

Un análisis comparativo del papel del bucle fonológico versus la agenda viso-espacial en el cálculo en niños de 7-8 años

Ángel Alsina i Pastells y Dolores Sáiz Roca*
Universidad de Vic y * Universidad Autónoma de Barcelona

En esta investigación se ha estudiado la relación entre dos subsistemas de la memoria de trabajo (bucle fonológico y agenda viso-espacial) y el rendimiento en cálculo con una muestra de 94 niños españoles de 7-8 años. Hemos administrado dos pruebas de cálculo diseñadas para este estudio y seis medidas simples de memoria de trabajo (de contenido verbal, numérico y espacial) de la «Batería de Tests de Memoria de Treball» de Pickering, Baqués y Gathercole (1999), y dos pruebas visuales complementarias. Los resultados muestran una correlación importante entre las medidas de contenido verbal y numérico y el rendimiento en cálculo. En cambio, no hemos encontrado ninguna relación con las medidas espaciales. Se concluye, por lo tanto, que en escolares españoles existe una relación importante entre el bucle fonológico y el rendimiento en tareas de cálculo. En cambio, el rol de la agenda viso-espacial es nulo.

A comparative analysis of the phonological loop versus the visuo-spatial sketchpad in mental arithmetic tasks in 7-8 y.o. children. This research analyses the relationship between two subsystems of working memory (phonological loop and visuo-spatial sketchpad) and arithmetic achievement in a sample of 94 spanish 7-8 year-old children. Two arithmetic measures for this study, six simple measures of working memory (including verbal, quantitative and spatial measures) from Pickering, Baqués and Gathercole's «Bateria de Tests de Memòria de Treball», and two complementary visual tests were used. The results show that verbal and quantitative measures were correlated with arithmetic achievement, but not spatial measures. We conclude that there is a stronger relationship between phonological loop and arithmetic achievement in spanish children, but the visuo-spatial sketchpad however seems to have a limited influence.

Baddeley y Hitch (1974) formularon hace ya más de un cuarto de siglo un nuevo modelo en el campo de la psicología de la memoria sobre el papel desempeñado por la memoria a corto plazo: el modelo de memoria de trabajo. En su planteamiento inicial se consideraba un sistema de atención controlador que supervisaba y coordinaba varios sistemas subordinados subsidiarios. El controlador atencional se denominó ejecutivo central y los subsistemas subordinados más estudiados han sido: el bucle fonológico, que se supone que manipula información basada en el lenguaje, y la agenda viso-espacial, que se supone que se encarga de la creación y manipulación de imágenes (Baddeley, 1999). Este estudio generó y continúa generando una prolífica investigación con el objeto de conceptualizar la memoria de trabajo, localizar sus subsistemas, los procesos que se llevan a cabo en ellos, o su implicación en el procesamiento de diversas tareas cognitivas, como por ejemplo la lectura (Baqués y Sáiz, 1999; entre otros).

Aunque en menor medida, también se han publicado trabajos que analizan el papel de este sistema de memoria en el cálculo (pa-

ra una revisión, consultar Alsina, 2001). Para comprender la base de estos estudios debemos retroceder más de 40 años, cuando al analizar la duración de la memoria a corto plazo, Brown (1958) y Peterson y Peterson (1959) demostraron que la actuación de este sistema de memoria en una tarea se ve perturbada, durante unos segundos, por el cálculo mental intercalado entre la presentación y el recuerdo de los elementos. Este recuerdo empeora a medida que aumenta el grado de complejidad del cálculo. Entre las diversas explicaciones posibles (Adams y Hitch, 1997; Ashcraft, 1992; entre otros), se podría postular que ambas tareas compiten por los mismos recursos, que tienen una capacidad limitada.

De todas formas, el primer trabajo que alude de forma explícita al papel de la memoria de trabajo en el cálculo no se publica hasta finales de los años setenta (Hitch, 1978). Este estudio, realizado con adultos, subraya que la información numérica temporal se olvida si no se utiliza inmediatamente; este olvido es una fuente de errores; y dicho olvido se ve incrementado por el número de pasos entre la presentación de la información numérica y su uso.

La consolidación de este tipo de investigaciones, así como su concreción en escolares, se produce a finales de los ochenta y durante los noventa (Adams y Hitch, 1997; Bull y Johnston, 1997; Hitch y McAuley, 1991; McLean y Hitch, 1999; entre otros). La mayoría de estos trabajos han analizado un único subsistema, sobre todo el bucle fonológico, y coinciden al destacar su papel en el cálculo. Sin embargo, se han publicado también algunos trabajos

discordantes. Así, por ejemplo, en un estudio de Gathercole y Pickering (2000a) con niños de 7,4 años de media, se concluye que el bucle está relacionado sólo con el conocimiento de vocabulario. También McLean y Hitch (1999) encuentran que niños de 9 años con dificultades aritméticas tienen una puntuación normal de bucle fonológico. Aunque es difícil explicar estas contradicciones al partir de muestras de edades similares, uno de los focos que provoca la disparidad podría ser el uso de diferentes tareas, ya que cada tarea puede exigir un uso distinto de recursos. En esta línea, Oberauer et al. (2000) proponen distinguir la memoria de trabajo en tres tipos: verbal, numérica y espacial, en función del contenido involucrado en las tareas. Respecto a este dato, estudiado también en nuestro país (Bajo et al., 1999; Ruiz-Vargas y Cuevas, 1999), Oberauer y su equipo de trabajo apuntan, al igual que Hitch et al. (2001), que por el momento la distinción no está demasiado clara.

Respecto al papel de la agenda viso-espacial en el cálculo, los resultados son aún más dispares. Algunos autores que han analizado sujetos adultos (Logie et al., 1994; Wilson y Swanson, 2001) exponen que si bien parece evidente que la memoria de trabajo interviene en funciones fonológicas como contar o calcular, su papel en las funciones visuales y espaciales es menos claro. También Geary et al. (1999), que analizan una muestra de niños de 6-7 años, destacan el papel del bucle fonológico junto con el ejecutivo central en la realización de tareas aritméticas y, desde una perspectiva más genérica, Oberauer et al. (2000) concluyen que la memoria de trabajo espacial es claramente distinta de las otras dos categorías (verbal y numérica). En cambio, otros autores como Robinson et al. (1996), en un estudio con una muestra de 778 niños de Educación Infantil, señalan una fuerte relación entre factores espaciales y cuantitativos. McLean y Hitch (1999) también encuentran que los niños con baja habilidad aritmética presentan déficits en el componente espacial de la memoria de trabajo. También Gathercole y Pickering (2000b), en un estudio realizado con niños de 6 a 8 años con una puntuación baja en inglés y matemáticas, obtienen puntuaciones bajas en medidas del ejecutivo central y en particular de la agenda viso-espacial. Esta discrepancia en los resultados podría ser debida a diferencias evolutivas, puesto que mientras Logie et al (1994) o Wilson y Swanson (2001) trabajan con adultos (18-65 años), Gathercole y Pickering (2000b), McLean y Hitch (1999) o Robinson et al (1996) trabajan con niños. Sin embargo, desde nuestro punto de vista el factor más determinante es el tipo de medida matemática utilizada: por un lado, Geary et al. (1999) y Logie et al (1994) usan tareas exclusivas de cálculo (13+18), mientras que McLean y Hitch (1999) utilizan una tarea de ítems desaparecidos ($2+3=4+?= ?$) y Gathercole y Pickering (2000b) parten de los estándares del curriculum de matemáticas del Reino Unido, con una gama de tareas matemáticas mucho mayor.

En síntesis, por un lado apreciamos que no existe consenso sobre el papel que desempeñan los dos subsistemas subsidiarios de la memoria de trabajo en el cálculo, y algunas de las causas podrían ser las diferencias evolutivas y sobre todo el tipo de tarea. Por otro lado, observamos que existe un vacío de investigaciones con escolares españoles. Así, pues, el objetivo de nuestro trabajo consiste en tratar de contrastar la relación entre los subsistemas de la memoria de trabajo y el rendimiento en tareas de cálculo en niños de 7-8 años. Ello nos ha llevado a diseñar una investigación que contemple un abanico suficientemente amplio de pruebas de los dos subsistemas, junto con distintas pruebas de cálculo que contemplen todos los aspectos del curriculum actual.

Método

Sujetos

La muestra estuvo formada por 94 alumnos (53 niños y 41 niñas) de 7-8 años, con una media de 7,5 años. Escogimos niños de esta edad porque tienen ya la noción de número y la capacidad mental de operar (Piaget y Szeminska, 1941), requisitos indispensables para poder analizar su rendimiento aritmético.

Los sujetos de nuestra muestra procedían de cinco centros escolares de poblaciones semiurbanas del centro de Cataluña (Vic y poblaciones limítrofes). Los cinco centros partían de un curriculum de matemáticas y una metodología de enseñanza-aprendizaje del cálculo muy similares. Las familias eran de origen socio-económico-cultural medio y mayoritariamente catalanohablantes.

Material

- Pruebas aritméticas: la inexistencia de pruebas estandarizadas que contemplasen los contenidos aritméticos del currículum actual conllevó que se diseñaran dos pruebas específicas, una de numeración y otra de cálculo. En estas pruebas se obtenía 1 punto por cada acierto y -1 punto por cada error. La prueba de numeración contenía un dictado oral de 10 números; relacionar el nombre de 12 números con su símbolo matemático; comparar 20 pares de cantidades; escribir el número natural anterior y posterior al dado; y completar 4 series numéricas. El tiempo de administración fue de 6 minutos. La prueba de cálculo estaba formada por 40 operaciones simples (20 sumas y 20 restas) y 40 operaciones complejas (15 sumas, 15 restas y 10 combinadas). El tiempo de administración fue de 8 minutos. Las puntuaciones obtenidas en estas pruebas correlacionaron de forma significativa ($r=0,46$) con las pruebas estandarizadas «Proves Psicopedagògiques d'Aprenentatges Instrumentals» de Canals (1988).
- Tests del bucle fonológico y de la agenda viso-espacial: se usaron seis pruebas de la «Batería de Test de Memoria de Treball» de Pickering, Baqués y Gathercole (1999) y dos tests complementarios de memoria visual: el Test de Copia y Reproducción de una Figura Compleja (Rey, 1959), y el Test de Memoria MY (Yuste, 1985).

Para medir la habilidad del bucle fonológico usamos estas tareas:

1. Recuerdo Serial de Dígitos: se presentan secuencias orales de dígitos (de dos hasta nueve) que deben ser recordados inmediatamente mediante recuerdo serial. Esta prueba dispone de cuatro secuencias de dígitos de cada amplitud.
2. Recuerdo Serial de Palabras: se presentan secuencias orales de palabras (de dos hasta nueve) que deben ser recordadas inmediatamente, en el mismo orden de presentación. El test dispone también de cuatro secuencias de cada amplitud.
3. Test de Repetición de Pseudopalabras: consiste en escuchar primero y repetir después, una por una, 32 pseudopalabras de 2 a 5 sílabas.

Para medir la agenda viso-espacial usamos las siguientes pruebas:

4. Test de Matrices: se presentan por orden de dificultad creciente series de matrices (de 2x2 hasta 4x4) formadas por cuadrados blancos y negros (elementos diana).
 5. Test de Memoria Visual Figurativa: consiste en observar unas imágenes y reconocer mediante un tachado en una segunda hoja cuáles han cambiado de forma.
 6. Test Katakana de Búsqueda Visual: se basa en marcar durante un minuto los símbolos que son iguales que el inicial.
- Tests complementarios de memoria visual:
7. Test de Copia y Reproducción de una Figura Compleja: consiste en copiar una figura compleja (figura B) y reproducirla de memoria.
 8. Test de Memoria MY: se aplicó el Nivel Elemental, que consiste en observar unas imágenes y reconocer en una segunda hoja cuáles han cambiado o han desaparecido.

Diseño

Se usó un diseño intragrupo ex post facto para contrastar la relación entre los dos subsistemas subsidiarios de la memoria de trabajo (bucle fonológico y agenda viso-espacial) y el rendimiento en cálculo. El diseño usado fue intragrupo ex post facto dado que no se manipularon directamente las variables dependientes, sino que se generaron a partir de las características de los sujetos en base a los factores siguientes:

- Rendimiento en cálculo: para determinar si la habilidad aritmética mantiene alguna relación con alguno de los dos subsistemas de la memoria de trabajo, se categorizaron los sujetos en tres niveles (bajo, medio y alto) en base a sus puntuaciones en las pruebas aritméticas administradas.
- Habilidad de la memoria de trabajo: con el mismo objeto, categorizamos a los sujetos también en tres niveles (bajo, medio y alto) en base a sus puntuaciones en las pruebas de memoria de trabajo.

Se controlaron otras variables que podían haber incidido en los resultados tales como el sexo, la edad, la no inclusión en la muestra de los alumnos con necesidades educativas especiales, repetidores de curso o bien los que estuvieron ausentes durante las sesiones experimentales, así como diversas condiciones relativas al espacio y al tiempo de administración de las pruebas, tal como se detalla a continuación.

Procedimiento

La recogida de datos se efectuó en los respectivos centros escolares. El orden de administración de las pruebas fue el mismo en los cinco centros, y se usaron las mismas pruebas. En primer lugar se administraban colectivamente las pruebas aritméticas y posteriormente las distintas pruebas de memoria: primero las individuales (Recuerdo Serial de Dígitos; Recuerdo Serial de Palabras y Repetición de Pseudopalabras) y luego las colectivas (Matrices, Memoria Visual Figurativa, Katakana, Copia y Reproducción de una Figura Compleja y MY). Las pruebas individuales fueron administradas por el experimentador en una sala contigua al aula escolar. Las pruebas colectivas las pasaron los respectivos profesores,

previamente entrenados, en su propia clase para no alterar el ritmo escolar. Se realizó un calendario para que los profesores administraran las mismas pruebas los mismos días y a la misma hora, y siguiendo las mismas instrucciones de aplicación. En ningún caso se pasó más de una prueba por día. Se usó siempre el mismo espacio en cada centro escolar, hecho que permitió que aspectos como la temperatura ambiental y el ruido se mantuvieran más o menos constantes.

Los criterios de puntuación fueron los siguientes: en las pruebas aritméticas y en las de memoria de trabajo se restaron los aciertos menos los errores, y en las pruebas visuales complementarias se usaron los baremos de los respectivos manuales.

Resultados

Previamente analizamos las condiciones de normalidad de las pruebas aritméticas usadas y podemos indicar que no contradicen un modelo normal según el Test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov: K-S para una muestra, de SPSS.

Para efectuar los distintos análisis usamos puntuaciones directas en las medidas individuales y puntuaciones normalizadas en las compuestas, con el objeto de tener rangos homogéneos de puntuación. Todas las puntuaciones normalizadas se caracterizan por tener una distribución normal con media 0 y desviación típica 1 (Zaiats et al., 1998).

Como ya hemos indicado, controlamos la posible incidencia del sexo y de la edad. No encontramos diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las tareas administradas en función del sexo ($p=0,54$ en numeración; $0,58$ en cálculo y $0,85$ en memoria de trabajo) ni de la edad ($p=0,55$ en numeración; $0,97$ en cálculo y $0,85$ en memoria de trabajo).

Presentamos en primer lugar (Tablas 1 y 2) los índices de correlación de Pearson entre las pruebas aritméticas (sumatorio de las pruebas de numeración y cálculo) y las pruebas de bucle fonológico y de agenda viso-espacial, respectivamente. Partimos de la puntuación global de numeración y cálculo puesto que al realizar un estudio más detallado en el que se analizaron por separado las puntuaciones de numeración y de cálculo observamos que el comportamiento era muy similar. Este hecho conllevó que optáramos por presentar los resultados globales, para simplificar así la exposición de resultados.

Observamos que existe correlación significativa entre las puntuaciones de numeración y cálculo y todas las pruebas del bucle fonológico, aunque la correlación más elevada se produce con la amplitud de Recuerdo Serial de Dígitos.

Los resultados de la agenda viso-espacial pueden apreciarse en la Tabla 2.

Tabla 1
Correlaciones entre las pruebas de numeración y cálculo y las de bucle fonológico

	Recuerdo Serial de Dígitos	Recuerdo Serial de Palabras	Repetición de Pseudo-palabras	Total bucle fonológico
Numeración y cálculo	0,38**	0,2*	0,2*	0,33**

* La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral)
** La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral)

Las puntuaciones de numeración y cálculo no correlacionan de forma significativa con ninguna de las pruebas visuales, lo cual indica que tendría un papel nulo en las tareas de numeración y cálculo administradas. Para verificar este dato, correlacionamos las puntuaciones de numeración y cálculo con las puntuaciones de dos pruebas visuales estandarizadas: el Nivel Elemental del Test MY, cuyo índice de correlación fue $r = 0,16$; y el Test de Copia y Reproducción de una Figura Compleja, en el que se obtuvo un índice de correlación $r = 0,18$. De nuevo, pues, no encontramos correlaciones estadísticamente significativas.

Posteriormente analizamos si la capacidad de memoria de trabajo incide en las tareas de numeración y cálculo de todos los sujetos por igual o bien si varía según su nivel de rendimiento aritmético (bajo, medio o alto). Para dividir la muestra en tres grupos (bajo, medio y alto) usamos el procedimiento RANKS de SPSS sobre la puntuación de numeración y cálculo; y para comparar las medias usamos la prueba de contraste (Post-Hoc) de Scheffé de SPSS. Los resultados se exponen en la Tabla 3.

Observamos que se producen diferencias significativas entre los sujetos de nivel bajo y alto en la prueba de Recuerdo Serial de Dígitos. Las diferencias se producen en el sentido esperado, es decir, los sujetos de menor nivel aritmético son los que tienen también un rendimiento inferior en Recuerdo Serial de Dígitos. En el resto de pruebas del bucle fonológico no se producen diferencias en función del nivel aritmético, aunque se repite esta tendencia.

En las Tablas 4 y 5 exponemos los resultados de las pruebas visuales, en los que de nuevo no encontramos diferencias estadísticamente significativas.

Para reafirmar las relaciones encontradas hasta el momento, realizamos también un análisis inverso en el que comparamos el rendimiento en tareas aritméticas en función del nivel en cada uno de los dos subsistemas de la memoria de trabajo estudiados. Al efectuar este análisis apreciamos que los sujetos con un nivel de bucle

fonológico bajo obtienen también puntuaciones significativamente inferiores en numeración y cálculo ($p = 0,029$). Respecto a la agenda viso-espacial, los datos estadísticos obtenidos al comparar las medias de numeración y cálculo según el nivel de rendimiento en tareas de la agenda viso-espacial indican que no se producen diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,382$).

Discusión

En nuestra investigación encontramos que existe una correlación lineal significativa entre las puntuaciones de tareas aritméticas y distintas tareas del bucle fonológico tanto de contenido numérico como verbal. Este dato permite afirmar que en niños españoles de 7-8 años se repite la misma tendencia que en escolares de edades similares de otros países occidentales (Fazzio, 1999; Hitch y McAuley, 1991; Siegel y Ryan, 1989; entre otros), aunque por el momento no haya otros estudios en nuestro país que lo corroboren. Al efectuar un análisis más pormenorizado de nuestros resultados respecto al papel que juega el bucle fonológico en el cálculo, podemos apreciar que la relación más importante se produce con la prueba de Recuerdo Serial de Dígitos. Por un lado, este resultado confirma que el uso de pruebas distintas puede incidir en los resultados, como ya hemos indicado en la introducción. Además, creemos que este dato contribuye a aclarar la distinción que plantean Oberauer et al. (2000). Como hemos visto, estos autores proponen distinguir la memoria de trabajo en función del contenido involucrado en las tareas: verbal, numérico y espacial. A pesar de que, al igual que Hitch et al. (2001), concluyen que esta distinción es todavía poco precisa, nuestros resultados van en la línea de poder distinguir una memoria de trabajo numérica y otra verbal, ya

Tabla 2
Correlaciones entre las pruebas de numeración y cálculo y las de agenda viso-espacial

	Test de Matrices	Test de Memoria Visual Figurativa	Test Katakana de Búsqueda Visual	Total agenda viso-espacial
Numeración y cálculo	0,05	0,06	0,11	0,12

Tabla 3
Comparación de medias en las pruebas del bucle fonológico

	Numeración y cálculo	N	Media	Desviación típica	Sig.	Contraste
Recuerdo Serial de Dígitos	Bajo	31	4,19	0,98	0,006	bajo<alto
	Medio	32	4,56	0,67		
	Alto	31	4,84	0,64		
Recuerdo Serial de Palabras	Bajo	31	3,71	0,69	0,089	N.S.
	Medio	32	3,94	0,76		
	Alto	31	4,1	0,6		
Repetición de Pseudopalabras	Bajo	31	16,13	8,59	0,101	N.S.
	Medio	32	16,94	8,7		
	Alto	31	20,42	7,49		

Tabla 4
Comparación de medias en las pruebas de la agenda viso-espacial

	Numeración y cálculo	N	Media	Desviación típica	Sig.	Contraste
Test de Matrices	Bajo	31	9,55	2,31	0,96	N.S.
	Medio	32	9,59	2,83		
	Alto	31	9,42	2,31		
Test de Memoria Visual Figurativa	Bajo	31	9,13	1,91	0,953	N.S.
	Medio	32	9,19	2,42		
	Alto	31	9	2,91		
Test Katakana de Búsqueda Visual	Bajo	31	9,35	4,84	0,364	N.S.
	Medio	32	9,19	4,32		
	Alto	31	10,1	4,28		

Tabla 5
Comparación de medias en las pruebas visuales complementarias

	Numeración y cálculo	N	Media	Desviación típica	Sig.	Contraste
Test de Memoria MY	Bajo	31	25,19	7,04	0,149	N.S.
	Medio	32	28,38	5,8		
	Alto	31	27,48	6,88		
Test de Copia y Repr. de una Fig. Compleja	Bajo	31	24,14	3,17	0,152	N.S.
	Medio	32	25,52	2,53		
	Alto	31	25,66	4,21		

que aunque en ambos casos se producen diferencias estadísticamente significativas, estas diferencias son más importantes en los aspectos numéricos que en los verbales.

Nuestro estudio permite concluir también que los niños de 7-8 años con un nivel aritmético más bajo son también los que obtienen un peor rendimiento en la tarea de Recuerdo Serial de Dígitos, tendencia que se repite en el resto de tareas del bucle fonológico administradas, aunque únicamente se produzcan diferencias estadísticamente significativas en la prueba mencionada. Hitch y McAuley (1991) indican que esta dificultad se debe a que los niños con un nivel inferior cuentan de forma más lenta y tienen más dificultades de recuperación. En esta misma línea, Geary (1993) apunta en un estudio de revisión que las dificultades son debidas a representaciones fonológicas débiles y a la pérdida de información antes de que el cálculo haya finalizado. Según este autor, este factor reduce la probabilidad de que la cantidad añadida y la respuesta puedan asociarse en la memoria a largo plazo. Respecto a este dato, Lemaire et al. (1996) sugieren que la capacidad del bucle fonológico depende de la cantidad de información que puede ser repetida subvocalmente, o bien de la velocidad de procesamiento, concluyendo que cuanto mayor es la velocidad mayor es la duración de la información en la memoria de trabajo. De esta forma, si los números son articulados más rápidamente, entonces éstos pueden ser refrescados en la memoria antes de que desaparezcan más allá de un punto crítico donde no habría posibilidad de recordar o recuperar. Apoyando estas conclusiones, Fazzio (1999) apunta que las dificultades para realizar cálculos escritos son debidas a una relación compleja entre el conocimiento conceptual, procedimental y declarativo. Esta autora, pues, cree que la causa principal de los déficits es el funcionamiento anómalo de la memoria fonológica, ya que los niños con dificultades de aprendizaje tienen menos recursos para recordar exactamente números, a la vez que palabras o frases. Así, pues, queda claro que los niños que plantean dificultades

en tareas de cálculo tienen problemas de recuerdo y manejo de recursos de este tipo de materiales en el bucle fonológico, lo cual es perfectamente lógico, puesto que si no son capaces de repetir números que acaban de escuchar, difícilmente pueden operar adecuadamente con ellos.

Si bien la relación entre el bucle fonológico y el rendimiento en cálculo parece clara, no podemos decir lo mismo de la agenda viso-espacial. En nuestros resultados no hemos encontrado ninguna relación, tal como señalaron en su momento Logie et al. (1994) o Wilson y Swanson (2001), entre otros. De todas formas, como hemos indicado en la introducción, existen resultados contradictorios al respecto (Gathercole y Pickering, 2000b; McLean y Hitch, 1999; Robinson et al., 1996). Como hemos apuntado, esta discrepancia en los resultados podría ser debida básicamente a dos factores simultáneos: los aspectos evolutivos y sobre todo las pruebas matemáticas utilizadas. Creemos que en estos estudios discordantes la incidencia de algunas tareas matemáticas con un importante componente visual, como las geométricas, pueden haber ejercido un peso muy importante en los resultados finales. De todas formas, al no haber utilizado pruebas de tipo geométrico en nuestro estudio, no disponemos de suficientes datos empíricos para confirmarlo, por lo que será preciso que en los próximos años se realicen nuevos trabajos que comparen el papel que ejerce la agenda viso-espacial en tareas matemáticas de distinto contenido (cálculo, geometría, medida, etc.). Con esta conclusión terminamos nuestro trabajo, en el que creemos haber contribuido a concretar en mayor medida el distinto papel de los dos subsistemas subsidiarios de la memoria de trabajo en el cálculo. De todas formas, serán necesarios nuevos estudios en nuestro país que permitan consolidar esta relación. Por otro lado, será preciso también aportar más datos en el futuro sobre el papel que ejerce el ejecutivo central en el cálculo (Fürst y Hitch, 2000; entre otros), puesto que en nuestro país no existen aún investigaciones al respecto.

Referencias

- Adams, J.W. y Hitch, G.J. (1997). Working memory and children's mental addition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67, 21-38.
- Alsina, A. (2001). *La intervención de la memoria de trabajo en el aprendizaje del cálculo aritmético*. Tesis doctoral editada en <http://www.tdcat.cesca.es/TDCat-0613101-113720>. Bellaterra: Servei de Publicacions U.A.B.
- Ascraft, M.H. (1992). Cognitive arithmetic: A review of data and theory. *Cognition*, 44, 75-106.
- Baddeley, A.D. (1999). *Memoria humana. Teoría y práctica*. Madrid: McGrawHill.
- Baddeley, A.D. y Hitch, G. (1974). Memoria en funcionamiento. En M.V. Sebastián (Ed.), *Lecturas de Psicología de la memoria* (pp. 471-485). Madrid: Alianza Editorial, 1991.
- Bajo, M^a T., Puerta-Melguizo, M^a C. y Gómez-Ariz, C. (1999). Representación semántica y fonológica de dibujos y palabras: ¿Acceso diferencial o sistemas de memoria? *Psichotema*, 11(4).
- Baqués, J. y Sáiz, D. (1999). Medidas simples y medidas compuestas de memoria de trabajo y su relación con el aprendizaje de la lectura. *Psichotema*, 11(4), 737-745.
- Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 12-21.
- Bull, R. y Johnston, R.S. (1997). Children's arithmetical difficulties: contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 1-24.
- Canals, R. (1988). *Proves Psicopedagògiques d'Aprenentatges Instrumentals*. Barcelona: Teide.
- Fazzio, B.B. (1999). Arithmetic calculation, short-term memory, and language performance in children with specific language impairment: A 5-year follow-up. *Journal of Speech and Hearing Research*, 42, 420-431.
- Fürst, A.J. y Hitch, G.J. (2000). Different roles for executive and phonological components of working memory and mental arithmetic. *Memory and Cognition*, 28(5), 774-782.
- Gathercole, S.E. y Pickering, S.J. (2000a). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 92(2), 377-390.
- Gathercole, S.E. y Pickering, S.J. (2000b). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70(2), 177-194.
- Geary, D.C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114(2), 345-362.
- Geary, D.C., Hoard, M.K. y Hamson, C.O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 213-239.
- Hitch, G.J. (1978). The role of short-term working memory in mental arithmetic. *Cognitive Psychology*, 10, 302-323.
- Hitch, G.J. y McAuley, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychology*, 82, 375-386.
- Hitch, G.J., Towse, J.N. y Hutton, U. (2001). What limits children's working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic

- tic development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 184-198.
- Lemaire, P., Abdi, H. y Fayol, M. (1996). The role of working memory resources in simple cognitive arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8(1), 73-103.
- Logie, R.H., Gilhooly, K.J. y Wynn, V. (1994). Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory and Cognition*, 22(4), 395-410.
- McLean, J.F. y Hitch, G.J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 240-260.
- Oberauer, K., Süb, H.M., Schulze, R., Wilhelm, O. y Wittmann, W.W. (2000). Working memory capacity - facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29, 1.017-1.045.
- Peterson, LL. y Peterson, M. J. (1959). Retención a corto plazo de elementos verbales individuales. En M.V. Sebastián (Ed.), *Lecturas de Psicología de la Memoria* (pp. 154-162). Madrid: Alianza Editorial, 1991.
- Piaget, J. y Szeminska, A. (1941). *Génesis del número en el niño*. Buenos Aires: Guadalupe, 1975.
- Pickering, S.J., Baqués, J. y Gathercole, S.E. (1999). *Bateria de Tests de Memòria de Treball*. Barcelona: Laboratori de Memòria de la U.A.B. (no publicada).
- Rey, A. (1959). *Test de Copia y Reproducción de una Figura Compleja*. Madrid: TEA Ediciones S.A., 1987.
- Robinson, N.M., Abbott, R.D., Berninger, V.W. y Busse, J. (1996). Structure of abilities in math-precocious young children: Gender similarities and differences. *Journal of Educational Psychology*, 88(2), 341-352.
- Ruiz-Vargas, J.M^a y Cuevas, I. (1999). Priming perceptivo versus priming conceptual: efectos de los niveles de procesamiento sobre la memoria implícita. *Psicothema*, 11(4).
- Siegel, L.S. y Ryan, E.B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, 60, 973-980.
- Wilson, K.M. y Swanson, H.L. (2001). Are mathematics disabilities due to a domain-general or a domain-specific working memory deficit? *Journal of Learning Disabilities*, 34(3), 237-248.
- Yuste, C. (1985). *Tests de Memoria (EGB y BUP)*. Madrid: TEA Ediciones S.A., 1989.
- Zaiats, V., Calle, M.L. y Presas, R. (1998). *Probabilitat i Estadística. Exercicis I*. Vic: Eumo Editorial.