

Original

Papel de las memorias de trabajo verbal y espacial en el cálculo

MAGDALENA LÓPEZ

MAGDALENA LÓPEZ
Licenciada en Psicopedagogía.
Investigadora del Consejo
Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas de la
República Argentina (Conicet);
Universidad Católica Argentina,
sede de Paraná, Paraná,
Entre Ríos, Argentina.

El presente estudio explora la relación que la memoria verbal y la visoespacial guardan con el desempeño. Multiple tasks measuring 4 different memory components were used to capture verbal and graphical calculation, in children of 6 years of age ($n = 103$) who are in the first year of primary school. The objective was to know in what measure they are related to elementary learnings, such as calculation. The results show that verbal memory affects significantly the performances in calculation. The implications of the results are discussed in relation to a better comprehension of the paper that cognitive skills play in the school performance.

Palabras clave: Memoria de trabajo – Cálculo – Niños.

The role of the verbal and spatial working memory in calculation

The present study explores the relationship of verbal and visuospatial memory to performance on verbal and graphical calculation of 6 years children ($n = 103$) that starts first year of primary school. The aim of this study was to know the measures that these memories are related to elementary learnings as calculation. The results show that verbal memory affects significantly the performances in calculation. The implications of the results are discussed in relation to a better comprehension of the paper that cognitive skills play in the pedagogic performances.

Key words: Working memory – Calculation – Children.

CORRESPONDENCIA
Lic. Magdalena López. Buenos
Aires 239, E3100XAI Paraná,
Entre Ríos, República Argentina;
magdalenaglopez@gmail.com

Introducción

La memoria humana es un sistema neurocognitivo por medio del cual codificamos, almacenamos y recuperamos la información adquirida. Es el proceso que nos permite retener todo lo que aprendemos, con la posibilidad de evocarlo más tarde. En el aprendizaje es posible utilizar diversas estrategias mentales, que ponen en juego procesos y regiones cerebrales diferentes. Las propiedades de las memorias que se forman cuando aprendemos dependen en gran medida de la estrategia y del tipo de aprendizaje que se hayan utilizado para generarlas. Por lo tanto, ante una situación de aprendizaje es muy importante examinar las modalidades o fortalezas cognitivas que pueden ayudar al proceso. Es posible que ciertos pequeños cambios en los estímulos o en la situación misma de aprendizaje sirvan de ayuda a las estrategias que el cerebro emplea para procesar la información, o contribuyan a optimizar tales estrategias. En los niños, cuyas capacidades mnésicas experimentan un desarrollo paralelo al de su desarrollo cognitivo general, el proceso de escolarización es un mecanismo importante en el cambio de funcionamiento de la memoria.

Conocimientos aritméticos elementales

Desde el punto de vista neuropsicológico, en una simple operación aritmética intervienen diferentes mecanismos: de procesamiento verbal o gráfico de la información, de percepción, de reconocimiento y, cuando resulta oportuno, de producción de caligrafía y ortografía numéricas y algebraicas. Tienen lugar asimismo la representación número/símbolo, la discriminación visuoespacial y el alineamiento de los dígitos, que deben ser colocados adecuadamente en el espacio [7]. Las operaciones aritméticas consisten, pues, en procesos a través de los cuales se manipulan simbólicamente datos que resultaría difícil o incluso imposible manipular de forma material. Dichas operaciones requieren haber adquirido ya el concepto de número, conocer la función simbólica y comprender la característica de reversibilidad, junto con una apropiada capacidad de percepción del tiempo y de la orientación espacial.

En función, entre otros factores, del tipo de operación que deba realizarse, y de los símbolos numéricos por emplear, la aritmética requiere diferentes procesos cognitivos y distintas estrategias de resolución [16]. No es lo mismo realizar una operación matemática

mentalmente que resolverla sobre un soporte gráfico. Si la operación de cálculo es mental, la información numérica y de las reglas de cálculo ha de mantenerse en la memoria de trabajo por cierto tiempo. En cambio, si la operación se lleva a cabo con apoyo gráfico, el soporte de papel puede cumplir las funciones que en las operaciones mentales son cubiertas por la memoria [13].

La realización de cálculos por escrito implica atenerse a una serie de pasos, que son las reglas de procedimiento. Al disponer una cuenta sobre el papel en sentido vertical se hace preciso seguir una regla de alineación. Las cifras se encolumnarán por la derecha, a fin de que las unidades queden colocadas una directamente debajo de la anterior, y lo mismo las decenas y las centenas. El cálculo mental, en cambio, supone o requiere la existencia de soltura para las combinaciones numéricas básicas y para las complejas [6]. Gracias a la comprensión de los conceptos básicos sobre las operaciones, y a su consiguiente aplicación, los niños van acumulando más y más información relativa a los números y sus propiedades, y a la manera de operar con ellos, lo que facilita la construcción del pensamiento matemático.

La información sobre los hechos aritméticos básicos se almacena en la memoria en forma de «nodos», en los cuales se hallan representados tanto los problemas como las respuestas [21]. A medida que se producen respuestas acertadas, aumenta la fuerza asociativa entre los nodos de hechos aritméticos y los nodos de respuestas, y se va produciendo la automatización de las operaciones aritméticas elementales, lo cual supone un importante ahorro cognitivo [6].

Las memorias de trabajo verbal y espacial

En la actualidad no se considera ya a la memoria un sistema unitario. Se distinguen varios subtipos de memoria, que difieren unos de otros en sus formas de operar, en el tipo de información que manejan y en sus sustratos neuroanatómicos. Si bien tales subsistemas interactúan entre sí, se los considera relativamente independientes. Alan Baddeley [3] define a la memoria de trabajo como un sistema cerebral que proporciona almacenamiento temporal y manipulación de la información necesaria para emprender tareas cognitivas complejas. Concibe a tal sistema como un mecanismo de almacenamiento activo, dota-

do de mecanismos especializados de almacenamiento provisional, que sólo entran en juego cuando es preciso retener un tipo específico de información.

La memoria de trabajo es conceptualizada como un sistema activo de almacenamiento temporal y de manipulación de la información, el cual resulta necesario para llevar a cabo acciones tales como aprender, razonar [10] y comprender [4, 15]. La memoria de trabajo establece un vínculo fundamental entre la percepción, la atención, la memoria y la acción. A la vez, en la función de alcanzar las metas trazadas el sistema de memoria parece poder manipular los contenidos y actualizar la información. El carácter funcional de este sistema se hace evidente cuando se lo necesita para mantener la información en el corto plazo, en tareas tan diferentes como la comprensión y el razonamiento [5].

Baddeley & Hitch han imaginado un modelo multicompuesto de memoria de trabajo. Lo conciben integrado por un controlador atencional, al que llaman «el ejecutivo central», y dos sistemas subsidiarios, la *agenda visoespacial* y el *bucle fonológico*. El ejecutivo central funciona como enlace entre la memoria a largo plazo y los otros dos sistemas citados, de los que el primero trabaja con información espacial y el otro con información verbal. Con posterioridad, estos autores han incorporado a su modelo el *buffer* episódico, un sistema de almacenamiento temporal que, a partir de los subsistemas y de la memoria de largo plazo, compone la información en una representación episódica única. La estructura descrita abarca a la vez la capacidad de almacenamiento temporal de la información y la presencia de un conjunto activo de procesos de control, que permite que la información sea registrada intencionalmente y mantenida dentro del subsistema. Algunos autores sugieren que la memoria de trabajo consists of a domain-general aspect that coordinates information in two independent domain-specific components for verbal and visuospatial [15, 8].

En la vida cotidiana de las personas, la forma en que es comprendida la información a partir de la acción de la memoria de trabajo es clave para la retención a largo plazo y para la posterior recuperación, en un proceso que constitu-

ye uno de los mecanismos esenciales del desarrollo de representaciones conceptuales y de la transmisión de conocimientos [19, 22].

Funcionalidad hemisférica

Gracias a los datos neurobiológicos y los desarrollos tecnológicos a los que hemos tenido acceso en los últimos años, podemos disponer de conocimientos cada vez más amplios sobre la estructura y la organización de la cognición humana. Mucho se ha hablado de la especialización hemisférica, y de que el hemisferio izquierdo se asocia con el lenguaje, en tanto que el derecho lo hace con las destrezas visoespaciales. Hoy en día se sabe que ambos hemisferios se complementan, que trabajan en forma conjunta durante los procesos cognitivos. Al hemisferio derecho se le atribuyen más áreas de asociación que al izquierdo, y se considera que éste es el encargado de analizar y clasificar la información dentro de los esquemas ya existentes, mientras que el hemisferio derecho es superior en el procesamiento de información nueva y en la construcción de esquemas originales, que en usos futuros compartirá con el otro hemisferio [18]. El hemisferio derecho se desarrolla con más rapidez que el izquierdo, y ese crecimiento más precoz refleja una mayor participación del derecho durante los primeros años de vida, debido al hecho de que la comunicación prelingüística es sustancial en las primeras etapas del desarrollo [9]. Por lo general se acepta que el hemisferio derecho desempeña un papel importante en el procesamiento de material verbal que requiere mediación visoespacial, así como también en el procesamiento de material verbal con componente emocional, y en los procesos de inferencia en tareas lingüísticas [18].

La aplicación de tecnologías de obtención de neuroimágenes, en especial la resonancia magnética funcional, al estudio del procesamiento numérico y el cálculo ha supuesto un avance notable en la investigación, al permitir establecer las bases neurales que se encuentran sugeridas en los modelos cognitivos de procesamiento numérico. Parece existir un patrón madurativo de inicio frontal, que una vez automatizada la relación entre los símbolos numéricos y las magnitudes que estos representan se especializaría progresivamente a un procesamiento parietal [1]. El lóbulo parietal es la región de mayor relevancia en el procesamiento numérico. En él se han identificado dos regiones que asumen funda-

mental importancia durante la realización de tareas numéricas: el segmento horizontal del surco intraparietal y el giro angular [2]. La participación de la región prefrontal en los circuitos neurales del cálculo puede estar relacionada con el almacenamiento y la recuperación de la información necesaria para la resolución de esas tareas. Al parecer, es el empleo de esas estrategias lo que permite a las personas dotadas para el cálculo la resolución rápida y eficiente de tareas aritméticas [20].

Materiales y métodos

Muestra

Se trabajó con 103 niños, evaluados a los 6 años de edad, mientras cursaban su primer grado de escolaridad básica en la ciudad de Paraná, capital de la provincia argentina de Entre Ríos.

Instrumentos

Test de inteligencia WISC III [23] (*Wechsler Intelligence Scale for Children*).

Incluye un número de subtests complementarios:

- *Retención directa de dígitos*. Los niños tienen que repetir series de entre dos y nueve números no consecutivos, en el mismo orden en que han sido enunciadas oralmente por el examinador. El subtest pone a prueba ante todo el almacenamiento por breve plazo de información auditiva en la memoria de trabajo.

- *Retención inversa de dígitos*. Los niños deben repetir series de entre dos y ocho números no consecutivos, en orden inverso al enunciado por el examinador. El subtest evalúa la capacidad para retener en la memoria una cifra, a la vez que se la reordena. Ello implica la manipulación activa de la información almacenada, con lo que se pone en funcionamiento el control ejecutivo de la memoria de trabajo.

- *Aritmética*. Este subtest evalúa la resolución de problemas aritméticos.

Test de Rey [17], de copia y reproducción, efectuada de memoria, de figuras geométricas complejas.

Se ha empleado la versión adaptada española. El test evalúa las destrezas visomotoras, la percepción visual y la memoria visual inmediata, y también el uso de las capacidades de planificación y organización. Para organizar y reproducir diseños complejos, como la figura compleja de Rey-Osterrieth, es necesario emplear la memoria de trabajo no verbal.

Cuatro reactivos de una y dos cifras (dos de suma y dos de resta), elaborados con cálculos gráficos.

Procedimiento

Las evaluaciones fueron individuales, con un tiempo aproximado de duración de cuarenta minutos para cada niño.

Análisis estadístico

Los datos fueron procesados y analizados estadísticamente por medio del *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versión 15.0. Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante análisis de regresión por pasos sucesivos.

Resultados

-- El análisis de regresión demuestra que en referencia al cálculo verbal la memoria verbal presenta un coeficiente de correlación $R^2 = .261$ ($p = .000$) lo que explicaría el 26% de la varianza total.

-- La memoria espacial presenta un coeficiente de correlación $R^2 = .287$ ($p = .000$) y aportó solo un 2% más. El modelo final explicó el 28% de la varianza total (tabla 1).

-- En referencia al cálculo gráfico, el análisis muestra que la relación con la memoria verbal

Tabla 1. Coeficientes de regresión del cálculo verbal

Memoria	B	Beta	t	Sig.	p
Verbal	0,143	0,464	5,33	0,000	<0,1
Espacial	0,013	0,151	1,72	0,032	<0,5

Tabla 2. Coeficientes de regresión del cálculo gráfico

Memoria	B	Beta	t	Sig.	p
Verbal	0,171	0,485	5,76	0,000	<0,1
Espacial	0,022	0,225	2,66	0,009	<0,5

presenta un coeficiente de correlación $R^2 = .294$ ($p = .000$), lo que explicaría el 29% de la varianza total.

-- La memoria espacial presenta un coeficiente de correlación $R^2 = .334$ ($p = .009$) y aportó un 4% más. El modelo final explicó el 33% de la varianza total (tabla 2).

Discusión

Por medio de este trabajo hemos querido conocer la influencia que tenían las modalidades de la memoria de trabajo verbal y de la espacial en la resolución de cálculos llevados a cabo por procedimientos verbales y gráficos. Como respuesta, el estudio nos indica que ambas formas de memoria intervienen en las diferentes modalidades de resolución de cálculo, y que la que influye preponderantemente en tareas de ese carácter es la memoria verbal. En tareas y procesos vinculados con la función de contar, la memoria verbal abarca tanto funciones del bucle fonológico como del and the central executive appears to be involved in the coordination of the ejecutivo central; aporta a la coordinación de numerosas multiple activities involved in counting and the solving of arithmetic problems actividades, y cumple la función de enlace con la memoria de largo plazo, con lo que hace posible evocar lo aprendido. El buen desempeño en esas solas funciones no basta, pero de todas maneras ellas son necesarias para poder desarrollar representaciones de las operaciones matemáticas en la memoria de largo plazo. Es preciso tener en cuenta que la

forma en que se comprende la información a partir de la acción de la memoria de trabajo es un elemento clave para la retención a largo plazo, y para la posterior recuperación. Estos datos guardan coherencia con los ya aportados por otros autores [11,12,14], quienes estiman esencial para la realización de operaciones aritméticas el papel que en forma conjunta desempeñan el bucle fonológico y el ejecutivo central [11]. Así, parecen constituir dificultades para el aprendizaje del cálculo las representaciones fonológicas débiles y la pérdida de información antes de que se llegue al término de la operación emprendida. Ambas aparentan reducir la probabilidad de que la cantidad añadida y la respuesta puedan asociarse en la memoria de largo plazo [12].

Los niños con dificultades en la memoria verbal revelan ser más lentos para contar, y tienen más dificultades para la recuperación de la memoria de largo plazo [14]. En los primeros años de escolarización es elevada la incidencia de dificultades para el cálculo, lo que vuelve más arduo alcanzar etapas de aprendizaje de mayor complejidad. Consideramos muy necesario definir y conocer los procesos cognitivos que pueden estar incidiendo en los desempeños, tanto para llegar a una comprensión más acabada de los fenómenos implicados en ciertas actividades cognitivas complejas como para desarrollar estrategias de prevención y de intervención, que permitan hacer cada vez menos frecuentes las dificultades inherentes al cálculo aritmético.

Referencias

1. Ansari D, Gracia N, Lucas E, Halmon K, Dhital B. Neural correlates of symbolic number processing in children and adults. *Neuroreport*. 2005; 16(16):1769-73.
2. Ardila A, Rosselli M. Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychol Rev*. 2002; 12(4):179-231.
3. Baddeley A. Working memory. *Science*. 1992; 255(5044):556-59.
4. Baddeley A. Working memory. New York: Oxford University Press; 1986.
5. Baddeley A & Hitch G. Working memory. En Bower GA. *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press; 1974:47-89.
6. Baroody A. El pensamiento matemático de los niños. Madrid: Visor; 1998.
7. Boller FY, Grafman J. Acalculia. En Friedericks JAM, editor. *Handbook of clinical neurology*. Clinical neuropsychology. New York: Elsevier; 1985:473-81.
8. Engle RW, Tuholski SW, Laughlin JE & Conway AR. Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable model approach. *J Exp Psychol Gen*. 1999; 128(3):309-31.
9. García Nonell C, Rigau Ratera E, Artigas Pallarés J. Características del trastorno de aprendizaje no verbal. *Rev. Neurol*. 2006; 43(5):268-74.
10. Gathercole SE, Alloway TP, Willis C & Adams AM. Working memory in children with

reading disabilities. *J Exp Child Psychol.* 2006; 93(3):265-81.

11. Geary D, Hoard M & Hamson C. Numerical and arithmetical cognition: patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *J Exp Child Psychol.* 1999, 74(3):213-39.

12. Geary DC & Brown SC. Cognitive addition: Strategy choice and speed of processing differences in gifted, normal, and mathematically disabled children. *Dev Psychol.* 1991; 27(3):398-406.

13. Hitch G. The role of short term working memory in mental arithmetic. *Cogn Psychol.* 1978; 10(3):302-23.

14. Hitch GJ, Mcauley E. Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *Br J Psychol.* 1991, 82(3):375-86.

15. Just MA & Carpenter PA. A capacity theory of comprehension. Individual differences in working memory. *Psychol Rev.* 1992; 99(1):122-49.

16. Lee K-M, Kang S-Y. Arithmetic operation and working memory: Differential suppression in dual task. *Cognition*; 2002. 83:B63-B68.

17. Rey A. Test de copie et de reproduction de mémoire de figures géométriques complexes. En Rey A. *Figura de Rey. Test de copia de una figura compleja.* Madrid: TEA;1987.

18. Rourke BP. *Nonverbal learning disabilities: the syndrome and the model.* New York: Guilford Press; 1989.

19. Ruiz M. *Las caras de la memoria.* España: Pearson Prentice Hall; 2004.

20. Serra-Grabulosa JM, Adan A, Pérez-Pàmies M, Lachica JY, Membrives S. Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo. *Rev Neurol.* 2010; 50(1):39-46.

21. Siegler RS & Shrager J. Strategy choice in addition and subtraction: How do children know what to do? En Sophian C, editor. *Origins of cognitive skills.* Hillsdale, NJ: Erlbaum; 1984:229-93.

22. Soprano AM & Narbona J. *La memoria del niño. Desarrollo normal y trastornos.* Barcelona: Elsevier Doyma; 2007.

23. Wechsler D. *Wechsler Intelligence Scale for Children.* Fourth edition. San Antonio, TX: The Psychological Corporation; 2003.