

Capítulo 1

Memoria de Trabajo: El modelo multicomponente de Baddeley, otros modelos y su rol en la práctica clínica*

Johana Margarita Escudero Cabarcas¹
Wilmar Fernando Pineda Alhucema²

*Producto parte del proyecto "Procesos Cognitivos y Comprensión Lectora en Niños y Jóvenes de la ciudad de Barranquilla-Atlántico" financiado por la Universidad Simón Bolívar. Barranquilla-Colombia.

1. Psicóloga, Especialista en Trastornos Cognoscitivos del Aprendizaje y Doctora en Psicología con orientación en Neurociencia Cognitiva Aplicada. Investigadora del Grupo Sinapsis Educativa y Social y docente de tiempo completo de la Universidad Simón Bolívar.
jescudero1@unisimonbolivar.edu.co

2. Psicólogo, Magíster en Neuropsicología. Doctorante de Psicología. Investigador del Grupo Neurociencias del Caribe de la Universidad Simón Bolívar.
wpineda1@unisimonbolivar.edu.co

INTRODUCCIÓN

La Memoria de Trabajo es esa pizarra mental en la que el cerebro ubica aquellos símbolos que luego procesará para apropiarse de ellos a través del aprendizaje o simplemente desecharlos; esta “pizarra” es bastante compleja y para explicarlo han surgido modelos desde las Ciencias Cognitivas que a su vez han sido reforzados desde las Neurociencias Cognitivas. Uno de los modelos más reconocidos por su validez es el modelo de Baddeley que explica a la Memoria de Trabajo (en adelante MT) como un complejo de almacenes (fonológico, visoespacial y episódico) administrado por un ejecutivo central. En el presente capítulo, se hace una revisión de este modelo señalando además sus correlatos neuroanatómicos; también se presentan otros modelos explicativos y se finaliza con una reflexión sobre cómo el profundizar en el estudio de la MT, permitirá la generación de pautas y lineamientos que podrían facilitar la práctica clínica.

Diversidad de autores como Etchepareborda y Abad-Mas (2005) asumen desde su discurso que ha llegado el momento de abordar aquellos procesos que le posibilitan al ser humano el conocimiento (*cognoscere*) del mundo que lo rodea, por lo que para las diversas disciplinas cuyo objeto de estudio es el ser humano y sus formas de conocimiento y comportamiento, no es ajeno que en la actualidad una mirada desde la Neurociencia Cognitiva permite comprender más a fondo la diversidad de procesos, funciones y características que enmarcan el comportamiento de los individuos. La evidencia del funcionamiento cerebral ha facilitado a las disciplinas, que procuran la potencialización de las funciones humanas, profundizar bajo un enfoque que posibilita asumir la comprensión del hombre como un reto aún mayor, desde el entretendido mundo de aquel que media en todos estos procesos: el cerebro y sus funciones. Al retomar el desarrollo de las funciones cerebrales que se gestan desde los primeros años de vida nos encontramos con las funciones cognitivas las cuales según Gamo (2011), son generadas en el cerebro, siendo operaciones mentales que pueden ser representadas físicamente o transformadas en materia y a la vez permiten realizar cualquier otra operación mental. Entre ellas sobresalen la percepción, la atención, la memoria, las funciones ejecutivas, el pensamiento y el lenguaje, lo que ayuda al óptimo desarrollo de los llamados procesos de aprendizaje.

Uno de los procesos cognitivos que ha sido objetivo de múltiples investigaciones en las últimas décadas por las Ciencias Cognitivas, apoyado a su vez por las neurociencias ha sido la MT, concebida como “el conjunto de símbolos activos en un momento determinado a los que estamos prestando atención y que podemos manipular bajo control voluntario” (Santiago, Tornay y Gómez, 2001, p.73); La MT implica el procesamiento y recuperación de la información de manera inmediata bajo una estructura que permite la adquisición y procesamiento de la información (proveniente del medio físico) y que lleva al reconocimiento de los elementos del medio, que al ingresar a través de los órganos de los sentidos (en forma de símbolos, imágenes, sonidos, palabras), permiten darle respuesta a otros procesos de orden superior (lectura, comprensión de lo leído, procesamiento matemático, entre otros) (Lavados, 2012). Como dirían Santiago, *et al.* (2001), la MT se entendería entonces como el espacio o el lugar en donde conservamos lo leído para poder entender lo que leemos en el ahora; es en donde las imágenes que observamos son manejadas, en donde se estructuran y entran en comparación los planes y las estrategias a emplear para darle respuesta a una determinada situación.

De esta manera nos adentramos en el reconocimiento de una de las funciones del ser humano, que sin duda alguna, dentro de la teoría del Procesamiento de Información, cobra relevancia si la intención es llegar a comprender cómo desde la estructuración cerebral se posibilita el desarrollo de funciones que como la MT, es tan importante en el tratamiento y rehabilitación de diversos trastornos mentales, así como en el aprendizaje escolar.

Conceptualización y definición de la Memoria de Trabajo

Antes de definir puntualmente lo que es la MT, se hace necesario clarificar lo que comprendemos como *memoria*. Según Etchepareborda y Abad-Mas (2005) es “la capacidad de retener y de evocar eventos del pasado, mediante procesos neurobiológicos de almacenamiento y de recuperación de la información, básica en el aprendizaje y en el pensamiento” (p.579). Esta definición, lo mismo que la de Harris (2008), quien dice que la memoria es “un sistema de procesamiento de información que opera a través de procesos de almacenamiento, codificación y recuperación” (p.261), entienden a la memoria como un proceso cognitivo en el

que la información proveniente de diferentes fuentes es almacenada, luego procesada por sistemas neuronales específicos en nuestro cerebro, y por último, tras procesos de evocación, pueda ser utilizada en diferentes tareas de la vida cotidiana. Ahora bien, de acuerdo al modelo teórico desde el cual se entiende el concepto de memoria, existen diferentes maneras de entender cómo se da este proceso; en este sentido, se han generado variedad de teorías para su comprensión.

Alcaraz y Guzmán (2001), plantean que el Modelo Neuropsicológico global de la memoria de M. Moscovitch resulta un *constructo* muy útil para el entendimiento y a la vez la investigación de los procesos de memoria; este modelo asume la coexistencia de variedad de módulos de diversidad de carácter que resultan específicos en cuanto a la información que tratan. Estos llevan a cabo el procesamiento de la información sin la modulación que procedería de otros módulos y a su vez entregando el resultado de tipo computacional (sin interpretación o valor semántico) a sistemas centrales cuya función sería la integración e interpretación de la información. El Modelo a nivel neurofisiológico comprende un componente de tipo neocortical localizado en distintas zonas de la corteza frontal, constituido por módulos perceptuales e interpretativos semánticos (módulos conceptuales) que corresponden a las memorias no declarativas y a las conceptuales. Un segundo componente modular ubicado en el lóbulo cerebral temporal medial y en el hipocampo de ambos hemisferios corresponde a la codificación, almacenamiento y recuperación de la memoria declarativa episódica. Un tercer componente modular ubicado en los ganglios cerebrales basales y corresponde a diversas memorias no declarativas del tipo de habilidades y hábitos sensomotores. Y un cuarto componente que resulta ser un Sistema Central cuya ubicación se encuentra en los lóbulos frontales y corresponde tanto a los sistemas de memoria declarativa como no declarativa y que implica una alta demanda de estrategias de búsqueda de la información almacenada y de las categorías de codificación de la información.

A su vez, Colom y Flores-Mendoza (2001) mencionan que existen al menos tres grandes teorías de la memoria: primero, las teorías sobre las etapas de la memoria, en las que se distinguen diferentes fases, entre las que se pueden mencionar la fase de codificación, de almacenamiento, y de recuperación. La codificación se centra en la percepción de la información, el almacenamiento consiste

en el mantenimiento de esa información y la recuperación se basa en el recuerdo de la información previamente almacenada. Segundo, las teorías sobre los sistemas de memoria; en ellas se suele distinguir entre la memoria sensorial (MS), la memoria a corto plazo (MCP) y la memoria a largo plazo (MLP). 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. Pues esta está incluida en esas impresiones sensoriales y se desvanece rápidamente. La información superviviente se traslada desde la MS a la MCP, donde el sujeto ya pueda manipularla consciente-mente. Al igual que la MS, la MCP también presenta limitaciones temporales, y, por tanto, la información tiende a perderse, bien por desvanecimiento, bien porque la llegada de nuevos datos que desplazan a los existentes. Parte de los datos procesados en la MCP se traslada a la MLP, también denominada memoria permanente. La información que se almacena en la MLP es de varios tipos: episódica, semántica, procedimental, etc., la cual una vez almacenada puede ser recuperada posteriormente. El tercer sistema de teorías son las basadas en los sistemas cognitivos; se centran en explicar los procesos cognitivos de memorización a partir de parámetros tales como la velocidad con la que se puede procesar mentalmente la información, la capacidad de la MCP o la habilidad para inhibir el procesamiento mental de la información irrelevante. Desde estas teorías, las limitaciones temporales de la MCP conllevan al sujeto a 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.

Y así como están estos sistemas de teorías que proponen diferentes componentes de la memoria, existen otras más, pero independientemente de esto, lo interesante es notar que en cada uno de ellos existe un componente que se refiere a la MT, llámese memoria de trabajo propiamente o memoria operativa, refiriéndose al proceso mnémico en el que la información se registra por un lapso breve de tiempo para ser utilizada de manera inmediata.

Lo anterior facilita una definición de MT y diferentes autores ya lo han hecho. Por ejemplo Richardson *et al.*, (1996), afirman que la MT es un sistema

complejo responsable del almacenamiento y procesamiento temporal de la información; Alcaraz y Guzmán (2001), plantean que este tipo de memoria es una función de la memoria consciente o declarativa a corto plazo y con procesamiento simultáneo con la capacidad funcional para mantener y procesar información simultáneamente. Harris (2008) dice que la MT es el sistema mnémico que permite el mantenimiento y la manipulación temporaria de la información durante la ejecución de un amplio rango de tareas y actividades de la vida diaria. Baddeley (1983), uno de los mayores exponentes de este tema, describe la MT como un mecanismo de almacenamiento temporal que permite retener a la vez algunos datos de información en la mente, compararlos, contrastarlos, o en su lugar, relacionarlos entre sí.

Sin embargo, el concepto de MT, no siempre se entendió de esta manera, pues antes se tendía más bien a asociarlo con la memoria a corto plazo; Bermeosolo (2012), lo explica de la siguiente manera:

La concepción tradicional en los modelos multialmacén de memoria de corto plazo o inmediata como sistema de registro relativamente pasivo de información durante algunos segundos —en tareas de repetición de dígitos, sílabas sin sentido, palabras, pseudopalabras o memorización de números telefónicos que debían marcarse inmediatamente— se modificó posteriormente con la consideración de que ese mismo componente de memoria juega un papel muy importante en el procesamiento activo de la información, lo que llevó a preferir la denominación de memoria de trabajo u operativa. Esta modalidad de memoria pasó a ser vista, metafóricamente, como el escenario de nuestra actividad psicológica, y de manera especial la consciente (p.59).

En consonancia con lo anterior, Passing (1994) comenta que el concepto de MT apareció después de que los términos de memoria a largo plazo y memoria a corto plazo, resultaron ser insuficientes para explicar algunos procesos como el mecanismo por el cual la información guardada en la memoria a corto plazo pasaba a almacenarse en la memoria a largo plazo. López (2011) relata que a mediados del siglo XX, la manera como se concibió el fenómeno de la memoria era como un proceso lineal, es decir, como una sucesión de estadios o etapas de procesamiento a lo largo de un continuo temporal, por lo que se entendía que el proceso de memo-

rización empezaba en la memoria a corto plazo y de allí pasaba a alojarse en la memoria a largo plazo, luego de un proceso de codificación; esto suponía en efecto, que alteraciones en la memoria a corto plazo afectaba directamente el alojamiento de información en la memoria a largo plazo, sin embargo, existían casos clínicos en los que pacientes con alteraciones en la memoria a corto plazo, presentaban una memoria a largo plazo intacta y al revés. Esta evidencia llevó a considerar que no se trataba de componentes de una secuencia lineal obligatoria, sino de fenómenos más o menos independientes cuya organización podía ser en “en paralelo”, concibiéndose, así un nuevo concepto de memoria, más específicamente el de Memoria de Trabajo u operativa. Desde los aportes de Baddeley y Hitch, quienes en 1974 propusieron un modelo para este tipo de memoria, este modelo pretendía una re-conceptualización de la memoria a corto plazo y se basaba en la descripción de los análisis de sus procesos y funciones (Baddeley & Hitch, 1974).

En síntesis, se puede afirmar que fueron los estudios de Baddeley y Hitch, los que dieron origen al concepto de MT, la cual fue definida por el mismo Baddeley como “un mecanismo de almacenamiento temporal que permite retener a la vez algunos datos de información en la mente, compararlos, contrastarlos, o en su lugar, relacionarlos entre sí. Se responsabiliza del almacenamiento a corto plazo, a la vez que manipula la información necesaria para los procesos cognitivos de alta complejidad” (1983, p.73). Se entiende entonces –según Baddeley– que la MT es un sistema cerebral que proporciona almacenamiento temporal y manipulación de la información necesaria para tareas cognitivas complejas (Gathercole, Alloway, Willis & Adam, 2006; Baddeley, 1986; Just & Carpenter, 1992), trascendiendo de concepto a modelo explicativo, convirtiéndose luego en el principal modelo de Memoria de Trabajo de múltiples componentes (López, 2011).

Según Baddeley y Hitch (1994), el concepto de MT implica tres significados desde la psicología cognitiva: primero, puede usarse para hacer referencia a un espacio en el que información específica y limitada es mantenida disponible para ser usada durante un periodo particular de tiempo; segundo, el concepto puede ser usado para referirse a un sistema que combina el almacenamiento y el procesamiento de la información, y tercero, y según Gontier (2004), la conceptualización más aceptada, MT puede entenderse como un sistema que se divide en tres com-

ponentes: lazo fonológico, esquema visoespacial y ejecutivo central. A esta última definición es a la que se conoce oficialmente como el modelo de Baddeley y Hitch de la MT y resulta uno de los modelos más ampliamente usados para el estudio y comprensión de este proceso, mas no es el único.

LOS MODELOS DE LA MEMORIA DE TRABAJO

Desde que Baddeley y Hitch en 1974 definieron MT, han surgido diversidad de estudios que han llevado a postular diferentes modelos para este tipo de memoria. Para un entendimiento desde la Neuropsicología de los modelos que intentan explicar a la MT como proceso cognitivo, partimos de la concepción de Baddeley el cual considera que a nivel de funcionamiento cerebral, la MT se basa en gran medida, mas no exclusivamente, en los lóbulos frontales (Stuss & Knight, 2002). Y casi exclusivamente pueden ser fraccionados en subprocesos ejecutivos (Baddeley, 2003; Shallice, 2002). Esto le otorga gran protagonismo al cortex prefrontal (CPF) en el estudio y entendimiento de los procesos de MT (Reyes y Slachevsky, 2009).

Es sabido que anatómica y funcionalmente el CPF cumple funciones de integración sensorial y motora y se constituye dentro de las áreas de asociación heteromodales consideradas de mayor jerarquía en la organización de la corteza cerebral (Mesulam, 2002; Fuster, 1997, citados por Reyes y Slachevsky, 2009). Encontramos que a su vez se divide anatomo-funcionalmente en dos regiones principales: el córtex prefrontal dorso lateral (CPDL) y el córtex prefrontal orbito-frontal (OBF) que contiene al polo frontal y el córtex prefrontal ventral (CPFV). Resulta importante recalcar que las dos regiones principales, CPDL y OBF, la constituyen una extensa red de conexiones aferentes y eferentes con áreas tanto corticales de tipo premotor, asociativas multimodales, límbicas (que se relacionan principalmente a los afectos, la memoria y los mecanismos de defensa) y áreas subcorticales como los núcleos grises centrales (núcleo caudado, núcleo accumbens, globo pálido central y ventral) lo que a su vez permite comprender la función integradora multimodal propia del CPF y cómo cada una de las áreas que la conforman estaría especializada en un dominio específico encontrando una mayor relación de regiones dorso lateral incluyendo el surco frontal superior, con la información espacial, en tanto que las regiones prefrontales ventrales desempeñan

un papel más activo en el mantenimiento de la información no-espacial y verbal (Rämä, Sala, Gillen, Pekar, & Courtney 2001).

La especialización de las áreas en conjunción con sus posibilidades de intercomunicación es la base para una mayor comprensión de la participación en el procesamiento multidimensional de variables cognitivas, temporales, afectivas y motivacionales en la selección de conductas que resulten coherentes en la relación del ser humano con el medio externo e interno, esto lleva a la identificación de las funciones nucleares del CPF entre las que sobresalen la MT; la inhibición de la distractibilidad, de la perseveración y de la satisfacción inmediata; la búsqueda activa de la novedad y la codificación del contexto (Reyes y Slachevsky, 2009).

El modelo multicomponente de Baddeley y Hitch

Baddeley y Hitch presentan a la MT como un sistema de capacidad limitada que provee una interfaz entre los procesos perceptivos, la acción y la memoria a largo plazo, demostrando su participación en la mantención temporal y la manipulación de la información, el razonamiento y el aprendizaje (Reyes y Slachevsky, 2009).

El modelo de Baddeley y Hitch es considerado como uno multicomponente, pues consta de un ejecutivo central que regula dos sistemas esclavos, el bucle fonológico y la agenda visoespacial (López, 2011). El ejecutivo central es el encargado de controlar las entradas y las salidas de información sean de tipo auditivo en el bucle fonológico o visual en la agenda visoespacial.

El ejecutivo central

Estableciendo la analogía al entender a la MT como un conjunto de símbolos que, en un momento determinado, están siendo manipulados en la mente bajo el control voluntario de una persona, el ejecutivo central puede entenderse como el controlador de los dos sistemas *esclavos* (el bucle fonológico y la agenda visoespacial) que ejecutan las funciones de mantenimiento de la información, en otras palabras, el ejecutivo central, desde el modelo de Baddeley, es el sistema de control voluntario y toma de decisiones, estando estrechamente relacionado con

la atención y la experiencia consiente (Santiago, *et al.*, 2001). A nivel neurofisiológico es asociado con el córtex prefrontal dorso lateral (CPDL) y medial y con regiones parietales de la corteza cerebral (Baddeley, 1996; Smith & Jonides, 1997; Nyberg, *et al.*, 2002, citado por López, 2011).

López (2011) lo explica como “el responsable de la selección y el funcionamiento de estrategias y del mantenimiento y alternancia de la atención en forma proporcional a la necesidad” (p.36). En este sentido, para Baddeley (1996), el ejecutivo central es el responsable de la atención de la MT, pues el mismo autor en 1986 propuso adoptar el concepto de *sistema atencional superior* como base del ejecutivo central; así pues, desde este modelo se entiende que la conducta habitual es controlada por esquemas mentales bien aprendidos, pero cuando se presentan situaciones novedosas, el sistema atencional superior se sobrepone a estos esquemas, por lo que también se entiende que el ejecutivo central es el responsable de la planificación y la coordinación de actividades (Baddeley, 1986).

López (2011) explica que Baddeley especifica cuatro funciones del ejecutivo central:

- 1) La coordinación en dos tareas independientes (almacenamiento y procesamiento de información);
- 2) Cambiar de tareas, estrategias de recuperación de las operaciones;
- 3) Asistir selectivamente a la información específica y la inhibición de información irrelevante y
- 4) La activación y recuperación de información de la memoria a largo plazo (p.36).

Así pues, el ejecutivo central es considerado como un elemento nuclear porque es el que gobierna los sistemas de memoria y se encarga de distribuir la atención que se asigna a cada una de las tareas a realizar y vigila la atención de la tarea y su ajuste a las demandas del contexto (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005).

El bucle fonológico o lazo fonológico

Es el encargado de mantener activa y manipular la información presentada por medio del lenguaje estando implícito en tareas como la comprensión, la lectoescritura o la conversación (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005). Como lo

menciona López (2011), su misión, básicamente es la de almacenar la información de tipo lingüístico proveniente tanto de *inputs* externos, como del interior del propio sistema cognitivo. Este bucle está compuesto a su vez por dos componentes: primero, un almacén temporal de información acústica cuyos contenidos desaparecen por sí solos en un periodo de más o menos tres segundos, a menos que sea fortalecido por la repetición o actualización, y segundo, un sistema de mantenimiento de la información acústico-verbal, que mediante la reactualización articulatoria repetitiva, permite mantener indefinidamente la información (Baddeley, 2003, citado por López, 2011). El bucle articulatorio, resulta importante para la realización de cálculos aritméticos, la adquisición de vocabulario y la adquisición de la lectura (Santiago *et al.*, 2001).

Santiago *et al.* (2001) reportan tres fuentes de evidencias empíricas sobre el bucle fonológico, todas ellas basadas en los estudios de Baddeley. La primera evidencia se trata del efecto de similaridad fonológica, que es el hecho de que, en tareas de recuerdo inmediato, las palabras que suenan de forma parecida, se reproducen con más errores que las palabras que no suenan de forma parecida. Baddeley (1996), citado por Santiago *et al.* (2001), reportó esto en un estudio y concluyó que la información que se mantiene viva en este tipo de tareas mediante el uso del bucle fonológico es en efecto, de tipo fonológico, es decir, que los elementos de las listas se convierten a un tipo de símbolos que representan el sonido o la pronunciación de esos elementos y se mantienen en este formato en el bucle.

La segunda evidencia es el efecto de la longitud de la palabra, la cual consiste en listas de palabras cuya pronunciación es más larga, se recuerdan peor en tareas de recuerdo inmediato, según lo referencia Santiago, *et al.*, (2001): Baddeley, Thomson y Buchanan (1975) hicieron un estudio en el que presentaron a personas listas de palabras de diferente longitud, y encontraron que, primero, las listas de palabras con mayor número de sílabas se leen más despacio; segundo, a mayor número de sílabas, peor el grado de recuerdo inmediato y tercero, el número de sílabas parece afectar de igual manera la velocidad de la lectura y la cantidad de recuerdo inmediato. Con estos resultados, los autores concluyeron que el número de sílabas es un factor que determina la velocidad de la pronunciación y que

el proceso que media entre la presentación de una lista de palabras y su recuerdo inmediato, implica una pronunciación subvocal de las palabras de la lista. Estos resultados permiten reformular la limitación del bucle fonológico en términos de la duración de la pronunciación del material verbal.

Y la tercera y última evidencia se refiere a los efectos de la supresión articulatoria, que como proceso consiste en pedirle a las personas que realizan una tarea de memoria inmediata que pronuncien algo irrelevante durante todo el tiempo que dura la presentación y el recuerdo inmediato de la lista de palabras. La supresión articulatoria tiene el efecto de ocupar el sistema de articulación del lenguaje y por tanto, si el bucle fonológico es un sistema de articulación del lenguaje para mantener la información verbal activa mediante un repaso subvocal, la capacidad de almacenamiento debe reducirse mucho cuando estas tareas se realizan con supresión articulatoria (Santiago *et al.*, 2001).

Recientes investigaciones también reportan nuevas evidencias, por ejemplo, Classon, Rudner y Rönneberg (2013), en un estudio con personas con discapacidad auditiva concluyeron que una buena MT puede compensar el impacto negativo de la privación auditiva en las habilidades de procesamiento fonológico permitiendo un uso eficiente de las habilidades de procesamiento fonológico; también sugirieron que los individuos con discapacidad auditiva y baja capacidad de memoria de trabajo pueden utilizar un enfoque no-fonológico de las palabras escritas, que pueden tener el efecto secundario beneficioso de mejorar la codificación de la memoria. Entre tanto, Demagistri, Richards y Canet (2014) en un estudio con adolescentes encontraron que aquellos que mostraron mejores puntajes de MT y habilidades verbales lograban con mayor facilidad el éxito académico.

A nivel neurofisiológico, se sitúa al bucle fonológico entre la corteza temporo-parietal izquierda y la región frontal izquierda anterior (área de Wernicke y de Broca respectivamente (Reyes y Slachevsky, 2009). Estudios de neuroimagen como los realizados por Ravizza, Delgado, Chein, Becker y Fiez (2004) han puesto de manifiesto dos sitios en la circunvolución supra marginal izquierda que pueden apoyar el almacenamiento a corto plazo de la información fonológica. La activación en la cara dorsal izquierda de la corteza parietal inferior (DIPC) está

relacionada con el peso de la carga de MT, mientras que la activación en el aspecto ventral de la corteza parietal inferior (VIPIC) se ha encontrado principalmente en contraste de tipo de información (verbal vs no verbal). Así mismo se han asociado mecanismos neurales de regiones parietales (córtex parietal dorsal inferior) y temporales con el aspecto pasivo del lazo fonológico y al área de Brocca con el mecanismo de repetición articulatoria (Nyberg *et al.*, 2002, citado por López, 2011).

La agenda visoespacial

Este sistema es el encargado de elaborar y manipular información espacial, siendo fundamental en tareas como por ejemplo la manipulación de piezas en operaciones de ensamblaje y la realización de cálculos aritméticos por el método de regletas, las estrategias nemotécnicas basadas en imágenes y la adquisición de vocabulario ortográfico (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005; Santiago *et al.*, 2001; Manso y Ballesteros, 2003). En palabras de López (2011), este sistema preserva y procesa la información de naturaleza visual y espacial proveniente tanto del sistema de percepción visual como del interior de la propia mente. Según Baddeley (1996), este sistema demanda más del ejecutivo central pues el uso de imágenes es menos practicado o automático que la codificación fonológica, además de que la información visual y espacial se maneja por separado pero interactúan fuertemente.

A diferencia del bucle fonológico, la agenda visoespacial no requiere del repaso ordenado de estímulos, pues las imágenes individuales pueden ser combinadas en imágenes más complejas y recordadas como un todo; sin embargo, aún así, existe un límite para el número de elementos independientes del que puede constar la imagen. Otra diferencia que se puede mencionar entre el bucle fonológico y la agenda visoespacial es que mientras que para los dos sistemas la información que viene del exterior permanece temporalmente almacenada en ellos, en el caso de la información que proviene del interior de la persona, es decir, de su propio sistema cognitivo, va acompañada de una gran diferencia en la experiencia subjetiva, pues se trata de estímulos visuales que se imaginan y estas imágenes son experimentadas como desligadas de la realidad porque se pueden ver cosas que no existen en el mundo externo (Santiago *et al.*, 2001).

Por tratarse de un sistema que implica dos tipos de estímulos (visuales y espaciales), como se mencionó más arriba, esto implica un funcionamiento más complejo, Logie (1995) propuso que la agenda visoespacial podría fragmentarse del mismo modo como está fragmentado el bucle fonológico, es decir, en un componente de almacenamiento visual y uno espacial. Al respecto, López (2011) proporciona el siguiente ejemplo:

Mover el brazo siguiendo un patrón secuencial generalmente produce peor rendimiento en el recuerdo de una secuencia espacial (por ejemplo, la tarea de cubos de Corsi) pero no en el recuerdo de figuras, o tonalidades de color, en tanto que el recuerdo de colores o de imágenes mentales se ve interferido selectivamente por una tarea interpolada que requiera mirar figuras o patrones visuales (p.34).

A nivel neurofisiológico, los estudios con Tomografía por emisión de Positrones han asociado a la agenda visoespacial con áreas frontales, occipitales y parietales del hemisferio derecho (Smith & Jonides, 1997; Reyes y Slachevsky, 2009). Aunque cabe destacar que según (Rămă, *et al.*, 2001) “la evidencia para la lateralidad hemisférica de la MT no espacial visual ha sido inconsistente”. Algunos estudios han demostrado un predominio del hemisferio izquierdo, mientras que en otros estudios, la activación se ha detectado de manera bilateral o solo en la corteza prefrontal derecha o en las regiones prefrontales ventrales de la MT no espacial visual, lo cual ha sugerido que los efectos de lateralidad en la memoria visual de trabajo pueden estar influenciados por el grado en el que los sujetos se involucran ya sea analítica o verbalmente con la actividad, a diferencia de las estrategias de ensayo, basadas en imágenes durante la realización de tareas de memoria (Courtney, Petit, Haxby & Ungerleider, 1998; Haxby *et al.*, 1995, citados por Rămă *et al.*, 2001).

El Bufer episódico

Hacia el año 2000 Baddeley hizo una revisión de su modelo tras la aparición de ciertas limitaciones para explicar fenómenos como la combinación de códigos visuales y verbales, por lo que planteó la existencia de un sistema que permitía que los códigos visuales y verbales se combinaran y vincularan en varias representaciones tridimensionales en la memoria a largo plazo; fue entonces

cuando incluyó a su modelo un cuarto componente denominado bufer episódico, el cual puede integrar la información de los otros dos componentes (bucle fonológico y agenda visoespacial) y la memoria a largo plazo y puede temporalmente almacenar esta información en forma de representación episódica. Este sistema es capaz de integrar información de diferentes fuentes y es controlado, al igual que los otros dos sistemas, por el ejecutivo central (Baddeley, 2000). Se denomina episódico, porque sostiene episodios en los que la información es integrada a través del espacio y posiblemente extendida en el tiempo, así entonces, el nuevo modelo multicomponente de Baddeley tiene ahora cuatro elementos, el ejecutivo central, el bucle fonológico, la agenda visoespacial y el bufer episódico (Mate-Castella, 2010; López, 2011) (Ver Figura 1).

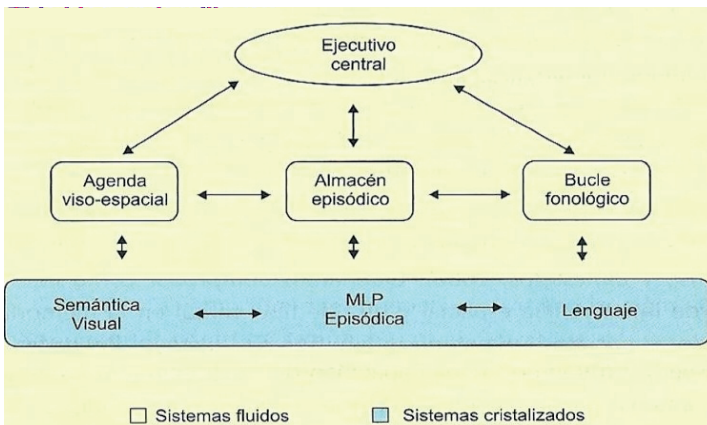


Figura 1
Revisión del modelo multicomponente de Baddeley de Memoria de Trabajo (Tomado de Mate-Castella, 2010)

OTROS MODELOS DE LA MEMORIA DE TRABAJO

El Modelo Goldman-Rakic

Con su modelo, Patricia Goldman-Rakic, propone que la MT, resulta esencial para construir representaciones que lleguen a perdurar aun cuando la percepción tienda a cambiar, lo que le posibilitaría a la MT “integrar representaciones del presente y del pasado para guiar el comportamiento, permitiendo la incorporación de conceptos y planes” (Reyes y Slachevsky, 2009).

Es así como plantea que cada una de las representaciones se encontrarían distribuidas en redes neuronales en el córtex prefrontal, temporal y parietal y se organizaría como un mecanismo independiente de almacenamiento y manejo de la información que conjuntamente forman una red capaz de mantener y manipular información de distinto tipo en forma paralela.

El modelo Petrides

Retomando a Reyes y Slachevsky (2009), el científico Michael Petrides propone en su modelo que la parte más ventral del córtex prefrontal lateral se relaciona con los procesos que forman parte de la MT; allí se verían implicados procesos como la selección, la comparación y el juicio activo de un estímulo; a su vez se implica el mantenimiento de la información para procesos como la codificación y el recuerdo explícito de información que proviene de la memoria a largo plazo. Por otro expresa que el Córtex prefrontal dorsal se relaciona con la selección y manipulación de las representaciones mentales y controlaría al mismo tiempo al Córtex prefrontal ventral y a sus procesos.

El modelo de Cowan

Nelson Cowan, en 1988, propuso un nuevo modelo que buscaba complementar las críticas al modelo modal de Baddeley y Hitch. En este modelo se presentan tres almacenes de memoria, uno sensorial, uno a corto plazo y uno a largo plazo, similar al modelo modal, pero organizados en un sistema distinto, y un procesador o ejecutivo central. Así pues, en la memoria sensorial con dos fases: una breve, que produce una sensación continua durante unos cientos de milisegundos, y una segunda que retiene información sensorial más elaborada durante unos segundos. Esta última fase es considerada como la activación de un conjunto de características de la memoria a largo plazo y, por tanto, como un tipo de memoria activada o, lo que es lo mismo, como parte del almacenamiento a corto plazo. El almacenamiento a corto plazo o memoria activada, por su parte, se considera como un subconjunto activado de la memoria a largo plazo (Mate-Castella, 2010). Se tienen entonces dos almacenes (la segunda fase del almacén sensorial y el almacén a corto plazo) que son entendidos como subconjuntos de otros almacenes. El proceso subyacente a ambos es el mismo: la atención selectiva. En tal sentido, se postula que el foco de la atención es un subconjunto de la memoria activada que, a su vez, es un subconjunto de la memoria a largo plazo.

El almacenamiento a corto plazo se refiere a toda la información temporalmente activada, independientemente de que esté o no en la conciencia. Es decir, todos los contenidos de la conciencia pertenecen a la memoria a corto plazo, pero no todos sus contenidos son conscientes. Solo cuando los procesos atencionales se focalizan en unos contenidos de la memoria activada, estos entran en la conciencia. Así, en lo referente a los procesos de codificación, se mantiene la idea de que no es correcto suponer que la información está codificada fonéticamente en el almacén a corto plazo y semánticamente en el almacén a largo plazo. Tanto uno como otro almacén pueden contener información acústica y semántica. No obstante, se señala que, en función de los procesos de control utilizados en cada uno de estos almacenes, podría pensarse en procesos de control estrechamente asociados con características fonéticas propias del almacén a corto plazo (por ejemplo, la repetición) frente a procesos de control con características semánticas, propios del almacén a largo plazo (por ejemplo, la elaboración semántica). Ahora bien, también se deja muy claro que la asociación fonético-ACP versus semántico-ALP sería incorrecta (Mate-Castella, 2010).

Modelo de Engle, Kane y Tuholsky

Desde la perspectiva de este modelo, planteado en 1999, la MT es el sistema que comprende: primero, las huellas mnémicas de la memoria a largo plazo, que se encuentran activadas por encima de un cierto umbral; segundo, la atención controlada de capacidad limitada, y tercero, los procesos que hacen posible esta activación basados en la activación exógena del foco de atención o en la distintividad emocional endógena. Se parece al modelo multicomponente de Baddeley, en que la existencia de códigos de dominio específico como el bucle fonológico y la agenda visoespacial, pero va más allá de estos dos: plantea que el número de códigos es tan variado como percepciones, emociones o pensamientos tenga el individuo. Según estos autores, cuando se habla de la capacidad de la MT, se hace referencia únicamente a la atención controlada y la habilidad para sostener la atención a pesar de las inferencias. Esta capacidad para mantener la atención no distingue entre dominios (visual o auditivo); además, desde este modelo se afirma que existen diferencias individuales en todos estos procesos constituyendo la base del mecanismo general de inteligencia fluida (Mate-Castella, 2010).

Modelo de Oberauer

Según Mate-Castella (2010), este modelo fue planteado en 2002 por el investigador Oberauer, y desde esta perspectiva, la MT es un sistema que permite activar y hacer disponibles las representaciones para llevar a cabo una acción cognitiva o física de manera intencional. El autor plantea tres niveles en este proceso: en un primer momento las representaciones permanecen activadas ya sean por inputs perceptivos o por las asociaciones provenientes de la memoria a largo plazo, en segundo lugar un reducido número de elementos se encuentra en una situación de acceso directo donde sus representaciones se asocian con otros sistemas que pueden ser la localización temporal o espacial y finalmente, el tercer paso consistiría en la selección de un solo elemento por parte del foco de atención, el cual es objeto de varias manipulaciones.

Modelo de Barrouillet, Bernardin y Camos

Este modelo recibe el nombre de *Time-based resource-sharing model*, y fue planteado en 2004. Hace especial énfasis en el papel del tiempo, el cual determina la carga cognitiva del componente de procesamiento de la MT. *Grosso modo*, el modelo afirma que, primero, tanto el procesamiento como el almacenamiento requieren atención, la cual es compartida entre ambas porque es limitada; segundo, cuando se desvía la atención de los ítems, su activación sufre un decaimiento que se da en función del tiempo y para actualizarlos hace falta que sean recuperados de la memoria mediante el foco atencional, y tercero, la atención se comparte mediante el cambio rápido y frecuente entre el procesamiento y el mantenimiento que se realiza mientras se lleva a cabo una tarea. Según este modelo, el hecho de que la realización de actividades concurrentes produzca un detrimento en el recuerdo, no se relaciona con la complejidad de estas, sino que el coste más importante es la proporción de tiempo de procesamiento en relación al tiempo total (Mate-Castella, 2010).

LA MEMORIA DE TRABAJO EN LA PRÁCTICA CLÍNICA

En la actualidad, son ya muchos los estudios que muestran la relevancia de la MT en la práctica clínica (Ansari, 2015; Melby-Lervåg, & Hulme, 2013; Shipstead, Redick & Engle, 2012). Se ha encontrado en la práctica clínica que este tipo de memoria se encuentra especialmente afectada en los trastornos del

neurodesarrollo como el Trastorno por Déficit de Atención-Hiperactividad (Roman-Urrestarazu, *et al.*, 2015; Archibald, Levee & Olino, 2015; Martinussen, Hayden, Hogg-Johnson & Tannock, 2005), los trastornos específicos del aprendizaje (De Carvalho, Kida, Capellini, & DeÁvila, 2014; Sierra Fitzgerald, & Gaviria, 2013), los trastornos del lenguaje (Alloway, McCallum, Alloway & Hoicka, 2015; Ingvalson, Dhar, Wong & Liu, 2015). Del mismo modo se han encontrado evidencias de que este tipo de memoria también está deteriorada en los trastornos neurodegenerativos como las demencias y la enfermedad de Parkinson (Fallon, *et al.*, 2015; Li, *et al.*, 2015; Espinosa, *et al.*, 2013) e incluso, hay estudios que la asocian con trastornos psiquiátricos como la esquizofrenia (Meyer-Lindenberg, *et al.*, 2001; Deserno, Sterzer, Wüstenberg, Heinz y Schlagenhaut, 2012), los trastornos de ansiedad (Wanmaker, Geraerts & Franken, 2015; Banks, Tartar, y Tamayo, 2015) y el trastorno afectivo bipolar (Farahmand, *et al.*, 2015; Dell'osso, *et al.*, 2015). Todo lo anterior indica que la MT, dada su función de relevo para el uso de la información resulta bastante frágil frente aquellas entidades clínicas que comprometen al lóbulo frontal, por lo que es fácil encontrarla relacionada con diferentes trastornos.

Es por ello que en los planes de tratamiento, es fundamental que este tipo de memoria sea tratada, bien sea para recuperar su función o para evitar, detener o por lo menos enlentecer su deterioro. Actualmente estudios como los de Li, Xiao, *et al.* (2015), muestran cómo la MT tiene un efecto de neuroplasticidad, por lo que implica que es de buen pronóstico para su recuperación, incluso en pacientes con esquizofrenia. Penner, Kobel y Opwis (2006) desarrollaron BRAINSTIM (Training ToolBrainStim), programa computarizado que pretende mejorar el desempeño de la MT. Lo componen tres módulos: el primero y segundo se centran en los aspectos visuales y espaciales de la MT y el tercero en los aspectos verbales y del ejecutivo central, basándose en el modelo de Baddeley. Los autores crearon esta herramienta con el objetivo de tratar diversos tipos de pacientes independientemente de la enfermedad primaria subyacente; es así como parte de su estudio incluye el abordaje de pacientes con parkinson, esclerosis múltiple (MS) y la enfermedad de Alzheimer. Haciendo uso de esta herramienta Hubacher *et al.*, (2013) estudiaron la efectividad del programa en pacientes con esquizofrenia crónica en donde se indicó una mejoría en las tareas que implican MT verbal y visual.

A su vez, otros autores (Cochet *et al.*, 2006; Vita *et al.*, 2011; D'Amato T., *et al.*, 2011) frente al manejo y rehabilitación de individuos con esquizofrenia han hallado variaciones y mejoras en los procesos de la MT como elemento neurocognitivo que amerita ser tratado en las intervenciones multimodales de estos pacientes. En déficit del neurodesarrollo como el TDAH, se han realizado intentos de identificación de las variaciones que la rehabilitación de la MT genera en las áreas del cerebro que se ven comprometidas con su funcionamiento y cómo esto se ve reflejado en la conducta de los individuos con este diagnóstico (Stevens, Gaynor, Bessette & Pearlson, 2015).

Cabe destacar que el efecto del entrenamiento de la MT sigue siendo materia de estudio. Aunque en la actualidad se han hecho grandes avances en la identificación de las bondades que tiene en la rehabilitación de diversas patologías, se hace necesario continuar con la indagación de los aspectos que nos ayuden a comprender con mayor seguridad cómo esta se configura, los mecanismos neurológicos y neurofisiológicos que subyacen en su desempeño y su funcionamiento frente a la aplicabilidad en el entrenamiento específico y su aporte directo e indirecto en la eficacia de otros procesos neurocognitivos (Klingberg, Forsberg & Westerberg, 2002). Estos aspectos nos abren un mundo de posibilidades frente al panorama investigativo que se genera a partir de la comprensión de la MT. Por lo pronto constituye un caminar constante de indagación, en donde empleando meta-modelos de imaginación, que en conjunto con nuevas tecnologías nos permitirán seguir evaluando y utilizando a la MT como elemento para las mejoras en el desempeño neurocognitivo del ser humano.

CONCLUSIONES

Uno de los principales modelos para comprender, explicar e incluso evaluar la Memoria de Trabajo es el modelo de Baddeley. Este modelo, basado en los antecedentes de Atkinson y Shifrin, con sus estudios de memoria a corto plazo, permitió que Baddeley planteara la Memoria de Trabajo como la capacidad para tener y retener la información la cual actuaba de forma independiente de la memoria a corto plazo y de forma simultánea y controlada en un sistema de acción continua y consciente, a través de un ejecutivo central que gobierna a tres almacenes (fonológico, visoespacial y episódico). Este modelo ha servido de referente para múltiples

investigaciones (Marmolejo-Ramos, 2007; Ercetin y Alptekin, 2013; Canet-Juric, Burin, Andrés y Urquijo, 2013) e incluso para la generación de escalas de memoria con usos clínicos como la Weschler Scale Memory (Weschler, 2004).

Sin embargo, paralelos al modelo de Baddeley han surgido diversos modelos explicativos de la Memoria de Trabajo que según Muñoz, González y Luce-ro (2009) se podrían dividir en dos grandes grupos: por un lado estarían aquellos que consideran que la Memoria de Trabajo se encuentra vinculada a la capacidad de retención de la información y, por otro lado, se resalta en ella la capacidad de suprimir la información irrelevante de la relevante en la ejecución de una tarea, vinculada a estrategias atencionales. Esto a su vez ha llevado a la generación de numerosos estudios e investigaciones que han permitido una mirada más profunda a los elementos que constituyen la Memoria de Trabajo y a la forma como esta o a través de esta se posibilita el procesamiento de la información.

Muñoz, *et al.* (2009) destacan que al tener en cuenta estos estudios se han llegado a evidenciar algunas funciones principales de la Memoria de Trabajo, tales como: a) posibilitar el almacenamiento y procesamiento de la información, lo que supone la capacidad de mantener activos los contenidos mentales existentes y consecutivamente procesarlos, trabajar sobre ellos de manera coordinada, b) supervisar y controlar las operaciones y acciones mentales, y c) coordinar tanto la información de diferentes fuentes como las operaciones mentales sucesivas en una secuencia y los elementos en estructuras. Tal y como lo conciben Gutiérrez-Martínez y Ramos (2014) cuando afirman que:

No hay duda del valor del constructo de MO y sus medidas como buenos predictores de la ejecución cognitiva general y del rendimiento académico en particular, si bien desde el punto de vista teórico aún no existe gran consenso sobre la fuente de estas relaciones (p.2).

Del presente análisis se puede concluir que si bien el estudio de la Memoria de Trabajo ha llegado a un punto en donde se han podido establecer de forma científica cómo las medidas de MT resultan predictivas en el rendimiento académico (Sierra y Ocampo, 2013; De Carvalho, *et al.*, 2014; Borella & Ribaupierre, 2014) y la presencia de algunos trastornos mentales (Ansari, 2015; Melby-Lervåg

& Hulme, 2013), se pone de manifiesto la necesidad de ahondar mucho más en la búsqueda de conocimiento sobre cómo potenciar a la Memoria de Trabajo dentro de los programas de tratamientos y rehabilitación de alteraciones mentales aprovechando que se trata de una función transversal en el funcionamiento cognitivo general y que al tratarla, se puede pensar en que se tendría un buen pronóstico de recuperación. Para esto es fundamental revisar, actualizar y poner a prueba sus diferentes modelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaraz, R. y Guzmán, E. (2001). *Tratado de Neurociencias Cognitivas*. México: Manual Moderno.
- Alloway, T. P., McCallum, F., Alloway, R. G. & Hoicka, E. (2015). Liar, liar, working memory on fire: Investigating the role of working memory in childhood verbal deception. *Journal of Experimental Child Psychology*, 137, 30-8. doi: 10.1016/j.jecp.2015.03.013
- Ansari, S. (2015). The therapeutic potential of working memory training for treating mental disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9 (september), 1-3. doi: 10.3389/fnhum.2015.00481
- Archibald, L. M. D., Levee, T. & Olino, T. (2015). Attention allocation: Relationships to general working memory or specific language processing. *Journal of Experimental Child Psychology*, 139, 83-98. doi: 10.1016/j.jecp.2015.06.002
- Baddeley, A. D. (1983). Working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (302), 311-24.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1996). The fractionation of working memory *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93, 13468-72.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-23.
- Baddeley, A. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7, 85-97.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory and lenguaje: an overview. *Journal of communication disorder*, 25, 893-903.
- Baddeley, A.D. & Hitch, G. (1974). Working memory. En G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivations: Advances in research and theory* (pp.47-89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1994). Developments in the concept of working. *Neuropsychology*, 8, 485-93.
- Baddeley, A., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Behavior*, 14, 575-89.
- Banks, J. B., Tartar, J. L. & Tamayo, B. A. (2015). Examining factors involved in

- stress-related working memory impairments: Independent or conditional effects? *Emotion*, 15(6), 827-36. doi: 10.1037/emo0000096
- Bermeosolo, J. (2012). Memoria de Trabajo y memoria procedimental en las dificultades específicas del aprendizaje y del lenguaje: algunos hallazgos. *Revista chilena de Fonoaudiología*, 11, 57-75.
- Borella, E. & Ribaupierre, A. (2014). The role of working memory, inhibition, and processing speed in text comprehension in children. *Learning and Individual Differences*, 34, 86-92. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2014.05.001>
- Canet-Juric, L., Burin, D., Andrés, M. y Urquijo, S. (2013). Perfil cognitivo de niños con rendimientos bajos en comprensión lectora. *Anales de Psicología*, 29(3), 996-1005. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.29.3.138221>
- Classon, E., Rudner, M. & Rönneberg, J. (2013). Working memory compensates for hearing related phonological processing deficit. *Journal of Communication Disorders*, 46, 17-29. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2012.10.001>
- Cochet, A., Saoud, M., Gabriele, S., Broallier, V., El Asmar, C., Daléry, J. & D'amanto, T. (2006). Impact of a new cognitive remediation strategy on interpersonal problem solving skills and social autonomy in schizophrenia. *Encephale*, 32, 189-95.
- Colom, R. y Flores-Mendoza, C. (2001). Inteligencia y Memoria de Trabajo: La relación entre factor G, complejidad cognitiva y capacidad de procesamiento. *Psicología: Teoría e Pesquisa*, 17(1), 037-047.
- D'Amato, T., Bationa, R., Cochet, A., Jalenquesd, I., Galland, F., Giraud-Barog, E., Pacaud-Troncin, M., Augier-Astolfi, F., Llorca, PM., Saoud, M. & Brunelin, J. (2011). A randomized, controlled trial of computer-assisted cognitive remediation for schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 125 (2-3), 284-90.
- De Carvalho, C. A. F., Kida, A. D. S., Capellini, S. A. & De Avila, C. R. (2014). Phonological working memory and reading in students with dyslexia. *Frontiers in Psychology*, 5, 746. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00746
- Dell'osso, B., Cinnante, C., Di Giorgio, A., Cremaschi, L., Palazzo, M. C., Cristofanini, M., . . . Altamura, A. C. (2015). Altered prefrontal cortex activity during working memory task in bipolar disorder: A functional magnetic

- resonance imaging study in euthymic bipolar I and II patients. *Journal of Affective Disorders*, 184, 116-22. doi:10.1016/j.jad.2015.05.026
- Demagistri, M., Richards, M. & Canet, L. (2014). Incidence of executive functions on reading comprehension performance in adolescents. *Electronic Journal of research in educational Psychology*, 12(2), 343-70. doi: <http://dx.doi.org/10.14204/ejrep.33.13146>
- Deserno, L., Sterzer, P., Wüstenberg, T., Heinz, A. & Schlagenhauf, F. (2012). Reduced prefrontal-parietal effective connectivity and working memory deficits in schizophrenia. *Journal of Neuroscience*, 32(1), 12-20. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3405-11.2012
- Ercetin, G. & Alptekin, C. (2013). The explicit/implicit knowledge distinction and working memory: Implications for second-language reading comprehension. *Applied Psycholinguistics*, 34, 727-53. doi: 10.1017/S0142716411000932
- Espinosa, J., Rocha, A., Nunes, F., Costa, M. S., Schein, V., Kazlauskas, V., Souza, D.O., Cunha, R.A., Porciúncula, L.O. (2013). Caffeine consumption prevents memory impairment, neuronal damage, and adenosine A2A receptors upregulation in the hippocampus of a rat model of sporadic dementia. *Journal of Alzheimer's Disease*, 34(2), 509-18. doi: 10.3233/JAD-111982
- Etchepareborda, M. C. y Abad-Mas, L. (2005). Memoria de Trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 40(Supl. 1), S79-S83.
- Fallon, S. J., Smulders, K., Esselink, R. A., van de Warrenburg, B. P., Bloem, B. R. & Cools, R. (2015). Differential optimal dopamine levels for set-shifting and working memory in parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 77, 42-51. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.031
- Farahmand, Z., Tehrani-Doost, M., Amini, H., Mohammadi, A., Mirzaei, M. & Mohamadzadeh, A. (2015). Working memory and response inhibition in patients with bipolar I disorder during euthymic period. *Iranian Journal of Psychiatry and Behavioral Sciences*, 9(1). doi: 10.5812/ijpbs.209
- Gamo, J. (2011). *La Neuropsicología aplicada a las ciencias de la educación*. Madrid: Centro de Atención a la Diversidad Educativa (CADE). Recuperado de <http://diversidad.murciaeduca.es/publicaciones/dea2012/docs/jrgamo.pdf>

- Gathercole, S., Alloway, T., Willis, C. & Adams, A.M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Psychology*, 93, 265-81.
- Gontier, J. (2004). Memoria de Trabajo y envejecimiento. *Revista de Psicología*, XIII(002), 111-24.
- Gutiérrez-Martínez, F. y 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), 1-10. doi: 10.1016/j.pse.2014.05.001
- Harris, P. (2008). Evaluación de la memoria. En D. Burin, M. Drake & P. Harris. (Comp.), *Evaluación neuropsicológica en adultos* (pp.56-72). Buenos Aires: Paidós.
- Hubacher, M., Weiland, M., Calabrese, P., Stoppe, G., Stöcklin, M., Fischer-Barnicol, D., Opwis, K. & Penner, I. (2013). Working Memory Training in Patients with Chronic Schizophrenia: A Pilot Study. *Psychiatry Journal*, 10. 154867, 8. doi: 10.1155/2013/154867
- Ingvalson, E. M., Dhar, S., Wong, P. C. M. & Liu, H. (2015). Working memory training to improve speech perception in noise across languages. *Journal of the Acoustical Society of America*, 137(6), 3477-486. doi:10.1121/1.4921601
- Just, M. & Carpenter, P. (1992). A capacity theory of comprehension. Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-49.
- Klingberg, T., Forssberg, H. & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(6), 781-91. doi: 10.1076/jcen.24.6.781.8395
- Lavados, J. (2012). *El cerebro y la educación: Neurobiología del aprendizaje*. Chile: Prisa ediciones.
- Li, W., Silva, H. B., Real, J., Wang, Y., Rial, D., Li, P., . . . Chen, J. (2015). Inactivation of adenosine A2A receptors reverses working memory deficits at early stages of untington's disease models. *Neurobiology of Disease*, 79, 70-80. doi: 10.1016/j.nbd.2015.03.030
- Li, X., Xiao, Y., Zhao, Q., Leung, A. W. W., Cheung, E. F. C. & Chan, R. C. K. (2015). The neuroplastic effect of working memory training in healthy volunteers and patients with schizophrenia: Implications for cognitive

- rehabilitation. *Neuropsychologia*, 75, 149-62. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.05.029
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial Working Memory*. UK: Erlbaum.
- López, M. (2011). Memoria de Trabajo y aprendizaje: aportes de la Neuropsicología. En *Cuadernos de Neuropsicología*, 5(1), 25-47.
- Manso, A. y Ballesteros, S. (2003). El papel de la agenda visoespacial en la adquisición del vocabulario ortográfico. *Psicothema*, 15(3), 388-94.
- Marmolejo-Ramos, F. (2007). Nuevos avances en el estudio científico de la comprensión de textos. *Universitas Psychologica*, 6(2), 331-43.
- Martinussen, R., Hayden, J., Hogg-Johnson, S. & Tannock, R. (2005). A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44(4), 377-84. doi: 10.1097/01.chi.0000153228.72591.73
- Mate-Castella, J. (2010). *Similitud de la memoria de trabajo visual mediante tareas de reconocimiento*. (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona, España. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/tesis/2010/tdx-1027110-013805/jmc1de1.pdf>
- Melby-Lervåg, M. & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270-91. doi: 10.1037/a0028228
- Meyer-Lindenberg, A., Polin, J., Kohn, P. D., Holt, J. L., Egan, M. F., Weinberger, D. R. & Berman, K. F. (2001). Evidence for abnormal cortical functional connectivity during working memory in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 158(11), 1809-17. doi:10.1176/appi.ajp.158.11.1809
- Muñoz, M.T., González, C. y Lucero, B. (2009). Influencia del lenguaje no verbal (gestos) en la memoria y el aprendizaje de estudiantes con trastornos del desarrollo y discapacidad intelectual: Una revisión. *Revista Signos*, 42(69), 29-49. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342009000100002>
- Passing, C. (1994). Los sistemas de memoria. *Revista de psicología de la Universidad de Chile*, 5, 27-34.
- Penner, I., Kobel, M. & Opwis, K. (2006). BrainStem-a recently developed tool to train different aspects of working memory. En *International Neuropsychological Society, the Swiss Neuropsychological Society (SVNP) and*

the German Neuropsychological Society (GNP) Meeting Zurich. Zurich, Switzerland.

- Rämä, P., Sala, J., Gillen, J., Pekar, J., & Courtney S. (2001). Dissociation of the neural systems for working memory maintenance of verbal and nonspatial visual information. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(2), 161-71.
- Ravizza, S., Delgado, M., Chein, J., Becker, J. & Fiez, J. (2004). Functional Dissociations within the inferior parietal cortex in verbal working memory. *NeuroImage*, 22, 562-73.
- Reyes, P. y Slachevsky, A. (2009). Anatomía funcional de córtex prefrontal y modelos. En M. Pérez, *Manual de Neuropsicología Clínica*. España: Ediciones Pirámide.
- Richardson, J.T.E., Engle, R.W., Hasher, L., Logie, R.H., Stoltzfus, E.R. & Zacks, R.T. (1996). *Working memory and human cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- Roman-Urrestarazu, A., Lindholm, P., Moilanen, I., Kiviniemi, V., Miettunen, J., Skel-Inen, E., Ki, P., Hurting, T., Ebeling, H., Barnett, J., Nikkinen, J., Suckling, J., Jones, P., Vejjola, J. & Murray, G. K. (2015). Brain structural deficits and working memory fMRI dysfunction in young adults who were diagnosed with ADHD in adolescence. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 25(5): 529-38. doi: 10.1007/s00787-015-0755-8
- Santiago, J., Tornay, F. y Gómez, E. (2001). *Procesos psicológicos básicos*. España: McGraw-Hill.
- Shallice, T. (2002). Fractionation of the supervisory system. En D.T. Stuss & R.T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp.261-277). New York: Oxford University Press.
- Shipstead, Z., Redick, T. S. & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, 138(4), 628-54. doi: 10.1037/a0027473
- Sierra Fitzgerald, Ó. & Gaviria, T. O. (2013). The role of working memory in differences and school learning disorders. [El papel de la memoria operativa en las diferencias y trastornos del aprendizaje escolar] *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(1), 63-79. Recuperado de www.scopus.com

- Sierra, O. y Ocampo, T. (2013). El papel de la memoria operativa en las diferencias y trastornos del aprendizaje escolar. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(1), 63-79.
- Smith, E. & Jonides, J. (1997). Working memory: a view from neuroimaging. *Cognitive Psychol*, 33(1), 5-42. doi: 10.1006/cogp.1997.0658
- Stevens, M. C., Gaynor, A., Bessette, K. L. & Pearlson, G. D. (2015). A preliminary study of the effects of working memory training on brain function. *Brain Imaging and Behavior*, 10(2), 387-407. doi: 10.1007/s11682-015-9416-2
- Stuss, D.T. & Knight, R.T. (2002). *Principles of Frontal Lobe Function*. New York: Oxford University Press.
- Vita, A., De Peri, L., Barlati, S., Cacciani, P., Cisma, M., Deste, G., Cesana, BM, & Sacchetti, E. (2011). Psychopathologic, neuropsychological and functional outcome measures during cognitive rehabilitation in schizophrenia: A prospective controlled study in a real-world setting. *European Psychiatry*, 26, 276-83.
- Wanmaker, S., Geraerts, E. & Franken, I. H. A. (2015). A working memory training to decrease rumination in depressed and anxious individuals: A double-blind randomized controlled trial. *Journal of Affective Disorders*, 175, 310-19. doi: 10.1016/j.jad.2014.12.027
- Weschler, D. (2004). *Escala de memoria de Weschler-III*. Madrid: TEA Ediciones.