante la memoria espacial.

Refieren Tirapu-Ustárrroz y Luna-Lario (2008) que la localización de la agenda visoespacial es menos directa, pues es cierto que existe un acuerdo en la participación del córtex parietal posterior y el córtex inferotemporal, regiones con importantes conexiones con la formación hipocampal y el córtex prefrontal.

En lo que respecta al sustrato neuroanatómico de funcionamiento de la MTV o bucle fonológico se señala al hemisferio izquierdo, al ser precisamente en esta región donde se encuentran sus dos subcomponentes principales (Baddeley, 2000). Específicamente, el funcionamiento ejecutivo del bucle fonológico se encuentra relacionado con el área de Wernicke, y el bucle para el material articulatorio, en el área de Broca (Portellano, 2005).

Tirapu-Ustárrroz y Luna-Lario (2008) patentan que este componente se ha fraccionado en dos elementos: el almacén fonológico pasivo, en el que la información decae con el tiempo, sustentado por el giro supramarginal izquierdo y el sistema de repaso subvocal activo que actualiza los elementos almacenados para impedir que decaigan, vinculado al área de Broca, áreas motoras y premotoras izquierdas, y conectados a través del fascículo arqueado, el cual es una larga banda de fibras que conecta además los centros anteriores y posteriores del lenguaje.

En investigaciones mediante el empleo de técnicas de neuroimagen, se ha planteado que de una manera más específica, el funcionamiento del bucle fonológico se relaciona directamente con la región tèmoro-parietal izquierda. Dichos estudios respaldan la hipótesis de sistemas de almacenamiento y ensayo separables, siendo el área 44 de Brodmann, el área cortical asociada con el almacenamiento, mientras que el ensayo subvocal parece estar asociado con el área de Broca (Brodmann áreas 6 y 40) (Baddeley, 2003).

Otros autores plantean la implicación de la región perisilviana izquierda en el funcionamiento del bucle fonológico, mientras que el sistema de ensayo de articulación parece reflejar el funcionamiento del área de Broca (Jonides *et al.*, 1993; Paulesu, Frith, & Frackowiak, 1993).

Se observan numerosas versiones sobre la localización anatómica en el cerebro de las FE, que se apoyan en estudios con alto valor científico, con muestras de sujetos considerables y además con el empleo de avances tecnológicos de primer nivel para la experimentación. En resumen, las FE se encuentran mayormente localizadas en la CPF, pero existen otras áreas del cerebro que intervienen en su funcionamiento.

Diversos teóricos e investigadores argumentan que las FE se encuentran entre los componentes más importantes para el desarrollo infantil exitoso (Diamond & Lee, 2011); entre las FE más importantes se encuentran el autocontrol, la organización, la planeación, la solución de problemas, flexibilidad de pensamiento, la MT, la fluidez verbal; capacidades primordiales para el adecuado aprendizaje académico desde la infancia temprana hasta etapas más avanzadas (Best, Miller, & Naglien, 2001).

La CPFDL está situada en la zona rostral externa del lóbulo frontal, es la estructura cerebral más compleja y más desarrollada funcionalmente hablando en los humanos, siendo una característica propia de la especie su extenso desarrollo y su organización funcional (Stuss & Benson, 2002). También se le considera un área de asociación plurimodal y supramodal ya que no procesa estímulos sensoriales directos, es decir, son más cognitivos (Junqué, 1995).

La CPFDL recibe e integra información acerca del ambiente externo, del interno, y del estado emocional del organismo. Estos circuitos proveen esencialmente al organismo de la habilidad de guiar su comportamiento a través de representaciones mentales del mundo percibido (por ejemplo: MT) y también puede actuar libre de la influencia de su ambiente. En pacientes con lesiones en esta zona se observa que los defectos predominan en el control, regulación e integración de actividades cognitivas (Ardila & Ostrosky-Solís, 2012). En el síndrome dorsolateral, el defecto más frecuente es la incapacidad de organizar una respuesta comportamental ante la presencia de estímulos nuevos o complejos. Los síntomas siguen todo un proceso e incluyen la incapacidad de alternar las conductas, utilizar estrategias apropiadas y organizar la información para adaptarse a los cambios ambientales (Ardila & Ostrosky-Solís, 2012).

El papel prefrontal se centra en el uso de las diferentes estrategias para la codificación elaborada y activa que van a potenciar los diferentes procesos de memoria (Keley *et al.*, 1998). Estas alteraciones en el recuerdo libre pueden ser explicadas por la incapacidad observada en pacientes con daños prefrontales, en las estrategias internas de búsqueda de información que ellos pueden generar por sí mismos al realizar este tipo de recuerdo (Allegri & Harris, 2001). Así, ese deterioro sugiere que la región prefrontal está asociada al uso de estrategias de memoria, sin embargo cuando se les proporcionan claves externas la tarea se ejecuta sin problemas (Barroso, J. M. 2002).

Estudios realizados de neuroimagen funcional (fMRI) con sujetos normales han vinculado la corteza frontal con la memoria de trabajo, la memoria episódica, la ordenación temporal del recuerdo y la metamemoria. En 2001, Fletcher y Henson continuadores de esta línea investigativa, han sugerido que dentro de la corteza frontal lateral es posible distinguir tres áreas: ventromedial, dorsolateral y anterior, cuya activación diferencial se asocia a procesos de mantenimiento de la información, manipulación, verificación, y selección de objetivos, respectivamente (Tirapu & Luna, 2008).

Tirapu.*et al.* (2005) refieren que en estudios de (fMRI) se ha observado que el córtex prefrontal dorsolateral es esencial para mantener el sentido de unidad en la actividad cognitiva. Cuando la información que debe recordarse excede la capacidad de la memoria de trabajo se activa el córtex prefrontaldorsolateral, lo que sugiere que esta región puede facilitar la codificación de la información. Durante el período de demora, cuando la información no es accesible al sujeto, el sector ventrolateral y el dorsolateral se activan.

Estos hallazgos permiten plantear la hipótesis de que el sector dorsolateral realiza una función preponderante en la codificación y manipulación, y el sector ventrolateral en el mantenimiento y la inhibición-selección de dicha información. Estudios de resonancia magnética funcional (fMRI) han demostrado que parecen existir dos áreas en la corteza que se especializan de acuerdo con el tipo de memoria de trabajo que se está procesando. Sobre todo parece existir una diferencia entre la

corteza prefrontal-dorsolateral y ventromedial. Estos hallazgos concuerdan con el modelo de Baddeley, en el sentido que dos distintas vías neurofisiológicas funcionan de forma independiente en el procesamiento de información, al igual que los subsistemas del modelo de memoria de trabajo (Gutiérrez, 2011).

En conjunto, los hallazgos de estudios de lesión y neuroimagen indican que, mientras la codificación y la manipulación de la información dependen preferentemente del sector dorsolateral, el mantenimiento de dicha información se relaciona más con la actividad del sector ventrolateral (Tirapu, 2005).

Las áreas prefrontales son responsables de varias modalidades de memoria: de trabajo, contextual, temporal y prospectiva. También es responsable de la metamemoria, que se define como la “sensación de saber” o habilidad para saber si nuestra memoria contiene o no una determinada información (Matute, 2010).

La Memoria de Trabajo y el Rendimiento Académico, en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Los cambios de enseñanza implican para los estudiantes cambios cuantitativos y cualitativos, pues se trata de un nivel de enseñanza novedoso, que demanda de un alto grado de constancia y dedicación. Supone la reestructuración de estrategias de aprendizaje, dosificación del tiempo para el estudio y muchos otros aspectos, pues en correspondencia con su rendimiento académico (RA) podrán o no tener la posibilidad de ingresar a la enseñanza superior.

La complejidad que denota el RA se inicia desde su conceptualización, en la cual se constata que los diferentes autores emplean terminologías distintas como “aptitud escolar” o “rendimiento escolar”, pero las diferencias son solo semánticas, pues estas se utilizan como sinónimos. No obstante, se asume que el RA es resultado del aprendizaje, a partir de la actividad didáctica del profesor y producido por el alumno (Lamas, 2015).

Muchos autores plantean que el objetivo final del RA es alcanzar una meta educativa, un aprendizaje. Son procesos de aprendizaje que promueve la escuela e implican la transformación de un estado determinado en un estado nuevo. El rendimiento varía de acuerdo con las circunstancias, condiciones

orgánicas y ambientales que determinan las aptitudes y experiencias (Lamas, 2015). De ahí que se considere como un producto dado por el estudiante en los centros de enseñanza y que habitualmente se expresa a través de las calificaciones (Martínez, 2002).

De acuerdo con Erazo (2012), el RA no es un fenómeno que resulte exclusivamente de las condiciones de los estudiantes, los docentes o su interacción. También es el producto de un grupo enmarañado de variables y condiciones multicausales que predisponen al estudiante y su logro en nota.

Por otro lado, Bull, Espy y Wiebe (2008) realizaron un estudio longitudinal, donde evaluaron el modo en que el rendimiento de preescolares en la capacidad de memoria a corto plazo, memoria de trabajo y otras FE, impactaban en el RA de estos a los 7 años de edad. Tales autores, hallaron que el desempeño en memoria a corto plazo y FE se hallaba asociado a un mejor rendimiento inicial de los niños en las habilidades de Matemáticas y de lectura. Asimismo, dicha superioridad en el RA se sostenía a lo largo de los años de la primaria. Por otro lado, el rendimiento de los niños en las tareas de MTVE, operaría como un predictor de su capacidad matemática durante la primaria. Luego los análisis correlacionales y de regresión realizados por estos autores, revelaron que la MTVE y la MT en general operaban como predictores del desempeño matemático infantil en todos los períodos en que estos fueron evaluados. Finalmente, el resto de las FE actuaba como indicadores de la capacidad de aprendizaje en general, es decir no se hallarían relacionados con el rendimiento de una materia específica como la MT.

Desde otra perspectiva, St. Clair-Thompson y Gathercole (2006) evaluaron la relación entre el rendimiento en las FE de monotorización, cambio de atención, actualización, inhibición y MT (verbal y espacial) de niños de 11-12 años y su respectivo RA en las asignaturas de Matemática, Lengua y Ciencia. Tales autores hallaron que MTV explicaba parte de la varianza del R en lengua. No obstante la MTVE se hallaba vinculada al rendimiento en Inglés, Matemáticas y Ciencia. En síntesis, que existe una contribución general e inespecífica de los diversos procesos ejecutivos sobre el RA infantil.

Por tanto, cuando se hace referencia al RA se aborda un fenómeno de naturaleza y características complejas, que presenta una dimensión objetiva, al ser cuantitativo-numérico y cualitativo-subjetivo, y estar influenciadas ambas

dimensiones por factores personales y sociales, intervinientes, en condición de deficiencia o recurso en la estructuración del aprendizaje, develándose como resultado el fenómeno de RA (Erazo, 2012).

Se trata de un fenómeno demostrable como hecho objetivo y con capacidad para enumerarse en rango de notas, situación que permite la recolección de información por promedio académico del estudiante y permite su clasificación en niveles.

En este sentido, Garbanzo (2007) plantea que el RA es la suma de diferentes y complejos factores que actúan en la persona que aprende y ha sido definido con un valor atribuido al logro del estudiante en las tareas académicas.

Al constituirse como un fenómeno multicausal, el RA puede estar influenciado por disímiles variables, las cuales se sintetizan en aspectos socioeconómicos, familiares y personales, entre los que se señalan el nivel económico refiriéndose a la solvencia económica, el poder adquisitivo, que permitirá entonces una dieta rica en proteínas y vitaminas, las cuestiones sociales como el consumo de sustancias psicoactivas (Carvallo, 2006; Caso & Hernández, 2007; González & Rodríguez, 2008; Mella & Ortiz, 1999).

Entre los factores de índole familiar se encuentran características familiares, la ocupación y el nivel de escolarización de los padres, el clima afectivo, seguridad, relación familia-escuela y variables en torno a la madre (Bondensiek, 2010; Carvallo, 2006; González & Rodríguez, 2008; Mella & Ortiz, 1999).

En lo que respecta a las variables personales se evidencian desde aspectos biológicos como el sexo y la edad, así como trayectoria académica en niveles de enseñanza precedentes, expectativas de los alumnos, expectativas del entorno personal, habilidades sociales, realización del preescolar, frecuencia de estudio, hábitos, autoestima, establecimiento de metas, etc. (Bondensiek, 2010; Carvallo, 2006; Caso & Hernández, 2007; González & Rodríguez, 2008; Navarro, 2000).

En este sentido, disímiles estudios se han centrado en la actividad neuronal asociada con el funcionamiento de la MT. Se plantea que las regiones del córtex prefrontal, junto con otras áreas corticales y subcorticales, muestran incrementos en la actividad relacionados con la edad a través del desarrollo en niños de edad escolar y adolescentes (Klingberg, Forssberg, & Westerberg,

2002; Luna *et al.*, 2001; Rubia *et al.*, 2006). Por su parte, Giedd y colaboradores (1999) indicaron que la materia gris en el lóbulo frontal aumenta de volumen desde la infancia hasta la preadolescencia, lo que permite un desarrollo amplio de las FE en estas etapas del ciclo vital.

Los autores realizan un análisis de desempeño de las FE en niños de 6 a 12 años, donde observan que los resultados obtenidos se adscriben a las teorías explicativas del neurodesarrollo, las cuales argumentan que mientras más edad, mayor rendimiento, en los componentes de FE, su estudio toman en consideración la fluidez verbal, atención selectiva y sostenida, planificación, flexibilidad cognitiva, control inhibitorio y MT, mostrando así el proceso de maduración de las zonas cerebrales encargadas de resolver problemas (Fonseca, Rodríguez, & Parra, 2016).

Fonseca *et al.* (2016) plantean además respecto a las correlaciones que se encuentra relación positiva entre las FE y el RA, lo cual apoya la importancia de la cognición superior en el aprendizaje escolar, considerando el desarrollo o maduración de dichas funciones entre las variables vitales para el éxito o fracaso escolar.

En relación con la MTV, algunos autores encuentran una contribución importante en la habilidad matemática, pero presentan como denominador común el hecho de usar tareas de MT verbal en las que el material a almacenar y manipular son números (Geary, Hamson, & Hoard, 2000; Geary, Hoard, & Hamson, 1999; Landerla, Bevana, & Butterwortha, 2004; Wu *et al.*, 2008)

El análisis por modalidad de MT, mostró que la Visoespacial constituye un predictor en la edad escolar del RA, tanto para las competencias lectoras, como para las matemáticas. (Ashkenazi, Rosenberg-Lee, Metcalfe, Swigart, & Menon, 2013; Fonseca *et al.*, 2016; Metcalfe, Ashkenazi, Rosenberg-Lee, & Menon, 2013)

García-Villamizar y Muñoz. (2000) definen como el primer hallazgo de su investigación que el bajo rendimiento escolar está asociado con determinadas disfunciones ejecutivas.

A medida que se incrementaban las dificultades en el rendimiento, la asociación fue todavía más estrecha. Al emplear pruebas para diagnosticar el control inhibitorio (CInh) y la memoria de trabajo, obtienen resultados

negativos, sugiriendo una posible relación entre la MT y el CInh en el bajo RA de estudiante de la enseñanza primaria.

En la actualidad existe cierto consenso respecto del papel que la MT tendría sobre los procesos básicos implicados en el aprendizaje del cálculo aritmético. La vinculación entre ambos procesos residiría en las demandas cognitivas intrínsecas a las operaciones necesarias para el cálculo aritmético. Es decir, la representación de cantidades numéricas implicadas en el cálculo, hallándose asociada a la capacidad de memoria visoespacial (Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008)

La MT es la FE más predictora en lo que respecta a RA, pues consiste en un proceso mental que depende de la edad, que presenta capacidad limitada para almacenar, monitorizar y manejar información (Baddeley, 1992). Aunque Castillo, Gómez y Ostrosky (2009) mostraron que la MT es sensible para identificar aquellos alumnos con rendimiento alto, sin embargo no diferencia a los alumnos con rendimiento medio de los de bajo rendimiento escolar, sí resulta para ellos predictor del comportamiento en el RA.

Memoria de trabajo y rendimiento académico en Matemática

Las FE son esenciales para enfrentarse con éxito al aprendizaje. Desde el nacimiento se aprende de los sucesos cotidianos que nos rodean, pero en la escolarización el aprendizaje se torna formal. La adquisición de la lectura, la escritura, así como los conocimientos básicos sobre matemáticas y ciencias, requieren de atender, comparar, diferenciar y buscar semejanzas para lograr asociar e integrar las nuevas ideas, con las ya existentes (Rosselli, Jurado, & Matute, 2008).

La mayoría del conocimiento que se tiene sobre el desarrollo de las FE, parte del desarrollo lineal en la infancia, con una transición curvilínea que termina en una meseta en la adolescencia (Anderson, 2002; Romine & Reynolds, 2005).

Algunos autores han encontrado en sus investigaciones que se registra un incremento en la capacidad de retención de dígitos en orden progresivo entre los 7 y 13 años, aunque no es significativo, en tanto en dígitos en orden inverso incrementa significativamente al doble en este mismo rango de edad, lo cual en su opinión, puede estar dado por el desarrollo diferenciado entre mecanismos

de secuenciación y mantenimiento de información contenida en la MT (Diamond, 2002).

Así mismo, según Luciana y Nelson (2002) se ha encontrado que la capacidad de MTVE secuencial, es decir reproducir en orden específico elementos visuales contenidos en la MT, alcanza su máximo desempeño alrededor de los 12 años de edad. Pero si no se requiere manipulación de dicha información visual, y solo es mantenida, se alcanza el esplendor desde los 9 años y no se muestran diferencias significativas hasta los 20 años (Luciana, Conklin, Hooper, & Yarger, 2005).

La MT como función superior representa un rol central en el desarrollo cognitivo complejo y modula el RA, por tanto sus alteraciones se encuentran en la base de muchos trastornos del neurodesarrollo y del aprendizaje. Como función psicológica compleja, está sometida a un proceso evolutivo que depende de la adecuación anatómica y funcional del sistema nervioso central y de las oportunidades de aprendizaje (Hernández *et al.*, 2012).

Baddeley y Hitch (1974) refieren que la agenda visoespacial y el bucle fonológico son sistemas subsidiarios a los cuales se les atribuye implicación en el aprendizaje, pues se evidencia reciprocidad en relación con la educación formal y las FE, encontrándose en estas una incidencia positiva en la mayor cantidad de años de escolarización, así como la influencia del tipo de orientación de los estudios preuniversitarios en el perfeccionamiento de algunos de los procesos ejecutivos, tales como las áreas científicas y tecnológicas, producirían mejoras significativas en la memoria espacial y en la planificación (Korzeniowski, 2011).

Desde otra perspectiva, Latzman, Elkovitch, Young y Clark (2010) hallaron que existe una demanda específica de las diferentes FE, para competencias académicas diversas. Específicamente tales autores analizaron la relación entre diferentes FE y el RA en adolescentes (11-16 años) en Ciencia, Estudios Sociales, Lectura (vocabulario y comprensión de textos) y Matemática. Los resultados de las diversas sub-pruebas ejecutivas fueron agrupados utilizando un modelo de análisis factorial (Latzman y Markon, 2009). En función de tal análisis, los autores identificaron 3 componentes ejecutivos denominados: flexibilidad cognitiva, monotorización e inhibición. Dichos constructos se encontraban latentes en todos los dominios académicos del rendimiento de los

adolescentes evaluados. La flexibilidad cognitiva en la actividad de lectura y ciencia. Las puntuaciones del constructo monotorización, se relacionaban con la capacidad de lectura y estudios sociales. Finalmente, la inhibición se encontraba vinculada a las competencias en matemática y ciencia; llegando por esta vía a la conclusión anteriormente señalada.

En la actualidad existe cierto consenso respecto a la relación que existe entre el FE y el RA (Stelzer y Cervigni, 2011). No obstante, se precisa de una mayor profundización que indique cuáles procesos específicos se vinculan mayormente con determinados tipos de tareas y cuáles son las FE que se encuentran más implicadas con el RA en Matemática, específicamente en el ámbito preuniversitario, respondiendo a la adolescencia como etapa evolutiva.

En lo que respecta al aprendizaje en matemática y ciencias, las FE poseen un rol esencial. Se plantea que la comprensión y la construcción de conceptos y modelos, la experimentación, la resolución de problemas y la argumentación propias de estas disciplinas, exigen un funcionamiento adecuado de las FE (Yoldi, 2015).

En estudios realizados con escolares, se ha encontrado que la MT está relacionada con la forma en que los niños aprenden las matemáticas, además de señalar algunas explicaciones a las dificultades que se presentan en esta materia específicamente. Hoy se reconoce que algunos métodos de educación permiten a los niños pequeños aprender nuevos conceptos y procedimientos matemáticos, teniendo en cuenta las demandas de MT de las tareas matemáticas y las estrategias que los niños emplean en la resolución de problemas (Case & Okamoto, 1996).

De esta manera, en la etapa de la adolescencia, la eficacia en el razonamiento requiere de conocimientos previos, análisis, y que la información esté cierto tiempo en la MT. De ahí que se considere la MT como una función ejecutiva esencial para la asimilación significativa del contenido, lo cual es uno de los fines del proceso de enseñanza-aprendizaje (Guillén, 2013).

Por su parte, Fitzgerald y Ocampo (2013) plantean la existencia de correlaciones entre la MT y el aprendizaje escolar. De este modo, la MTV influye principalmente en el desempeño en lectura, al menos durante los primeros años de escolaridad. El desempeño en Matemática está relacionado con el ejecutivo central y la agenda visoespacial, encontrándose menor relación

con el bucle fonológico, excepto cuando el contenido es numérico. En este sentido, St. Clair y Gathercole (2006) encontraron relaciones entre la MTV y el rendimiento en lenguas; mientras que la MT visoespacial mostró correlaciones con el rendimiento en inglés, matemática y ciencias.

El rendimiento matemático depende de la forma en que se represente la información conceptual y/o procedimental en la memoria a corto y largo plazos y de cómo esa información es gestionada por el control ejecutivo. Es por ello que se señala que el funcionamiento ejecutivo, específicamente la MT, es uno de los predictores de las competencias matemáticas en escolares y adolescentes. En este sentido, la MT ha demostrado ser un predictor del rendimiento en matemática, incluso desde etapas preescolares de enseñanza, encontrándose así que las dificultades en el funcionamiento ejecutivo de la MT en el preescolar, correlacionaron de forma significativa con ciertas dificultades en el rendimiento en matemática en años posteriores (Brock, Rimm-Kaufman, Nathanson, & Grimm, 2009; Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Geary & Hoard, 2005). Los resultados que hasta la actualidad han arrojado las investigaciones en este campo, enriquecerían sustancialmente la práctica educativa. Es por ello que se considera de vital importancia sensibilizar a los agentes educativos de nuestro medio, en función de la necesidad de desarrollar las FE en los estudiantes. Es entonces una labor esencial, que debería incluirse en todas las instituciones educativas y en todos los ciclos obligatorios (Yoldi, 2015).

Conclusiones

Se señala que la agenda visoespacial y el bucle fonológico son sistemas a los que se atribuyen implicación en el aprendizaje y que existe reciprocidad en relación con la educación formal y las FE, encontrándose en estas una incidencia positiva a mayor cantidad de años de escolarización, así como la influencia del tipo de orientación de los estudios preuniversitarios en el perfeccionamiento de algunos de los procesos ejecutivos, tales como las áreas científicas y tecnológicas, lo que produce mejoras significativas en la memoria espacial y la planificación, según Korzeniowski (2011).

Es por ello que en disímiles estudios se señala que el funcionamiento ejecutivo en general, y específicamente la MT, constituyen predictores de las competencias matemáticas en escolares y adolescentes.

En la adolescencia la eficacia en el razonamiento requiere de conocimientos previos, análisis, y que la información esté cierto tiempo en la MT; por tanto se considera a la MT como una FE esencial para la asimilación significativa del contenido, la cual se entiende como comprensión perdurable en el tiempo. Este resultado constituye uno de los fines más importantes del proceso enseñanza-aprendizaje.

Referencias

- Allegri, R., & Harris, P. (2001). La corteza prefrontal en los mecanismos atencional y la memoria. *Revista de Neurología*, 32, 1-5.
- Anderson, P. (2002). Assesment and development of executive function (EF). During Childhood. *Child Neuropsychology*, 8, 71-82.
- Ardila, & Ostrosky-Solís. (2012). *Guía para el diagnóstico neuropsicológico*. Miami: Universidad de la Florida.
- Ardila, & Surloff. (2012). Dysexcutive syndromes. *San Diego: Medlink: Neurology*.
- Ardila, A., & Ostrosky-Solís, F. (2012). *Guía para el diagnóstico neuropsicológico*. Miami: Universidad de la Florida.
- Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Metcalfe, A., Swigart, A., & Menon, V. (2013). Visuo-spatial working memory is an important source of domain-general vulnerability in the development of arithmetic cognition. *Neuropsychology.*, 51(11), 2305-2317.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The psychology of learning and motivation*, 2, 89-195.
- Baddeley. (1983). Working memory. *Philos. Trans. Soc. London B*, 302, 311-324.
- Baddeley. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley. (1996a). *The fractionation of working memory*. Paper presented at the Working Memory, Colloquium Paper.
- Baddeley. (1996b). Exploring the central executive. *Quaterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 5-28.
- Baddeley. (2000). Working Memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189-208. Retrieved from doi:doi:10.1016/S0021-9924(03)00019-4
- Baddeley, & Hitch. (1974). Working Memory. *Recent advanced in learning and motivation*, 8.

- Baddeley, & Logie, R. (1999). Working memory: The Multiple-Component Model.
- Baddeley. (2003b). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews. Neuroscience*, 4, 829-839.
- Báez, E. M. (2013). Estudio de la memoria inmediata y memoria de trabajo en el ser humano. *Anales Universitarios de Etología*, 7, 7-18.
- Barroso, JM; León, J. (2002). Funciones ejecutivas: control, planificación y organización del conocimiento. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 55(1), 30-34.
- Bausela, E. (2014). Funciones ejecutivas: Nociones del desarrollo desde una perspectiva neuropsicológica. *Acción Psicológica*, 11(1), 21-34.
- Best, J., & Miller, P. (2010). A development perspective on executive function. *Child Development*, 81, 1641-1660.
- Best, J., Miller, P., & Naglieri, J. (2001). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21, 327-336.
- Bondensiek, A. (2010). *Estudio sobre los factores que influyen en el rendimiento escolar*. Bogotá, Colombia.
- Brock, L., Rimm-Kaufman, S., Nathanson, L., & Grimm, K. (2009). The contributions of “hot” and “cool” executive function to children’s academic achievement, learning-related behaviours, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, 24, 337-349.
- Broche-Pérez, Y., & Herrera-Jiménez, L. F. (2016). Funciones Ejecutivas “Frías” y “Calientes” en Adolescentes con Trastorno Disocial. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 16(3), 157-175.
- Bruce, J. (2013). Funciones ejecutivas. University of Western Ontario, Canadá.
- Bull, R., Espy, K., & Wiebe, S. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Dev Neuropsychol.*, 33(3), 205-228.
- Carpenter, P., Just, M., & Shell, P. (1990). What on intelligence test measures: A theoretical account of processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological Review.*, 97, 234-248.

- Carvalho, M. (2006). Factores que afectan el desempeño de los alumnos mexicanos, de educación secundaria: un estudio dentro de la corriente de eficacia escolar. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* , 4, 40-62.
- Casas, S. (2013). *Relación entre las funciones ejecutivas y el rendimiento académico en la educación de adultos*. (Tesis de Maestría), Universidad Internacional de La Rioja, Badajoz, España.
- Case, R., & Okamoto, Y. (1996). El papel de las estructuras conceptuales centrales en el desarrollo del pensamiento de los niños. Monografías de la *Society for Research in Child Development*, 61 265.
- Caso, J., & Hernández, L. (2007). Variables que inciden en el rendimiento académico de adolescentes mexicanos. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39, 487-501.
- Castillo, G., Gómez, E., & Ostrosky, F. (2009). Relación entre las funciones ejecutivas y el nivel de rendimiento escolar en niños. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 9, 41-54.
- Clare, L., & Wilson, B. (1997). *Coping with memory problems: A practical guide for people with memory impairments, their relatives, friends and carers*: Suffolk: Thames Valley Test Company.
- Colom, R. (2001). Inteligencia y memoria de trabajo: Relación entre factor G, complejidad cognitiva y capacidad de procesamiento. *Revista Teoría y pesquisa*, 17, 37-47.
- Chapi, J. (2012). Un a revisión psicológica a las teorías de la agresividad. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 15, 80.
- Denckla, M. (1994). Measurement of executive function. In G. R. Lyon (Ed.), *Assessment of learning disabilities: new views on measurement issues*. (pp. 117-142): Baltimore, MD: Paul H. Brooks.
- Diamond. (2002). A model system for studying the role of dopamine in prefrontal cortex during early development in humans. *Brain Development and Cognition*, 466-503.
- Diamond, & Lee, K. (2011). Interventions shown to Aid Executive function Development in children 4-12 years old. *Science*, 19, 959-964.
- Duff, S. (2000). What's working in working memory: A role for the Central Executive. . *Scandinavian Journal of Psychology*, 41(1), 9-16.

- Duncan, J. (1995). Attention, Intelligence, and the Frontal Lobes . *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA, US: The Mit Press.
- Duncan, J., Emillie, H., & Williams, P. (1996). Intelligence and frontal lobe: The organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, 30, 257-303.
- Erazo, O. A. (2012). El rendimiento académico, un fenómeno de múltiples relaciones y complejidades. *Revista Vanguardia Psicológica*, 2(2), 144-173.
- Etchepareborda, M. C., & Abad-Mas, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 40, 79-83.
- Fechner, G. (1860). *Elemente der Psychophysik* (Elementos de Psicofísica). Leipzig: Breitkopf and Hartel.
- Fitzgerald, Ó., & Ocampo, T. (2013). El papel de la memoria operativa en las diferencias y trastornos del aprendizaje escolar. *Revista Latinoamericana de Psicología.*, 45, 63-79.
- Fletcher, P., & Henson, R. (2001). Frontal lobes and human memory. Insights from functional neuroimaging. *Brain*, 124, 849-881.
- Flores-Lázaro, J., & Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta Humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47-58.
- Flores, J. C., Castillo, R. E., & Jiménez, N. A. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de Psicología*, 30(2), 463-473.
- Fonseca, G., Rodríguez, L., & Parra, J. (2016). Relación entre Funciones ejecutivas y rendimiento académico por asignaturas en escolares de 6 a 12 años. *Hacia promoción de salud*, 21, 41-58.
- Fuster, J. (1989). The frontal cortex: Anatomy, Physiology, and Neuropsychology of the frontal lobe. <https://www.researchgate.net/>
- Fuster, J. (2002). Frontal Lobe and cognitive development. *Journal of Neurosychology*, 31, 373-385.
- Garbanzo, G. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Revista de Educación*, 31, 43-63.

- García-Villamizar, D., & Muñoz, P. (2000). Funciones ejecutivas y rendimiento escolar. Un estudio exploratorio. *Revista Complutense de Educación*, 11, 39-56.
- Geary, D., Hamson, C., & Hoard, M. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236-263.
- Geary, D., & Hoard, M. (2005). Learning disabilities in arithmetics and mathematics: Theoretical and empirical perspective. *Psychology Press*.
- Geary, D., Hoard, M., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanism underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, 78(4), 1343-1359.
- Geary, D., Hoard, M., & Hamson, C. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal Experimental Child Psychology*, 74, 213-239.
- Geary, D., Hoard, M., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representation in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33, 277-299.
- Giedd, J., Blumenthal, J., Jeffries, N., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., . . . Rapoport, J. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature America Inc. Scientific correspondance*, 2, 861-863.
- Goldman-Rakic, P. (1997). Architecture of the prefrontal cortex and the central executive. *Annals of the New York of the human prefrontal cortex*, 769, 71-83.
- González, F., & Rodríguez, J. (2008). Los orígenes del fracaso escolar un estudio empírico. *Colección Mediterráneo Económico: Modernidad, Crisis y Golbalización: Problemas de Política y Cultura*.
- Guillén, J. (2013). La memoria de trabajo: un recurso limitado pero fundamental en la resolución de problemas, from <https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2013/03/25/la-memoria-de-trabajo-un-recurso-limitado-pero-fundamental-en-la-resolucion-de-problemas/>

- Gutiérrez-Garralda, J., & Fernández-Ruiz, J. (2011). Sustrato neuronal de la memoria de trabajo espacial. *Revista de Neurobiología*, 2, 3-5. Retrieved from Recuperado de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>
- Gutiérrez-Martínez, F., & Ramos, M. (2014). La memoria operativa como capacidad predictora del rendimiento escolar. Estudio de adaptación de una medida de memoria operativa para niños y adolescentes. *Psicología Educativa*, 20, 1-10.
- Hernández, S., Díaz, A., Jiménez, J., Martín, R., Rodríguez, C., & García, E. (2012). Datos normativos para el test de Span Visual: estudio evolutivo de la memoria de trabajo visual y la memoria de trabajo verbal. *European Journal of Education and Psychology*, 5, 65-77.
- Jonides, J., Smith, E., Koeppe, R., Awh, E., Minoshima, S., & Mintun, M. (1993). Spatial working memory in humans as revealed by PET. *Nature*, 363, 623-625.
- Junqué, C. (1995). El lóbulo y sus disfunciones. *Neuropsicología*.
- Keley, V., Miezing, F., Mc Dermot, K., Buckner, R., Railchi, M., & Cohem, N. (1998). Hemispheric specialization in human dorsofrontal cortex and medialtemporal lobe for verbal and no verbal memory encoding. *Neuron*, 20, 927-936.
- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuospatial working memory capacity during childhood. *J. Cogn. Neurosci*, 14.
- Korzeniowski, C. G. (2011). Desarrollo evolutivo del funcionamiento ejecutivo y su relación con el aprendizaje escolar. *Revista de Psicología*, 7, 7-26.
- Lamas, H. (2015). Sobre el rendimiento escolar. *Propósitos y representaciones*, 3, 313-386.
- Landerla, K., Bevana, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition*, 93, 99-125.
- Latzman, R., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of clinical and experimental Neuropsychology*, 32(5), 455-462.

- Latzman, R., & Markon, K. (2009). *The factor structure and age-related factorial invariance of the Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS)*.
- Lezak, M. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology, 17*, 281-297.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- López, M. (2011). Memoria de trabajo y aprendizaje: Aportes de la neuropsicología. *Cuaderno Neuropsicología, 5*(1), 25-47.
- López, M. (2013). Rendimiento académico: su relación con la memoria de trabajo. *Actualidades Investigativas en Educación, 13*(3), 1-19.
- Luciana, Conklin, H., Hooper, C., & Yarger, R. (2005). The development of nonverbal WM and executive control processes in adolescents. *Child Development, 76*, 697-712.
- Luciana, M., & Nelson, C. (2002). Assessment of neuropsychological function through use of the Cambridge neuropsychological testing automated battery: performance in 4 to 12 years old children. *Developmental Neuropsychology, 22*, 595-624.
- Luna, B., Thulborn, K., Muñoz, D., Merriam, E., Garver, K., & Minshew, N. (2001). Maturation of widely distributed brain function subserves cognitive development. *Neuroimage, 13*, 786-793.
- Luria, A. (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. Basic Books.
- Luria, A. (1977). On quasi-aphasic speech disturbance in lesions of the deep structures of the brain. *Brain and language, 4*(3), 432-459.
- Luria, A. R. (1980). *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books.
- Manzanero, A. (2008). *Aspectos básicos de la memoria*. Madrid.
- Martínez, V. (2002). Condicionantes del rendimiento escolar. *Educadores Revista de Renovación Pedagógica, 47*, 285-295.
- Matute, E. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. México.
- Mella, O., & Ortiz, I. (1999). Rendimiento escolar. Influencias diferenciales de factores externos e internos. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos., 29*, 69-92.

- Mesulam, M. (1990). *Large scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language and memory*. Paper presented at the Annals of Neurology, Rokko Mountain, Japan.
- Metcalfe, A., Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., & Menon, V. (2013). Fractionating the neural correlates of individual working memory components underlying arithmetic problem solving skills in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 6, 162-175.
- Miyaki, A., & Shah, P. (1999). Models of working memory. *Mechanisms of active maintenance and executive control*. (pp. 29). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.132.6736&rep=rep1&type=pdf>
- Myers, D. (2006). Psicología. Editorial Médica Panamericana.
- Navarro, R. (2000). Factores asociados al rendimiento académico. *Revista Iberoamericana de Educación*. Retrieved from Recuperado de http://www.campus-oei.org/revista/frame_participar.htm.
- Paulesu, E., Frith, C., & Frackowiak, R. (1993). *Nature*, 362, 342-345.
- Pennington, B., & Ozonoff, S. (1996). Executive Functions and developmental Psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 51-87.
- Petrides, M., & Milner, B. (1982). Deficit on subject ordered task after frontal and temporal lobe lesions in man. *Neuropsychology*, 20 (249-262).
- Portellano, J. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Román, F., Sánchez, M. d. P., & Rabadán, M. J. (2010a). *Evaluación de la memoria*. Paper presented at the Neuropsicología.
- Román, F., Sánchez, M. d. P., & Rabadán, M. J. (2010b). *Funciones Ejecutivas*. Paper presented at the Neuropsicología.
- Romine, C., & Reynolds, C. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12, 190-201.
- Rosselli, M., Jurado, M. B., & Matute, E. (2008). Las funciones ejecutivas a través de la vida. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 23-46.
- Rowe, J., Toni, I., Josephs, O., Frackowiak, R., & Pssingham, R. (2000). The prefrontal cortex: Response selection or maintenance of within working memory? *Science*, 288(5471), 1656-1660.

- Rubia, K., Smith, A., Woolley, J., Nosarti, C., Heyman, I., Taylor, E., & Brammer, M. (2006). Progressive increase of frontostriatal brain activation from childhood to adulthood during event-related tasks of cognitive control. *Hum Brain Mapp* 27, 973-993.
- Smith, A. (1996). Memory. *Handbook of psychology and aging*.
- Squire, J., Ojemant, F., Miezin, M., Steven, E., Petersents, T., & Raichle, E. (1992). Activation of the hippocampus in normal humans: A functional anatomical study of memory. *Veterans Affairs Medical Center*, 89(1837-1841).
- St. Clair, H., & Gathercole, S. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Q J Exp Psychol (Colchester)*, 59, 745-759.
- Stelzer, F., & Cervigni, M. A. (2011). Desempeño académico y funciones ejecutivas en infancia y adolescencia. Una revisión de la literatura. *Revista de Investigación en Educación*, 9(1), 148-156.
- Stuss, D., & Benson, D. (2002). Adult Clinical Neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53(401-433).
- Tirapu. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista Neuropsicológica*, 41(8), 475-484.
- Tirapu, & Luna. (2008). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. Pdf. Retrieved from: www.disfasiavaldivia.cl
- Tirapu, & Muñoz. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41(8), 475-484.
- Tirapu, Muñoz, Pelegrín, & Albéniz. (2005). Propuesta de un protocolo para la evaluación de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41(3), 177-186.
- Towse, J., Hitch, G., & Hutton, U. (2000). On the interpretation of working memory span in adults. *Memory and Cognition*, 28(3), 341-348.
- Tulving, E. (1992). Memory Systems and the Brain. *Clinical Neuropharmacology*, 15, 327A-328A.
- Vergara-Mesa, I. (2011). *Funciones Ejecutivas y desempeño académico en estudiantes de primer año de Psicología de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, en Bello Antioquía*, Universidad de San Buena Ventura, Medellín, Colombia. Retrieved from

http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1219/1/Funciones_Ejecutivas_Estudiente_Vergara_2011.pdf

- Wu, S., Meyer, M., Maeda, U., Salimpoor, V., Tomiyama, S., Geary, D., & Menon, V. (2008). Standardized assessment of strategy use and working memory in early mental arithmetic performance. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 365-393.
- Yoldi, A. (2015). Las funciones ejecutivas: Hacia prácticas educativas que potencien su desarrollo. *Páginas de Educación* 8(1).
- Zapata, L. F., Reyes, C. D. L., Lewis, S., & Barceló, E. (2009). Memoria de trabajo y rendimiento académico en estudiantes de primer semestre de una universidad de la ciudad de Barranquilla. *Psicología desde el Caribe*, 66-82. Retrieved from Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21311917005>
- Zúñiga, I., Soto, A., Quijano, M., & Aponte, M. (2010). La autogeneración de palabras incrementa el rendimiento en la memoria semántica durante el envejecimiento normal. *Pensamiento Psicológico*, 8(15), 77-87.