

---

# TRANSFERENCIA DE UN ENTRENAMIENTO DE MEMORIA DE TRABAJO A LAS HABILIDADES ACADÉMICAS Y ESTRATEGIAS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AL INICIO DE LA ESCOLARIDAD

*Transfer effects of working memory training on language and mathematics performance in school-aged children*

*Transferência de um treinamento de memória de trabalho para as habilidades acadêmicas e estratégias de resolução de problemas no início da escolaridade*

---

RECIBIDO: 20 diciembre 2020

ACEPTADO: 22 Agosto 2021

Magdalena López <sup>a,b</sup>

Vanessa Arán Filippetti <sup>c,d,e</sup>

a. Centro de Investigación Interdisciplinaria en Valores, Integración y Desarrollo Social (CIIVIDS) b. Facultad Teresa de Ávila. Universidad Católica Argentina (UCA) c. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) d. Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Ciencias de la Salud y del Comportamiento (CIICSAC), Universidad Adventista del Plata (UAP) e. Facultad de Humanidades, Educación y Ciencias Sociales, Universidad Adventista del Plata, Entre Ríos, Argentina.

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue analizar la efectividad de un programa de entrenamiento para incrementar la capacidad de la memoria de trabajo (MT) en niños que presentan un perfil descendido de desempeño, y examinar la transferencia del entrenamiento al desempeño en lengua y matemáticas y estrategias de resolución empleadas. Se realizó un estudio cuasi experimental, en niños de 1° grado ( $n = 20$ ). El entrenamiento de la MT se realizó con el programa *Cogmed RM* (edad escolar 6-17 años). Para evaluar la MT (antes, después) se administraron las siguientes pruebas: dígitos, cubos y letras y números de la escala de memoria WISC IV, *Trail Making test*, Test de Stroop y Paradigma n-back. Para evaluar el desempeño escolar en lengua y matemáticas se administraron el test LEE y el Pro-cálculo. Al finalizar el tratamiento, observamos que los niños incrementaron su capacidad de MT en todos sus componentes (de 80% al 220%). Además, observamos un beneficio en los aprendizajes elementales en el grupo experimental, obteniendo mayores desempeños en las pruebas de matemática, lectura y comprensión. Ejercitar sistemáticamente la MT en niños con un perfil descendido de desempeño se traduce en una mejora de su rendimiento, transfiriéndose en particular al rendimiento de tareas matemáticas y en menor medida en lengua. Estos datos pueden favorecer el diseño de programas y estrategias de intervención temprana destinadas a prevenir posibles dificultades de aprendizaje al inicio de la escolaridad formal

**Palabras Clave:** Memoria de trabajo- Entrenamiento- Niños – Rendimiento académico

**Keywords:** Keywords: working memory – training – children – academic achievement.

**Palavras-chave:** Memória de trabalho - Treinamento - Crianças - rendimento acadêmico

**Correspondencia:** Magdalena López: Correo electrónico: [magdalenalopez@uca.edu.ar](mailto:magdalenalopez@uca.edu.ar)



Publicado bajo licencia Creative Commons Reconocimiento 3.0. (cc-by).

## ABSTRACT

The aims of the present study were to analyze the effectiveness of a training program to increase working memory (WM) capacity in children with a lowered performance profile, and to examine the transfer effect of WM training to language and mathematical skills and to problem resolution strategies. A quasi-experimental study was conducted in children attending first year of primary school ( $n=20$ ). The WM training was conducted with the Cogmed RM program (for school-aged children 6 to 17). To assess WM, pre and posttest, the following tasks were included: Digit span, Block design, and Letter-number sequencing subtests of the Wisc IV, the Trail Making Test, the Stroop test and an N-back paradigm test. For the assessment of language and mathematics, the LEE and Pro-cálculo tests were administered. After training, improvements in all aspects of WM were found (to 80% from 220%). Besides, academic learnings were enhanced in the trained group, showing gains in mathematics, reading and comprehension. A systematic training of WM in children results in improved academic performance, particularly being transferred to math's skills, and to a lesser extent to language tasks. These results can improve the design of programs and development of strategies to be used in early interventions to prevent possible difficulties on learning at the beginning of formal school.

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi incrementar a capacidade da memória de trabalho (MT) em crianças que apresentam um perfil de desempenho reduzido, examinar a transferência do treinamento ao desempenho em língua e matemática, e estratégias de resolução empregadas. Realizou-se um estudo quase experimental em crianças do primeiro ano do primeiro grau ( $n = 20$ ). O treinamento da MT foi realizado com o programa Cogmed RM (idade escolar 6-17 anos). Para avaliar a MT (antes e depois) foram ministradas provas de dígitos diretos, cubos e letras, números da escala de memória WISC IV, Trail Making test, Teste de Stroop e Paradigma n-back. Para avaliar o desempenho escolar em língua e matemática foram aplicados: o Teste LEE e Pro-cálculo. Ao finalizar o tratamento, observamos que as crianças incrementaram sua capacidade de MT em todos os seus componentes (de 80% a 220%). Além disso, observamos um benefício nas aprendizagens elementares no grupo experimental, obtendo maiores desempenhos nas provas de matemática, leitura e compreensão. Exercitar sistematicamente a MT em crianças com um perfil reduzido de desempenho se traduz numa melhora do seu rendimento, transferindo-se em particular no rendimento de tarefas matemáticas e em menor proporção em língua. Estes dados podem favorecer a criação de programas e estratégias de intervenção precoce destinadas a prevenir possíveis dificuldades de aprendizagem no início da escolaridade formal.

## Introducción

Los grandes avances que se han realizado en el estudio de la cognición han permitido explicar en gran medida sobre cómo aprendemos. Al respecto, un concepto que se ha vuelto central es el de memoria de trabajo (MT). Para Baddeley (1992), la MT es un sistema cerebral que permite el almacenamiento temporal y manipular información *on line* para efectuar tareas cognitivas complejas (i.e., comprensión del lenguaje, razonamiento y aprendizaje). Su importancia radica en que, además de facilitar el control y el procesamiento cognitivo, interactúa con la atención, la percepción y la motivación. Es reconocida como una función cognitiva fundamental relacionada estrechamente con otras importantes funciones cognitivas y con habilidades académicas tales como las matemáticas (Arán Filippetti & Richaud, 2017; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006), la escritura (Arán Filippetti & Richaud, 2015, Olive, 2011) y la comprensión lectora (Arán-Filippetti & López, 2016; Dahlin, 2011). En consecuencia, la posibilidad de incrementar la capacidad de la MT y, por lo tanto, también mejorar otras habilidades cognitivas y académicas, ha estimulado un número creciente de estudios en los últimos años.

Diversos estudios han demostrado que las intervenciones dirigidas a estimular la MT mejoran significativamente tanto las habilidades de MT entrenadas (i.e., transferencia cercana) como el rendimiento académico (i.e., transferencia lejana), con ganancias que persisten durante meses después de que cesa el entrenamiento (i.e., transferencia a largo plazo). Por ejemplo, Holmes, Gathercole y Dunning (2009) hallaron que el entrenamiento en niños de 6 años produce ganancias sustanciales y sostenidas en la MT, observando además que la capacidad matemática mejora significativamente 6 meses después del entrenamiento. Según los autores, las deficiencias en la MT y las dificultades de aprendizaje asociadas pueden compensarse con entrenamiento cognitivo. Otro estudio en esta línea es el de Loosli, Buschkuhl, Perrig y Jaeggi (2011), quienes encontraron que niños de 9 a 11 años de edad mejoraron considerablemente su rendimiento en tareas de MT y lectura

después del entrenamiento. Consistentemente, Dunning, Holmes y Gathercole (2013) demostraron que los beneficios del entrenamiento se extienden más allá de la MT mejorando tareas y actividades complejas típicas del aula en las que la MT desempeña un papel primordial, así como el desarrollo de las habilidades académicas. Por su parte, Henry, Messer y Nash (2014) realizaron un entrenamiento adaptativo en MT en niños de 5 a 8 años de edad hallando que, el grupo que participó de la intervención mostró ganancias significativamente mayores respecto de un grupo control. Además, estos efectos de transferencia cercana en el grupo entrenado todavía eran evidentes a los seis meses de finalizado el entrenamiento observándose además puntuaciones más elevadas en tareas de comprensión lectora 12 meses después. Alloway, Bibile y Lau (2014) también observaron ganancias en tareas de MT verbal y visuo-espacial luego de un entrenamiento de la MT en niños con dificultades del aprendizaje y efectos de transferencia lejana en pruebas de habilidades verbales y no verbales, con efectos de mantenimiento 8 meses después del entrenamiento. Consistentemente, Bergman-Nutley y Klingberg (2014) observaron efectos de transferencia de un entrenamiento de MT a tareas de matemáticas en niños con déficits de MT, que aumentó linealmente con la cantidad de tiempo de entrenamiento y se correlacionó con la cantidad de mejora en las tareas entrenadas. Más recientemente, Jones, Milton, Mostazir y Adlam (2019) realizaron una intervención en el ámbito escolar bajo tres condiciones de entrenamiento, en niños con una media de edad de 12 años. Los autores encontraron que el grupo con el entrenamiento mejoró significativamente la MT y el razonamiento matemático con relación a los otros dos grupos, y las mejoras se mantuvieron 3 meses después. Según los autores, el entrenamiento de la MT es una herramienta educativa potencialmente efectiva. Estudios que han involucrado a los docentes en el entrenamiento en MT a sus propios alumnos en el ámbito escolar, también han observado mejoras en las tareas entrenadas que se asocian con un progreso significativamente mayor en la escuela a lo largo del año académico en matemáticas y lengua (Holmes & Gathercole, 2014). Finalmente, respecto del papel de las diferencias individuales, se ha demostrado que el impacto de las intervenciones dependería de las características individuales del niño (Nemmi et al., 2016) con estudios que han reportado mayores ganancias en niños con más bajo rendimiento en MT y lectura (Karch, Strobach, & Schubert, 2015).

Con respecto a los programas de entrenamiento en MT, en el mercado de software se han desarrollado programas computarizados disponibles comercialmente que brindan un tratamiento de varias sesiones con complejidad creciente. Una característica que resulta clave para la efectividad del entrenamiento es que el grado de dificultad de la tarea se adapta continuamente a la capacidad de cada persona. Un ejemplo de este enfoque es el programa de entrenamiento Cogmed (RoboMemo® Cogmed Cognitive Medical Systems AB, Stockholm, Sweden). Este programa ha sido ampliamente investigado, demostrando efectividad para estimular una amplia gama de funciones cognitivas, con resultados de transferencia cercana a la MT (Holmes & Gathercole, 2014) y transferencia lejana a otras funciones ejecutivas (Klingberg et al., 2005), al razonamiento matemático (Jones et al., 2019) y al rendimiento académico (Holmes & Gathercole, 2014; Söderqvist, & Bergman Nutley, 2015).

Si bien se evidencian diversos estudios que han examinado los efectos de transferencia de la MT en niños de diversos países, según nuestro conocimiento, no existen estudios que hayan empleado el programa *Cogmed* para examinar los efectos de transferencia a las habilidades académicas y a las estrategias de resolución empleadas en niños de habla hispana con desarrollo típico al inicio de la escolaridad. Por tal motivo, el propósito del presente estudio fue implementar un plan de entrenamiento específico de la MT en niños con bajo desempeño, en base a un programa que estimula diferentes aspectos de la misma (i.e., Cogmed). El desempeño escolar depende en cierta medida de habilidades generales desarrolladas, que incluye las competencias al inicio de la escuela relacionadas con la inteligencia cristalizada, construida sobre la base de experiencias y habilidades aprendidas en el hogar y otros entornos sociales. Sin embargo, esas oportunidades de aprendizaje también interactúan con una capacidad de base cognitiva, habilidades que no están basadas en el conocimiento pero que nos permiten realizar operaciones complejas cognitivas, relacionadas con la inteligencia fluida y la MT. Por tal motivo, hipotetizamos que el entrenamiento en MT en niños que presentan un perfil de desempeño descendido al inicio de la escolaridad tendrá efectos de transferencia en los aprendizajes elementales (i.e., matemáticas y lengua).

## Método

### **Diseño**

Esta investigación es de carácter experimental con un diseño antes – después con grupo de control, para evaluar un programa de entrenamiento en la MT como variable independiente y el rendimiento en MT, lengua y matemáticas, como variables dependientes.

## **Participantes**

La muestra estuvo constituida por 20 niños de 6 años de edad, de ambos sexos, que cursaban 1° grado en dos divisiones, en la provincia de Entre Ríos, Argentina. Mediante la prueba de dígitos en orden directo e inverso del Wisc IV se calculó la mediana de desempeño. Posteriormente, la muestra de niños que se situó por debajo de la mediana de desempeño se dividió en dos grupos, i.e.: (1) 10 niños que participaron en la condición de grupo experimental ( $M= 6,10$ ,  $DE= 0,31$ ) y (2) 10 niños que formaron el grupo de control y no participaron del entrenamiento en MT ( $M= 6,30$ ,  $DE= 0,48$ ). La pertenencia al grupo control o experimental fue decidida al azar por la institución educativa. Se excluyeron los casos que poseían atenciones educativas especiales, déficits sensoriales o con asistencia psicopedagógica.

## **Instrumentos**

Para evaluar el desempeño en MT y determinar la muestra experimental y control se empleó la sub prueba Dígitos Directos e Inversos de Memoria de Trabajo del Wisc IV (Wechsler, 2003). Su administración y corrección se realiza según se establece en el manual del test.

Para Evaluar los aspectos de la MT y funciones del componente ejecutivo (pre y post entrenamiento) en ambos grupos se administraron las siguientes pruebas:

Dígitos directos del Wisc IV (Wechsler, 2003). Este subtest ofrece una medida de recuerdo inmediato verbal. Su administración y corrección se puede llevar a cabo según se establece en el manual del test.

Cubos del Wisc IV (Wechsler, 2003). Mide esencialmente la percepción visual, la capacidad de establecer relaciones espaciales y la coordinación viso-motora.

Letras y números de la escala de memoria Wisc IV (Wechsler, 2003). Se utilizó para evaluar la *coordinación en dos tareas* independientes almacenamiento y procesamiento de información.

Trail Making Test (Reitan & Wolfson, 1992): para evaluar la *alternancia* como función del ejecutivo central. Se estima que se trata de una prueba que evalúa flexibilidad cognitiva, control inhibitorio, velocidad atencional y secuenciación.

Tarea Sol- Luna tipo Stroop (Versión adaptada de Archibald & Kerns, 1999) permite evaluar la atención selectiva y el *control inhibitorio*, debido a que requiere un control voluntario de la acción, demandando además el aprendizaje y memorización de dos reglas simples y su posterior sostenimiento.

Paradigma *n-back* (Hoskinson & Toomim, 2010). Evalúa la *activación y recuperación* de información verbal y espacial de la memoria. Estas tareas consisten en reconocer si un determinado estímulo (por ejemplo, una letra) se ha presentado con anterioridad.

Para evaluar el desempeño escolar en lengua y matemática se administraron las siguientes pruebas:

Test LEE (Defior Citoler, Fonseca & Gottheil, 2006). Este test de lectura y escritura tiene como finalidad evaluar los principales procesos implicados en la lectura y escritura. Se aplica en el alumnado de 1º a 4º Año de Educación primaria básica. Consta de las siguientes pruebas: Segmentación fonémica, Lectura de letras, Lectura de palabras, Lectura de pseudopalabras, Comprensión de palabras y frases. Prosodia. Comprensión de textos. Escritura de palabras. Escritura de pseudopalabras.

Test Pro – cálculo (Feld, Taussik, & Azzareto, 2006). Test para la evaluación del procesamiento del número y el cálculo correspondiendo a la edad de 6 años las siguientes sub pruebas. 1. Enumeración, 2. Contar oralmente para atrás, 3. Escritura de números, 4. Cálculo mental oral, 5. Lectura de números, 6. Estimación de cantidades en contexto, 7. Resolución de problemas aritméticos, 8. Adaptación, 9. Escribir en cifras.

## **Entrenamiento de la Memoria de trabajo**

El entrenamiento de la Memoria de Trabajo en el grupo experimental se realizó durante 3 meses con el programa Cogmed RM (Edad escolar 6-17 años) durante la primera hora de clase, con una frecuencia semanal de lunes a viernes. Este programa computarizado posee un protocolo esquema de 25 sesiones. Cada sesión incluye una selección de tareas diversas que se centran en diferentes aspectos de la MT. El entrenamiento fue individual y se llevó a cabo en una computadora, adaptando automáticamente el entrenamiento para cada perfil en particular, combinando la neurociencia cognitiva con una innovadora aplicación de juegos. El juego plantea que se debe ayudar al robot en sus misiones, para lo cual los participantes realizan los ejercicios que se plantean en un escenario espacial. En cada sesión, los participantes trabajan en ocho tareas de memoria de trabajo completando, aproximadamente, 120 ensayos por sesión. La dificultad de las tareas de formación está adaptada para que coincida con la capacidad actual del niño en cada prueba. El programa incluye una serie de características de motivación

y recompensa para aumentar el cumplimiento. Se deben realizar al menos 20 sesiones de entrenamiento, que es el número mínimo requerido por el protocolo del programa. La realización de los ejercicios otorga la posibilidad de jugar carreras con el robot protagonista. El puntaje obtenido se traduce en energía lo que lo ayuda a ganar las carreras. A su vez la cantidad de los estímulos trabajados amplía la cantidad de carreras en escenarios variados. Este programa cuenta con una amplia aceptación y utilización científica encontrando que su efectividad ha sido ampliamente documentada.

### **Consideraciones Éticas del Estudio**

Para participar del estudio se requirió, en primer lugar, de la firma del consentimiento informado de ambos padres o tutores y en segundo lugar del asentimiento, en cada encuentro, de los niños. Se preservó la confidencialidad de los datos asignándose códigos para identificar a los participantes del estudio.

### **Procedimientos Estadísticos**

En primer lugar, se realizó una selección de casos y se conformaron dos grupos (experimental y control) según el valor de la mediana del desempeño grupal en la prueba dígitos directos e inversos de WISC IV. Para la evaluación de las dimensiones de la MT en las tomas antes y después en ambos grupos se empleó prueba t de diferencia de medias para muestras relacionadas. Para comparar las medias en lengua y matemáticas en las instancias antes y después de la intervención en ambos grupos, se utilizó la prueba t de Student. El procesamiento y análisis estadístico de los datos se realizó mediante el programa SPSS versión 22.

## **Resultados**

### **Desempeño en MT en el grupo experimental y el grupo control**

En primer lugar, se determinó la muestra de estudiantes con bajo desempeño en dígitos para la posterior conformación del grupo experimental y control. Como se puede apreciar en la tabla 1, la referencia de la mediana de los grupos en dígitos (directos e inversos) es levemente mayor en el grupo control, pero estadísticamente no hay diferencias significativas entre los grupos ( $p = .512$ ).

**Tabla 1.**

Medianas de los grupos experimental y control pre-intervención en dígitos (directos e inversos).

Memoria de Trabajo	Grupo Experimental (n=10)		Grupo Control (n=10)	
Dígitos Total (directo + inverso)	<i>Md</i>	<i>DE</i>	<i>Md</i>	<i>DE</i>
	<b>9,40</b>	1,57	<b>10,30</b>	2,26

### **Efectos del entrenamiento en los componentes de MT en el grupo experimental**

En segundo lugar, se midieron los efectos del entrenamiento en los diferentes componentes y funciones de la memoria de trabajo. Todas las variables cumplieron el criterio de distribución normal en tanto los valores de asimetría y curtosis se situaron entre -1.5 y 1.5, a excepción del indicador de dígitos directos que presentó una curtosis más elevada de 1.61 pero aún dentro de los límites aceptables (i.e., menor a 2; Kline, 1998). Los resultados mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas en las mediciones pre y post intervención en los componentes fonológico y viso-espacial de la memoria de trabajo (ver Tabla 2). Con respecto a las funciones del componente ejecutivo central, se hallaron diferencias estadísticamente significativas en las funciones de actualización y coordinación dual de tareas, mientras que en las funciones alternancia e inhibición, si bien observaron cambios, estos no fueron estadísticamente significativos.

**Tabla 2.**

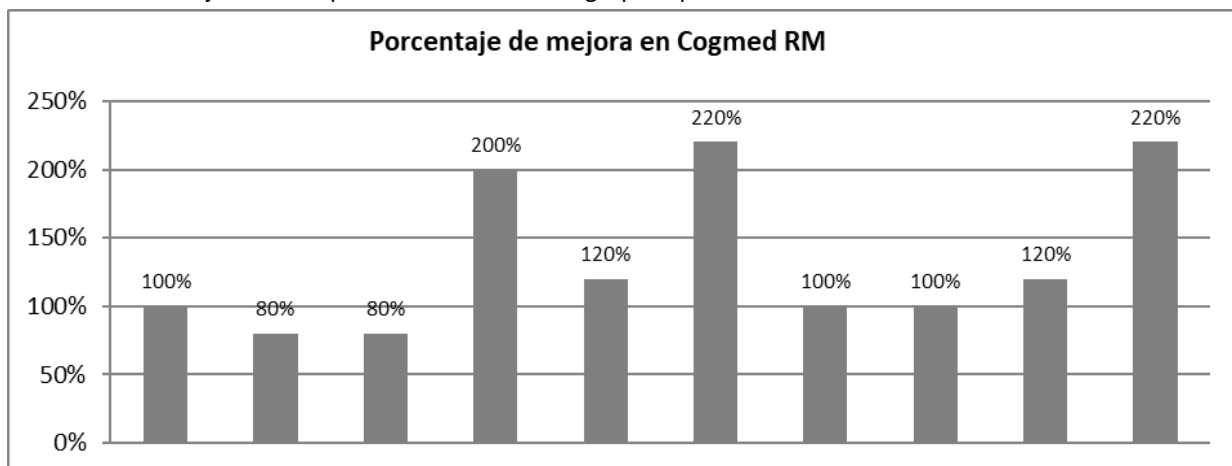
Pre y post-intervención en el Grupo Experimental en pruebas de Memoria de Trabajo

Componentes MT	Función	Prueba	PRE Media	DE	POST Media	DE	t	p
Ejecutivo central	Actualización	Paradigma n-back	47,10	23,92	87,70	16,61	5,381	.000
	Alternancia	TMT	124,30	45,80	93,10	33,75	2,129	.062
	Coordinación dual de tareas	Letras y números	8,20	2,93	14,70	2,45	-6,630	.000
	Inhibición	Stroop	35,50	6,80	37,30	6,00	-,828	.429
Bucle fonológico		Dígitos directos	5,30	0,94	6,80	1,31	-4,881	.001
Organización visoespacial		Cubos	13,90	6,79	25,00	5,27	-4,959	.001

Al examinar la mejoría en cada niño que participó del entrenamiento encontramos que la capacidad de la memoria de trabajo se incrementó en la totalidad de los casos. Los porcentajes de mejoras en la cantidad de estímulos del programa recordados se encuentran entre un 80 % a un 220 % de su capacidad inicial (ver gráfico1).

**Gráfico 1.**

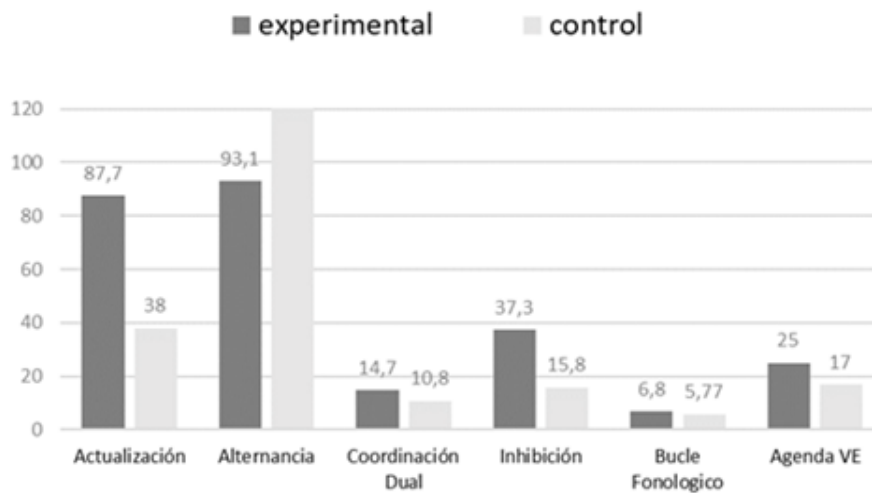
Mediciones de mejora en MT post intervención en el grupo experimental



Además, observamos que el grupo experimental obtiene mejores desempeños en todos los componentes de MT respecto del grupo control (ver gráfico 2).

**Gráfico 2.**

Desempeños Post entrenamiento grupo experimental y control



**Efectos del entrenamiento en tareas de lengua y matemáticas**

Para examinar el desempeño de los grupos en cuanto a las habilidades académicas antes de la intervención se empleó la prueba t de Student. Todas las variables cumplieron el criterio de distribución normal en tanto los valores de asimetría y curtosis se situaron entre -1.5 y 1.5. No se hallaron diferencias estadísticamente significativas al comenzar el entrenamiento entre el grupo experimental y control (Ver Tabla 3).

**Tabla 3.**

Desempeño pre-intervención en lengua y matemática

Habilidades académicas pre-intervención	Grupos	Media	DE	t	p
Cálculo Mental	Experimental	4,40	2,95	-.222	.827
	Control	4,90	2,96		
Resolución Problema	Experimental	2,20	1,033	.391	.701
	Control	2,00	1,247		
Comprensión PF	Experimental	11,30	12,19	.295	.771
	Control	10,60	14,32		
Comprensión Textos	Experimental	10,90	14,66	.691	.498
	Control	10,50	14,27		

Posteriormente, se evaluó el impacto del entrenamiento de la MT sobre las áreas de lengua y matemática una vez finalizada la intervención. Los resultados indican que existen diferencias significativas según el grupo, en las tareas de cálculo mental y una tendencia a la significación en las tareas de resolución de problemas. En cuanto a los procesos involucrados en las tareas de lengua, si bien las diferencias no son estadísticamente significativas, se puede observar puntuaciones más altas en el grupo experimental en las tareas de comprensión. Los niños del grupo experimental presentaron mayor desempeño post intervención en cálculo mental, resolución de problemas y comprensión de palabras frases y textos (Ver Tabla 4).

**Tabla 4.**

Desempeño post-intervención en lengua y matemática

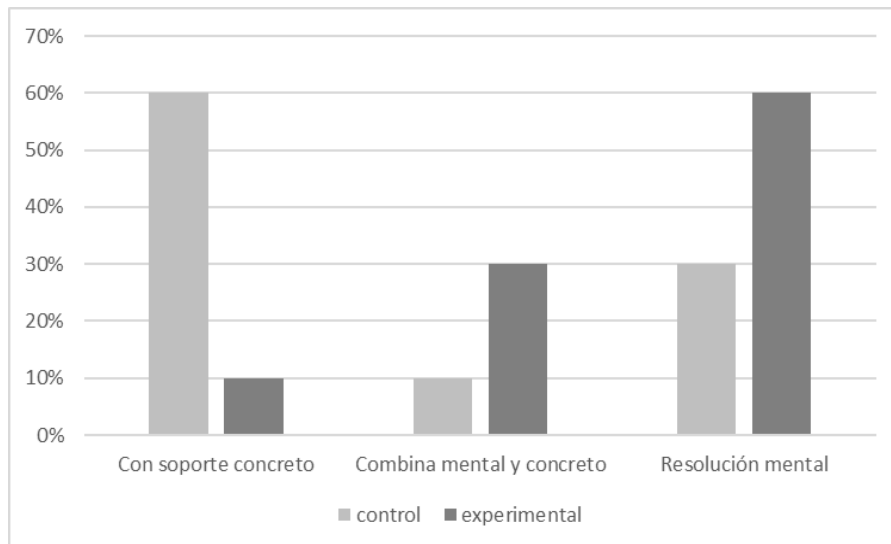
Habilidades académicas post-intervención	Grupos	Media	DE	t	p
Cálculo Mental	Experimental	11,00	1,94	2,118	<b>.048</b>
	Control	8,70	2,83		
Resolución Problema	Experimental	4,00	0,00	1,861	.079
	Control	3,50	0,84		
Comprensión PF	Experimental	33,30	5,77	.757	.459
	Control	31,30	6,03		
Comprensión Textos	Experimental	34,50	12,85	.840	.412
	Control	29,60	13,22		

**Estrategias de resolución matemática empleadas según grupo**

A partir de los datos obtenidos en resolución de problemas, se examinaron las estrategias de resolución empleadas en cada grupo (experimental vs control). Los resultados indican que más de la mitad de los participantes del grupo experimental utilizan sólo estrategias mentales, mientras que más de la mitad de los participantes del grupo control no emplea ninguna estrategia mental para la resolución de problemas (ver gráfico 3). De este modo, se evidencia que en las medidas post entrenamiento el incremento en la tarea de resolución de problemas no se reflejaría en forma cuantitativa, sino en la manera y la estrategia utilizada para resolver las situaciones problemáticas.

**Gráfico 3.**

Estrategias utilizadas para la resolución de situaciones problemáticas después del entrenamiento en el grupo experimental y control.



**Discusión y Conclusiones**

El objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento sobre cómo incrementar la capacidad de la MT y potenciar aprendizajes elementales en niños con perfil de MT descendido al inicio de la escolaridad primaria. Con este fin, se buscó responder a dos interrogantes principales. En primer lugar, ¿se puede incrementar la habilidad de la MT en estudiantes de 6 años con perfil de desempeño descendido mediante entrenamiento computarizado?, y de ser así, ¿el incremento de la MT potencia los aprendizajes elementales como el cálculo y la comprensión lectora y favorece el empleo de estrategias de resolución mental?



Con respecto a la posibilidad de incrementar la capacidad de la MT observamos, en primer lugar, que los niños que participaron del entrenamiento obtuvieron incrementos significativos en todos los componentes de la MT con respecto al pre-entrenamiento y a sus pares controles. Específicamente, encontramos que, en funciones del ejecutivo central como actualización y coordinación dual de tareas, los desempeños se ven duplicados en sus capacidades iniciales. En alternancia de tareas, se logra disminuir el tiempo de ejecución de las tareas mientras que en inhibición los cambios son menores. Estos resultados corroboran resultados reportados en investigaciones previas respecto de la posibilidad de incrementar la capacidad de MT mediante entrenamiento (Alloway Bibile & Lau, 2014; Bergman-Nutley & Klingberg, 2014; Dunning, Holmes & Gathercole, 2013; Henry, Messer & Nash, 2014; Holmes & Gathercole, 2014; Loosli, Buschkuhl, Perrig & Jaeggi, 2011). Estudios de registro cerebral también han reportado cambios inducidos por el entrenamiento en las redes cerebrales asociadas con la MT (Langer, Von Bastian, Wirz, Oberauer, & Jäncke, 2013) principalmente la red fronto-parietal (Takeuchi, Taki, & Kawashima, 2010). Una característica que comparte nuestro estudio con los de los estudios mencionados, es que el grado de dificultad de la tarea se adaptó continuamente a la capacidad de cada niño. Esto permitió respetar la individualidad en su desempeño a la vez que incrementaba las exigencias en base a sus capacidades.

Con respecto a nuestro segundo interrogante, esto es, la posibilidad de que los resultados en MT puedan transferirse a los desempeños escolares, encontramos que los niños que presentaron mayor desempeño en la MT post intervención obtuvieron mayores puntuaciones en tareas de lengua y cálculo coincidiendo con los hallazgos reportados en estudios previos (ver e.g., Alloway Bibile & Lau, 2014; Bergman-Nutley & Klingberg, 2014; Dunning, Holmes & Gathercole, 2013; Henry, Messer & Nash, 2014; Holmes & Gathercole, 2014; Karbach, Strobach, & Schubert, 2015). La comprensión lectora, implica un proceso de construcción activa de significado demandando no solo habilidades lingüísticas sino también procesos cognitivos como la memoria, la atención y el razonamiento (Abusamra et al., 2011). Así la MT sería necesaria para depositar los resultados del procesamiento de las palabras y las oraciones que componen el texto, y sus respectivas relaciones (Cartoceti, 2014) requiriendo paralelamente de recursos de procesamiento y almacenamiento para extraer el mensaje del texto. En esta línea, se ha sugerido que las personas con mayor capacidad de MT poseen un mejor control de su atención durante la lectura y para mantener el enfoque en la tarea actual evitando así fallas de la atención (McVay & Kane, 2012) por ejemplo, durante la comprensión del texto. En efecto, nuestro estudio muestra que, en las tareas de lengua como la comprensión de frases y textos, existen desempeños levemente mayores en el grupo con mayor capacidad de la MT. Esto podría deberse a que estas tareas requieren del mantenimiento de la información leída, y el procesamiento y almacenamiento del contenido relevante, todas acciones vinculadas a la función del componente ejecutivo de la MT, como lo señalan los estudios de Peng et al. (2018) y Arán-Filippetti y López (2016). Con respecto a las tareas de cálculo, encontramos que los niños que obtuvieron mayor desempeño post-intervención son aquellos con mayor capacidad de MT. Además, hallamos una tendencia a la significación, desde el punto de vista estadístico, en las tareas de resolución de problemas. Así, las operaciones de cálculo se verían favorecidas por el incremento de las capacidades de la MT ya que la naturaleza de la tarea requiere que se manipule mentalmente los números y que se opere con ellos. Coincidentemente, Dunning y Holmes (2014) proporcionan evidencia de que las mejoras relacionadas con el entrenamiento adaptativo en la MT pueden estar mediadas por cambios implícitos y espontáneos en el uso de estrategias para tratar la información, favoreciendo el desarrollo de comportamientos estratégicos para mejorar el rendimiento.

Uno de los objetivos que persigue la educación matemática es desarrollar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas. Para ello, se requiere el uso de operaciones aritméticas (i.e., suma, resta, multiplicación, o división) y la ejecución de varios procesos cognitivos diferentes. Para resolver un problema se requiere formular una representación cognitiva de la información extraída del texto (sea oral o escrito). Esta representación inicial demanda discriminar información relevante de aquella irrelevante, seleccionar pasos para la solución y, si se requiere, la transcodificación de un formato a otro. Por tal motivo, la resolución de problemas no implica solamente el mantenimiento de información, sino que requiere su control. Es decir, que la información sea analizada requiriendo el enlace con la memoria a largo plazo para evocar nodos de respuesta o datos útiles para su resolución. Las primeras estrategias que utiliza el niño para operar son las manipulativas y, progresivamente, irá utilizando con más frecuencia las estrategias que resultan más eficaces en términos de tiempo (López, 2014) como las estrategias mentales. Así, los niños pueden responder recuperando el resultado de la memoria a largo plazo (hechos numéricos) o poniendo en práctica procedimientos más rudimentarios como los manipulativos. En el presente estudio, la naturaleza de la tarea de resolución de problemas no requirió tiempo límite de ejecución, lo que explicaría que no haya diferencias significativas entre los estudiantes con alto y bajo rendimiento en MT. Sin embargo, se evidencia que la estrategia utilizada en cada grupo difiere en su complejidad cognitiva. Las estrategias para la resolución de operaciones

aritméticas más complejas buscan la rentabilidad de las operaciones y las funciones de la MT cumplen un rol importante en su optimización, como se observa en el grupo con mayor desempeño.

Los resultados presentados están sujetos a las limitaciones propias del estudio. En primer lugar, el tamaño de la muestra es pequeño lo que limita la generalización de los resultados. Otro aspecto limitante fue que, si bien se realizó evaluación antes-después, no se realizó un seguimiento para conocer si los resultados obtenidos se mantenían en el tiempo (i.e., transferencia a largo plazo). Futuros estudios se beneficiarían de investigar la estabilidad de los resultados del entrenamiento para conocer si éstos permanecen en el tiempo a fin de determinar los efectos de transferencia a largo plazo.

En síntesis, nuestros resultados indican que el entrenamiento en MT en niños de 6 años se traduce en una mejora del rendimiento de este componente ejecutivo en la mayoría de sus funciones. Además, esta mejora de rendimiento en MT tiene efectos que se transfieren al aprendizaje, en particular en el rendimiento de tareas matemáticas y, en menor medida, en lengua. Estos resultados tienen importantes implicaciones clínicas y educativas. En primer lugar, los estudios con diseño pre-post intervención destinados a conocer los efectos del entrenamiento sobre las habilidades cognitivas entrenadas y académicas favorecen el diseño de programas y estrategias de intervención para potenciar los procesos cognitivos en niños, en particular, en aquellos que presenten un perfil cognitivo de disfunción ejecutiva. Por otra parte, el presente estudio brinda datos relevantes sobre cómo impacta, en los diferentes aprendizajes elementales, procesos psicológicos que no son comúnmente contemplados dentro de la esfera educativa, fomentando la inclusión de estos aspectos en la práctica profesional, no solo para mejorarlos, sino también en la prevención de futuras dificultades de aprendizaje. Además, se presentan evidencias concretas sobre los beneficios que se obtienen en las adquisiciones escolares, como la lectura, el cálculo y el razonamiento aritmético, si se atienden y potencian procesos cognitivos como la MT, sobre todo considerando que estos constituyen algunos de los aspectos que mayor cantidad de dificultades ofrece a los estudiantes y en las demandas profesionales. La identificación y el conocimiento de los procesos cognitivos que intervienen y promueven los aprendizajes nos permiten perfeccionar programas y estrategias de intervención, no solo para mejorar los aprendizajes, sino también para la detección precoz de posibles dificultades académicas al inicio de la escolaridad formal y la implementación de prácticas neuroeducativas al interior del aula.

## ORCID AUTORES

Magdalena López: <https://orcid.org/0000-0002-6765-5170>

Vanessa Arán Filippetti: <https://orcid.org/0000-0002-0753-5089>

## REFERENCIAS

- Abusamra, V., Casajús, A., Ferreres, A., Raiter, A., De Beni, R., & Cornoldi, C. (2011). Programa Leer para Comprender. Desarrollo de la comprensión de textos. Libro Teórico. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Alloway, T.P., Bibile, V. & Lau, G. (2014). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students? *Computers in Human Behavior*, 34, 352.
- Arán-Filippetti, V., & López, M. B. (2016). Funciones ejecutivas y comprensión lectora. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 10(1), 23-44. doi: 10.7714/CNPS/10.1.202
- Arán Filippetti, V., & Richaud, M. C. (2015). Do Executive Functions Predict Written Composition?: Effects beyond Age, Verbal Intelligence and Reading Comprehension. *Acta Neuropsychologica*, 13, 331-349.
- Arán Filippetti, V., & Richaud, M. C. (2017). A structural equation modeling of executive functions, IQ and mathematical skills in primary students: Differential effects on number production, mental calculus and arithmetical problems. *Child Neuropsychology*, 23, 864-888. doi: 10.1080/09297049.2016.1199665
- Archibald, S.J. & Kerns, K. (1999). Identification and description of new test of executive functioning in children. *Child Neuropsychology*, 5(2), 115-129.
- Baddeley, A. (1992) Working Memory. *Science*, 255(5044), 556-559. <http://links.jstor.org/sici?sici=00368075%2819920131%293%A255%3A5044%3C556%3A5044%3E2.O.CO%3B2-B>.
- Bergman-Nutley, S. & Klingberg, T. (2014). Effect of working memory training on working memory, arithmetic and following instructions. *Psychological Research*, 78, 869-877. DOI 10.1007/s00426-014-0614-0
- Cartoceti, R. (2014). La comprensión de textos desde una perspectiva cognitiva: aportes de la psicolingüística. Una revisión teórica. *Signos Lingüísticos*, 10, 110-129.
- Dahlin, K. I. E. (2011). Effects of working memory training on reading in children with special needs. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 24(4), 479-491.
- Defior Citoler, S., Fonseca, L., Gottheil, B, Aldrey, A., Jimenez Fernández, G., Pujals, M., & Serrano Chica, F. (2006). LEE: Test de Lectura y Escritura en español. Buenos Aires, Argentina: Paidós.

- 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.
- Dunning, D.L. & Holmes, J. (2014). Does working memory training promote the use of strategies on untrained working memory tasks? *Memory & Cognition*, 42, 854-862. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0410-5>
- Feld, V., Taussik, I., & Azzareto, C. (2006). Test PRO-CALCULO: Test para la evaluación del procesamiento del número y el cálculo en niños. Buenos Aires: Paidós.
- Henry, L.A., Messer, D.J., & Nash, G. (2014). Testing for near and far transfer effects with a short, face-to-face adaptive working memory training intervention in typical children. *Infant and Child Development*, 23, 84-103. DOI: 10.1002/icd.1816
- Holmes, J. & Gathercole, S.E. (2014). Taking working memory training from the laboratory into schools. *Educational Psychology*, 34(4), 440-450, DOI: 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. doi: 10.1111/j.1467- 7687.2009.00848x
- Holmes, J., Gathercole, S.E., Place, M., Dunning, D.L., Hilton, K.A., & Elliot, J.G. (2010). Working memory deficits can be overcome: Impacts of training and medication on working memory in children with ADHD. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 827-836. doi: 10.1002/acp.1589 01443410903509259
- Hoskinson, P., & Toomim, J. (2010). Brain Workshop (Version 4.8.1) [Computer Software].
- Jones, J. S., Milton, F., Mostazir, M., & Adlam, A.R. (2019). The Academic Outcomes of Working Memory and Metacognitive Strategy Training in Children: A Double-Blind Randomised Controlled Trial. *Developmental science*, e12870.
- Karbach, T., Strobach, T. & Schubert (2015). Adaptive working-memory training benefits reading, but not mathematics in middle childhood. *Child Neuropsychology*, 21, 285–301.
- Kline, R. B. (1998). Principles and practice of structural equation modeling. New York: The Guilford Press.
- 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. doi: 10.1097/00004583-200502000-00010
- Langer, N., Von Bastian, C. C., Wirz, H., Oberauer, K., & Jäncke, L. (2013). The effects of working memory training on functional brain network efficiency. *Cortex*, 49, 2424-2438. doi: 10.1016/j.cortex.2013.01.008
- Loosli, S.V., Buschkuhl, M., Perrig, W.J. & Jaeggi, S.M. (2011) Working memory training improves reading processes in typically developing children. *Child Neuropsychology*, 1–17. DOI: 10.1080/09297049.2011.575772
- López, M. (2014). Desarrollo de la memoria de trabajo y desempeño en cálculo aritmético: un estudio longitudinal en niños. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 12(1), 171-190 DOI: <http://dx.doi.org/10.14204/ejrep.32.13103>.
- McVay, J. C., & Kane, M. J. (2012). Why does working memory capacity predict variation in reading comprehension? On the influence of mind wandering and executive attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, 302-320.
- Nemmi, F., Helander, E., Helenius, O., Almeida, R., Hassler, M., Räsänen, P., & Klingberg, T. (2016). Behavior and neuroimaging at baseline predict individual response to combined mathematical and working memory training in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 20, 43-51.
- Olive, T. (2011). Working memory in writing. In V. W. Berninger (Ed.), *Past, present, and future contributions of cognitive writing research to cognitive psychology* (pp. 485-503). New York: Psychology Press.
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., ... Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, 144, 48-76. doi:10.1037/bul0000124
- Reitan, R. M., & Wolfson, D. (1992). Neuropsychological evaluation of older children. Tucson, AZ: Neuropsychology Press.
- St Clair-Thompson HL & Gathercole SE. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-59.
- Söderqvist, S., & Bergman Nutley, S. (2015). Working memory training is associated with long term attainments in math and reading. *Frontiers in psychology*, 6, 1711.
- Takeuchi, H., Taki, Y., & Kawashima, R. (2010). Effects of working memory training on cognitive functions and neural systems. *Reviews in the Neurosciences*, 21, 427–450.
- Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G. & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12(1), 106 -133. doi:10.1111/j.1467-7687.2008.00745
- Von Bastian, C. C., & Oberauer, K. (2014). Effects and mechanisms of working memory training: a review. *Psychological research*, 78(6), 803-820. <https://doi.org/10.1007/s00426-013-0524-6>
- Wechsler, D. (2003). Wechsler Intelligence Scale for Children – Fourth Edition (WISC-IV). San Antonio, TX: The Psychological Corporation. [Spanish adaptation (2005), Madrid: TEA Ediciones]