

Actualizaciones en Memoria de trabajo

Mariano Scandar

Fundación de Neuropsicología Clínica. Buenos Aires, Argentina

Resumen

La memoria de trabajo implica un sistema de mantenimiento y procesamiento de la información en ausencia de un estímulo externo. Por más de veinte años, el modelo multicomponente de Baddeley constituyó el marco teórico dominante. Sin embargo, en años recientes, nuevos modelos que destacan que la información es codificada en la memoria de trabajo mediante la dirección de la atención hacia representaciones internas, han ganado relevancia. Esta revisión resume los modelos más prominentes de memoria de trabajo hasta la fecha: el modelo multicomponente, los modelos de activación temporal de la memoria a largo plazo y los modelos de reclutamiento sensorial. Finalmente se analiza la información disponible sobre la capacidad de la memoria de trabajo.

Palabras clave: Memoria de trabajo - modelo multicomponente - foco de atención - Memoria a largo plazo - modelo embebido - capacidad de la memoria de trabajo.

Abstract

Working memory refers to a system involved in the online maintenance and manipulation of information in the absence of external input. For more than twenty years, the Baddeley's multicomponent model was the dominant theoretical framework. However, in recent years, new models that emphasize that information is encoded into working memory via the allocation of attention to internal representations have gained relevance. This summarizes the most prominent models of working memory up to date: the Baddeley's multicomponent model, the temporary activation of long term memory models and the sensory recruitment models. Finally, we review the available information about working memory capacity.

Correspondencia con los autores: mscandar@outlook.com

Artículo recibido: 15 de febrero de 2016
Artículo aceptado: 30 de noviembre de 2016

<http://www.revneuropsi.com.ar>

ISSN: 1668-5415

Keywords: Working memory - multicomponent model - focus of attention - long term memory - embedded model - working memory capacity

1. Introducción

La memoria de trabajo (MT) constituye uno de los campos de investigación más fértiles dentro de la psicología cognitiva. Dado el rol que la MT tiene en el funcionamiento cognitivo humano, el interés es plenamente justificado: es posible encontrar correlaciones significativas entre el funcionamiento de la MT y la realización eficiente de una amplia gama de tareas, tales como el aprendizaje de vocabulario (Daneman & Green, 1986), la inteligencia fluida (Conway, Cowan, Bunting, Theriault & Minkoff, 2002; Kane, Hambrick, & Conway, 2005) el rendimiento académico (Alloway & Alloway, 2010), la regulación emocional (Kleider, Parrott, & King, 2009) y el desempeño multitarea (Hambrick, Oswald, Darowski, Rench, & Brou, 2010), entre otros. Adicionalmente existe un consenso sobre la importancia central que la MT tiene sobre el desarrollo de la consciencia humana (Baddeley, 2012; Carruthers, 2015; Cowan 1999).

Este trabajo revisa las teorías actuales sobre la memoria de trabajo. Partiendo por una descripción del modelo multicomponente de Baddeley y Hinch (Baddeley, 2007, 2012) para luego dar cuenta de los nuevos modelos, cuyo hilo conductor es el rol del foco de atención (FA) en la activación de representaciones tanto de la memoria a largo plazo como de procesos perceptivos. (D'Esposito & Postle, 2015). Finalmente se revisarán los intentos por delimitar y comprender la capacidad de la memoria de trabajo, haciendo hincapié en el rol del control de interferencias en las diferencias individuales (Engle, Kane & Tuholski, 1999; Engle, 2002; Kane et al., 2002) y en la capacidad central de la memoria de trabajo (Cowan 2010).

El modelo Multicomponente de Baddeley y Hitch

Si bien el término “memoria de trabajo” aparece originalmente en la obra de Miller (1960) sobre la memoria a corto plazo, sin duda es con el modelo multicomponente de Baddeley y Hitch (1974) que el concepto adquiere relevancia como un intento de responder a dos cuestiones que en ese momento se habían hecho evidentes en las investigaciones. Por un lado que las operaciones realizadas de modo consciente con información recién adquirida podían tanto interactuar con la memoria a largo plazo (MLP) y por el otro la existencia de un rendimiento de los sujetos en condiciones duales (visuales y verbales) que se asemejaban a las tareas simples, indicando la aparente independencia de los almacenes de información. Baddeley y Hitch postulan entonces su modelo, en el que el control atencional, ejercido por un ejecutivo central (EC) está separado de la capacidad de almacenamiento en sí misma, que a su vez posee dos almacenes de memoria a corto plazo: uno visual -denominado agenda visoespacial-, y uno verbal -denominado bucle fonológico.

Durante los años posteriores los estudios realizados por Baddeley se centraron fuertemente en definir las características de los almacenes de memoria a través de decenas de investigaciones que se extienden hasta la actualidad, pero hasta la aparición de su libro a mediados de la década de 1980 (Baddeley, 1986), Baddeley y su equipo no realizaron ninguna teorización sobre el EC. En ese mismo año había aparecido el trabajo de Norman & Shallice sobre el Sistema Atencional Supervisor (Norman & Shallice, 1986) que es adoptado como explicación del funcionamiento del EC.

El modelo de Norman y Shallice (1986), propone que la acción es controlada de dos formas separadas. Una basada en hábitos o esquemas, que demanda un nivel de control atencional muy bajo y un sistema atencional supervisor que interviene en situaciones novedosas que no pueden resolverse mediante programas previamente aprendidos.

Diez años más tarde, Baddeley (1996) profundiza sobre el tema del EC enumerando una serie de premisas que debían cumplirse para que el EC cumpliera sus funciones: en primer lugar, debería ser capaz de focalizar la atención. En segundo lugar, debería poder dividir la atención entre dos sets de estímulos. En tercer lugar la capacidad ejecutiva implicaría el cambio de tareas a partir de un sistema eficiente de control atencional. Por último, el ejecutivo central debería ser capaz de tener una interface con la MLP. El énfasis en ese momento en el control atencional y la relación con la MLP, es coincidente con el de la teoría de Cowan, que ya por ese momento era difundida y sobre la cual profundizaremos más adelante (Cowan, 1988; 1999).

En el año 2000, al modelo se le añade un nuevo componente: el Buffer Episódico (BE) (Baddeley, 2000), Se asume que este componente puede almacenar de forma temporal información multisensorial, funcionando como el soporte en el cual pueden colocarse elementos de códigos diferentes y vinculándolo tanto con la percepción como con la MLP. Según Baddeley (2012) el contenido del BE es completamente consciente y está limitado estrictamente por la capacidad atencional, por lo que se asemeja a lo que en los modelos actuales se describe como foco atencional (FA) (Cowan, 2004; Shipstead, Lindsey, Marshall, & Engle, 2014).

El modelo multicomponente fue sin duda el paradigma dominante en la investigación sobre la memoria de trabajo hasta años recientes, donde, como veremos, comienza a indagarse sobre el rol de la activación temporaria de representaciones internas como parte del mecanismo de sostenimiento de la información (D'Esposito, M., & Postle, B. R. 2015).

Modelos de activación temporaria de la MLP

Los modelos de este tipo tienen en común el hecho de considerar que cuando la información a ser representada es de características simbólicas (semánticas) la representación en la MLP de dicha información se vuelve accesible durante el reconocimiento perceptual y se mantiene activada gracias a la atención durante un

período de tiempo determinado. El exponente más influyente de este tipo de modelos es sin dudas el de Nelson Cowan.

El modelo embebido

Cowan (1988; 1999; 2004) desarrolló un modelo alternativo de MT, opta por no definir buffers individuales para cada tipo de memoria a corto plazo, ya que, si bien reconoce que efectivamente, el almacenamiento temporal se da en diferentes códigos considera que muy probablemente la cantidad de tipos diferentes de información, y por lo tanto, de almacenes puede ser casi infinita: así como se considera la existencia de un almacenamiento fonológico, igualmente posible es la existencia de un almacenamiento de sonidos no verbales, sensaciones táctiles, códigos semánticos, etc. Para el autor, la MCP plazo no es otra cosa que memoria a largo plazo temporalmente activada y dicha información puede tener virtualmente cualquier modalidad sensorial, incluso modalidades combinadas. Así, evita la necesidad de considerar un buffer episódico (Baddeley, 2000) para explicar fenómenos tales como la posibilidad de tener en la memoria de trabajo información de varios tipos de forma simultánea, como, por ejemplo, en el caso de una palabra, su sonido, su categoría semántica y el objeto que representa.

En este modelo se identifican dos tipos de procesos: los elementos representados en la memoria que están activos y una pequeña porción de esos elementos que están en el FA. Esto da lugar al modelo embebido que puede verse en la Figura 1. Entonces, pueden coexistir dentro de la memoria de trabajo información de la MLP activada por fuera del foco de la conciencia e información que está bajo el FA y de la cual el sujeto puede dar cuenta. La transferencia desde el FA a la memoria a largo plazo activa es fluida y permite ampliar las capacidades de procesamiento de un individuo. Ante una situación determinada, una persona puede indexar determinados contenidos reteniendo solo ciertas claves de recuerdo dentro del campo de la conciencia, mientras que el resto de la información permanece activa y fácilmente accesible. Parte del trabajo de la memoria de trabajo es amalgamar la información nueva y la información previa almacenada en la MLP para la consolidación de la misma.

Para Cowan (2004) la capacidad del FA es de tres o cuatro *chunks* de información en un adulto sano. Por otro lado, la información activada en la MLP no tiene un límites *per se* sino que el control atencional es el responsable de controlar la pérdida o no de la información. Cowan (2004) concuerda con el modelo de Engle (ver apartado siguiente) sobre el fuerte rol del control inhibitorio en la capacidad de la memoria de trabajo (CMT) y en el control atencional en particular. Dicha tarea de control de interferencias estaría a cargo del ejecutivo central.

A pesar de que este modelo se distingue notablemente del modelo de Baddeley (2000), según ambos autores los puntos de contacto son mayores de lo que aparentan a primera vista: Según Baddeley la principal diferencia entre ambos modelos está en que Cowan descrea de la existencia de un buffer episódico y explica los fenómenos apelando a la activación de la MLP. Según este último ambos modelos podrían

considerarse diferentes niveles de análisis del mismo fenómeno (Baddeley, 2012, P20; Cowan, 2004 p48).

Algunos autores han propuesto variantes al modelo dual de Cowan que distingue entre FA y MLP. Oberauer (2009,2013), por ejemplo, propone un modelo de tres componentes embebidos en lugar de dos ya que a su criterio, además de la MLP y el FA, existe una zona denominada “región de acceso directo” que representa el área de la MLP de la cual el foco atencional puede recolectar datos eficientemente. Finalmente, McElree (2006) propone un modelo dual en el que el FA posee una capacidad limitada a un solo ítem y la MLP presenta un continuo de activación, desde representaciones altamente disponibles hasta representaciones no disponibles.

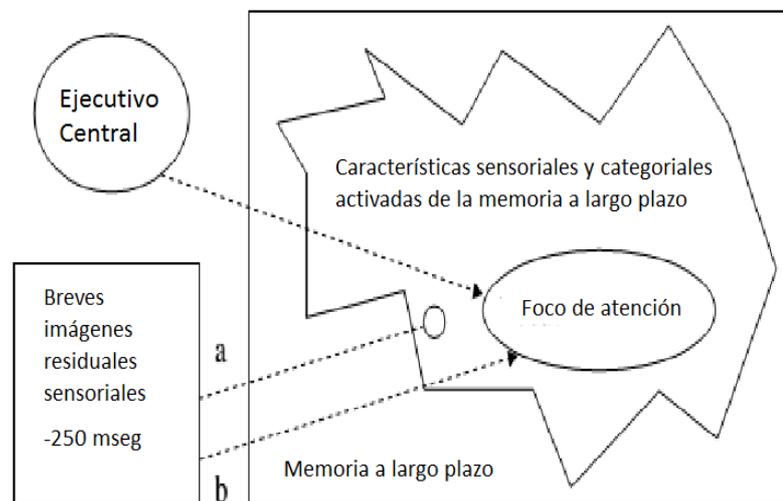


Figura 1. Adaptación del Modelo embebido de Cowan (1999)

Modelo Dual de Unsworth & Engle

Este modelo (Unsworth & Engle 2007) propone un sistema dual en el cual, tomando los aporte de diferentes autores, entre ellos el propio Cowan, dividen a la memoria en memoria primaria (MP) y memoria secundaria (MS).

La MP es en muchos sentidos equivalente al foco de atención de Cowan (1999): se lo considera como un almacén de capacidad limitada de entre 3 y 5 elementos, cuya función es proteger la información relevante de la interferencia proactiva y permitir nuevas conexiones entre las unidades de información. (Shipstead, Lindsey, Marshall & Engle, 2014).

Por su parte, la MS es vista como información contextualmente relevante que no es mantenida en la memoria primaria, pero que puede ser recuperada con celeridad

mediante un sistema eficiente de claves (Shipstead et al., 2014), concepto tomado de los trabajos de Oberauer (2007) sobre la región de acceso directo a la información.

En trabajos recientes (Shipstead, et al., 2014) se ha planteado que el rol del control atencional es disociable de la memoria primaria, en el sentido en que se centra primariamente en el bloqueo de interferencias y está al servicio predominantemente de organizar los contenidos de la memoria primaria.

En este último modelo, las diferencias individuales en la memoria de trabajo pueden explicarse tanto por la capacidad para mantener la información en la MP como por la eficiencia en el uso de claves para guiar los procesos de búsqueda en la MS. De hecho hay evidencia que indica que así como el control atencional había mostrado en numerosos estudios ser responsable de parte significativa de la varianza en la capacidad de inteligencia fluida, la MS en si misma ejerce una influencia adicional que puede disociarse de los mecanismos de control de interferencias por lo que la CMT no puede explicarse por un proceso unitario (Unsworth & Spiller, 2010). Desde esta óptica “la memoria de trabajo y su relación con la inteligencia fluida pueden ser explicadas ampliamente como memoria primaria, control atencional y memoria secundaria trabajando orquestadamente para facilitar la cognición compleja” (Shipstead et al., 2014).

Modelos basados en el reclutamiento sensorial

La premisa básica de estos modelos es que los sistemas perceptivos pueden a su vez contribuir a la retención temporal de la información. Así como en los modelos reseñados en el apartado anterior el FA cumple el rol de activar representaciones de la MLP, en estos modelos, el FA permite que una representación sensorial se mantenga activa durante el tiempo necesario. Por ejemplo, Awh y Jonides (2001) plantearon que el sostenimiento a de una locación espacial podía sostenerse en la memoria de trabajo mediante un proceso de “repasso atencional”.

Cuando la información que debe ser procesada en la memoria de trabajo no es de contenido semántico sino de tipo visoespacial, este tipo de modelos parecerían ser a la fecha los empíricamente más sólidos, ya que son consistentes con los resultados de los estudios neurofuncionales (D’Esposito, & Postle, 2015).

La Capacidad de la Memoria de Trabajo

¿Dominio General o Dominio Específico?

La posibilidad de medir la CMT de forma independiente a la capacidad de la memoria a corto plazo surge a partir del desarrollo de las tareas de amplitud compleja que fueron diseñadas con la intención de acceder a información tanto del nivel de almacenamiento como del nivel de procesamiento de una persona.

El trabajo pionero de Daneman y Carpenter (1980) en una tarea de amplitud lectora, fue el inicio de una larga serie de investigaciones en las que pudo verificarse que la CMT (y no la amplitud de la MCP) predecían en tareas tales como la amplitud de dígitos y la comprensión lectora. En la visión de los autores, la CMT tiene una especificidad de dominio, es decir, la capacidad registrada en una tarea de amplitud

lectora correlacionará con la comprensión lectora, ya que se pone en juego en ambos casos procesamiento verbal de la información, pero no sería de esperarse que lo mismo sucediera en tareas de amplitud de la memoria de trabajo visoespacial.

En este sentido, durante los veinte años subsiguientes, se llevaron a cabo diversos trabajos en los que se encontró evidencia sobre una especificidad de CMT al contrastar la utilidad predictiva de tareas de amplitud verbal a la hora de dar cuenta de la performance de los individuos en tareas verbales o visoespaciales. Shah y Miyaki (1996) encontraron, por ejemplo, que la amplitud de lectura predecía fuertemente las aptitudes escolares verbales, mientras que una tarea de rotación de figuras -destinada a medir CMT visoespacial- no mostraba correlación alguna. Estos resultados fueron replicados en estudios posteriores (Hadley, Capon, Copp & Harper, 2000).

Otros autores, sin embargo, proponen una visión de dominio general en la cual las capacidades ejecutivas (que dan cuenta en última instancia de la CMT) son comunes a todos los dominios, mientras que las diferencias específicas entre modalidades visuales o verbales se encuentran netamente en el plano de los almacenes temporales y los procesos de sostenimiento activo (Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne & Randal, 2004).

Uno de los principales argumentos en favor de una capacidad general ha sido fuerte relación entre medidas de CMT y pruebas de inteligencia fluida, como por ejemplo las Matrices Progresivas de Raven. Este tipo de correlación ha sido replicada en numerosas ocasiones, tanto con tareas de memoria de trabajo verbal como no verbal (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001; Kane & Engle, 2002; Unsworth, Fukuda, Awh, & Vogel, 2014) indicando que parecería haber una capacidad ejecutiva subyacente en las evaluaciones de la CMT que se vincula directamente con la capacidad cognitiva de las personas.

Según Kane et al. (2004) Los resultados que parecerían abogar en favor de la presencia de capacidades de domino específico se deben a una serie de limitaciones en los estudios: en primer lugar, los trabajos fueron realizados con poblaciones pequeñas y altamente homogéneas -estudiantes universitarios en general-, por otra parte, la dificultad de las tareas verbales y espaciales difería en los estudios de forma dramática, haciendo a las tareas de amplitud verbal mucho más demandantes, y por lo tanto mucho más vinculadas a tareas ejecutivas. Finalmente, las correlaciones que mostraban la disociación son aparentemente inestables aún dentro de la misma investigación.

Alloway, Gathercole & Pickring (2006) realizaron un interesante trabajo en niños de entre 4 y 6 años poniendo a prueba diferentes modelos a través de ecuaciones estructurales. A diferencia de los estudios criticados por Kane (2004), se utilizó una amplia batería que incluía medidas confiables de MCP verbal, MCP visual, MT verbal y MT visual. Se pusieron a prueba cuatro modelos: El primer modelo de 2 factores, diferenciando simplemente entre memoria verbal y memoria visoespacial. Este modelo no obtuvo un buen nivel de ajuste. El segundo modelo, poseía un factor en el que se agrupaban todas las medidas de MT y otro factor que agrupaba todas las medidas de MCP. Este modelo tampoco resultó adecuado. El tercer modelo consistía

en cuatro dominios específicos: MCP verbal, MCP visoespacial, MT verbal y MT visoespacial. El ajuste estadístico de este modelo fue bueno. Sin embargo, la correlación entre los dos tipos de MT fue muy alta (0,91). Finalmente, el cuarto modelo, de tres factores, que se corresponden al modelo clásico de Baddeley (1974) en el que existen dos almacenes de MCP y un componente de MT fue claramente el que mejor nivel de ajuste evidenció. Esto confirma que existen aspectos de dominio específico vinculados con la MCP pero que la memoria de trabajo es un mecanismo fundamentalmente de dominio general.

Capacidad general y Control de interferencias

En el campo de las diferencias individuales en la CMT, una de las propuestas más fecundas es la de Engle y colaboradores (Engle, Kane & Tuholski, 1999; Engle, 2002; Kane et al., 2002).

Las premisas básicas de este paradigma son las siguientes (Engle et al., 1999 p102):

1. Capacidad atencional limitada y dominio general.
2. Almacenamiento en códigos de dominio específico (El Bucle fonológico y la agenda visoespacial son dos ejemplos, pero el número potencial de códigos es mayor).
3. Existen diferencias individuales en 1 y 2, pero las diferencias en la capacidad de procesamiento son generales y posiblemente el mecanismo que opera en estas diferencias es la inteligencia fluida. Aunque las personas pueden practicar, hacerse expertos y eludir las limitaciones del control atencional en algunas situaciones específicas, la limitación emerge nuevamente en una situación novedosa cuando se requiere un procesamiento controlado.
4. Se requiere un procesamiento controlado de capacidad limitada para mantener metas temporales frente a las distracciones e interferencias, para bloquear o suprimir eventos distractores.

En la visión de Engle la capacidad de la MT no debe ser medida según la cantidad de *chunks* de información que pueden ser almacenados o procesados sino en términos de las diferencias individuales en las capacidades de control atencional para mantener la información activa. (Engle, 2001). En sus propias palabras “Una mayor capacidad de Memoria de Trabajo implica que más ítems pueden ser mantenidos activos, pero este es un resultado de una mayor capacidad de control atencional, no de un almacén de memoria más grande” (Engle ,p 20). Esta capacidad atencional se vincula a su vez en el modelo de Engle de forma directa con la capacidad para bloquear interferencias proactivas.

Se define interferencias proactivas como la dificultad que los individuos presentan cuando una nueva conducta es asociada con un contexto que a su vez se encuentra asociado a otra conducta. En el test de Stroop, por ejemplo, el sujeto debe indicar el color de la tinta en que una palabra está escrita (nueva conducta) inhibiendo una conducta previamente asociada al contexto (leer el contenido de la palabra). Basados en una serie de experimentos, la hipótesis central de la teoría es que la habilidad de

bloqueo de interferencias es la responsable de las diferencias en la CMT, entendida esta como una facultad de dominio general.

Tres tipos de investigaciones parecen dar cuenta de la eficacia de este modelo: los estudios con tareas antisacádicas, los estudios de escucha dicótica y los que siguen el ya mencionado paradigma de Stroop.

En los estudios de tareas antisacádicas Kane, Bleckley, Conway & Engle (2001) evaluaron a individuos con alta y baja CMT. Los sujetos debían fijar la mirada en el medio de una pantalla y responder a estímulos presentados al azar a un lado u otro del monitor. Justo antes de que el estímulo se presentara una pista se señalaba exactamente en el lugar opuesto de la pantalla. Para realizar esta tarea de forma efectiva, los sujetos deben resistir la tendencia a cambiar el FA hacia la pista. Paralelamente, en una condición de control (prosacádico), la pista y el estímulo aparecían en el mismo lado de la pantalla. Los resultados mostraron que mientras que los tiempos de reacción entre los grupos de alta y baja CMP no diferían en la condición control, si lo hacían de forma significativa y en el paradigma antisacádico.

En los estudios de escucha dicótica se le pide al sujeto que repita en voz alta aquellas palabras escuchadas en un oído y que ignoren las escuchadas por el otro. Conway, Cowan y Bunting (2001) realizaron una prueba similar en la que, en un momento determinado, por el canal de las palabras a ignorar se pronunciaba el nombre del sujeto y luego se preguntaba a los mismos si habían escuchado su propio nombre durante la ejecución de la tarea. Cuando se comparó a pacientes con alta CMP versus pacientes con Baja CMP, estos últimos recordaban significativamente más el haber escuchado su nombre, indicando nuevamente mayores dificultades para bloquear información distractora.

Finalmente, en las tareas tipo Stroop, Kane y Engle (2003) estudiaron la capacidad para mantenerse en la tarea cuando la congruencia entre color de la tinta y el nombre de la palabra variaba, encontrando nuevamente que los resultados indicaban mejor capacidad de control de interferencia según la CMP.

Tomados en su conjunto, todos estos resultados parecen abonar la idea de Engle sobre el rol central del control de interferencias las diferencias en la CMT.

Nuevos números mágicos

La idea de una cantidad de datos o *chunks* fijos que se originó con los trabajos de Miller hace más de 60 años y su “mágico siete más o menos dos” (Miller, 1956) ha sido objeto de numerosas críticas que han ido desde proponer números alternativos, hasta negar la existencia de una capacidad fija atribuible a toda información independientemente de factores como la duración temporal de las frases, los idiomas o la modalidad sensorial (Cowan, 2015).

El concepto de *chunk* de información como medida de la capacidad de la MC o la MT fue abandonada durante muchos años, posiblemente porque para los máximos referentes en el área, el factor temporal explicaba la CMT mejor que la cantidad de elementos (Baddeley, 2007). Sin embargo, los trabajos de Nelson Cowan recuperan la idea de un número de *chunks* de información. Según el autor, existe una capacidad

de entre 3 y 5 unidades de información que se manifiesta de forma constante y que se vincula con la capacidad del ejecutivo central y no de información de dominio específico (que sí está delimitada por cuestiones como la longitud, la complejidad, la similaridad de los datos, etc.). Mediante una larga serie de condiciones experimentales (ver Cowan 2010, para una reseña completa), Cowan concluye que la capacidad en torno a 4 *chunks* de información es constante.

Para Cowan, la capacidad de la memoria de trabajo en torno a los 4 elementos, puede tener una raigambre evolutiva que se explique por una de dos hipótesis: podría ser que la capacidad esté limitada porque resultaría muy costoso o ineficiente en términos de tiempo de procesamiento poseer una CMT mayor. Por el contrario, podría ser una ventaja adaptativa y que la capacidad de entre 3 y 5 ítems sea el número óptimo para procesar la información y resulte más eficiente que otras variables ya que permite la re- asociación de conceptos en unidades de sentido más globales sin correr riesgo de confusiones o distracciones. En este último sentido, algunos modelos de simulación matemática, por ejemplo, parecen avalar la idea de que la forma más eficiente de agrupamiento de la información es en grupos de 3,5 en promedio (Cowan, 2010).

2. Conclusiones

En función de la revisión realizada es posible arribar a una serie de conclusiones provisionales.

En primer lugar, las características básicas del modelo multicomponente en el que existe un ejecutivo central de modalidad general y *buffers* de almacenamiento temporal sigue siendo válidas y, en todo caso, los modelos actuales parecen profundizar y explicar de forma más acorde a la información disponible sobre el funcionamiento del cerebro cómo trabaja el ejecutivo central, que siempre constituyó el área más débil del trabajo de Baddeley. Su intento por subsanar la insuficiencia del modelo mediante la teoría del BE ha sido muy resistida, ya que equipara en un orden jerárquico similar a los sistemas de memoria a corto plazo sensoriales a procesos cualitativamente diferentes y necesariamente superiores en cuanto al grado de procesamiento. En este sentido la lógica de los modelos que plantean procesos temporales de activación de la MLP resultan más consistentes con lo que se conoce del funcionamiento del cerebro, al menos en el caso de la información verbal.

Respecto a los modelos actuales, todos tienen en común el hecho de destacar que el FA, lejos de ser un simple atributo del ejecutivo central es la característica central de la MT. Los modelos reseñados coinciden en señalar que en el caso de información simbólica, el FA activa temporalmente representaciones de la MLP y es sobre esa “superficie de trabajo” donde se realiza el procesamiento de la información, cuya eficacia estará ligada estrictamente con la capacidad del FA para resistir la interferencia. En el caso de la información de otras modalidades que no pueden procesarse de forma semántica, siendo la más investigada la de tipo visoespacial, el FA mantiene activas las representaciones sensoriales utilizando las mismas áreas

utilizadas originalmente para el proceso perceptivo. Esto es así aún en el caso de tareas en las que el proceso perceptivo se produjo en un tiempo distante: en este caso, la información de la memoria espacial es re-activado reclutando nuevamente áreas específicas mediante el proceso atencional.

Finalmente, y de forma acorde a lo mencionado con anterioridad, la discusión entre dominio específico y dominio general parecería resolverse del siguiente modo: a nivel del procesamiento sensorial y el sostenimiento mediante estrategias de repaso de la información sin procesar, existe una especificidad de dominio, que incluso se extiende a información ya procesada ya que la activación de información de la MLP parece ser específica de los procesos semánticos. Sin embargo, el FA es de dominio general y su capacidad está limitada a una cantidad de información, posiblemente en torno a los cuatro elementos, independientemente de la modalidad de la información. En este sentido, la CMT está ligada fuertemente con la capacidad del bloqueo de interferencias para proteger a la información relevante, pero también está influida por las diferencias individuales en la cantidad de *chunks* de información que el FA puede manipular.

Bibliografía

Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of experimental child psychology*, 106(1), 20-29.

Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and Visuospatial Short-Term and Working Memory in Children: Are They Separable? *Child development*, 77(6).

Awh E, Jonides J. Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*. 2001; 5:119–126.

Baddeley, A. (1986). Oxford psychology series, No. 11. Working memory.

Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 49(1), 5-28.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.

Baddeley, A. (2007). Working memory, thought, and action. Oxford University Press.

Baddeley, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual review of psychology*, 63, 1-29.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of learning and motivation*, 8, 47-89.

Carruthers, P. (2015). *The centered mind: what the science of working memory shows us about the nature of human thought*. OUP Oxford.

Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological bulletin*, 104(2), 163.

Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 62-101.

Cowan, N. (2004). *Working memory capacity*. Psychology Press.

Cowan, N. (2010). The magical mystery four: how is working memory capacity limited, and why?. *Current directions in psychological science*, 19(1), 51-57.

Cowan, N. (2015). George Miller's magical number of immediate memory in retrospect: Observations on the faltering progression of science. *Psychological review*, 122(3), 536.

Conway, A. R., Cowan, N., & Bunting, M. F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 331-335.

Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163-183.

Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19(4), 450-466.

Daneman, M., & Green, I. (1986). Individual differences in comprehending and producing words in context. *Journal of Memory and Language*, 25, 1-18.

D'Esposito, M., & Postle, B. R. (2015). The cognitive neuroscience of working memory. *Annual review of psychology*, 66, 115.

Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current directions in psychological science*, 11(1), 19-23.

Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 102-134.

Handley, S. J., Capon, A., Copp, C., & Harper, C. (2002). Conditional reasoning and the Tower of Hanoi: The role of spatial and verbal working memory. *British Journal of Psychology*, 93(4), 501-518.

Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 169.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 47.

Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: a latent-variable approach to verbal and

visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(2), 189.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review*, 9(4), 637-671.

McElree B. Accessing recent events. *The Psychology of Learning and Motivation*. 2006; 46:155–200.

Miller GA. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*. 1956; 63:81–97.

Miller, GA.; Galanter, E.; Pribham, KH. *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt, Rinehart & Winston; 1960.

Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621.

Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). *Attention to action* (pp. 1-18). Springer US.

Oberauer K. Design for a working memory. *The Psychology of Learning and Motivation*. 2009; 51:45–100.

Oberauer K. The focus of attention in working memory-from metaphors to mechanisms. *Front Hum Neurosci*. 2013; 7:673. [PubMed: 24146644]

Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: an individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125(1), 4.

Shipstead, Z., Lindsey, D. R., Marshall, R. L., & Engle, R. W. (2014). The mechanisms of working memory capacity: Primary memory, secondary memory, and attention control. *Journal of Memory and Language*, 72, 116-141.

Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological review*, 114(1), 104.

Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval. *Cognitive psychology*, 71, 1-26.

Unsworth, N., & Spillers, G. J. (2010). Working memory capacity: Attention control, secondary memory, or both? A direct test of the dual-component model. *Journal of Memory and Language*, 62(4), 392-406.