

El papel de la memoria de trabajo en el cálculo mental un cuarto de siglo después de Hitch

ÀNGEL ALSINA Y DOLORES SÁIZ

Universidad de Vic; Universidad Autónoma de Barcelona



Resumen

Desde que Hitch (1978) publicó el primer estudio sobre el rol de la memoria de trabajo en el cálculo han ido aumentando las investigaciones en este campo. Muchos trabajos han estudiado un único subsistema, pero nuestro objetivo es identificar qué subsistema de la memoria de trabajo (bucle fonológico, agenda viso-espacial o ejecutivo central) está más implicado en el cálculo mental. Para ello hemos realizado un estudio correlacional en el que hemos administrado dos pruebas aritméticas y nueve pruebas de la "Bateria de Test de Memòria de Treball" de Pickering, Baqués y Gathercole (1999) a una muestra de 94 niños españoles de 7-8 años. Nuestros resultados indican que el bucle fonológico y sobre todo el ejecutivo central inciden de forma estadísticamente significativa en el rendimiento aritmético.

Palabras clave: Memoria de trabajo, cálculo, rendimiento aritmético.

The role of working memory in mental arithmetic a quarter of century after Hitch

Abstract

Since Hitch (1978) published the first study on the role of working memory in mental arithmetic, the work in this field has markedly increased. Many of these studies have analysed only one subsystem. However, our aim is to identify which of three working memory subsystems is more important in mental arithmetic: phonological loop, visual-spatial sketchpad, and central executive. A correlational study was undertaken in which two arithmetic measures and nine measures of working memory from Pickering, Baqués and Gathercole's (1999) "Bateria de Test de Memòria de Treball" ("Working Memory Battery") were administered to a sample of 94 7-8 years-old Spanish children. The results show that both phonological loop and central executive are related to arithmetic achievement, though the latter relationship is stronger.

Keywords: Working memory, mental arithmetic, arithmetic achievement.

Correspondencia con los autores: Àngel Alsina. Universidad de Vic. Facultad de Educación. Departamento de Psicología. Sagrada Família, 7. 08500 Vic (Barcelona). E-mail: angel.alsina@uvic.es
Original recibido: Febrero, 2003. *Aceptado:* Octubre, 2003.

El estudio de las relaciones entre memoria y cálculo constituye un campo de investigación aplicado relativamente reciente dentro de la psicología de la memoria. Los estudios que abordan de forma clara el papel de la memoria en el cálculo se centran básicamente en el modelo de memoria de trabajo de Baddeley y Hitch (1974), que ha sido desarrollado posteriormente por Baddeley (1986, 1999). En su planteamiento inicial se consideró un sistema de atención controlador que supervisaba y coordinaba varios subsistemas subordinados. 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 visoespacial, que se cree que se encarga de la creación y manipulación de imágenes.

Hitch (1978) publica el que puede considerarse el primer trabajo que analiza la relación entre la memoria de trabajo y el cálculo. Este estudio marca un importante punto de inflexión puesto que por primera vez se usa el término "memoria de trabajo" como sistema de memoria que juega un papel importante en el cálculo mental. Las conclusiones de Hitch son que la información numérica almacenada temporalmente se olvida si no se usa de forma inmediata; el olvido se ve incrementado por el número de pasos entre la presentación de la información y su uso; y todo ello es una importante fuente de errores.

A partir de las bases empíricas establecidas por Hitch van publicándose de forma paulatina nuevas investigaciones que analizan la implicación de distintos procesos en el cálculo, como el uso de estrategias para ahorrar recursos de la memoria de trabajo (Baroody, 1984; Siegler y Robinson, 1982; Svenson y Sjoeborg, 1983; entre otros); o bien la incidencia del tiempo de reacción en tareas aritméticas (Zbrodoff y Logan, 1990). La mayor parte de estos estudios concluyen que la habilidad de la memoria de trabajo depende de la cantidad de dígitos que el sujeto es capaz de representar mentalmente. Así, a medida que aumenta la amplitud de los dígitos la dificultad para mantenerlos y manipularlos es mayor, lo que conlleva mayor posibilidad de error tanto en los resultados de procesamiento parciales como en el totales.

A nuestro entender, este grupo de trabajos inmediatamente posteriores al de Hitch constituye un cuerpo poco cohesionado que a partir de finales de los ochenta y durante la década de los noventa tiende a declinar, siendo substituido progresivamente por investigaciones que analizan el papel de alguno de los principales subsistemas de la memoria de trabajo (bucle fonológico, agenda visoespacial o ejecutivo central) en el cálculo (Gathercole y Pickering, 2000a, 2000b; Hitch y Towse, 1995; Logie, Gilhooly y Wynn, 1994; McLean y Hitch, 1999; Towse y Hitch, 1997; entre otros). Estos trabajos, que en su mayoría destacan sobretodo el papel del ejecutivo central y también del bucle fonológico (para una revisión consultar Alsina, 2001), subrayan que la memoria de trabajo se encarga de distribuir los recursos cognitivos en la realización de tareas aritméticas, por lo que una escasa habilidad de la memoria de trabajo conlleva un peor rendimiento en la tarea.

De forma más concreta, los resultados más representativos respecto al bucle fonológico indican que la supresión articulatoria durante el conteo o la similitud fonológica entre los dígitos producen un descenso sustancial del rendimiento (Logie y Baddeley, 1987). También podrían ser causa de este descenso la longitud de las palabras, puesto que las palabras que tardan más en ser pronunciadas también tardan más en ser subvocalizadas y, por lo tanto, imponen más carga al mecanismo de repetición subvocal (Logie *et al.*, 1994). Otros estudios sugieren que los sujetos con lentitud de conteo y alto nivel de errores podrían tener un

acceso más lento a la representación de los números en la memoria a largo plazo (Hitch y McAuley, 1991). Esta lentitud podría ser debida a representaciones fonológicas débiles (Geary, 1993) o a la pérdida o decaimiento de información antes de que el cálculo haya finalizado (Geary, 1993; Lemaire, Abdi y Fayol, 1996).

En relación a la agenda viso-espacial, los resultados encontrados hasta el momento son más contradictorios: por un lado, estudios como el de Logie *et al.* (1994) y el de Wilson y Swanson (2001) confirman que si bien parece evidente que la memoria de trabajo interviene en distintas funciones fonológicas y articulatorias a través de actividades diarias como contar, hacer cálculo aritmético, adquirir vocabulario, y en algunos aspectos de la comprensión de la lectura y del lenguaje, las reivindicaciones en relación a las funciones visuales y espaciales de la memoria de trabajo son menos evidentes. Por otro lado, estudios como el de Gathercole y Pickering (2000a) encuentran una relación importante entre los niños con un nivel bajo en tests de matemáticas y puntuaciones débiles en las medidas de la agenda viso-espacial.

Respecto al ejecutivo central, la mayoría de investigaciones coinciden en su destacado papel en tareas de cálculo, tal como hemos señalado. Así, por ejemplo, Logie *et al.* (1994) demostraron que la actuación en el cálculo se interrumpe cuando el ejecutivo central se sobrecarga; Hitch y Towse (1995) y Towse y Hitch (1997) indicaron también que el ejecutivo central está implicado en tareas aritméticas al concluir que estas actividades cognitivas dependen de un sistema central de capacidad limitada. Lemaire *et al.* (1996) llegaron a la conclusión que para verificar cálculos de respuesta verdadera, los recursos atencionales tanto del ejecutivo central como también del bucle fonológico están implicados. Más recientemente, De Rammelaere, Stuyven y Vandierendonck (1999) verifican la importancia de este subsistema en la velocidad de resolución de sumas falsas y verdaderas. Fürst y Hitch (2000); Gathercole y Pickering (2000a, 2000b); Kaufmann (2002) o bien McLean y Hitch (1999); entre otros, han afirmado también el importante papel desempeñado por este subsistema. En algunos de estos trabajos en los que se analizan ya los tres subsistemas conjuntamente, como el de Kaufmann (2002), los resultados enfatizan el mayor rol del ejecutivo central en la resolución de tareas de cálculo mental.

A modo de síntesis, queremos destacar que a partir del estudio pionero de Hitch (1978) se ha incrementado considerablemente el volumen de publicaciones en esta línea, sin embargo existe todavía una gran heterogeneidad entre estos estudios. Las principales diferencias se encuentran en el subsistema analizado, el tipo de pruebas utilizadas, etcétera. Este conjunto de factores son los que nos han llevado a plantear esta investigación empírica, cuyo objetivo principal es identificar qué subsistema de la memoria de trabajo está más o menos implicado en el cálculo mental con niños de 7 y 8 años de edad. Para ello se realizó un estudio correlacional en el cual se seleccionaron pruebas de memoria de trabajo que miden los tres subsistemas y pruebas aritméticas de las que se ha controlado previamente su validez.

Método

Participantes

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 semi-urbanas del centro de Cataluña (Vic y poblaciones limítrofes). Los cinco centros partían de un currículum 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: se diseñaron dos pruebas de lápiz y papel, una de numeración y otra de cálculo, a partir de las directrices del actual Diseño Curricular de Educación Primaria de Cataluña. La tarea de los participantes consistía en pensar y escribir el resultado, y todos los sujetos recibían las actividades en el mismo orden. 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 (p. e. VUITANTA...80); comparar 20 pares de cantidades (p. e. $30 < 45$); escribir el número natural anterior y posterior al dado (p. e. 29 ... 31); y completar 4 series numéricas. La prueba de cálculo estaba formada por 40 operaciones simples (20 sumas y 20 restas: p.e. $12+4$; $13-2$) y 40 operaciones complejas (15 sumas, 15 restas y 10 combinadas: p.e.: $15+...=18$; $33-...=25$; $16+2-10$). Las puntuaciones obtenidas en estas pruebas correlacionaron de forma significativa ($r=0,46$) con las pruebas estandarizadas “Proves Psicopedagògiques d’Aprentatges Instrumentals” de Canals (1988).

– Pruebas de medida de la memoria de trabajo: se administraron nueve pruebas de la “Bateria de Test de Memòria de Treball” de Pickering, Baqués y Gathercole (1999). Todas las pruebas se realizaron de forma escrita excepto el Test de Pseudopalabras, que se realizó oralmente.

Pruebas de bucle fonológico:

1. Recuerdo Serial de Dígitos directo: 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.

Pruebas de agenda viso-espacial:

4. Test de Matrices: se presentan por orden de dificultad creciente series de matrices de 2×2 hasta 4×4 formadas por cuadrados blancos y negros (elementos diana). Los niños deben recordar donde están situados los elementos diana y reproducirlos de memoria en una matriz en blanco.

5. Test de Memoria Visual Figurativa: consiste en observar unas imágenes y reconocer mediante un tachado en una segunda hoja cuales 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.

Pruebas de ejecutivo central:

1. **Recuerdo Serial de Dígitos inverso:** se presentan secuencias orales de dígitos (de dos hasta nueve) que deben ser recordados inmediatamente mediante recuerdo serial, en orden inverso a como han sido presentados. Esta prueba dispone de cuatro secuencias de dígitos de cada amplitud.

2. **Amplitud de Escuchar:** es una versión adaptada del “Reading Span Task” de Daneman y Carpenter (1980, 1983), en su modalidad de escuchar. Se basa en la lectura de unas series de frases por parte del experimentador que el niño debe decir si son verdaderas o falsas. Una vez se le han presentado las series se le pide que repita la última palabra de cada frase, mediante recuerdo serial.

3. **Amplitud de Contar:** es una prueba diseñada originalmente por Case, Kurland y Goldberg (1982). Se presentan por orden de dificultad creciente tarjetas con puntos negros que deben ser contados. A continuación se debe repetir mediante recuerdo serial la cantidad de puntos de cada tarjeta de la serie. Hay cuatro series de tarjetas de cada amplitud (de dos hasta seis).

Diseño

Se usó un diseño intragrupo ex post facto para contrastar la relación entre los tres subsistemas de la memoria de trabajo 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 tres subsistemas, 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 distintas 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; Repetición de Pseudopalabras; Amplitud de Escuchar y Amplitud de Contar) y luego las colectivas (Matrices, Memoria Visual Figurativa, Katakana, Test de Memoria MY y Test de Copia y Reproducción de una Figura Compleja). Las pruebas individuales fueron administradas por el experimentador en una sala contigua a la clase. 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

Para analizar nuestros resultados utilizamos el paquete estadístico SPSS 9.0 para Windows. 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. Utilizamos puntuaciones normalizadas, que se caracterizan por tener una distribución normal con media 0 y desviación típica 1 (Zaiats, Calle y Presas, 1998), para analizar los resultados de las pruebas aritméticas, puesto que al realizar de forma previa un estudio más detallado en el que estudiamos por separado las puntuaciones de las pruebas de numeración y las de cálculo observamos que la tendencia era muy similar (Alsiña, 2001).

Como 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 ($p=0,56$ en las pruebas aritméticas y $0,85$ en memoria de trabajo), ni de la edad ($p=76$ en las pruebas aritméticas y $0,85$ en memoria de trabajo).

En primer lugar correlacionamos la puntuación de las pruebas aritméticas con la puntuación de las pruebas de memoria de trabajo en su conjunto, obteniendo un índice de correlación lineal de Pearson estadísticamente significativo ($r=0,46$). Dado que nuestro objetivo principal era establecer una posible relación entre los principales subsistemas de la memoria de trabajo y el cálculo, nuestro siguiente paso consistió en correlacionar la puntuación de las pruebas aritméticas con las puntuaciones de los tres subsistemas. Los resultados pueden apreciarse en la tabla I.

TABLA I
Correlaciones entre las pruebas aritméticas y los tres subsistemas de la memoria de trabajo

	Bucle fonológico	Agenda viso-espacial	Ejecutivo central
Pruebas aritméticas	0,33**	0,12	0,52**

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

Los índices de correlación lineales indican que las pruebas aritméticas correlacionan con el ejecutivo central ($r=0,52$) y con el bucle fonológico ($r=0,33$) al obtener índices estadísticamente significativos. Sin embargo, no se produce una relación estadísticamente significativa con las pruebas del componente visual de la memoria de trabajo ($r=0,12$).

Con el objeto de obtener datos más precisos correlacionamos la puntuación de las pruebas aritméticas con las puntuaciones de cada una de las pruebas de memoria administradas. En la tabla II se detallan los índices de correlación lineal obtenidos.

TABLA II
Correlaciones entre las pruebas aritméticas y las pruebas de memoria de trabajo.

Pruebas aritméticas	Recuerdo Serial de Dígitos directo	Bucle Fonológico Recuerdo Serial de Palabras	Test de Repetición de Pseudopalabras
	0,38**	0,2*	0,2*
	Matrices	Agenda Viso-espacial Memoria Visual Figurativa	Test Katakana de Búsqueda Visual
	0,05	0,06	0,11
	Recuerdo Serial de Dígitos inverso	Ejecutivo central Amplitud de Escuchar	Amplitud de Contar
	0,3**	0,34**	0,39**

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

* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral)

Observamos en la tabla II que existe correlación significativa entre las puntuaciones de las pruebas aritméticas y todas las pruebas del bucle fonológico. De forma más concreta, la correlaciones más altas se producen con la prueba de Recuerdo Serial de Dígitos. Respecto a la agenda viso-espacial, la puntuación de las pruebas aritméticas no correlaciona de forma significativa con ninguna de las pruebas visuales, lo cual indica que tendría un papel nulo en las tareas aritméticas administradas. Para verificar este primer dato, hemos administrado también otras pruebas de contenido básicamente visual: Nivel elemental del Test MY de Yuste (1985) y Test de Copia y Reproducción de una Figura Compleja, de Rey (1959). De nuevo, a partir de las correlaciones obtenidas ($r=0,16$ y $0,18$ respectivamente) apreciamos que ninguna de estas dos pruebas se relaciona de forma estadísticamente significativa con las pruebas aritméticas. Finalmente, respecto al ejecutivo central, el índice de correlación es significativo en todas las pruebas, y la correlación más alta se da con la prueba de Amplitud de Contar ($r=0,39$). Se aprecia además que en el caso del ejecutivo central se obtienen unos índices de correlación superiores que con el resto de pruebas de memoria.

Posteriormente quisimos verificar si la habilidad de la memoria de trabajo incide de la misma forma en todos los sujetos, o bien si varía en función de su nivel de rendimiento aritmético (bajo, medio o alto). Para dividir la muestra en tres grupos usamos el procedimiento RANKS de SPSS sobre la puntuación de numeración y cálculo. La muestra quedó dividida de la siguiente forma: 31 sujetos en el nivel bajo; 32 sujetos en el nivel medio y 31 sujetos en el nivel alto. Para comparar las medias de los tres grupos usamos la prueba de contraste (Post-Hoc) de Scheffé de SPSS. Los resultados se exponen en la tabla III.

Los resultados de la tabla III indican que en las pruebas de bucle fonológico se producen diferencias estadísticamente 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 presentan un rendimiento inferior.

En relación a las pruebas visuales, no hemos obtenido diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las pruebas en función del nivel aritmético.

Finalmente, en relación al ejecutivo central se producen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos subgrupos de nivel aritmético en dos de las pruebas: Amplitud de Escuchar y Amplitud de Contar. En todos los casos, las diferencias encontradas apuntan en el sentido esperado, es decir, los sujetos de

TABLA III
Comparación de medias de las pruebas de memoria de trabajo en función del nivel aritmético

		Nivel Aritmético	Media Típica	Desviación	Sig.	Contraste
Bucle fonológico	Recuerdo Serial de Dígitos directo	Bajo	4,19	0,98	0,006	Bajo<alto
		Medio	4,56	0,67		
		Alto	4,84	0,64		
	Recuerdo Serial de Palabras	Bajo	3,71	0,69	0,089	N.S.
		Medio	3,94	0,76		
		Alto	4,1	0,6		
Repetición de Pseudopalabras	Bajo	16,13	8,59	0,101	N.S.	
	Medio	16,94	8,7			
	Alto	20,42	7,49			
Agenda viso-espacial	Test de Matrices	Bajo	9,55	2,31	0,96	N.S.
		Medio	9,59	2,83		
		Alto	9,42	2,31		
	Test de Memoria Visual Figurativa	Bajo	9,13	1,91	0,953	N.S.
		Medio	9,19	2,42		
		Alto	9	2,91		
Test Katakana de Búsqueda Visual	Bajo	9,35	4,84	0,364	N.S.	
	Medio	9,19	4,32			
	Alto	10,1	4,28			
Ejecutivo central	Recuerdo Serial de Dígitos inverso	Bajo	2,61	0,72	0,091	N.S.
		Medio	2,84	0,63		
		Alto	3,03	0,87		
	Amplitud Escuchar	Bajo	2,26	0,44	0,004	Bajo<alto
		Medio	2,47	0,51		
		Alto	2,71	0,59		
Amplitud Contar	Bajo	6,13	2,46	0,015	Bajo<alto	
	Medio	7,06	2,24			
	Alto	7,9	2,37			

menor habilidad aritmética son los que obtienen peores puntuaciones en las tareas del ejecutivo central.

En síntesis, a partir del conjunto de resultados obtenidos podemos señalar en primer lugar que efectivamente la memoria de trabajo incide en el cálculo aritmético y, en segundo lugar, y de forma más pormenorizada, se confirma que el ejecutivo central es el subsistema de la memoria de trabajo que más incide en el cálculo aritmético, junto con el bucle fonológico. El componente visual, en cambio, parece no incidir.

Discusión

La mayor parte de estudios que hasta el momento habían estudiado el papel de la memoria de trabajo en el cálculo se habían centrado casi de forma exclusiva en el análisis de uno o como máximo dos de los principales subsistemas que conforman este sistema de memoria. Sin embargo, creemos que para determinar el rol de la memoria de trabajo en el cálculo es importante poder analizar conjunta-

mente en los mismos sujetos los tres subsistemas que han dado lugar a mayor número de investigaciones. Hasta el momento de redactar esta discusión hemos detectado un escaso número de trabajos, siempre fuera de nuestro país, en los que usan pruebas que miden los tres subsistemas (Gathercole y Pickering, 2000a, 2000b; Kaufmann, 2002; McLean y Hitch, 1999).

En nuestra investigación, que pretende contribuir a llenar este vacío empírico en nuestro país, 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, aunque la mayor correlación se produce con la prueba de Recuerdo Serial de Dígitos, posiblemente debido a que los niños de 7-8 años están más familiarizados con los números que con otro tipo de material, como por ejemplo las pseudopalabras. Este dato puede contribuir a aclarar la distinción que plantean Oberauer, Süb, Schulze, Wilhelm y Wittmann (2000), quienes 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, Towse y Hutton (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 que aunque en ambos casos se producen diferencias estadísticamente significativas, éstas son más importantes en los aspectos numéricos que en los verbales. A la vez, nuestros resultados permiten confirmar que el uso de pruebas de distinto contenido puede incidir en los resultados, tal como ya apuntamos en estudios anteriores (Alsina, 2001; Alsina y Sáiz, 2003).

Nuestro estudio permite concluir también que los niños de 7-8 años con un nivel aritmético más bajo son también los que tienden a obtener un rendimiento inferior en las tareas de bucle fonológico, aunque sólo se producen diferencias estadísticamente significativas en la tarea de Recuerdo Serial de Dígitos directo. Este dato coincide con diversos autores que señalan 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 (Hitch, Cundick, Haughey, Pugh y Wright, 1987; Hitch, Halliday y Littler, 1989; Hitch y McAuley, 1991; Geary, 1993; Lemaire *et al.*, 1996; entre otros), 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. Sin embargo, otros estudios indican lo contrario (Gathercole y Pickering, 2000a; McLean y Hitch, 1999). Esta discrepancia podría ser debida básicamente a dos factores simultáneos: los aspectos evolutivos y sobretudo 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, etcétera).

Finalmente, respecto al ejecutivo central, los resultados de nuestro estudio indican que existe una correlación lineal estadísticamente significativa entre las pruebas de ejecutivo central y las tareas aritméticas, siendo las pruebas de

Amplitud de Contar y también Amplitud de Escuchar las que más correlacionan. En el análisis por grupos de rendimiento se aprecia que, a diferencia de lo que ocurre en la prueba de Recuerdo Serial de Dígitos directo, no se producen diferencias entre los grupos de nivel bajo y alto en la prueba de Recuerdo Serial de Dígitos inverso; en cambio sí que se encuentran diferencias estadísticamente significativas en las dos otras pruebas usadas. Este dato curioso parece indicar que en el caso de las tareas duales se produce mayor discriminación cuando el contenido es verbal que no estrictamente numérico, a diferencia de lo que ocurre con las tareas simples. Ello podría ser debido a la propia naturaleza de la tarea dual y la dificultad intrínseca que conlleva: en el caso de la Prueba de Recuerdo Serial de Dígitos inverso, en la que es necesaria una compleja operación cognitiva como es la inversión además del recuerdo, la mayoría de participantes de 7-8 años todavía presentan dificultades de ejecución, por lo que es más difícil que se produzcan diferencias entre grupos; en cambio en las otras tareas duales del ejecutivo central se requiere sostener información y repetirla de memoria, lo cual a nuestro entender no conlleva tanta complejidad y hace posible detectar diferencias entre sujetos.

De modo general, nuestros resultados relativos al ejecutivo central confirman una relación muy importante entre este subsistema y la actividad cognitiva que conlleva el cálculo aritmético, aspecto en el que como hemos indicado en la introducción existe un acuerdo unánime en la literatura (De Rammelaere *et al.*, 1999; Fürst y Hitch, 2000; Gathercole y Pickering, 2000a, 2000b; Hitch y Towse, 1995; Logie *et al.*, 1994; McLean y Hitch, 1999; Towse y Hitch, 1997). Este dato, además, tal como ha señalado recientemente Kaufmann (2002) apoyaría la tesis que este subsistema es el que tiene una mayor implicación en tareas de cálculo, realizando distintas funciones como por ejemplo el desarrollo de estrategias flexibles para el almacenaje y la recuperación de la información; el control del flujo de información a través de la memoria de trabajo; la recuperación del conocimiento desde la memoria a largo plazo; o el control de la acción, la planificación y la programación de la actividad aritmética o nivel mental, tal como ya señalaron anteriormente Gathercole y Pickering (2000a).

En su conjunto, las conclusiones de nuestro trabajo permiten establecer algunas implicaciones en la práctica educativa, dado que queda claro que el aprendizaje y la ejecución de tareas aritméticas no depende exclusivamente de la práctica y de la repetición, sino de la habilidad de los niños para procesar material aritmético en su memoria de trabajo. Por ello, creemos necesario que en la Escuela Primaria se fomente la realización sistemática de actividades que permitan potenciar los recursos del bucle fonológico y sobretodo del ejecutivo central, básicamente mediante el procesamiento de dígitos y otros materiales numéricos de soporte si lo que se pretende es mejorar el aprendizaje y la ejecución de tareas aritméticas.

Para terminar, y haciendo alusión al título de este trabajo, queremos señalar que hace más de un cuarto de siglo Hitch (1978) señaló que: "*el cálculo mental está limitado por la necesidad de guardar la información en una memoria de trabajo transitoria. En el cálculo escrito, la página sirve como una memoria de trabajo permanente que proporciona un sustituto a la memoria humana. A pesar de ello, hay pocas evidencias empíricas sobre la forma en que las limitaciones de la memoria de trabajo contribuyen al error en el cálculo*" (p. 303). Esperamos haber contribuido con nuestro estudio a concretar en mayor medida el rol de la memoria de trabajo en el cálculo. De todas formas, parece lógico apuntar que serán necesarios en un futuro próximo nuevos estudios en nuestro país que permitan confirmar las conclusiones aportadas hasta este momento.

Referencias

- 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.
- ALSINA, A. & SÁIZ, D. (2003). Un análisis comparativo del papel del bucle fonológico versus la agenda viso-espacial en el cálculo en niños de 7-8 años. *Psicobema*, 15 (2), 241-246.
- BADDELEY, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: OUP.
- BADDELEY, A. D. (1999). *Memoria humana. Teoría y práctica*. Madrid: McGrawHill.
- BADDELEY, A. D. & HITCH, G. (1974). Working Memory. En G. H. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-90). Nueva York: Academic Press.
- BAROODY, A. J. (1984). The case of Felicia: A young child's strategies for reducing memory demands during mental addition. *Cognition and Instruction*, 1 (1), 109-116.
- CANALS, R. (1988). *Proves Psicopedagògiques d'Aprenentatges Instrumentals*. Barcelona: Teide.
- CASE, R., KURLAND, M. & GOLDBERG, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.
- DANEMAN, M. & CARPENTER, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19 (4), 450-466.
- DANEMAN, M. & CARPENTER, P. A. (1983). Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9 (4), 561-584.
- DE RAMMELAERE, S., STUYVEN, E. & VANDIERENDONCK, A. (1999). The contribution of working memory resources in the verification of simple mental arithmetic sums. *Psychological Research*, 62, 72-77.
- FÜRST, A. J. & 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. & PICKERING, S. J. (2000a). 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.
- GATHERCOLE, S. E. & PICKERING, S. J. (2000b). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 92 (2), 377-390.
- GEARY, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114 (2), 345-362.
- HITCH, G. J. (1978). The role of short-term working memory in mental arithmetic. *Cognitive Psychology*, 10, 302-323.
- HITCH, G. J. & McAULEY, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychology*, 82, 375-386.
- HITCH, G. J., CUNDICK, J., HAUGHEY, M., PUGH, R. & WRIGHT, H. (1987). Aspects of counting in children's arithmetic. En J. A. Sloboda & D. Rogers (Eds.), *Cognitive processes in mathematics* (pp. 26-41). Oxford: Clarendon Press.
- HITCH, G. J., HALLIDAY, M. S. & LITTLER, J. E. (1989). Item identification time and rehearsal rate as predictors of memory span in children. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A (2), 321-337.
- HITCH, G. J. & TOWSE, J. N. (1995). Is there a relationship between task demand and storage space in tests of working memory capacity? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A (1), 108-124.
- HITCH, G. J., TOWSE, J. N. & HUTTON, U. (2001). What limit's children working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (2), 184-198.
- KAUFFMANN, L. (2002). More evidence for the role of the central executive in retrieving arithmetic facts. A case study of severe developmental dyscalculia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24 (3), 302-310.
- LEMAIRE, P., ABDI, H. & 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. & BADDELEY, A. D. (1987). Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology*, 13, 310-326.
- LOGIE, R. H., GILHOOLY, K. J. & WYNN, V. (1994). Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory and Cognition*, 22 (4), 395-410.
- MCLEAN, J. F. & 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. & WITTMANN, W. W. (2000). Working memory capacity – facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29, 1017-1045.
- PIAGET, J. & SZEMINSKA, A. (1941). *Génesis del número en el niño*. Buenos Aires: Guadalupe, 1975.
- PICKERING, S. J., BAQUÉS, J. & GATHERCOLE, S. E. (1999). *Bateria de Tests de Memòria de Treball*. Barcelona: Laboratori de Memòria de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- REY, A. (1959). *Test de Copia y Reproducción de una Figura Compleja*. Madrid: TEA Ediciones S.A., 1987.
- SIEGLER, R. S. & ROBINSON, M. (1982). The development of numerical understandings. En H. W. Reese & L. P. Lipsitt (Eds.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 1, pp. 241-232). Nueva York: Academic Press.
- SVENSON, O. & SJOEBERG, K. (1983). Evolution of cognitive processes for solving simple additions during the first three school years. *Scandinavian Journal of Psychology*, 24 (2), 117-124.
- TOWSE, J. N. & HITCH, G. J. (1997). Integrating information in object counting: A role for central coordination process?. *Cognitive Development*, 12, 393-422.
- WILSON, K. M. & 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 (EGY y BUP)*. Madrid: TEA Ediciones S.A., 1989.
- ZAIATS, V., CALLE, M. L. & PRESAS, R. (1998). *Probabilitat i Estadística. Exercicis I*. Vic: Eumo Editorial.
- ZBRODOFF, N. J. & LOGAN, G. D. (1990). On the relation between production and verification tasks in the psychology of simple arithmetic. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16 (1), 83-97.