

# MEMORIA DE TRABAJO Y APRENDIZAJE: IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN

## *MEMORY OF WORK AND LEARNING: IMPLICATIONS FOR EDUCATION*

Silvia González Nieves<sup>1</sup>  
Flavio Humberto Fernández Morales<sup>2</sup>  
Julio Enrique Duarte<sup>3</sup>

### RESUMEN

Debido a sus funciones de almacenamiento y manipulación de la información en el corto plazo, la Memoria de Trabajo es uno de los componentes cognitivos más relacionados con el aprendizaje. El objetivo de esta revisión bibliográfica es presentar la evidencia más reciente de dicha relación y sus posibles implicaciones para la educación. Para entender a fondo esta asociación, se explican en detalle los diversos hallazgos sobre la conexión entre la Memoria de Trabajo y el desempeño académico. En adición, se muestra la evidencia del aumento de la capacidad de la Memoria de Trabajo de distintos estudios a través de diferentes metodologías de entrenamiento. Finalmente se discuten las posibles implicaciones prácticas en educación.

### PALABRAS CLAVE

Memoria de trabajo, entrenamiento de memoria de trabajo, desempeño académico, educación.

### ABSTRACT

Due to its short-term storage and manipulation of information functions, working memory is one of the most cognitive components related to learning. The objective of this literature review is to present the most recent evidence of this relationship and its possible implications for education. In order to understand this association in depth, the various findings on the connection between the working memory and the academic performance are explained in detail. In addition, evidence of the increase in the capacity of the working memory of different studies through different training methodologies is shown. Finally, the possible practical implications in education are discussed.

### KEYWORDS

Work memory, work memory training, academic performance, education

Fecha de recepción: 31 de mayo de 2016.

Fecha de evaluación: 29 de junio de 2016.

Fecha de aceptación: 2 de agosto de 2016.

1 Bióloga, Joven Investigadora, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Duitama. E-mail: silgoni17@gmail.com

2 Ingeniero Electrónico, PhD. Ingeniería Electrónica, Profesor Titular, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Duitama. Correo electrónico: flaviofm1@gmail.com

3 Licenciado en Física, PhD. Física, Profesor Titular, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Duitama. Correo electrónico: julioenriqued1@gmail.com

\*Grupo de Didáctica para la Enseñanza de Ciencia y Tecnología en Niños DECTEN.

## INTRODUCCIÓN

La Memoria de Trabajo, MT, es uno de los componentes cognitivos que más está involucrado en el aprendizaje humano. Se puede describir como el conjunto de procesos mentales encargados del almacenamiento y la manipulación de la información de manera temporal (Baddeley & Hitch, 1974). Igualmente, está íntimamente relacionada con la memoria de largo plazo, ya que ambas poseen múltiples vínculos para recuperar y procesar información ya almacenada (Baddeley, 2012). Gracias a estas características, la MT representa un elemento crucial para la investigación en el área del aprendizaje.

Desde el surgimiento del concepto de MT se ha producido una gran cantidad de literatura científica sobre el tema (Baddeley, 2012) dentro de la cual existen numerosos aportes que, desde un punto de vista neuropsicológico, han permitido entender mejor el aprendizaje. Lo anterior representa una gran oportunidad para la educación. Por ejemplo, se ha logrado una mayor comprensión del rol de la MT en procesos como el razonamiento matemático (p.e. Friso-van den Bos, van der Ven, Kroesbergen, & van Luit, 2013) o la adquisición de lenguajes (p.e. Verhagen & Leseman, 2016). De esta manera, es posible un mayor apoyo teórico para la formulación e investigación en nuevas metodologías que permitan mejorar la enseñanza.

Del mismo modo, entender el funcionamiento de la MT y su relación con el aprendizaje académico puede traer grandes beneficios en el ámbito educativo. Las aplicaciones pueden ir desde optimizar significativamente la enseñanza de una determinada área del conocimiento, hasta la detección temprana de problemas de aprendizaje, así como su corrección. El objetivo de esta revisión bibliográfica es presentar la evidencia más reciente de la relación entre la MT y el aprendizaje desde una perspectiva neuropsicológica y comportamental, así como sus posibles implicaciones para la educación. Para esto se describirá inicialmente el concepto de la MT y sus componentes. Se continuará con la evidencia de la asociación de este proceso cognitivo con el desempeño académico general y en las áreas específicas de matemáticas y

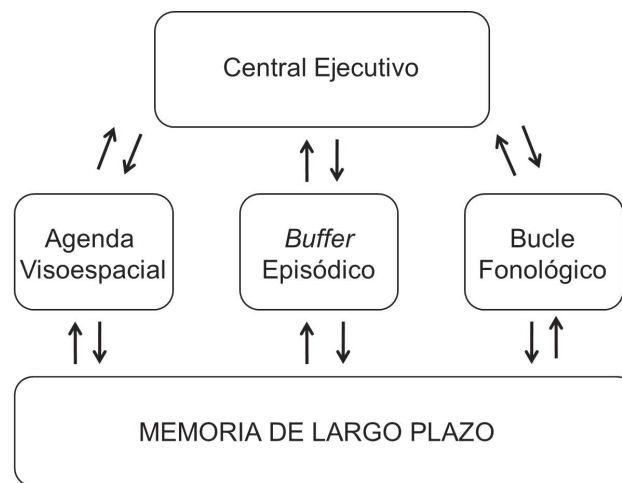
de lenguajes. Luego se expondrá la evidencia más reciente sobre el aumento de la capacidad de la MT mediante entrenamiento y sus efectos en algunos resultados académicos. Por último, se discutirán las posibles aplicaciones de estos conceptos en la educación.

### 1. MEMORIA DE TRABAJO: MODELO DE BADDELEY Y HITCH (1974)

El modelo de MT más usado y aceptado es el propuesto por Baddeley & Hitch (1974). Como se puede observar en la figura 1, este modelo comprende cuatro componentes con funciones y capacidades distintas. Dos de éstos son los sistemas responsables del almacenamiento temporal: la agenda viso-espacial y el *loop* o bucle fonológico. La primera se encarga de almacenar toda la información visual y espacial en el corto plazo. Por su lado, el bucle fonológico se responsabiliza del almacenamiento de la información verbal y numérica. El tercer componente es el ejecutivo central que maneja la información almacenada en los otros dos sistemas, y a su vez, se divide en tres diferentes subprocesos: inhibición, cambio y actualización (Miyake et al., 2000); igualmente, sus características lo relacionan de manera íntima con el control de la atención (Kane et al., 2007). Es decir, los dos primeros componentes solo almacenan información, mientras que el ejecutivo central coordina dicha información. El cuarto componente fue añadido en el 2000: el *buffer* episódico (Baddeley, 2000). Este *buffer*, como su nombre lo indica, sería el encargado de almacenar episodios multidimensionales temporalmente, y jugaría un papel importante en la relación con la memoria de largo plazo (Cowan, 2012).

El modelo de MT tiene, a parte de la evidencia comportamental, evidencia neuronal proveniente de estudios de neuroimagen. Estos estudios, a pesar de encontrar actividad neurológica en numerosos lugares, parecen apuntar a la existencia de una red neuronal de la MT ubicada en la corteza cerebral prefrontal izquierda (Rottschy et al., 2012). De igual manera, Metcalfe, Ashkenazi, Rosenberg-Lee, y Menon (2013) estudiaron la activación cerebral con respecto de los tres componentes del modelo de MT, encontrando que cada componente está relacio-

Figura 1. Esquema del modelo de la memoria de trabajo (Baddeley, 2000).



Fuente: Elaboración propia de los autores.

nado con distintas áreas cerebrales. Adicionalmente, parece ser que la intensidad con la que estas zonas se involucran cambia en respuesta a la carga cognitiva que evoluciona entre la niñez y la madurez (Vogan, Morgan, Powell, Smith, & Taylor, 2016).

## 2. MEMORIA DE TRABAJO Y DESEMPEÑO ACADÉMICO

La variación individual en el desempeño académico es ampliamente conocida en cualquier institución educativa. Lo anterior parte del hecho de que, entre los estudiantes, niños o adultos, las distintas habilidades relacionadas con el logro académico pueden variar de una persona a otra (Jenkins, Fuchs, van den Broek, Espin, & Deno, 2003; Simmons, Willis, & Adams, 2012). La memoria de trabajo parece ser uno de los componentes cognitivos que están relacionados en estas diferencias individuales (Blankenship, O'Neill, Ross, & Bell, 2015; Susan Elizabeth Gathercole, Alloway, Willis, & Adams, 2006; Simmons et al., 2012). Esto puede explicarse gracias a que los procesos académicos dependen de la formación y del uso de representaciones, un trabajo complejo que requiere habilidades cognitivas incluida la memoria (Paivio, 1990). Esta relación se sustenta por una vasta evidencia sobre la correlación positiva entre distintas pruebas académicas y medidas de la memoria de trabajo (Alloway, Alloway, & Wootan, 2014;

Blankenship et al., 2015; Gutiérrez-Martínez & Ramos, 2014; Flor, Monir, Bitá, & Shahnaz, 2013; Kroesbergen, Noordende, & Kolkman, 2014).

Por ejemplo, Alloway y Alloway (2010) evaluaron la relación entre MT, Coeficiente Intelectual, CI, y el logro académico en estudiantes. En este estudio participaron 98 niños y se midió la MT, la habilidad general, CI, y habilidades lectoras y matemáticas, a los cinco y luego a los once años de edad. Los resultados arrojaron que la MT estaba más asociada con los productos de aprendizaje que el CI. De esta manera, los autores proponen que la MT representa una habilidad cognitiva dissociable del CI con consecuencias únicas en los resultados del aprendizaje. De igual manera, la MT resultó un mejor predictor del subsecuente éxito académico que el CI. Es decir, estos hallazgos indican que, a pesar de que el CI es uno de los valores más usados y conocidos para medir el desarrollo intelectual, la MT parece ser un mejor predictor del desempeño académico, lo cual apoyaría su fuerte relación con el aprendizaje.

Entonces, ¿por qué existe esta asociación entre MT y aprendizaje? La respuesta todavía no es muy clara. Para esto se han propuesto dos teorías distintas: la de *dominio específico* y la de *dominio general*. En la primera, la base del desempeño académico es una habilidad específica

para una demanda específica que a su vez afectará la duración de la MT y, consecuentemente, el logro académico (Ericsson & Kintsch, 1995; Unsworth & Engle, 2007). Por ejemplo, si un niño tiene dificultades de lenguaje, sus puntajes en pruebas de MT y su desempeño en lenguaje serán bajos. Lo anterior, no ocurriría por déficits en la MT, sino por su incapacidad de procesar el lenguaje eficiente y correctamente.

La otra teoría es la llamada de *dominio general*, fue propuesta por el mismo Baddeley (1986). En esta se argumenta que el núcleo subyacente es la capacidad de MT y no alguna habilidad específica. La MT afectaría directamente el desempeño académico y obviamente los puntajes en pruebas de MT. Esto se explicaría con que la capacidad de MT restringe la capacidad de aprender habilidades complejas y de adquirir nuevo conocimiento. Siguiendo con el ejemplo anterior, si un niño tiene déficit en la capacidad de MT, tendrá bajos niveles en pruebas de MT y de lenguajes, no por sus dificultades lingüísticas, sino por sus limitantes en la MT. La evidencia que apoya esta teoría es mucho más robusta (Gathercole, Lamont, & Alloway, 2006).

Sin embargo, en los últimos años ha surgido una respuesta intermedia, parece ser que tanto el *dominio específico* como el *dominio general* tienen influencia en el aprendizaje y en los problemas relacionados con éste. Lo anterior lo evidencia el meta-análisis realizado por Peng y Fuchs (2016) en el que evaluaron distintos estudios sobre dificultades de aprendizaje y MT en niños. Se observaron tres distintos escenarios: niños con dificultades de lectura, niños con dificultades de matemáticas, y niños con dificultades tanto de lectura como de matemáticas. Un resultado común entre todos los estudios, así como en los tres escenarios evaluados, fueron los bajos niveles de MT en los niños participantes. Del mismo modo, los hallazgos sugieren que los problemas de aprendizaje estarían relacionados con el central ejecutivo, lo que representaría una causa común de dichas dificultades, sustentando así la teoría del *dominio general*. No obstante, los niños tanto con problemas matemáticos como los niños con dificultades de lectura y matemáticas, muestran déficits más severos en MT numérica, lo que

apoyaría la teoría del *dominio específico*. Una posible explicación es que estos niños no tienen las suficientes habilidades y conocimientos matemáticos para codificar y recuperar información numérica eficientemente, afectando los resultados en pruebas de MT y de matemáticas. Por lo tanto, los déficits de MT que afectan el aprendizaje serían tanto *dominio general* como *dominio específico*, por lo menos en el área de las matemáticas.

A continuación, se exponen los hallazgos específicos en matemáticas y lenguaje para ver en detalle cómo la MT interviene en el aprendizaje de estas áreas del conocimiento.

## 2.1 MATEMÁTICAS

La matemática es quizá uno de los campos con mayor investigación sobre la MT. Sin embargo, algunos de los resultados de los distintos estudios son inconsistentes o contradictorios, las posibles causas son: la variación en los métodos de medición de desempeño matemático y de MT, los tipos de muestras poblacionales y la edad de los participantes (Friso-van den Bos et al., 2013). A pesar de esto, existen hallazgos comunes que ayudan a dar una mayor claridad sobre el papel de la MT en el aprendizaje y el desempeño matemático.

Para empezar, al igual que los otros procesos cognitivos, la influencia de la MT en el análisis matemático varía de acuerdo al desarrollo natural de los seres humanos. En otras palabras, los cambios que sufren los niños con el crecimiento y el paso de los años también afectan la manera en la que la MT apoya el aprendizaje y el desempeño en las matemáticas (Best, Miller, & Naglieri, 2011; Imbo & Vandierendonck, 2007). Por ende, la medida y la forma en la que los distintos componentes de la MT son usados en el procesamiento matemático varían con el desarrollo. Por ejemplo, la evidencia apunta a que, en los primeros años escolares, la agenda viso-espacial juega un papel muy específico en la adquisición y aplicación de los primeros conceptos matemáticos; y luego, en niños mayores el bucle fonológico incrementa considerablemente su participación en el razonamiento matemático (Raghubar, Barnes, & Hecht,

2010). De manera similar, la participación de la MT varía de acuerdo al estado del proceso de aprendizaje. Estudios en niños de preescolar, primaria y secundaria sugieren que las habilidades del central ejecutivo y la agenda visoespacial son reclutadas durante el aprendizaje y la aplicación de nuevos conceptos matemáticos, mientras que el bucle fonológico posee un rol importante después de que un concepto o habilidad ya ha sido adquirida (Raghubar et al., 2010). Es decir, tanto preescolares como adolescentes, para aprender un nuevo concepto o habilidad, se apoyan en recursos visuales y de procesamiento, y para aplicar lo ya aprendido se recurrirá a la memoria de trabajo verbal o bucle fonológico.

Cada uno de los componentes de la MT parece intervenir de manera específica en los distintos procesos que requieren las matemáticas. La agenda visoespacial tiene un rol específico e importante en el desarrollo de la escritura de los números y la evaluación de magnitud (Simmons et al., 2012). Lo anterior se podría explicar gracias a que los niños generan y retienen representaciones visuales y/o espaciales de los números con el fin de transcribirlos (Camos, 2008). Por este mismo motivo, parece ser que este componente es crucial para la resolución tanto de problemas aritméticos numéricos (Ashkenazi, Rosenberg-Lee, Metcalfe, Swigart, & Menon, 2013) como de texto (Zheng, Swanson, & Marcoulides, 2011).

Ashkenazi y colaboradores (2013) demostraron la relación de la agenda visoespacial con el desarrollo de problemas aritméticos. Para ello se evaluó la solución de problemas matemáticos y la capacidad de los componentes de la MT de manera comportamental y a través de métodos de neuroimagen en niños con y sin dificultades matemáticas. Los niños con las dificultades de aprendizaje tuvieron menor desempeño tanto en matemáticas como en la agenda visoespacial, pero sus puntajes del central ejecutivo y el bucle fonológico no tuvieron diferencias con los puntajes de los niños con desarrollo típico. De igual forma, los datos de neuroimagen arrojaron que las áreas del cerebro relacionadas con la agenda visoespacial que se activan durante la solución de problemas matemáticos no presen-

taron activación alguna en los niños con dificultades. Estos resultados sugieren que la agenda visoespacial representaría un elemento crucial para el desarrollo de problemas aritméticos gracias a las representaciones mentales que hacen los estudiantes en el desarrollo de un problema, siendo un componente clave para la adquisición de habilidades matemáticas.

De modo similar, el sistema de almacenamiento verbal y numérico, o bucle fonológico, posee un rol importante en la competencia matemática. Este sistema contribuye de una manera única en la exactitud de la solución de problemas aritméticos de texto (Zheng et al., 2011). Además, al igual que la agenda visoespacial participa en la escritura numérica y en niños de primaria parece ser que juega un papel único en la multiplicación de cantidades (Simmons et al., 2012). Adicionalmente, déficits en este sistema son comunes en niños con dificultades matemáticas debido a que poseen problemas para almacenar información numérica (Peng, Congying, Beilei, & Sha, 2012). Lo anterior se explica en el hecho de que, si existe un almacenamiento numérico pobre, los niños tendrán problemas al mantener representaciones numéricas. Si lo anterior ocurre, las asociaciones mentales necesarias para realizar operaciones matemáticas complejas y resolver problemas no podrán llevarse a cabo (Geary, 1993).

Por último, gracias a sus características de manejo y procesamiento de la información, el central ejecutivo está íntimamente ligado con la mayoría de procesos matemáticos. Este componente juega un rol causal en el desarrollo de las primeras habilidades de adición y es de gran importancia en los procesos de cálculo o cómputo (Simmons et al., 2012). Asimismo, juega un papel crítico en la resolución de problemas aritméticos de texto (Zheng et al., 2011), ya que accede a información de la memoria de largo plazo, así como actualiza e integra piezas de información para crear modelos de solución de problemas (Swanson & Jerman, 2006). De igual manera, la actualización verbal, una de las funciones del central ejecutivo, es el componente de la MT que más está relacionado con el desempeño matemático en general (Frisovan den Bos et al., 2013; Kolkman, Hoijtink,

Kroesbergen, & Leseman, 2013), esto se debe a que posee un papel predominante en habilidades matemáticas como adición y sustracción (Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012), así como en precursores de las matemáticas como el conteo y reconocimiento de números (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Espy et al., 2004).

## 2.2 APRENDIZAJE DE LENGUAJE

Desde la formulación del concepto de MT se ha investigado profundamente con respecto a su relación con el lenguaje. Desde hace años, es claro que la MT y sus distintos componentes son elementos importantes en el procesamiento del lenguaje (Gathercole & Baddeley, 1993). Sin embargo, debido a su naturaleza, el componente que más está involucrado con el lenguaje es, sin duda, el bucle fonológico. La función principal de este sistema podría ser el procesamiento de toda la información lingüística que se percibe (Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998), por consiguiente, representaría un pilar en el aprendizaje del lenguaje.

El bucle fonológico posee un importante rol en la adquisición de vocabulario (Baddeley, 2003; Hamada & Koda, 2010). Estudios en niños menores de tres años han encontrado una correlación positiva entre la capacidad de este bucle y el vocabulario adquirido, lo cual podría indicar la relevancia de la función del bucle fonológico en la adquisición de lenguaje temprano (Weill, 2011). De igual manera, esta relación con el vocabulario parece enriquecerse con el desarrollo, ya que conforme el niño crece y adquiere más vocabulario tiene mayores herramientas para seguir adquiriendo nuevo vocabulario (Baddeley, 2003). Asimismo, este sistema participaría en el aprendizaje de gramática de una lengua nativa (Verhagen & Leseman, 2016) y es el principal componente de la MT afectado en desórdenes de aprendizaje como el Trastorno Específico de Lenguaje (Archibald & Harder Griebeling, 2016; Marini, Gentili, Molteni, & Fabbro, 2014) y distintas dificultades de lectura (Swanson, Zheng, & Jerman, 2009).

Aunque la agenda viso-espacial parece no estar

tan involucrada con el lenguaje como el bucle fonológico, ésta podría cumplir un papel importante. Este sub-sistema parece estar involucrado en tareas cotidianas de lectura que necesiten mantener una representación viso-espacial en la mente. Un ejemplo de ello es la imagen mental de la página y de su fondo al momento de leer un texto, ya que se necesita que dicha imagen permanezca estable para mover los ojos de manera precisa desde el final de una línea hasta el principio de otra (Baddeley, 2003). Adicionalmente, en diversos estudios se ha encontrado déficits en la agenda viso-espacial en niños con Trastorno Específico de Lenguaje (Vugs, Cupepus, Hendriks, & Verhoeven, 2013). Lo anterior, además de apoyar la teoría del *dominio-general* para las dificultades del lenguaje, podría indicar un posible rol de este sistema en la adquisición de una lengua.

Por su lado, el central ejecutivo es el factor que más está relacionado con las diferencias individuales en la duración de la MT (Daneman & Carpenter, 1980). Se ha probado que la duración de la MT es un robusto predictor de un amplio rango de habilidades cognitivas complejas, dentro de las cuales se encuentra la comprensión de lectura (Baddeley, 2003). Igualmente, a parte del bucle fonológico, el central ejecutivo es el componente más afectado en niños que presentan dificultades de lectura (Dawes, Leitão, Claessen, & Nayton, 2015), lo cual es de esperarse si se conoce su importancia en la comprensión del lenguaje.

El último componente de la MT, el *buffer* episódico, también está involucrado en el proceso de aprendizaje del lenguaje. Gracias a su capacidad para enlazar información de distintas fuentes y organizarla en fragmentos o episodios (Baddeley, 2003), se asocia en el proceso de adquisición del lenguaje materno. Según Wang, Allen, Lee y Hsieh (2015) este sub-sistema está vinculado en niños de primaria con el reconocimiento de palabras y con la edad esta habilidad mejorará considerablemente. Lo anterior se explica gracias a la facultad de conectar temporalmente nueva información de tipo auditivo-verbal con su respectiva forma visual, por lo que representa un pilar básico en el reconocimiento de palabras.

Así como la MT está vinculada al proceso de

adquisición de la lengua materna, esta está relacionada de manera similar con el aprendizaje de un segundo idioma (Verhagen & Leseman, 2016). Por ejemplo, la evidencia indica que la adquisición de nuevo vocabulario y de gramática de otro lenguaje están fuertemente asociados al bucle fonológico (Hamada & Koda, 2011; Verhagen & Leseman, 2016). Asimismo, algunas investigaciones muestran como protagonista al central ejecutivo en los procesos de lectura y de incremento de léxico de un nuevo idioma. Uno de estos estudios es el realizado por Swanson, Orosco y Lussier (2015) donde se evaluó el incremento y el cambio en medidas de memoria de trabajo, lectura y vocabulario en el aprendizaje de un segundo idioma. Para esto realizaron un estudio longitudinal durante tres años con niños hispanohablantes que aprendían inglés como segunda lengua. Los resultados mostraron que tanto el incremento en el central ejecutivo como en el bucle fonológico estaban relacionados particularmente al incremento en la lectura y adquisición de vocabulario en el nuevo idioma. Sin embargo, la contribución del central ejecutivo al incremento en las medidas de lectura y de vocabulario fue independiente de las demás medidas, por lo que los autores proponen que este componente podría aportar la mayor contribución de la MT en el aprendizaje de lectura y nuevo léxico de otra lengua.

### 3 ENTRENAMIENTO DE LA MEMORIA DE TRABAJO

El entrenamiento de la MT es una línea de investigación que ha venido creciendo en los últimos años. Lo anterior surge de la posibilidad de mejorar su capacidad a través de la práctica (Ericsson, et al., 1980). Sobre este tema han surgido numerosos estudios de tipo experimental. En estos trabajos se intervienen grupos de niños o adultos por medio de un entrenamiento de MT con el fin de conocer sus efectos en esta, así como en temas relacionados como el desempeño académico o problemas de aprendizaje.

A pesar de que la habilidad de la MT es un rasgo dependiente de la herencia (Kremen et al., 2007), y de la evidencia de que posee resistencia a ser afectado por condiciones o experiencias externas (Campbell, Dollaghan, Needleman,

& Janosky, 1997), a través de entrenamiento se ha logrado mejorar la capacidad de ésta en niños con déficits de MT (Dunning, Holmes, & Gathercole, 2013; Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009). No solo esto, el efecto de estas intervenciones parece extenderse a ámbitos educativos. Diversos estudios han demostrado, tanto en niños como en adultos, que después de un entrenamiento exclusivo de MT se consiguen mejoras significativas en habilidades académicas (Titz & Karbach, 2014), como lo son la capacidad de seguir instrucciones (Bergman-Nutley & Klingberg, 2014), el desempeño matemático (Bergman-Nutley & Klingberg, 2014; Kroesbergen, Noordende, & Kolkman, 2014b) y en habilidades de lenguaje (Alloway, Bibile, & Lau, 2013; Carretti, Borella, Zavagnin, & de Beni, 2013).

La metodología de estas intervenciones varía entre estudios, sin embargo, la mayoría han usado plataformas virtuales que ofrecen paquetes dirigidos a fortalecer la memoria de trabajo en niños. Ejemplo de esto son los paquetes comerciales Cogmed (<http://www.cogmed.com/>, ver Klingberg et al., 2005) y JungleMemory™ (<http://junglememory.com/>, ver Alloway et al., 2013), que están orientados a instituciones educativas o padres de familia. No obstante, algunos estudios optan por actividades en el salón de clase que no requieren de plataformas comerciales, este es el caso de la investigación hecha por Kroesbergen y colaboradores (2014) donde se desarrollaba un programa de actividades de juegos verbales y computarizados guiados por un instructor, obteniendo excelentes resultados, ya que después del entrenamiento hubo mejoras considerables tanto en la capacidad de la memoria de trabajo, como en pruebas de aritmética.

De igual manera, el entrenamiento de MT podría tener efectos en estudiantes con trastornos de comportamiento y/o aprendizaje. Un ejemplo de ello son los resultados obtenidos en el meta-análisis de Spencer-Smith y Klingberg (2015), donde se evalúa los beneficios producidos por el entrenamiento de la MT en la inatención cotidiana en niños con Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad, TDAH. Para esto, los autores valoraron los distintos estudios

publicados en los últimos años sobre intervenciones para mejorar la MT en niños con TDAH. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la inatención cotidiana, por lo que esta técnica podría representar una posible ayuda en el tratamiento de TDAH.

La evidencia de los cambios producidos por este tipo de intervenciones no solo es comportamental, estudios neurológicos también lo corroboran. Investigaciones en humanos y otros primates revelan que este tipo de entrenamiento incrementa la actividad de las neuronas de la corteza cerebral prefrontal y la fuerza de la conectividad en esta misma área (Constantinidis & Klingberg, 2016; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2005). Debido a que dichas zonas están relacionadas con la MT (Kane & Engle, 2002), estos cambios apoyarían la plasticidad de esta función cognitiva (Olesen et al., 2005). Adicionalmente, se han observado cambios en el grosor de algunas zonas de la corteza cerebral en participantes de este entrenamiento, lo que podía indicar una mejor utilización de energía en los procesos relacionados con la MT (Metzler-Baddeley, Caeyenberghs, Foley, & Jones, 2016). Es decir, después de un entrenamiento de memoria de trabajo, no solo se ven cambios en los resultados de pruebas estandarizadas de memoria o académicas, sino que las áreas del cerebro involucradas con la MT también cambian.

Sin embargo, no todos los autores apoyan la efectividad de este tipo de entrenamientos. Melby-Lervåg y Hulme (2013) cuestionan la persistencia de los resultados de estas intervenciones. No desconocen las mejoras tanto en MT, y otras medidas, como el rendimiento académico; pero sostienen que dichos resultados parecen no mantenerse a largo plazo. No obstante, existe evidencia que indica lo contrario, Dunning y colaboradores (2013) realizaron una intervención con efectos positivos en las medidas de memoria de trabajo, incluso un año después del entrenamiento, indicando así una larga durabilidad de los efectos del entrenamiento de la MT. Una posible causa de esta discrepancia pueden ser los diversos métodos tanto de entrenamiento como de medición, por lo que la discusión sigue abierta para realizar más investigación en esta área.

Adicionalmente, no solo las intervenciones destinadas a mejorar la MT han demostrado mejorar dicha capacidad. Existe evidencia de un aumento en la capacidad de MT tras entrenamientos de *mindfulness* (Flor, Monir, Bitá, & Shahnaz, 2013; Mrazek, Franklin, Phillips, Baird, & Schooler, 2013) o tras el aprendizaje musical (Bergman Nutley, Darki, & Klingberg, 2014; George & Coch, 2011). Flor y colaboradores (2013) estudiaron el efecto de un entrenamiento de relajación en mujeres adolescentes tanto en el desempeño académico como en la MT. Tras una intervención de un mes en técnicas de relajación y respiración, las estudiantes que participaron tuvieron una mejoría considerablemente mayor a las del grupo control. Lo anterior, aparte de generar el interrogante de cómo el *mindfulness* puede incrementar la capacidad de la MT, da una opción adicional a la hora de realizar un entrenamiento con este fin. De manera similar Bergman-Nutley y colaboradores (2014), encontraron que tras años de tocar un instrumento musical en la infancia y/o en la adolescencia, se consigue un mayor desarrollo de la MT. Esto puede deberse a la exigencia que la práctica musical hace en el componente fonológico de la MT (Kljajevic, 2010). De igual forma, puede ser una alternativa más para la mejora de la MT y demuestra la naturaleza plástica de ésta.

#### 4 IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN

Al examinar que el almacenamiento, manipulación y procesamiento de la información en el corto plazo son las funciones principales de la MT, se entiende claramente su estrecha relación con el aprendizaje en general. De igual forma, al revisar en detalle los procesos que unen al aprendizaje en áreas específicas como las matemáticas y los lenguajes con la MT, se puede partir de un mayor conocimiento para orientar las metodologías de enseñanza de manera adecuada. Adicionalmente, al existir evidencia del aumento de la MT a través de entrenamiento, se evidenció la flexibilidad de esta; lo cual puede ser de gran utilidad no solo para apoyar el tratamiento de alumnos con trastornos de aprendizaje, sino para potenciarlo en estudiantes con desarrollo normal.



Debido a este importante vínculo entre la MT y el aprendizaje, esta función cognitiva debe ser tomada en cuenta en cualquier ámbito educativo. Entender qué es, cómo funciona y cómo está relacionada con el aprendizaje es muy importante para la educación tanto en niños como en adultos. Este conocimiento brinda el potencial para entender los distintos procesos del aula, así como para aplicar apropiadamente intervenciones en casos de dificultades o problemas de aprendizaje (Rocha & Zepeda, 2015; Sierra Fitzgerald & Ocampo Gaviria, 2013). Sin embargo, llevar toda esta teoría a una aplicación concreta en los salones de clase puede no parecer sencillo a primera vista, pero con la guía y planificación adecuada esto puede ser posible (Méndez-Mullet, & Guerrero-Fernández, 2010).

Se conoce que no solo el conocimiento teórico en un docente es importante, sino su método y su didáctica, (Cerón-Álvarez, Mesa-Laverde, & Rojas-Morales, 2012;; Piratoba-Gil, & Rojas-Morales, 2014; Sepúlveda-Delgado, 2015), por lo que aquí conocer y aplicar los fundamentos de la MT puede tener un gran potencial. De manera similar a las exigencias particulares que puedan surgir en áreas como matemáticas, lenguajes o ciencias, en el salón de clase las actividades cotidianas pueden traer consigo demandas para la MT, las cuales, dependiendo del caso, pueden potenciar u obstaculizar el aprendizaje. Según Gathercole y colaboradores (2006), como demandas de MT se entienden “todos aquellos requerimientos de almacenamiento mental o temporal combinados con un subsecuente procesamiento, que demanda dirigir, en ocasiones, a los fallos para completar una actividad deseada” (p.225). Las demandas de la MT más comunes en las que los niños con MT limitada tienen problemas son: seguir instrucciones del profesor, enfrentarse con demandas simultáneas de procesamiento y almacenamiento, seguir el proceso de tareas complejas y recordar distintos episodios (Gathercole et al., 2006). Como se puede observar, dichos requerimientos son necesarios para la mayoría de procesos mentales en el salón de clases.

Es por ello que conocer los niveles de MT de los estudiantes puede ser útil. Si se identifican

aquellos niños con déficits de MT a través de alguna prueba estandarizada, es posible para el docente dar un manejo adecuado. Una posibilidad es, una vez se conozcan las limitantes de memoria, brindar ayudas externas para completar las actividades que requieran procesos de MT. Por ejemplo, para realizar operaciones aritméticas los niños emplean dibujos de círculos o líneas como representaciones de las cantidades, sin embargo, después de cierta edad, esto no es permitido por los docentes; en aquellos niños con una pobre MT, se les puede permitir usar ese tipo de ayudas gráficas, lo que representa un proceso mental menos para poder lograr el objetivo principal. Otra opción es el soporte mediante el uso de material didáctico, que permite centrar y aumentar la atención de los estudiantes en las distintas temáticas (Valdés-Núñez, 2011; Angarita-Velandia, Fernández-Morales, & Duarte, 2014; Angarita-Velandia, Fernández-Morales, & Duarte, 2011). De esta manera, una limitante en la MT no obstaculizaría el aprendizaje de nuevos conceptos.

Sin embargo, el apoyo a niños con MT deficiente puede ir más allá, de acuerdo a toda la evidencia que lo soporta, el entrenamiento puede ser una opción para ayudar a superar estos déficits. Como se mencionó en la sección 4, el entrenamiento puede ser un juego interactivo en un ordenador, una actividad verbal o incluso, la práctica musical o de relajación. En este caso, son distintas las opciones que podrían representar una ayuda extra para el aprendizaje en niños con limitantes memorísticas.

De igual manera, lo anterior se puede aplicar a niños con dificultades de aprendizaje. De acuerdo a la gran relación entre la MT y los distintos procesos mentales usados en el ámbito académico, un déficit en la MT podría estar asociado con algún problema de aprendizaje. Por lo que identificar los niños con deficiencias de MT permitiría conocer de manera temprana posibles dificultades de aprendizaje. Asimismo, una forma de prevención o de soporte al tratamiento temprano podría ser una intervención destinada a mejorar la capacidad de la memoria de trabajo. Por ejemplo, Luo, Wang, Wu, Zhu, y Zhang (2013) realizaron un entrenamiento en niños con dislexia por cinco semanas, luego de las

cuales no solo se mejoró la capacidad de la MT, sino también algunas habilidades de lenguaje y de lectura. Lo anterior, en este caso específico apoya al entrenamiento de MT como un soporte valioso para mejorar la eficiencia en la lectura en niños con dislexia.

Así como los puntajes en pruebas de MT pueden ayudar a identificar niños con dificultades de aprendizaje, éstas medidas pueden ayudar a identificar estudiantes con habilidades cognitivas muy por encima del promedio. Se conoce que una de las características entre los niños prodigio es una MT muy desarrollada (Ruthsatz & Urbach, 2012), por lo que un puntaje muy alto podría ser indicador de una habilidad fuera de lo común. Lo anterior resultaría muy útil en estos casos de niños con altas capacidades, ya que estos niños requieren una educación y un manejo especial.

Sin embargo, no solo los estudiantes fuera del promedio pueden verse beneficiados por un manejo adecuado de la MT. Los niños con desarrollo normal pueden potenciar su aprendizaje a través de ayudas o del mismo entrenamiento de la MT. Un ejemplo de ello es el estudio realizado por Holmes y Gathercole (2014), donde realizaron una intervención en la que los mismos docentes aplicaban un entrenamiento a sus estudiantes en Inglaterra. Después de este adiestramiento, los estudiantes mejoraron sus puntajes de memoria de trabajo y su desempeño en matemáticas e inglés durante todo el año académico. Lo anterior demuestra que el entrenamiento de MT puede representar una ayuda efectiva en las instituciones académicas, siendo proporcionada por los mismos docentes.

## 5 CONCLUSIONES

La memoria de trabajo es la función cognitiva encargada de almacenar, manipular y procesar información en el corto plazo. Debido a estas características está íntimamente ligada con el aprendizaje, por lo que se relaciona en todo ámbito educativo. Adicionalmente, gracias a su

posible habilidad de mejorar con la práctica, ha sido viable mejorar sus capacidades a través de distintos tipos de entrenamiento, teniendo resultados favorables no solo en la capacidad de la memoria de trabajo, sino en otros aspectos como el desempeño en matemáticas, lenguajes o incluso en tratamientos de desórdenes de comportamiento.

A pesar de que aún falta llenar algunos vacíos para la comprensión completa de la interacción entre la memoria de trabajo y el aprendizaje, existen algunos elementos con aplicaciones prometedoras. Conocer el nivel de la memoria de trabajo de los estudiantes puede ser una de ellas, ya que esto permitiría identificar niños con predisposiciones para problemas de aprendizaje, así como niños sobresalientes fuera del promedio que requieran una educación especial. El entrenamiento de esta habilidad cognitiva posee también un gran potencial de aplicación tanto en niños con dificultades de aprendizaje como en niños con desarrollo normal.

Finalmente, para futuras investigaciones se recomiendan distintas aproximaciones tanto para la relación aprendizaje-memoria de trabajo como para el entrenamiento de ésta. Continuar la investigación sobre si la memoria de trabajo se relaciona con el aprendizaje de manera específica y/o general ayudaría a concluir esta discusión. De igual forma, evaluar la viabilidad a largo plazo de los efectos del entrenamiento de MT usando distintas variables como la duración del entrenamiento o los métodos empleados, podría contribuir a la estandarización de un método efectivo. Asimismo, combinar metodologías de entrenamiento permitiría obtener resultados interesantes, por ejemplo, aplicar junto con un paquete de juegos memorísticos algún tipo de práctica musical. Por último, se recomienda continuar estudios en los que los mismos planteles educativos o los docentes aplican la intervención directamente en los estudiantes para evaluar su efectividad en los resultados académicos, y de esta manera lograr resultados más cercanos a la práctica.

## REFERENCIAS

- 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. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.11.003>
- Alloway, T. P., Alloway, R. G., & Wootan, S. (2014). Home sweet home: Does where you live matter to working memory and other cognitive skills? *Journal of Experimental Child Psychology*, *124*, 124–131. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.11.012>
- Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers in Human Behavior*, *29*(3), 632–638. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2012.10.023>
- Anders, K., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, *102*(2), 211–245. <http://doi.org/10.1037/0033-295X.102.2.211>
- Angarita-Velandia, M. A., Fernández-Morales, F. H., & Duarte, J. E. (2011). Utilización de material didáctico para la enseñanza de los conceptos de ciencia y tecnología en niños. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, *2*(1), 35–43.
- Angarita-Velandia, M. A., Fernández-Morales, F. H., & Duarte, J. E. (2014). La didáctica y su relación con el diseño de ambientes de aprendizaje: una mirada desde la enseñanza de la evolución de la tecnología. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, *5* (1), 46–55. <https://doi.org/10.19053/20278306.3138>
- Archibald, L. M. D., & Harder Griebeling, K. (2016). Rethinking the connection between working memory and language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, *51*(3), 252–264. <http://doi.org/10.1111/1460-6984.12202>
- Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Metcalfe, A. W. S., Swigart, A. G., & Menon, V. (2013). Visuo-spatial working memory is an important source of domain-general vulnerability in the development of arithmetic cognition. *Neuropsychologia*, *51*(11), 2305–2317. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.031>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417–423. [http://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](http://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, *36*(3), 189–208. [http://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](http://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
- Baddeley, A. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*(1), 1–29. <http://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Clarendon Press.
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, *105*(1), 158–173. <http://doi.org/10.1037/0033-295X.105.1.158>
- Bergman Nutley, S., Darki, F., & Klingberg, T. (2014). Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 926. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00926>
- Bergman-Nutley, S., & Klingberg, T. (2014). Effect of working memory training on working memory, arithmetic and following instructions. *Psychological Research*, *78*(6), 869–877. <http://doi.org/10.1007/s00426-014-0614-0>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, *21*(4), 327–336. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>

- Blankenship, T. L., O'Neill, M., Ross, A., & Bell, M. A. (2015). Working memory and recollection contribute to academic achievement. *Learning and Individual Differences, 43*, 164–169. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.020>
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. *Developmental Neuropsychology, 33*(3), 205–228. <http://doi.org/10.1080/87565640801982312>
- Camos, V. (2008). Low working memory capacity impedes both efficiency and learning of number transcoding in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*(1), 37–57. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.06.006>
- Campbell, T., Dollaghan, C., Needleman, H., & Janosky, J. (1997). Reducing Bias in Language Assessment: Processing-Dependent Measures. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 40*(3), 519. <http://doi.org/10.1044/jslhr.4003.519>
- Carretti, B., Borella, E., Zavagnin, M., & de Beni, R. (2013). Gains in language comprehension relating to working memory training in healthy older adults. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 28*(5), 539–546. <http://doi.org/10.1002/gps.3859>
- Cerón-Álvarez, D.C., Mesa-Laverde, Y.C., & Rojas-Morales, C.E. (2012). La naturaleza del conocimiento matemático y su impacto en las concepciones del profesor. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 2* (2), 49-59. Recuperado de: [http://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion\\_duitama/article/view/1316](http://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/1316)
- Constantinidis, C., & Klingberg, T. (2016). The neuroscience of working memory capacity and training. *Nature Reviews Neuroscience, advance online publication*. <http://doi.org/10.1038/nrn.2016.43>
- Cowan, N. (2012). *Working Memory Capacity*. Psychology Press.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*(4), 450–466. [http://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](http://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- Dawes, E., Leitão, S., Claessen, M., & Nayton, M. (2015). A Profile of Working Memory Ability in Poor Readers. *Australian Psychologist, 50*(5), 362–371. <http://doi.org/10.1111/ap.12120>
- Dunning, D. L., Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2013). Does working memory training lead to generalized improvements in children with low working memory? A randomized controlled trial. *Developmental Science, 16*(6), 915–925. <http://doi.org/10.1111/desc.12068>
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The Contribution of Executive Functions to Emergent Mathematic Skills in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology, 26*(1), 465–486. [http://doi.org/10.1207/s15326942dn2601\\_6](http://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_6)
- Friso-van den Bos, I., van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review, 10*, 29–44. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.003>
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). *Working Memory and Language*. Psychology Press.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A.-M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 93*(3), 265–281. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.08.003>
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin, 114*(2), 345–362. <http://doi.org/10.1037/0033-2909.114.2.345>

George, E. M., & Coch, D. (2011). Music training and working memory: An ERP study. *Neuropsychologia*, 49(5), 1083–1094. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.001>

Gutiérrez-Martínez, F., & Ramos, M. (2014). La memoria operativa como capacidad predictora del rendimiento escolar. Estudio de adaptación de una medida de memoria operativa para niños y adolescentes. *Psicología Educativa*, 20(1), 1–10. <http://doi.org/10.1016/j.pse.2014.05.001>

Hamada, M., & Koda, K. (2011). The Role of the Phonological Loop in English Word Learning: A Comparison of Chinese ESL Learners and Native Speakers. *Journal of Psycholinguistic Research*, 40(2), 75–92. <http://doi.org/10.1007/s10936-010-9156-9>

Holmes, J., & Gathercole, S. E. (2014). Taking working memory training from the laboratory into schools. *Educational Psychology*, 34(4), 440–450. <http://doi.org/10.1080/01443410.2013.797338>

Holmes, J., Gathercole, S. E., & Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), F9–F15. <http://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x>

Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(4), 284–309. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.09.001>

Jenkins, J. R., Fuchs, L. S., van den Broek, P., Espin, C., & Deno, S. L. (2003). Sources of Individual Differences in Reading Comprehension and Reading Fluency. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 719–729. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.719>

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. <http://doi.org/10.3758/BF03196323>

Kane, M. J., Brown, L. H., McVay, J. C., Silvia, P. J., Myin-Germeys, I., & Kwapil, T. R. (2007). For Whom the Mind Wanders, and When An Experience-Sampling Study of Working Memory and Executive Control in Daily Life. *Psychological Science*, 18(7), 614–621. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01948.x>

Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ... Westerberg, H. (2005). Computerized Training of Working Memory in Children With ADHD-A Randomized, Controlled Trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177–186. <http://doi.org/10.1097/00004583-200502000-00010>

Kljajevic, V. (2010). Is syntactic working memory language specific? *Psihologija*, 43(1), 85–101. <http://doi.org/10.2298/PSI1001085K>

Kobus, Flor, R. K., Monir, K. C., Bitá, A., & Shahnaz, N. (2013). World Conference on Psychology and Sociology 2012 Effect of Relaxation Training on Working Memory Capacity and Academic Achievement in Adolescents. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 82, 608–613. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.06.318>

Kolkman, M. E., Hoijtink, H. J. A., Kroesbergen, E. H., & Leseman, P. P. M. (2013). The role of executive functions in numerical magnitude skills. *Learning and Individual Differences*, 24, 145–151. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.01.004>

Kremen, W. S., Jacobsen, K. C., Xian, H., Eisen, S. A., Eaves, L. J., Tsuang, M. T., & Lyons, M. J. (2007). Genetics of verbal working memory processes: A twin study of middle-aged men. *Neuropsychology*, 21(5), 569–580. <http://doi.org/10.1037/0894-4105.21.5.569>

Kroesbergen, E. H., Noordende, J. E. van 't, & Kolkman, M. E. (2014). Training working memory in kindergarten children: Effects on working memory and early numeracy. *Child Neuropsychology*, 20(1), 23–37. <http://doi.org/10.1080/09297049.2012.736483>

Lee Swanson, H., Orosco, M. J., & Lussier, C. M. (2015). Growth in literacy, cognition, and working memory in English language learners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 132, 155–188. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.01.001>

Marini, A., Gentili, C., Molteni, M., & Fabbro, F. (2014). Differential verbal working memory effects on linguistic production in children with Specific Language Impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 35(12), 3534–3542. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.08.031>

Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270–291. <http://doi.org/10.1037/a0028228>

Méndez-Mullet, E.E., & Guerrero-Fernández, M.T. (2010). Planificación de estrategias para mejorar el aprendizaje de la multiplicación y la división. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 1 (1), 8-18. Recuperado de: [http://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion\\_duitama/article/view/1289](http://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/1289)

Metcalf, A. W. S., Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., & Menon, V. (2013). Fractionating the neural correlates of individual working memory components underlying arithmetic problem solving skills in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 6, 162–175. <http://doi.org/10.1016/j.dcn.2013.10.001>

Metzler-Baddeley, C., Caeyenberghs, K., Foley, S., & Jones, D. K. (2016). Task complexity and location specific changes of cortical thickness in executive and salience networks after working memory training. *NeuroImage*, 130, 48–62. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.01.007>

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <http://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B., & Schooler, J. W. (2013). Mindfulness Training Improves Working Memory Capacity and GRE Performance While Reducing Mind Wandering. *Psychological Science*, 0956797612459659. <http://doi.org/10.1177/0956797612459659>

Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2005). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7(1), 75–79. <http://doi.org/10.1038/nn1165>

Paivio, A. (1990). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. Oxford University Press.

Peng, P., & Fuchs, D. (2016). A Meta-Analysis of Working Memory Deficits in Children With Learning Difficulties: Is There a Difference Between Verbal Domain and Numerical Domain? *Journal of Learning Disabilities*, 0022219414521667. <http://doi.org/10.1177/0022219414521667>

Peng, P., Congying, S., Beilei, L., & Sha, T. (2012). Phonological storage and executive function deficits in children with mathematics difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(4), 452–466. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.04.004>

Pickering, S. J. (2006). *Working Memory and Education*. Amsterdam: Academic Press. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=166208&lang=es&site=ehost-live>

Piratoba-Gil, R. P., & Rojas-Morales, C. E. (2014). Cambios en las concepciones iniciales e inducidas sobre la naturaleza de las matemáticas y su didáctica, en estudiantes de un programa de Licenciatura en Matemáticas y Estadística. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 5 (1), 32–45. <https://doi.org/10.19053/20278306.3140>

Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>

Rocha, J. de la F., & Zepeda, J. de la F. (2015). Implicaciones de los conceptos actuales neuropsicológicos de la memoria en el aprendizaje y en la enseñanza. *CIENCIA ergo-sum*, 22(1), 83–91.

Rottschy, C., Langner, R., Dogan, I., Reetz, K., Laird, A. R., Schulz, J. B., ... Eickhoff, S. B. (2012). Modelling neural correlates of working memory: A coordinate-based meta-analysis. *NeuroImage*, 60(1), 830–846. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.050>

Ruthsatz, J., & Urbach, J. B. (2012). Child prodigy: A novel cognitive profile places elevated general intelligence, exceptional working memory and attention to detail at the root of prodigiousness. *Intelligence*, 40(5), 419–426. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2012.06.002>

Sepúlveda-Delgado, O. (2015). Estudio del conocimiento didáctico - matemático del profesor universitario: un marco teórico de investigación. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 6(1), 29–43. <http://doi.org/10.19053/20278306.4048>

Sierra Fitzgerald, Ó., & Ocampo Gaviria, T. (2013). El papel de la memoria operativa en las diferencias y trastornos del aprendizaje escolar. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(1), 63–79.

Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A.-M. (2012). Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(2), 139–155. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.08.011>

Spencer-Smith, M., & Klingberg, T. (2015). Benefits of a Working Memory Training Program for Inattention in Daily Life: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 10(3), e0119522. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0119522>

Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math Disabilities: A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Review of Educational Research*, 76(2), 249–274. <http://doi.org/10.3102/00346543076002249>

Swanson, H. L., Zheng, X., & Jerman, O. (2009). Working Memory, Short-Term Memory, and Reading Disabilities A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Journal of Learning Disabilities*, 42(3), 260–287. <http://doi.org/10.1177/0022219409331958>

Titz, C., & Karbach, J. (2014). Working memory and executive functions: effects of training on academic achievement. *Psychological Research*, 78(6), 852–868. <http://doi.org/10.1007/s00426-013-0537-1>

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), 104–132. <http://doi.org/10.1037/0033-295X.114.1.104>

Valdés-Núñez, J. B. (2011). Lúdica y matemáticas a través de TICs para la práctica de operaciones con números enteros. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 1 (2), 17–27.

Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 100–119. <http://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x>

Verhagen, J., & Leseman, P. (2016). How do verbal short-term memory and working memory relate to the acquisition of vocabulary and grammar? A comparison between first and second language learners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141, 65–82. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.06.015>

Vogan, V. M., Morgan, B. R., Powell, T. L., Smith, M. L., & Taylor, M. J. (2016). The neurodevelopmental differences of increasing verbal working memory demand in children and adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 17, 19–27. <http://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.10.008>

Vugs, B., Cuperus, J., Hendriks, M., & Verhoeven, L. (2013). Visuospatial working memory in specific language impairment: A meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, 34(9), 2586–2597. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.014>

Wang, S., Allen, R. J., Lee, J. R., & Hsieh, C.-E. (2015). Evaluating the developmental trajectory of the episodic buffer component of working memory and its relation to word recognition in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 133, 16–28. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.01.002>

Weill, F. (2011). *The role of verbal working memory in new word learning in toddlers 24 to 30 months*. SETON HALL UNIVERSITY. Recuperado a partir de <http://gradworks.umi.com/35/10/3510720.html>

Zheng, X., Swanson, H. L., & Marcoulides, G. A. (2011). Working memory components as predictors of children's mathematical word problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(4), 481–498. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.06.001>