

Datos normativos para el test de Span Visual: estudio evolutivo de la memoria de trabajo visual y la memoria de trabajo verbal

Sergio Hernández, Alicia Díaz, Juan E. Jiménez, Raquel Martín,
Cristina Rodríguez y Eduardo García
Universidad de La Laguna (España)

El objetivo central del presente trabajo ha sido la baremación en una amplia muestra de población infantil de una prueba destinada a la evaluación de la memoria de trabajo visual. Además, hemos abordado el estudio del desarrollo evolutivo de la memoria de trabajo verbal y la memoria de trabajo visual. Se seleccionó a una muestra de 1.030 sujetos con edades comprendidas entre los 6 años y 3 meses y los 12 años y 4 meses que cursaban entre primero y sexto de educación primaria. Las pruebas utilizadas fueron: el Span Visual de la Wechsler Memory Scale, tanto en su versión directa como inversa, para la memoria de trabajo visual y la adaptación al español de la prueba de Memoria de Frases de Siegel y Ryan para la memoria de trabajo verbal. Los resultados encontrados ponen de manifiesto una mejora progresiva en el rendimiento en función de la edad en ambas pruebas. Se presentan tablas de medias, desviación estándar y percentiles para los distintos grupos de edad. Estos datos podrán ser utilizados como referencia normativa por aquellos profesionales interesados en el estudio del funcionamiento ejecutivo de la población escolar infantil.

Palabras clave: Desarrollo cognitivo, funciones ejecutivas, evaluación neuropsicológica, baremación, memoria de trabajo.

Normative data for the Visual Span test: evolutionary study of visual working memory and verbal working memory. The main purpose of this study was the standardization of a test for the assessment of visual working memory in a large sample of children from elementary grades. In addition, we analyzed the development of verbal and visual working memory within a context of cross-sectional design. We selected a sample of 1.030 children aged between 6 years and 3 months to 12 years and 4 months attending elementary school from 1st to sixth grade. We administered the Visual Span of the Wechsler Memory Scale III, forward and backward, for visual working memory, and Memory for Phrases Test of Siegel y Ryan for verbal working memory. The results show a progressive improvement as a function of age in the performance of children for both tests. We also show tables of means, standard deviations and percentiles for different age groups. These standardized data may be used by professionals interested in the assessment of executive functioning of child school population.

Key words: Cognitive development, executive functions, neuropsychological assessment, standardization, working memory.

La Memoria de Trabajo (MT) se define como la habilidad para mantener y manipular información durante un breve período de tiempo sin la presencia del estímulo que la elicitó (Alloway, Gathercole y Pickering, 2006), permitiendo procesar de forma simultánea la misma u otra información (Swanson, 2006). La utilizamos para mantener dígitos, palabras, etc. en nuestra mente durante un corto espacio temporal (Kolb y Whishaw, 2003), desempeñando un papel central en la organización de la conducta (Denny y Rapport, 2001). Para Levy y Farrow (2001) una conducta organizada es demandante de la capacidad de MT para: a) generar y mantener representaciones del input; b) buscar huellas de memoria para relacionar la información y c) automonitorizar las respuestas que damos al estímulo. Por lo tanto, alteraciones en MT no sólo llevan a una conducta desorganizada sino que también pueden motivar a dirigir la atención a otro estímulo del ambiente. La MT es básica para el aprendizaje, el razonamiento y la comprensión (Baddeley, 2010) ocupando un papel central en el rendimiento académico (Gathercole y Pickering, 2000a). Representa el componente más importante del funcionamiento ejecutivo (Anderson, 2002).

Uno de los modelos teóricos más aceptados sobre la MT es el propuesto por Baddeley y Hitch (1974) y Baddeley (1988). Para ellos, la MT sería la capacidad para almacenar y manipular la información de manera simultánea. Formado por tres componentes: un ejecutivo central y dos sistemas de almacenamiento: la agenda visoespacial y el “loop” fonológico. Existiría una MT fonológica y una MT visoespacial. Recientemente Baddeley añade otro componente, el *buffer* episódico (Baddeley, 2010). El bucle fonológico está implicado en la información auditiva relacionada con el habla, responsable del almacenamiento temporal de la información verbal para su uso. La agenda visoespacial está especializada en el procesamiento y almacenaje de material visual, espacial o ambos, y, para la información lingüística, permite el procesamiento de palabras en términos de imágenes (Baddeley, 1986). El buffer episódico se entiende como la capacidad limitada de activar información multidimensional, visual y auditiva y, posiblemente, gustativa y olfativa desde la MT que es pertinente para el procesamiento que estamos realizando. El ejecutivo central es un sistema de control atencional y coordinador de los otros tres subsistemas (Baddeley, 2010).

Estudios de neuroimagen han sido consistentes con el modelo de Baddeley y Hitch identificando patrones de activación neural asociados con el tipo de información mantenida en la MT (verbal o espacial) (Gathercole, Pickering, Ambridge y Wearing, 2004) y con el tipo de procesamiento ejecutado realizado (mantenimiento o manipulación) (Conklin, Luciana, Hooper y Yarger, 2007). El sustrato anatómico responsable de la MT es el córtex prefrontal (Castellanos y Tannock, 2002), con dos áreas neuroanatómicamente distintas de esta estructura desempeñando un papel preponderante: cortex prefrontal dorsolateral (CPF DL) y cortex prefrontal ventrolateral (CPF VL). El CPF DL regula la información espacial mientras que el CPF VL es

responsable de la información no espacial (Goldman-Rakic, 1995). De forma más específica y siguiendo el modelo de Baddeley, el ejecutivo central estaría regulado por la corteza prefrontal; el loop fonológico estaría vinculado a regiones temporoparietales izquierdas; por último, la agenda visoespacial es regulada por regiones parietofrontales derechas (Baddeley, 2003).

La vinculación de la MT al córtex prefrontal hace que su desarrollo esté vinculado al neurodesarrollo de esta región cerebral (Anderson, 2002).

Desarrollo evolutivo de la MT como componente del funcionamiento ejecutivo

Se observan mejoras significativas en MT en función de la edad. Kwon, Reiss y Menon (2002) informan de un incremento lineal en un circuito frontoparietal, incluyendo las regiones ventrales y dorsales de la corteza prefrontal, en edades de 7 a 22 años mientras se ejecutaban tareas de MT. El incremento de la actividad dentro de la corteza prefrontal dorsolateral derecha estaba vinculada a los procesos de maduración de la atención visoespacial y los procesos ejecutivos, mientras que el incremento de la actividad dentro de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda estaba asociada a los procesos de maduración del sistema fonológico. Scherf, Sweeney y Luna (2006) informaron tanto de cambios cualitativos (localización de la activación) y cuantitativos (aumento de la activación) en la respuesta neural subyacente a la MT visoespacial desde la infancia hasta la adultez. Durante la infancia la activación ocurre en regiones premotoras diferentes y en el cerebelo lateral, las cuales estaban ausentes en etapas posteriores del desarrollo. También durante la infancia hubo cuantitativamente mayor actividad en regiones ventromediales incluyendo el tálamo y los ganglios basales. En la adolescencia se observó un cambio de incremento de actividad hacia las regiones frontales incluyendo la corteza prefrontal dorsolateral derecha. Finalmente desde la adolescencia hasta la adultez la actividad se volvió más localizada y lateralizada con un incremento de la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda unido a un descenso de la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral derecha. Además se observó un incremento de la actividad en la corteza cingulada anterior. El resultado final de estos cambios (cuantitativos y cualitativos, progresivos y regresivos) desde la infancia hasta la adultez es la génesis de una red neural especializada funcionalmente para la MT visoespacial (Best y Miller, 2010).

Déficit en MT y Trastorno por déficit de atención y/o hiperactividad

Dado el papel central que desempeña la MT en el procesamiento cognitivo de alto nivel y considerando el sustrato neural que parece regularla, es fácil deducir que la mayor parte de los déficits académicos, conductuales y síndromes lesionales mostrarán alteraciones en esta función. Alteraciones en MT están asociadas al Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) (Denny y Rapport, 2001; Martín *et al.*, 2008).

De forma similar, se han identificado déficits en MT en las alteraciones del aprendizaje de las matemáticas (Passolunghi, 2006) específicamente en el ejecutivo central. En el trastorno específico del lenguaje (TEL) los déficits en MT son de tal magnitud que pueden superar incluso a las alteraciones del lenguaje que representan la sintomatología nuclear del síndrome (Archibald y Gathercole, 2006). Déficits específicos en la MT visual han sido detectados también en los desórdenes evolutivos de coordinación motora (Alloway, 2006). En población con autismo se ha identificado alteraciones en MT que parecen estar mediadas por el rendimiento intelectual, de tal modo que en autistas de alto rendimiento dichas alteraciones no se encuentran (Belleville, Ménard, Mottron y Ménard, 2006).

Las pruebas de MT evalúan la capacidad para mantener información relevante para la tarea de forma activa mientras regula su procesamiento. Además, las tareas de MT requieren interferencia, transformación y/o monitorización de información relevante e irrelevante (Engle, Tuholski, Laughlin y Conway, 1999). Existen numerosas pruebas y medios para evaluar la MT. Esta profusión de medios de evaluación hace difícil la comparación directa de los resultados. Entre ellas están: prueba de Memoria de Trabajo de Siegel y Ryan (1989), tarea de Brown-Peterson (Brown, 1958) y el Paced Auditory Serial-Addition Task (PASAT; Gronwall, 1977). En ocasiones se ha empleado el subtest de dígitos (directos e inversos) pertenecientes a las escalas de inteligencia de Wechsler (Wechsler, 2004) para evaluar la MT de naturaleza verbal y el Test de Corsi (Smyth y Scholey, 1992) y la prueba de localización espacial de la WMS-III para medir la MT visoespacial (Wechsler, 1997).

El desarrollo y la adaptación de instrumentos de evaluación válidos y fiables de las funciones cognitivas complejas debe formar parte del quehacer de cuantos nos dedicamos a la investigación cognitiva de las alteraciones infantiles. Esta aseveración se sustenta en dos premisas fundamentales. En primer lugar, la mayor parte de las pruebas están desarrolladas en población adulta lo que dificulta su aplicación a población infantil dado que generalmente no consideran el componente evolutivo de la función evaluada. En segundo término, en demasiadas ocasiones las pruebas e instrumentos de evaluación que utilizamos están desarrollados y baremados en población anglosajona lo que impide considerar la importancia que los factores socio-culturales tienen en la ejecución e interpretación de los resultados obtenidos (Junqué, 2006; Ostrosky-Solis, *et al.*, 2007).

La revisión realizada de la bibliografía ha evidenciado que no existe baremación en población infantil española del test de Tapping Visual de la Wechsler Memory Scale III, aunque sí de la prueba de memoria de frases de Siegel y Ryan (Jiménez *et al.*, 2007) y que se puede consultar en la dirección www.ocideidi.net. Contribuir a paliar en parte la situación descrita es el objetivo central del presente trabajo de investigación. Pretendemos estudiar el patrón de desarrollo evolutivo tanto de la memoria de trabajo verbal como de la memoria de trabajo visual en una amplia muestra

de niños y niñas canarios, estableciendo además los baremos encontrados para el caso específico de la memoria de trabajo visual.

MÉTODO

Participantes

Se seleccionó una muestra de 1.030 niños/as de edades comprendidas entre los 6 años y 3 meses y los 12 años y 4 meses. Todos los participantes estaban libres de daño neurológico, psiquiátrico o dificultades de aprendizaje y no estaban en el estadiolo de Educación Especial. Todos tenían el español como primera lengua. La participación fue voluntaria. En la tabla 1 se recoge la distribución de la muestra según rango de edad y sexo.

Tabla 1. Distribución de la muestra de estudio según edad y sexo

RANGO EDAD (años.meses)	Span Memoria Visual Directo		Span Memoria Visual Inverso		Span Memoria de Trabajo Verbal	
	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer
6.3-7.4	101	103	101	103	101	102
7.5-8.4	86	80	87	80	87	80
8.5-9.4	90	89	90	89	90	89
9.5-10.4	84	72	84	72	84	72
10.5-11.4	65	98	65	98	65	98
11.5-12.4	82	80	82	80	82	80
TOTAL	508	522	509	522	509	521

Instrumentos

Memoria de trabajo verbal. Para la evaluación de la memoria de trabajo verbal se administró la adaptación al español de la prueba de memoria de frases Siegel y Ryan (1989), que estos autores adaptaron de Daneman y Carpenter (1980). La tarea consiste en la presentación auditiva de una frase a la que le falta la última palabra y que el participante debe completar. Una vez que el niño/a ha completado las dos frases, se le pide que diga las palabras que utilizó para completar las frases en el mismo orden. La tarea tiene cinco niveles y tres ensayos por nivel. El primer nivel tiene dos frases, el quinto nivel tiene cinco frases. En cada nivel el participante dispone de tres ensayos para realizar la tarea. La puntuación viene dada por el último nivel que se ejecuta correctamente, esto es, el número máximo de palabras capaz de retener. La prueba finaliza cuando el sujeto falla todos los ensayos de un nivel. Estudios recientes de nuestro grupo de investigación han obtenido índices adecuados de validez y fiabilidad de esta prueba.

Test de Span Visual. Esta prueba es una versión visoespacial de las medidas de Span realizada por Wechsler en la forma revisada de su escala de memoria (WMS-III; Wechsler, 1997). Está compuesta de dos partes, Tapping Directo y Tapping Inverso. En el procedimiento de administración, el evaluador señala una serie de cubos fijados a un

tablero en un orden preestablecido. La tarea del sujeto consiste en señalar los mismos cubos en el mismo orden. La segunda parte de la prueba es igual salvo por el orden en el que el sujeto debe señalar los cubos. En este caso debe señalar la misma secuencia en orden inverso. La longitud de las secuencias aumenta progresivamente y siempre se administran dos secuencias con igual número de bloques. Se suspende la tarea en cada apartado si el sujeto falla en dos secuencias de igual longitud. La puntuación viene dada por el Span de retención, es decir, el número máximo de elementos que es capaz de retener el sujeto, en cada una de las dos partes. Esta prueba nos da una medida de la capacidad atencional y de la memoria inmediata de naturaleza visual. Según Badeley (2003) se trata de una tarea adecuada para evaluar un componente de la memoria de trabajo, la “agenda visoespacial”. Si bien la prueba original está pensada para su utilización con adolescentes y adultos, es clásica su implementación también en niños (Lipowska, Czaplewska y Wysocka, 2011). Esta prueba ha mostrado índices adecuados de fiabilidad (0.79) y validez (0.65) (Weschler, 1997).

Diseño y procedimiento

Utilizamos un diseño transversal donde la variable independiente fue la Edad (6 niveles, 6.3-7.4; 7.5-8.4; 8.5-9.4; 9.5-10.4; 10.5-11.4 y 11.5-12.4 años. meses) y como variables dependientes el rendimiento en la prueba de Memoria de Frases de Siegel y Ryan, en el Tapping Visual Directo y en el Tapping Visual Inverso. La evaluación fue llevada a cabo por Psicólogas previamente entrenadas. Las evaluaciones se realizaron en un aula suficientemente iluminada y carente de ruidos del Centro Escolar al que asistía el alumno/a seleccionado. La duración de la evaluación fue de una hora aproximadamente. Las pruebas fueron administradas siguiendo las instrucciones publicadas por sus autores.

RESULTADOS

Los datos fueron analizados con la Prueba de Chi-cuadrado, ANOVA de un factor, análisis de tendencias y los correspondientes análisis *post hoc* todos ellos realizados mediante el paquete estadístico SPSS-PC (versión15).

Tabla 2. Medias y desviaciones típicas para cada rango de edad en el Span de Memoria Visual Directo, Inverso y en Memoria de Trabajo

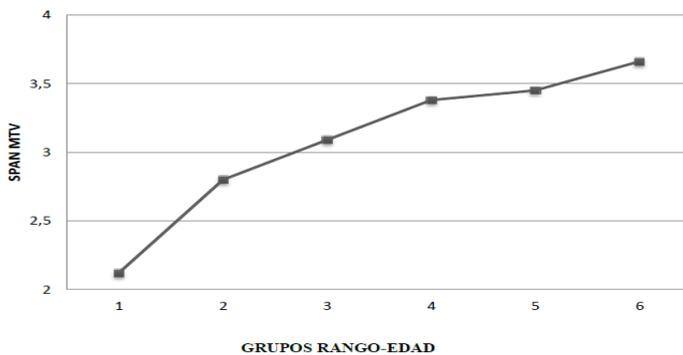
RANGO EDAD (años. meses)	Span Memoria Visual Directo		Span Memoria Visual Inverso		Span Memoria de Trabajo Verbal	
	M	Dt	M	Dt	M	Dt
6.3-7.4	3.97	1.13	3.20	1.32	2.12	1.03
7.5-8.4	4.51	1.17	4.08	1.17	2.80	0.90
8.5-9.4	4.65	1.26	4.24	1.21	3.09	0.85
9.5-10.4	5.13	1.32	4.65	1.19	3.38	0.91
10.5-11.4	5.26	1.18	4.85	1.20	3.45	0.93
11.5-12.4	5.53	1.37	5.01	1.25	3.66	0.90

Inicialmente comprobamos que la distribución de la muestra en función de la variable sexo en cada grupo de edad era similar [$\chi^2_{(5)}=7.37$; $p=.194$]. Las medias y desviaciones típicas obtenidas para cada grupo de edad en las tres pruebas administradas se muestran en la tabla 2.

A. Perfil evolutivo (análisis de tendencia)

Memoria de trabajo verbal. Con el objetivo de estudiar si el nivel de rendimiento alcanzado estaba modulado por la edad llevamos a cabo un ANOVA de un factor tomando la variable edad como variable de agrupamiento y el Span obtenido por los sujetos en la prueba de Memoria de Frases como variable dependiente. El análisis de tendencia demostró una relación lineal entre las variables de agrupamiento para la memoria de trabajo verbal [$F_{(5,1024)}=66.91$; $p<.001$, $\omega^2=.242$]. Se encontraron además, diferencias significativa en el rendimiento en memoria de trabajo verbal en función de la edad [$F_{\text{asintótica}(5,473,663)}=59.75$; $p<.001$] con un incremento del rendimiento. En la figura 1 se muestra la representación gráfica de estos resultados.

Figura 1. Perfil de Desarrollo de la Memoria de Trabajo Verbal (MTV)



Tras este resultado llevamos a cabo contrastes *a posteriori* de las diferencias par a par. Los resultados mostraron que el grupo de menor edad (6.3-7.4 años. meses) tuvo un rendimiento significativamente peor que el resto de los grupos. Un patrón similar de resultados fue obtenido cuando contrastamos el grupo 2 (7.5-8.4 años. meses) con el resto de los grupos. Es decir mejor rendimiento que el grupo 1 y peor rendimiento que los grupos 3, 4, 5 y 6, si bien el contraste con el grupo 3 no alcanzó niveles de significación. El grupo 3 (8.5-9.4 años. meses) obtuvo un peor rendimiento que los grupos 5 y 6; un rendimiento similar al 4 y un mejor rendimiento que el grupo 1 y el 2, si bien en este caso en términos de tendencia a la significación. Por último, los grupos 4, 5 y 6 tienen un rendimiento similar, no diferenciándose entre ellos.

Memoria de trabajo visual. El efecto de la edad en la adquisición de la memoria de trabajo visual fue analizado mediante un ANOVA de un factor utilizando la

variable rango-edad como variable de agrupamiento y el rendimiento de los sujetos en el tapping visual directo y en el tapping visual inverso como variables dependientes. El análisis de tendencia evidenció una relación lineal tanto para el span visual directo [$F_{(5,1025)} = 39.21; p < .001, \omega^2 = .156$], como para el span visual inverso [$F_{(5,1026)} = 54.26; p < .001, \omega^2 = .189$]. Además, se encontraron diferencias significativas en el rendimiento en el span visual directo [$F_{\text{asintótica (5.470,891)}} = 39.9; p < .001$] y en el span visual inverso [$F_{\text{asintótica (5.474,471)}} = 49.25; p < .001$] en función de la edad. En las figuras 2 y 3 se muestra la representación gráfica de estos resultados.

Figura 2. Perfil de Desarrollo de la Memoria Visual Inmediata (MVI)

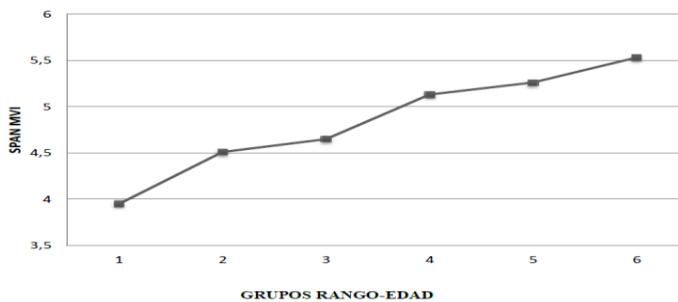
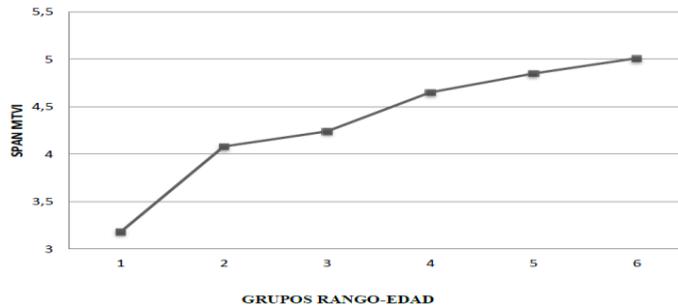


Figura 3. Perfil de Desarrollo de Memoria de Trabajo Visual (MTVI)



A continuación, y con el propósito de estudiar entre qué rangos de edad estaban las diferencias tanto en el span visual directo como en el span visual inverso, llevamos a cabo contrastes *a posteriori* de las diferencias par a par. En el Span de Visual Directo encontramos el siguiente patrón de resultados. El grupo 1 alcanzó un rendimiento significativamente peor que el resto de los grupos. El grupo 2 fue mejor que el grupo 1, ya que tuvo una ejecución similar al grupo 3 y fue claramente inferior a los grupos 4, 5 y 6. El grupo 3 mostró un patrón de resultados idéntico al grupo 2. Los grupos 4, 5 y 6 alcanzaron un nivel de rendimiento similar. En el Span Visual Inverso obtuvimos que: el grupo 1 fue significativamente inferior a todos los demás grupos. El

grupo 2 fue significativamente mejor que el grupo 1, igual al grupo 3 y peor que los grupos 4, 5 y 6. El grupo 3 obtuvo un patrón de resultados similar al grupo 2. Por último, los grupos 4, 5 y 6 no difieren entre ellos y fueron significativamente mejores que los grupos 1, 2 y 3. Los resultados comentados pueden consultarse en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del análisis de los contrastes a posteriori de las diferencias par a par para la variable rango-edad en memoria de trabajo verbal y Memoria visoespacial (Corrección de Bonferroni)

	Rango-Edad	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Memoria de Trabajo Verbal	Grupo 1	t(368)=6.95***	t(380)=10.17***	t(357)=12.82***	t(364)=13.66***	t(363)=15.86***
	Grupo 2		t(344)=2.95	t(321)=5.65***	t(328)=6.38***	t(327)=8.47***
	Grupo 3			t(333)=2.86	t(340)=3.59**	t(339)=5.71***
	Grupo 4				t(317)=0.66	t(316)=2.71
	Grupo 5					t(323)=2.06
Span Visual Directo	Grupo 1	t(368)=4.35***	t(381)=5.53***	t(358)=8.96***	t(365)=10.09***	t(364)=12.10***
	Grupo 2		t(343)=1.01	t(320)=4.43***	t(327)=5.44***	t(326)=7.43***
	Grupo 3			t(333)=3.53**	t(340)=4.52***	t(339)=6.54***
	Grupo 4				t(317)=0.93	t(315)=2.89
	Grupo 5					t(323)=1.98
Span Visual Inverso	Grupo 1	t(369)=6.96***	t(381)=8.37***	t(358)=11.21***	t(365)=12.97***	t(364)=14.05***
	Grupo 2		t(344)=1.17	t(321)=4.16**	t(328)=5.70***	t(327)=6.82***
	Grupo 3			t(333)=3.06*	t(340)=4.65***	t(339)=5.76***
	Grupo 4				t(317)=1.48	t(315)=2.59
	Grupo 5					t(323)=1.12

Nota. Grupo 1=6.3-7.4; Grupo 2= 7.5-8.4; Grupo 3= 8.5-9.4; Grupo 4= 9.5-10.4; Grupo 5=10.5-11.4 Grupo 6=11.5-12.4. *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$

B. Estudio de baremación

Memoria de trabajo verbal. Los datos del estudio de baremación de la memoria de trabajo verbal se pueden consultar en www.ocideidi.net/dea/dea.html.

Tabla 4. Baremos para el Span de Memoria Visual Directo y para el Span de Memoria Visual Inverso

		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Span Memoria Visual Directo	75	5	5	6	6	6	6
	50	4	5	5	5	5	6
	25	3	4	4	4	5	5
Span Memoria Visual Inverso	75	4	5	5	6	6	6
	50	3	4	4	5	5	5
	25	2	3	3	4	4	4

Nota. Grupo 1=6.3-7.4; Grupo 2= 7.5-8.4; Grupo 3= 8.5-9.4; Grupo 4= 9.5-10.4; Grupo 5=10.5-11.4 Grupo 6=11.5-12.4

Memoria de trabajo visual. Las puntuaciones medias obtenidas por cada grupo de edad tanto en el Span Visual Directo como en el Span Visual Inverso fueron convertidas en percentiles con el propósito de establecer los rangos de los valores en puntuaciones centiles de las puntuaciones directas de cada prueba que representan el percentil 75, 50 y 25. Los resultados encontrados pueden consultarse en la tabla 4.

DISCUSIÓN

El objetivo central de este trabajo ha sido la baremación en una amplia muestra de población infantil española del test de Tapping Visual perteneciente a la

batería Wesler Memory Scale III como indicador de la memoria de trabajo visual y el estudio del padrón de desarrollo de la memoria de trabajo verbal y la memoria de trabajo visual. Es la primera ocasión en que se realiza un estudio de estas características en una población de aproximadamente 1.030 niños y niñas comprendidos entre los 6 y 12 años de edad lo que dota, a nuestro juicio, de consistencia y robustez a los resultados obtenidos. Las pruebas usadas cuentan con niveles apropiados de fiabilidad y validez y han sido ampliamente utilizadas en los estudios de memoria de trabajo.

Inicialmente obtuvimos un incremento lineal en el rendimiento mostrado por los sujetos en memoria de trabajo verbal en función de la edad. Los análisis posteriores nos llevan, sin embargo a matizar esta tendencia. Si bien es cierto que cada grupo de edad se muestra mejor que el anterior (ver tabla 2) las diferencias entre ellos no son siempre significativas. Los tres primeros grupos que abarcan desde los 6 años y 3 meses hasta los 9 años y 4 meses muestran un rendimiento significativamente diferente al evidenciado por los grupos 4, 5 y 6 que abarcan desde los 9 años y 5 meses hasta los 12 años y 4 meses. Se produce además un periodo de meseta sin ganancias significativas en el rendimiento entre el grupo 3 (8.5-9.4 años. meses) y el grupo 4 (9.5-10.4 años. meses). Por otra parte, mientras que los grupos 1, 2 y 3 muestran rendimientos significativamente mejores entre ellos, los grupos 4, 5 y 6 se comportan como un mismo grupo sin diferencia entre ellos.

Para el estudio de la memoria de trabajo visual contamos con dos índices, el Span Visual Directo y el Span Visual Inverso. Si bien es cierto que ambos son indicadores de este tipo de función, es clásico considerar al Span Visual Inverso como un indicador más fiable de la memoria de trabajo visual. En este sentido, el perfil de resultados encontrado evidencia en primer lugar un incremento significativo y lineal con la edad en el rendimiento. No obstante, un análisis pormenorizado de esta tendencia evidencia que el máximo nivel de rendimiento se alcanza en el grupo 4 (9.5-10.4 años. meses), los grupos 5 y 6 tienen un rendimiento similar al grupo 4. Parece existir además un periodo de meseta entre los grupos 2 y 3. Por último, las primeras edades (grupos 1 y 2) muestran un peor rendimiento que el resto de los grupos.

La memoria de trabajo representa una función central en el desarrollo cognitivo complejo y modula el rendimiento académico cumpliéndose además que alteraciones en MT están a la base de muchos trastornos del neurodesarrollo y del aprendizaje. Como función psicológica compleja, está sometida a un proceso evolutivo que depende de la adecuación anatómica y funcional del sistema nervioso central y de las oportunidades de aprendizaje.

Haciendo abstracción de aspectos particulares, en nuestro trabajo hemos puesto de manifiesto que tanto la memoria de trabajo verbal como la memoria de trabajo visual siguen trayectorias evolutivas similares. Un incremento progresivo con la edad con un punto de inflexión en torno a los 9.5 años aproximadamente. Una posible

interpretación neurocognitiva que podemos dar a este conjunto de resultados enfatiza que las ganancias en MT son paralelas al neurodesarrollo de la corteza prefrontal, asiento neural de esta función. En efecto, esta región cerebral experimenta un importante desarrollo en vida postnatal que la va especializando hasta aproximadamente la adolescencia tardía, aceptándose la existencia de un importante salto madurativo en torno a los 9-10 años que se expresa en una mayor habilidad para la ejecución de las funciones ejecutivas en general y de la memoria de trabajo en particular. Este es precisamente el perfil de resultados que hemos encontrado. Nuestros datos encuentran un apoyo generalizado en la bibliografía científica consultada.

Respecto al estudio de baremación, ahora disponemos de un importante marco de referencia con el que cotejar las puntuaciones obtenidas por grupos patológicos (TDAH, disléxicos, etc.) o casos individuales con datos normalizados extraídos de la misma población.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información de la Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad del Gobierno de Canarias, con ref. PI 2007/012 del que es IP el tercer autor.

REFERENCIAS

- Alloway, T.P. (2006). Working memory skills in children with developmental coordination disorder. En T.P. Alloway y S.E. Gathercole (Eds.). *Working Memory and Neurodevelopmental Disorders* (pp. 161-185). Nueva York: Psychology Press.
- Alloway, T.P., Gathercole, S.E. y Pickering, S.J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: are they separable? *Child Development*, 77(6), 1698-1716.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 72-82.
- Archibald, L.M.D. y Gathercole, S.E. (2006). Short-term memory and working memory in specific language impairment. En T.P. Alloway y S.E. Gathercole (Eds.). *Working Memory and Neurodevelopmental Disorders* (pp. 139-160). Nueva York: Psychology Press.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Clarendon: Oxford.
- Baddeley, A. (1988). Cognitive psychology and human memory. *Trends Neuroscience*, 11(4), 176-181.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Review of Neuroscience*. 4(10), 829-839.
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), 136-140.
- Baddeley, A. y Hitch, G. (1974). Working memory. En G.A. Bower (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation*, vol. 8 (pp. 47-89). Nueva York: Academic Press.

- Belleville, S., Ménard, E., Mottron, L. y Ménard, M. (2006). Working memory in autism. En T.P. Alloway y S.E. Gathercole (Eds.). *Working Memory and Neurodevelopmental Disorders* (pp. 161-185). Nueva York: Psychology Press.
- Best, J.R. y Miller, P.H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660.
- Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 10*, 12-21.
- Castellanos, F.X. y Tannock, R. (2002). Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder: the search for endophenotypes. *Nature Review of Neuroscience, 3*(8), 617-628.
- Conklin, H.M., Luciana, M., Hooper, C.J. y Yarger, R.S. (2007). Working memory performance in typically developing children and adolescents: behavioral evidence of protracted frontal lobe development. *Developmental Neuropsychology, 31*(1), 103-128.
- Daneman, M. y Carpenter, P. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*, 450-466.
- Denny, C.B. y Rapport, M.D. (2001). Cognitive pharmacology of stimulants in children with ADHD. En M.V. Solanto y A.F.T. Arnsten (Eds.), *Stimulant Drugs and ADHD: Basic and Clinical Neuroscience* (pp. 283-302). Nueva York: Oxford University Press.
- Engle, R.W., Tuholski, S.W., Laughlin, J.E. y Conway, A.R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal Experimental Psychology General, 128*(3), 309-331.
- Gathercole, S.E. y Pickering S.J. (2000a). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology, 92*, 377-390.
- Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Ambridge, B. y Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology, 40*(2), 177-190.
- Goldman-Rakic, P.S. (1995). Architecture of the prefrontal cortex and the central executive. *Annual of the New York Academic of Science. 15*(796), 71-83.
- Gronwall, D.M. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills, 44*(2), 367-373.
- Jiménez, J.E., Antón, L., Díaz, A., Estévez, A., García, A.I., García, E., *et al.* (2007). *Sicole-R: un sistema de evaluación de los procesos cognitivos en la dislexia mediante ayuda asistida a través del ordenador* [Computer software]. Universidad de La Laguna: Authors.
- Junqué, C. (2006). Métodos paraclínicos de diagnóstico en psiquiatría III, test neuropsicológicos. En J. Vallejo (Ed.), *Introducción a la Psicopatología y Psiquiatría 6ª edición*. Barcelona: Elsevier y Masson.
- Kolb, B. y Whishaw, I.Q. (2003). *Fundamentals of Human Neuropsychology*. New York: Worth Publishers.
- Kwon, H., Reiss, A.L. y Menon, V. (2002). Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99*(20), 13336-13341.
- Levy, F. y Farrow, M. (2001). Working memory in ADHD: prefrontal/parietal connections. *Current Drug Targets, 2*(4), 347-352.
- Lipowska, M., Czaplowska, E. y Wysocka, A. (2011). Visuospatial deficits of dyslexic children. *Medical Science Monitor, 17*(4), 16-21.

- Logie, R.H. (1986). Visuo-spatial processing in working memory. *Quarterly Journal Experimental Psychology*, 38(2), 229-247.
- Martín, R., González-Pérez, P.A., Izquierdo, M., Hernández, S., Alonso, M.A., Quintero, I. y Rubio, B. (2008). Evaluación neuropsicológica de la memoria en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad: papel de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 47(5), 225-230.
- Ostrosky-Solis, F., Gómez-Pérez, E., Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A. y Pineda, D. (2007). Neuropsi, Attention and Memory: A Neuropsychological Test Battery in Spanish with Norms by Age and Educational Level. *Applied Neuropsychology*, 14(3), 156-170.
- Passolunghi, M.C. (2006). Working memory and arithmetic learning disabilities. En T.P. Alloway y S.E. Gathercole (Eds.). *Working Memory and Neurodevelopmental Disorders* (pp. 113-138). Nueva York: Psychology Press.
- Scherf, K.S., Sweeney, J.A. y Luna, B. (2006). Brain Basis of Developmental Change in Visuospatial Working Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1045-1058.
- 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(4), 973-980.
- Smyth, M.M. y Scholey, K.A. (1992). Determining spatial span: the role of movement time and articulation rate. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45, 479-501.
- Swanson, H.L. (2006). Cognitive processes that underlie mathematical precociousness in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 239-264.
- Swanson, H.L., Ashbaker, M. y Lee, C. (1996). Learning-disabled readers' working memory as a function of processing demands. *Journal of Experimental Child Psychology*, 61, 242-275.
- Wechsler, D. (1997). *Wechsler Memory Scale-Third Edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2004). *The Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition*. London: Pearson Assessment.

Recibido: 30 de septiembre de 2011

Recepción Modificaciones: 20 de marzo de 2012

Aceptado: 22 de marzo de 2012