

Competencias matemáticas y funcionamiento ejecutivo en preescolar: evaluación clínica y ecológica

María-Jesús Presentación*, Rebeca Siegenthaler*, Vicente Pinto*,
Jessica Mercader*, y Ana Miranda**

*Universidad Jaume I, **Universidad de Valencia

Resumen

Este estudio compara la relación entre el funcionamiento ejecutivo, analizado a través de pruebas clínicas y ecológicas, y la competencia matemática en preescolares. La evaluación de los niños (255 de 5 y 6 años) incluía pruebas neuropsicológicas de inhibición y memoria de trabajo, y el TEDI-MATH para estimar las habilidades matemáticas básicas. La valoración ecológica del funcionamiento ejecutivo a través de los padres y maestros se realizó mediante el Behavioral Rating Inventory of Executive Function (BRIEF). En comparación con las estimaciones ecológicas, las medidas neuropsicológicas muestran más correlaciones con las competencias matemáticas y una mayor capacidad predictiva. Los resultados del BRIEF de los profesores han demostrado ser superiores a los de los padres. En todos los casos, la memoria de trabajo es el proceso que mayor poder predictivo manifiesta.

Palabras clave: Funcionamiento ejecutivo, preescolar, competencias matemáticas básicas, memoria de trabajo, inhibición.

Abstract

This study compares the relationship between executive functioning, analyzed with clinical and ecological tests, and math skills in preschoolers. The children (255 children 5 to 6 years old) were evaluated using neuropsychological tests of inhibition and working memory and the TEDI-MATH to estimate basic mathematical skills. The ecological evaluation of the executive functioning by the parents and teachers was carried out with the Behavioral Rating Inventory of Executive Function (BRIEF). Compared to the ecological ratings, the neuropsychological measures show more correlations with math skills and a greater predictive capacity. The teachers' BRIEF results were superior to those of the parents. In all cases, working memory is the process that shows the greatest predictive power.

Keywords: Executive functioning, preschool, basic math skills, working memory, inhibition.

Este trabajo está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España (EDU2012-37452) y la Universidad Jaume I (beca pre-doctoral 2I005-PREDOC/2013/34).

Correspondencia: María-Jesús Presentación, Departamento de Psicología Evolutiva, Educativa, Social y Metodología, Facultad de Ciencias Humanas y Sociales, Universidad Jaume I, Campus Riu Sec s/n, 12071-Castellón, Spain. E-mail: presenta@uji.es

Introducción

El desempeño matemático es una competencia instrumental básica para todo sistema educativo. Sin embargo, en las sociedades modernas, entre el 6 y el 7% de la población escolar experimenta dificultades de aprendizaje de las matemáticas, un trastorno que se caracteriza por ser resistente a la instrucción, aparecer tempranamente y mantenerse en etapas posteriores del desarrollo (Chu, Van Marle, y Geary, 2013; Stock, Desoete, y Roeyers, 2009).

Identificar los factores que se asocian a ese déficit temprano es esencial para su prevención. Las escasas habilidades matemáticas son generalmente consecuencia de una pobre competencia aritmética inicial (Geary, Hoard, Nugent, y Bailey, 2013), si bien investigaciones recientes han señalado el importante papel que puede desempeñar también el funcionamiento ejecutivo (FE) en los primeros aprendizajes matemáticos (Clark, Sheffield, Wiebe, y Espy, 2013; Fuhs, Nesbitt, Farran, y Dong, 2014; Monette, Bigras, y Guay, 2011). Clark, Pritchard, y Woodward (2010), por ejemplo, encontraron que una medida compuesta de FE a los 4 años clasificaba correctamente al 80% de los niños con bajo desempeño matemático a los 6 años. La relación entre ambos constructos puede ser recíproca, en el sentido de que también un mayor conocimiento conceptual y procedimental de las matemáticas libera recursos de FE que son utilizados para la realización de las propias tareas (Welsh, Nix, Blair, Bierman, y Nelson, 2010).

Los estudios que han analizado la relación del FE con medidas matemáticas en preescolar destacan la importancia de algunos componentes. Toll, Van der Ven, Kroesbergen, y Van Luit (2011) realizaron un estudio longitudinal con una muestra de 227 niños de 4 a 7 años, con rendimiento bajo y medio en matemáticas, con la intención de analizar el poder predictivo de diferentes funciones ejecutivas sobre las habilidades matemáticas. Encontraron que las tareas de memoria de trabajo (MT), tanto verbales como viso-espaciales, predecían la pertenencia al grupo con dificultades de aprendizaje de las matemáticas incluso en mayor medida que las habilidades matemáticas básicas. En relación a las otras funciones analizadas, encontraron que sólo una tarea de inhibición demostró el mismo poder predictivo.

Diferentes estudios informan que la MT parece estar relacionada con el aprendizaje matemático y la aparición de dificultades (Li y Geary, 2013; Swanson y Jerman, 2006). No obstante, esa relación no siempre es fácil de interpretar. Cuando se investiga el peso concreto que tiene cada componente de la MT, verbal o viso-espacial, los resultados son dispares. El viso-espacial podría ser importante para visualizar mentalmente y representar cantidades en la línea numérica mental (Gunderson, Ramirez, Beilock, y Levine, 2012). Autores como Geary, Hoard, Nugent, y Byrd-Craven (2008) destacan su influencia en el reconocimiento de conjuntos numéricos y cálculo aritmético sencillo. También

Bull, Espy, y Wiebe (2008) han encontrado que la MT viso-espacial en preescolar predice específicamente el desarrollo de solución de problemas aritméticos, conteo y representaciones gráficas tres años después. Algunos estudios han investigado la posible influencia del tipo de tarea de MT viso-espacial en el desempeño matemático. Kyttälä y Lehto (2008) en una investigación con adolescentes encontraron que las tareas estáticas (centradas en la forma, el tamaño, el color o la localización de los estímulos) estarían más relacionadas con aprendizajes aritméticos y las dinámicas (movimiento, dirección o secuencia de estímulos) con geométricos.

La relación entre MT verbal y aprendizaje de las matemáticas también ha demostrado ser importante. El metanálisis realizado por Swanson y Jerman (2006) concluye que precisamente una MT verbal deficiente caracteriza a los niños con dificultades. La relación parece ser más evidente cuando se utilizan tareas de contenido numérico (Passolunghi y Cornoldi, 2008). La modalidad de tarea también es un factor crucial. Las pruebas de Conteo, por ejemplo, poseen mayor capacidad para discriminar entre niños con y sin dificultades matemáticas que las pruebas de dígitos, más tradicionales (Wu et al., 2008). La MT verbal parece también desempeñar un papel especial para algunos contenidos matemáticos. Está relacionada con la codificación y el procesamiento de conceptos matemáticos como, por ejemplo, usar el procedimiento de conteo para tareas de

cálculo sencillo o la recuperación de hechos numéricos (Andersson, 2010; Krajewski y Schneider, 2009). Holmes y Adams (2006) hallaron que, en niños mayores, la MT verbal estaba relacionada con tareas más sencillas y la MT viso-espacial con las más complejas.

Para algunos autores, el poder predictivo de la inhibición en el área de las matemáticas es incluso superior al de la MT (Espy et al., 2004). En niños mayores, la inhibición se ha relacionado específicamente con la resolución de problemas (Marzocchi, Lucangeli, De Meo, Fini, y Cornoldi, 2002) pero en niños pequeños su papel podría ser más significativo. Blair y Razza (2007) encontraron que el control inhibitorio, a los 5 años, predecía el rendimiento matemático un año después. Bull y Scerif (2001) destacan además un poder predictivo diferencial de la tarea de Stroop en función de las características del estímulo (color o número), encontrando que solo la versión numérica predecía las habilidades matemáticas en niños de 6 a 8 años.

La evaluación del FE se ha realizado tradicionalmente mediante pruebas clínicas en situaciones de laboratorio que no siempre son fáciles de aplicar en niños pequeños (Isquith, Roth, Kenworthy, y Gioia, 2014). Una alternativa más ecológica es la utilización de cuestionarios basados en la observación conductual de las personas próximas al niño. El Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF; Gioia, Isquith, Guy, y Kenworthy, 2000) es un instrumento

de este tipo cumplimentado por padres y profesores. Los ítems, organizados en escalas, permiten evaluar una amplia gama de funciones ejecutivas y obtener, además, dos índices generales (regulación comportamental y metacognición) y uno global. Varios estudios han analizado la relación entre los índices del BRIEF y medidas matemáticas en niños y adolescentes. McAuley, Chen, Goos, Schachar, y Crosbie (2010), con niños de 5 a 16 años, encuentran correlaciones significativas entre la competencia matemática y los índices del BRIEF de padres, especialmente metacognición. Resultados similares han sido obtenidos por Mahone et al. (2002) en el ámbito clínico y por Waber, Gerber, Turcios, Wagner, y Forbes (2006) con la versión de profesores. No obstante, ambas formas de evaluación suponen diferentes niveles de análisis del FE como se desprende de la revisión de Toplak, West, y Stanovich (2013), según la cual solo el 24% de las correlaciones realizadas en los diferentes estudios entre ambas modalidades de evaluación fueron significativas.

En resumen, la investigación ha mostrado la asociación significativa entre FE y desarrollo matemático temprano. Sin embargo, faltan trabajos que profundicen en la relación entre las habilidades matemáticas básicas y ambos tipos de medidas de FE, clínicas y ecológicas, en preescolares. Dada la escasa investigación llevada a cabo en nuestro contexto y la importancia para las estrategias de prevención e intervención, este estudio plantea dos objetivos: (a) analizar las

relaciones de las pruebas clínicas (de memoria de trabajo e inhibición) y las valoraciones ecológicas (a través de padres y maestros) del FE con las competencias matemáticas básicas; y (b) analizar la capacidad predictiva de los factores derivados de las tareas neuropsicológicas y de los índices de las evaluaciones ecológicas del FE sobre las mismas.

Método

Participantes

Con el objetivo de abarcar un amplio número de centros, se seleccionaron 6 niños por clase utilizando un procedimiento de muestreo aleatorio simple. La muestra incluyó 255 preescolares (52.9% niños y 47.1% niñas) de 5 a 6 años (edad media = 70.09 meses; $DT = 3.66$). El 87.3% de los niños eran caucásicos, perteneciendo el resto a otras minorías étnicas. A partir de las subpruebas vocabulario y cuadrados del WPPSI-R (Wechsler, 1967) se calculó el CI equivalente siguiendo las directrices de Spreen y Strauss (1991). La media de CI equivalente era de 99.62 ($DT = 13.36$; rango 70-129). Se excluyeron de la muestra aquellos sujetos que presentaban un CI equivalente inferior a 70, así como los niños con informes escolares de deficiencias sensoriales graves, anomalías neurobiológicas, trastornos psicológicos o privación socio-cultural. El 65.5 % de niños asistían a centros públicos y el 34.5 % a concertados. Los centros estaban si-

tuados en barrios con nivel socioeconómico medio.

Instrumentos

Medidas neuropsicológicas de inhibición. Se utilizó la tarea de Stroop Sol-Luna (Archibald y Kerns, 1999) para evaluar la inhibición a través de estímulos visuales. Este test consta de dos condiciones. En la condición congruente, se muestra a los sujetos una página con 30 imágenes de soles y lunas dispuestas al azar en filas y columnas. Los sujetos tienen que responder «sol» a las imágenes con soles y «luna» a las imágenes con lunas tan rápido como puedan (durante 45 segundos). En la condición incongruente, se pide a los sujetos que respondan «sol» cuando el evaluador señale una luna, y «luna» cuando marque sol. La tarea presenta un elevado nivel de fiabilidad, con puntuaciones test-retest de .91 para la condición incongruente (Archibald y Kerns, 1999). Para evaluar la inhibición con estímulos auditivos se utilizó el test de Golpeteo (Luria, 1966). Consta igualmente de dos condiciones con 12 ensayos cada una. En la primera, el niño debe replicar el mismo número de golpes que el evaluador da sobre la mesa (1 o 2). Después, el niño debe hacer lo contrario. Se ha constatado la fiabilidad de la tarea en .87 (Diamond y Taylor, 1996). En ambas pruebas se ha utilizado como medida de interferencia la suma de los ensayos correctos de la condición incongruente.

Medidas neuropsicológicas de MT. Para evaluar la MT viso-espacial

se administraron las tareas de Odd-One-Out (Henry y MacLean, 2003) y el test de Memoria de Laberintos (Pickering, Baqués, y Gathercole, 1999). La primera prueba consta de 6 niveles (1-6 filas), con 4 ensayos cada uno. Cada fila consta de 3 figuras debiéndose señalar la diferente. Al final de cada ensayo el niño debe recordar la localización de cada figura diferente en el orden correcto, señalando su posición (izquierda/centro/derecha). En el test de Memoria de Laberintos, se presentan 12 laberintos con rutas preestablecidas de 3 niveles de dificultad. La tarea del niño consiste en trazar las mismas rutas en laberintos idénticos en blanco. La fiabilidad test-retest se ha fijado en .81 para ambas tareas (Alloway, Gathercole, y Pickering, 2006). Para evaluar la MT verbal se aplicaron igualmente dos tareas. En la tarea de Dígitos Inversos (Pickering et al., 1999) se presentan series de 2 a 9 dígitos (4 ensayos cada una). La tarea consiste en repetir, en orden inverso, la secuencia que el evaluador presenta oralmente. La tarea de Conteo (Siegel y Ryan, 1989) consta de 3 niveles (2 a 4 cartas) con 4 ensayos cada uno. En cada carta aparecen puntos azules y amarillos dispuestos aleatoriamente. El sujeto tiene que decir el número de puntos azules de cada carta y recordarlos en el orden correcto una vez concluido cada ensayo. La fiabilidad test-retest se ha fijado en .64 (Alloway et al., 2006) y .62 (Gathercole, Pickering, Ambridge, y Wearing, 2004) respectivamente. En todas estas pruebas, se toman para los análisis los ensayos correctos.

Evaluación ecológica del FE. El Behavior Rating Inventory of Executive Function-Preschool (BRIEF; Gioia et al., 2000) es un cuestionario que mide el FE de niños y adolescentes (5-18 años) a través de la observación conductual de padres y maestros. Consta de 86 ítems que se puntúan a través de una escala tipo Likert (1 = nunca, 2 = a veces, 3 = frecuentemente) agrupados en 8 escalas: inhibición, cambio, control emocional, iniciativa, MT, planificación/organización, organización de materiales y monitoreo. Estas escalas, a su vez, se agrupan en dos índices: las tres primeras constituyen el índice de regulación comportamental y el resto el de metacognición. La suma de ambos se recoge en una puntuación total de la escala. Las puntuaciones elevadas indican riesgo de disfunción ejecutiva. Su fiabilidad y validez está ampliamente constatada en lengua inglesa (Clark et al., 2010). En el presente estudio, el Alfa de Cronbach fue .86 para la versión de padres y .99 para profesores. Para los análisis se tomaron las escalas de inhibición, MT y los índices.

Competencias matemáticas básicas. Se aplicaron las subpruebas de preescolar del TEDI-MATH (Grégoire, Noël, y Van Nieuwenhoven, 2005) para evaluar las habilidades matemáticas de contar (contar hasta el número más alto, con un límite inferior y/o superior, hacia atrás, a saltos), numerar (conjuntos lineales, aleatorios, abstraer los objetos contados y conocimiento de los números cardinales), conocimiento de los sistemas numéricos arábigo y oral (decisión nu-

mérica y comparación de números), operaciones lógicas (seriación, clasificación, conservación e inclusión), operaciones aritméticas con apoyo de imágenes, con enunciado aritmético y con enunciado verbal, y estimación del tamaño. La prueba presenta un nivel de consistencia interna que varía entre .84 y .99 en función de la subprueba, además de índices de validez constatados (Gégoire et al., 2005). Se tomaron como referencia las respuestas correctas en cada dominio.

Procedimiento

Una vez descartados por los propios centros educativos los niños que cumplían los criterios de exclusión, se obtuvo consentimiento informado de las familias para participar en la investigación. La evaluación se llevó a cabo en aulas habilitadas por los centros escolares que reunían condiciones óptimas de iluminación, aislamiento y ventilación. El proceso de evaluación fue realizado por psicopedagogos familiarizados con el uso de las pruebas. Comprendió dos sesiones individualizadas de 45 minutos. Los cuestionarios fueron entregados en sobres cerrados a padres y profesores y se retornaron a los experimentadores. Se entregó a los centros un informe sobre el rendimiento del niño en los diferentes dominios analizados.

Análisis estadísticos

Los análisis se llevaron a cabo con el Statistical Package for the Social Sciences, versión 19.0 (IBM SPSS,

2010). En un primer momento, tras realizar los análisis de normalidad se analizó la relación entre las medidas de FE (clínicas y ecológicas) y los resultados en competencias matemáticas mediante correlación bivariada de Pearson. Para el segundo objetivo, se realizó un análisis factorial con las tareas neuropsicológicas a través del método de componentes principales. Se obtuvo la solución final a través del método de rotación ortogonal varimax (saturación $\geq .45$) con tres factores: (a) MT, que agrupa las tareas de Dígitos, Conteo, Odd-One-Out y Laberintos; (b) inhibición-visual, con la tarea de Stroop; y (c) inhibición-auditiva, con Golpeteo. Se examinó el papel predictivo sobre la competencia matemática de estos factores y de los índices de regulación

comportamental y metacognición del BRIEF mediante análisis de regresión lineal múltiple por el método de pasos sucesivos, introduciendo los factores y los índices en análisis separados. En todos los casos, se utilizaron para los análisis las puntuaciones directas.

Resultados

Correlaciones entre las evaluaciones clínicas y ecológicas del FE y las competencias matemáticas

Las correlaciones entre las habilidades matemáticas y las pruebas neuropsicológicas de FE son positivas y significativas en la práctica totalidad de los casos (ver Tabla 1). Las habi-

Tabla 1

Correlaciones entre las Tareas Neuropsicológicas de FE y las Competencias Matemáticas (TEDI-MATH)

	Inhibición		MT Viso-espacial		MT Verbal	
	Stroop	Golpeteo	Odd-one-out	Laberintos	Dígitos inversos	Conteo
Contar	.421***	.319***	.292***	.249***	.425***	.444***
Numerar	.251***	.207***	.227***	.246***	.201***	.342***
SN Árabe	.224***	.167**	.204***	.209***	.258***	.332***
SN Oral	.201***	.301***	.253***	—	.251***	.265***
O. Lógicas	.404***	.260***	.398***	.334***	.380***	.489***
O. Imágenes	.267***	.285***	.248***	.226***	.214***	.420***
O. Enunciado Aritmético	.433***	.364***	.258***	.237***	.289***	.380***
O. Enunciado Verbal	.470***	.417***	.388***	.281***	.420***	.536***
Estimación tamaño	.155*	.198***	.187**	—	.145*	.135*

Nota. MT = Memoria de Trabajo; O = Operaciones; SN = Sistema Numérico.

* $p \leq .05$. ** $p \leq .01$. *** $p \leq .001$.

Tabla 2

Correlaciones entre la Escala de Estimación del FE (BRIEF) y las Competencias Matemáticas (TEDI-MATH)

	Padres					Profesores				
	IN	MT	RC	MC	Total	IN	MT	RC	MC	Total
Contar	-.164**	-.396***	-.174***	-.365***	-.328***	-.177**	-.468***	-.214***	-.428***	-.371***
Numerar	—	-.274***	—	-.277***	-.243***	-.138*	-.291***	-.150*	-.280***	-.247***
SN Árabe	—	-.255***	-.171**	-.222***	-.228***	-.150*	-.216***	-.172**	-.225***	-.219***
SN Oral	—	-.246***	—	-.215***	-.202***	-.199***	-.238***	-.231***	-.236***	-.251***
O. Lógicas	—	-.333***	—	-.342***	-.275***	-.175**	-.466***	-.214***	-.443***	-.381***
O. Imágenes	—	-.335***	-.124*	-.340***	-.288***	-.254***	-.426***	-.279***	-.409***	-.384***
O. Enunciado Aritmético	—	-.302***	—	-.249***	-.175**	-.195**	-.362***	-.210***	-.333***	-.306***
O. Enunciado Verbal	—	-.428***	-.132*	-.392***	-.328***	-.206***	-.462***	-.221***	-.439***	-.381***
Estimación tamaño	—	-.153*	—	—	—	—	-.138*	—	-.123*	—

Nota. IN = Inhibición; MC = Metacognición; MT = Memoria de Trabajo; O = Operaciones; RC = Regulación Comportamental; SN = Sistema Numérico.

* $p \leq .05$. ** $p \leq .01$. *** $p \leq .001$.

lidades matemáticas de contar, operaciones lógicas y aritméticas (especialmente con enunciado verbal) son las que tienen correlaciones más elevadas. Las menores correlaciones son las obtenidas con estimación del tamaño. En relación a las variables de FE es la MT verbal, evaluada con la prueba de Conteo, la que presenta correlaciones más elevadas.

Las correlaciones de las competencias matemáticas con los resultados del BRIEF cumplimentados por los padres y los profesores están recogidas en la Tabla 2. En el caso de los padres, solo la habilidad de contar correlaciona con la escala de inhibición. Tampoco aparecen correlaciones, o son reducidas, con el índice de regulación comportamental que la engloba. Las correlaciones de las habilidades matemáticas con MT, meta-

cognición y el índice global son superiores. Las correlaciones son mayores con el BRIEF de profesores. Todas las habilidades matemáticas correlacionan negativamente con los resultados del BRIEF excepto estimación del tamaño. MT y metacognición son también las variables con las que se producen los resultados más significativos.

Capacidad predictiva de las medidas de FE sobre las competencias matemáticas

La Tabla 3 recoge los resultados del análisis de regresión con los factores de FE (MT, inhibición-visual e inhibición-auditiva) que mejor predicen las subpruebas del TEDI-MATH. Los tres factores explican el 28.3% de la varianza de contar, el 34.4% de

Tabla 3

Análisis de Regresión de los Factores de FE sobre las Competencias Matemáticas (TEDI-MATH)

Procesos/Predictores	F	R2	ΔR2	Beta
Contar				
MT			.167	.409
Inhibición-Visual			.061	.247
Inhibición-Auditiva	32.96***	.283	.055	.294
Numerar				
MT			.110	.331
Inhibición-Visual	19.99***	.137	.027	.165
SN Arábigo				
MT	24.77***	.089	.089	.299
SN Oral				
Inhibición-Auditiva			.086	.293
MT	16.54***	.116	.030	.173
O. Lógicas				
MT			.289	.538
Inhibición-Visual			.036	.190
Inhibición-Auditiva	45.36***	.344	.026	.161
O. Imágenes				
MT			.125	.354
Inhibición-Auditiva	25.76***	.170	.044	.210
O. Enunciado Aritmético				
MT			.105	.324
Inhibición-Auditiva			.101	.317
Inhibición-Visual	27.00***	.244	.038	.196
O. Enunciado Verbal				
MT			.231	.481
Inhibición-Auditiva			.097	.312
Inhibición-Visual	55.46***	.399	.070	.265
Estimación tamaño				
Inhibición-Auditiva	7.31**	.028	.028	.168

Nota. MT = Memoria de Trabajo; O = Operaciones; SN = Sistema Numérico.

* $p \leq .05$. ** $p \leq .01$. *** $p \leq .001$.

Tabla 4

Análisis de Regresión de los Índices del BRIEF sobre las Competencias Matemáticas (TEDI-MATH)

Procesos/Predictores	Padres				Profesores			
	F	R ²	ΔR ²	Beta	F	R ²	ΔR ²	Beta
Contar								
MC	38.40***	.133	.133	-.365				.183
RC	n. s.				32.46***	.206	.023	.223
Numerar								
MC	20.75***	.077	.077	-.237	21.45***	.078	.078	-.280
SN Árábigo								
MC	12.97***	.049	.049	-.222	13.43***	.051	.051	-.225
SN Oral								
MC	12.14***	.046	.046	-.215	14.92***	.056	.056	-.236
O. Lógicas								
MC			.117	-.418				.196
RC	18.72***	.131	.014	.140	36.16***	.224	.028	.247
O. Imágenes								
MC	35.59***	.115	.115	-.340	50.67**	.167	.167	-.409
O. Enunciado Aritmético								
MC			.062	-.347	32.32***	.111	.111	-.333
RC	11.51***	.085	.023	.180	n. s.			
O. Enunciado Verbal								
MC	45.29***	.153	.153	-.392				.193
RC	n. s.				34.65***	.216	.023	.227
Estimación tamaño								
MC	n. s.				3.82*	.015	.015	-.123

Nota. MC = Metacognición; MT = Memoria de Trabajo; O = Operaciones; RC = Regulación Comportamental; SN = Sistema Numérico.

* $p \leq .05$. ** $p \leq .01$. *** $p \leq .001$.

operaciones lógicas, el 24.4% de operaciones con enunciado aritmético y el 39.9% de operaciones con enun-

ciado verbal. En todos estos casos, MT es el factor que aporta mayor valor explicativo ($\Delta R^2 = .167$, $p < .001$;

$\Delta R^2 = .289, p < .001$; $\Delta R^2 = .105, p < .001$; $\Delta R^2 = .231, p < .001$, respectivamente). MT e inhibición-visual explican el 13.7% de la varianza de numerar, mientras que con inhibición-auditiva predice el 17% de operaciones con imágenes y el 11.6% de conocimiento del sistema numérico oral. Por último, dos competencias son predichas por un único factor. Es el caso de conocimiento del sistema numérico arábigo, en el que la MT predice el 8.9% de la varianza, y estimación del tamaño, donde inhibición-auditiva explica únicamente el 2.8% de la varianza.

Los resultados del análisis de regresión del BRIEF están recogidos en la Tabla 4. En el caso de los padres, únicamente metacognición predice la competencia matemática de contar ($R^2 = .133, p < .001$), numerar ($R^2 = .077, p < .001$), sistema numérico arábigo ($R^2 = .049, p < .001$) y oral ($R^2 = .046, p = .001$), operaciones con imágenes ($R^2 = .115, p < .001$) y con enunciado verbal ($R^2 = .153, p < .001$). Los dos índices predicen el 13.1% de operaciones lógicas (metacognición, $\Delta R^2 = .117, p < .001$; regulación comportamental, $\Delta R^2 = .014, p = .048$) y el 8.5% de operaciones con enunciado aritmético (metacognición, $\Delta R^2 = .062, p < .001$; regulación comportamental, $\Delta R^2 = .023, p = .013$). En estimación del tamaño no aparecen resultados significativos.

Los resultados de los profesores son en general superiores. La metacognición por sí sola predice las subpruebas de numerar ($R^2 = .078, p < .001$), sistemas numéricos arábigo

($R^2 = .051, p < .001$) y oral ($R^2 = .056, p < .001$), operaciones con imágenes ($R^2 = .167, p < .001$), con enunciado aritmético ($R^2 = .111, p < .001$) y estimación del tamaño ($R^2 = .015, p = .050$). Metacognición ($\Delta R^2 = .183, p < .001$) junto con regulación comportamental ($\Delta R^2 = .023, p = .008$) predicen el 20% de la varianza de la subprueba de contar. Lo mismo ocurre con el 22.4% de la varianza de operaciones lógicas (metacognición, $\Delta R^2 = .196, p < .001$; regulación comportamental, $\Delta R^2 = .028, p = .003$) y el 21.6% de operaciones con enunciado verbal (metacognición, $\Delta R^2 = .193, p < .001$; regulación comportamental, $\Delta R^2 = .023, p = .007$). En todos los casos destaca el poder predictivo del índice de metacognición.

Discusión

El primer objetivo de este estudio ha sido analizar las relaciones entre diferentes habilidades matemáticas y el FE evaluado mediante pruebas neuropsicológicas tradicionales y escalas de estimación de padres y profesores. En el primer caso se obtuvieron, en líneas generales, correlaciones positivas y significativas. Destaca la relación de las competencias matemáticas con la inhibición (evaluada con Stroop) y especialmente con MT verbal (Conteo), resultados que concuerdan con los aportados por Swanson y Jerman (2006) y Wu et al. (2008). Coincidimos con Raghubar, Barnes, y Hecht (2010) en que la diversidad en las exigencias y modalidad de las

tareas dificulta la interpretación y explica que los resultados no siempre sean tan coincidentes como sería deseable. En relación a la inhibición, la relación superior del Stroop podría deberse a que tiene su presentación espacial, visual, y permanece hasta que el niño responde. En el golpeteo, sin embargo, el estímulo es auditivo y aparece en una secuencia temporal desapareciendo posteriormente. También es probable que los resultados superiores en MT verbal puedan estar influenciados por la naturaleza numérica de las pruebas (Passolunghi y Cornoldi, 2008) y que el resultado inferior obtenido con la prueba de MT viso-espacial de Laberintos tenga relación con su naturaleza dinámica (Kyttälä y Lehto, 2008).

La edad de los niños evaluados es otro factor a tener en cuenta. En este sentido, los resultados son consistentes con trabajos que concluyen que el peso de los diferentes componentes de MT en el rendimiento matemático podría diferir a lo largo del tiempo, siendo superior la relación con la MT verbal en los primeros años (Swanson y Jerman, 2006). Profundizando en esta cuestión, un reciente trabajo de Li y Geary (2013) analiza la relación entre la MT verbal y viso-espacial en 1.º y el rendimiento matemático en 5.º, encontrando únicamente relación con la primera. No obstante, al analizar las ganancias entre los dos cursos en ambas modalidades de MT, comprobaron que son las ganancias en la modalidad viso-espacial las que mejor predicen el rendimiento posterior. El desarrollo evolutivo parece ser funda-

mental en la relación entre el componente viso-espacial de la MT y el rendimiento matemático.

La relación entre la competencia matemática con las funciones ejecutivas de inhibición y MT evaluadas con cuestionarios ecológicos es más reducida. Con los índices del BRIEF los resultados son coincidentes con los obtenidos por McAuley et al. (2010) y Mahone et al. (2002) en el sentido de una mayor correlación con metacognición. Un aspecto importante a destacar es la variación de los resultados en función del informante. Así, se aprecia una relación superior de las estimaciones de los profesores que podría deberse a un mayor conocimiento y experiencia sobre el desarrollo normativo.

Los resultados sugieren que tanto la inhibición como la MT parecen estar estrechamente relacionadas con las habilidades matemáticas en edades tempranas. La inhibición correlaciona más con las puntuaciones de matemáticas cuando es evaluada mediante pruebas neuropsicológicas tradicionales. Por el contrario, la correlación de las habilidades matemáticas con la MT es destacable tanto con tareas neuropsicológicas, como con la escala y los índices que la engloban del BRIEF, con grandes diferencias entre las distintas habilidades matemáticas analizadas. Destaca la importante correlación entre las operaciones lógicas, central desde el modelo piagetiano, con la MT y el control de interferencia. Lo mismo ocurre con la habilidad de contar relacionada con el conocimiento procedimental del conteo (Geary y Hoard,

2005). Mucho más reducida, sin embargo, es la relación con estimación del tamaño o numerosidad. Una competencia considerada automática por lo que el FE no sería especialmente determinante (Butterworth y Yeo, 2004). También las diferentes medidas de operaciones matemáticas utilizadas (especialmente operaciones con enunciado verbal) presentan una relación significativa con inhibición y especialmente con MT evaluada con ambos tipos de medidas. La evaluación clínica reflejaría una implicación superior de procesamiento verbal numérico en estas operaciones.

El segundo objetivo pretendía analizar la capacidad predictiva de las pruebas neuropsicológicas de FE agrupadas en tres factores y de los índices de regulación comportamental y metacognición de los BRIEF sobre las subpruebas matemáticas. Los análisis de regresión realizados muestran igualmente resultados diferenciales en función de las medidas utilizadas, con un mayor poder predictivo de las tareas clínicas sobre los cuestionarios. En este caso, los tres factores (MT, inhibición-visual e inhibición-auditiva) explican partes de la varianza de las diferentes habilidades matemáticas, destacando el poder explicativo de la MT. Estos resultados, están en consonancia con los obtenidos por Bull et al. (2008) y Toll et al. (2011). En relación a la evaluación ecológica, aparece igualmente una superioridad predictiva del cuestionario de los profesores y, coincidiendo con los resultados de McAuley et al. (2010) y Waber et al. (2006), una mayor poten-

cia predictiva del índice de metacognición sobre el de regulación comportamental.

En síntesis, nuestros resultados destacan el importante papel de la MT en el aprendizaje de las matemáticas y sugieren que su déficit interfiere en el desarrollo de competencias matemáticas básicas, especialmente contar y operaciones lógicas, generando problemas secundarios en otros procesos numéricos entre los que destaca operaciones con enunciado verbal. Aunque en menor medida, la inhibición (evaluada mediante pruebas clínicas) es otra función ejecutiva que evidencia en nuestro estudio un papel importante en la predicción de estos procesos matemáticos, sugiriendo una interconexión de las dificultades de inhibición y de sobrecarga en el procesamiento. No obstante, aunque este estudio confirma la implicación de estas funciones ejecutivas en el desarrollo matemático, también es cierto que estas variables explican un moderado porcentaje de la varianza. Es necesario analizar el papel de éstas y otras funciones ejecutivas, como planificación o flexibilidad cognitiva, en estos y otros dominios matemáticos y profundizar en las pruebas utilizadas. Entre las limitaciones de este estudio, destaca igualmente la ausencia de otras variables explicativas de la competencia matemática, como la aptitud verbal, el nivel de escolaridad o factores motivacionales como las atribuciones, las creencias sobre la competencia o las actitudes.

Entre las implicaciones prácticas de este trabajo cabe destacar que los

test neuropsicológicos de inhibición y MT especialmente verbal, de fácil y rápida aplicación, son los que han mostrado una superior relación con la competencia matemática. Su utilidad parece clara para detectar déficits en el FE y ayudar a prevenir una posible dificultad en el aprendizaje de las matemáticas. Así mismo, la evaluación ecológica del FE mediante cuestionarios (especialmente a través de la escala de MT y el índice de metacognición) es otro procedimiento interesante para la detección de estos problemas. Los padres y los profesores tienen un conocimiento único sobre el comportamiento de los niños en ambientes naturales a la hora de detectar dificultades relacionadas con el rendimiento matemático. No obstante, y pese a reconocer la valía de ambas modalidades de evaluación, no es aconsejable utilizarlas de forma intercambiable, ya que aportan información diferenciada y complementaria.

Otro dato interesante de este estudio, en relación a la evaluación ecoló-

gica, es que la información proporcionada por los profesores ha mostrado una mayor relación con las competencias matemáticas de los niños que la de los padres. Este dato contrasta con el hecho de que la mayoría de estudios que utilizan el BRIEF toman como informantes a los padres. Este trabajo refleja que la información aportada por los profesores ayuda en mayor medida a la comprensión de las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas en el contexto escolar, así como al diseño de una respuesta educativa individualizada. En este sentido serían recomendables intervenciones educativas que contemplen, junto con la instrucción matemática específica, el entrenamiento en habilidades cognitivas de dominio general (fundamentalmente MT e inhibición). En esta línea, el programa Tools of the Mind para preescolares está basado en la estimulación de estas funciones cognitivas a través de un currículo educativo de base vigotskiana (Bodrova y Leong, 2007; Diamond y Lee, 2011).

Referencias

- Alloway, T., Gathercole, S., y Pickering, S. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*(6), 1698-1716. doi: 10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Andersson, U. (2010). Skill development in different components of arithmetic and basic cognitive functions: Findings from a 3-year longitudinal study of children with different types of learning difficulties. *Journal of Educational Psychology, 102*, 115-134. doi: 10.1037/a0016838.supp
- Archibald, S. J., y Kerns, K. A. (1999). Identification and description of new

- tests of executive functioning in children. *Child Neuropsychology*, 5, 115-129. doi: 10.1076/chin.5.2.115.3167
- Blair, C., y Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663. doi: 10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x
- Bodrova, E., y Leong, D. J. (2007). *Tools of the mind. The vygotskian approach to early childhood education*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Bull, R., Espy, K. A., y Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33, 205-228. doi: 10.1080/87565640801982312
- Bull, R., y Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293. doi: 10.1207/S15326942DN1903_3
- Butterworth, B., y Yeo, D. (2004). *Dyscalculia guidance*. London: nferNelson.
- Chu, F. W., Van Marle, K., y Geary, D. C. (2013). Quantitative deficits of preschool children at risk for mathematical learning disability. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-10. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00195
- Clark, C. A. Pritchard, V. E., y Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning predicts early mathematics achievement. *Developmental Psychology* 41(5), 1176-1191. doi: 10.1037/a0019672
- Clark, C. A., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., y Espy, K. A. (2013). Longitudinal association between executive control and developing mathematical competence in preschool boys and girls. *Child Development*, 84, 662-677. doi: 10.1111/j.1467-8624.2012.01854.x
- Diamond, A., y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333, 959-964. doi: 10.1126/science.1204529
- Diamond, A., y Taylor, C. (1996). Development of an aspect of executive control: Development of the abilities to remember what I said and to «Do as I say, not as I do». *Developmental Psychobiology*, 29(4), 315-334. doi: 10.1002/(sici)1098-2302(199605)29:4<315::aid-dev2>3.3.co;2-c
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., y Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 465-486. doi: 10.1207/s15326942dn2601_6
- Fuhs, M. W., Nesbitt, K. T., Farran, D. C., y Dong, N. (2014). Longitudinal associations between executive functioning and academic achievement across content areas. *Developmental Psychology*, 50(6), 1698-1709. doi:10.1037/a0036633
- Gathercole, S., Pickering, S., Ambridge, B., y Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40, 177-190. doi: 10.1037/0012-1649.40.2.177
- Geary, D. C., y Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 253-267). New York: Psychology Press.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., y Bailey, H. D. (2013). Adolescents'

- functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *Plos ONE*, 8, e54651. doi: 10.1371/journal.pone.0054651
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., y Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33, 277-299. doi: 10.1080/87565640801982361
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., y Kenworthy, L. (2000). *Behavior Rating Inventory of Executive Function: Professional Manual*. Lutz, FL: Psychological Assessment.
- Grégoire, J., Noël, M. P., y Van Nieuwenhoven, C. (2005). *Tedi-Math. Manual*. Madrid: TEA.
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock, S. L., y Levine, S. C. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge: The role of the linear number line. *Developmental Psychology*, 48(5), 1229-1241. doi: 10.1037/a0027433
- Henry, L., y McLean, M. (2003) Relationships between working memory, expressive vocabulary and arithmetical reasoning in children with and without intellectual disabilities. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 51-63.
- Holmes, J., y Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26(3), 339-366. doi: 10.1080/01443410500341056
- IBM Corp. Released (2010). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 19.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- Isquith, P. K., Roth, R. M., Kenworthy, L., y Gioia, G. (2014). Contribution of rating scales to intervention for executive dysfunction. *Applied Neuropsychology: Child*, 3(3), 197-204. doi: 10.1080/21622965.2013.870014
- Krajewski, K., y Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3 year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 516-531. doi: 10.1016/j.jecp.2009.03.009
- Kyttälä, M., y Lehto, J. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, 22(1), 77-94. doi: 10.1007/bf03173141
- Li, Y., y Geary D. C. (2013). Developmental Gains in Visuospatial Memory Predict Gains in Mathematics Achievement. *PLoS ONE* 8(7): e70160. doi: 10.1371/journal.pone.0070160
- Luria, A. R. (1966). *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books.
- Mahone, E. M., Cirino, P. T., Cutting, L. E., Cerrone, P. M., Hagelthorn, K. M., Hiemenz, J. R., ... Denckla, M. B. (2002). Validity of the Behavior Rating Inventory of Executive Function in children with ADHD and/or Tourette syndrome. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17(7), 643-662. doi: 10.1016/s0887-6177(01)00168-8
- Marzocchi, G. M., Lucangeli, D., De Meo, T., Fini, F., y Cornoldi, C. (2002). The disturbing effect of irrelevant information on arithmetic problem solving in inattentive children. *Developmental Neuropsychology*, 21, 73-92. doi: 10.1207/S15326942DN2101_4
- McAuley, T., Chen, S., Goos, L., Schachar, R., y Crosbie, J. (2010). Is the Behavior Rating Inventory of Executive Function more strongly associated with

- measures of impairment or executive function? *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 495-505. doi: 10.1017/s1355617710000093
- Monette, S., Bigras, M., y Guay, M. C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(2), 158-173. doi: 10.1016/j.jecp.2011.01.008
- Passolunghi, M. C., y Cornoldi, C. (2008). Working memory failures in children with arithmetical difficulties. *Child Neuropsychology*, 14(5), 387-400. doi: 10.1080/09297040701566662
- Pickering, S., Baqués, J., y Gathercole, S. (1999). *Batería de tests de memoria de trabajo*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., y Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110-122. doi: 10.1016/j.lindif.2009.10.005
- 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. doi: 10.2307/1131037
- Spren, O., y Strauss, E. (1991). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms and commentary*. New York: Oxford University Press.
- Stock, P., Desoete, A., y Roeyers, H. (2009). Screening for mathematical disabilities in Kindergarten. *Developmental Neuropsychology*, 12(6), 389-396. doi: 10.3109/17518420903046752
- Swanson, H. L., y Jerman, O. (2006). Math Disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research*, 76, 249-274. doi: 10.3102/00346543076002249
- Toll, S. W. M., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., y Van Luit, J. E. H. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521-532. doi: 10.1177/0022219410387302
- Toplak, M. E., West, R. F., y Stanovich, K. E. (2013). Assessing miserly processing: an expansion of the cognitive reflection test. *Thinking y Reasoning*, 20, 147-168. doi: 10.1080/13546783.2013.844729
- Waber, D. P., Gerber, E. P., Turcios, V., Wagner, E., y Forbes, P. (2006). Executive functions and performance on high-stakes testing in children from urban schools. *Developmental Neuropsychology*, 29, 459-477. doi: 10.1207/s15326942dn2903_5
- Wechsler, D. (1967). *Manual for the Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Welsh, J. A., Nix, R. L., Blair, C., Bierman, K. L., y Nelson, K. E. (2010). The development of cognitive skills and gains in academic school readiness for children from low income families. *Journal of Educational Psychology*, 102, 43-53. doi: 10.1037/a0016738
- Wu, S. S., Meyer, M. L., Maeda, U., Saslimpoor, V., Tomiyama, S., Geary, D. C., ... Menon, V. (2008). Standardized assessment of strategy use and working memory in early mental arithmetical performance. *Developmental Neuropsychology*, 33, 365-393. doi: 10.1080/87565640801982445

María-Jesús Presentación Herrero, doctora en psicología y profesora titular de la Universidad Jaume I de Castellón. Desde hace más de dos décadas su docencia y su investigación se han centrado en la intervención en las Dificultades del Aprendizaje y el TDAH.

Rebeca Siegenthaler Hierro, profesora ayudante doctora en el Departamento de Psicología Evolutiva, Educativa, Social y Metodología de la Universidad Jaume I. Es especialista en Dificultades de Aprendizaje y TDAH.

Vicente Pinto Tena, profesor titular de Escuela Universitaria en de la Universidad de Castellón. Su docencia y su investigación se han dirigido a la Psicología Escolar, las Dificultades de Aprendizaje de la Lectura y las Matemáticas.

Jessica Mercader Ruiz, licenciada en Psicopedagogía, ha obtenido un máster en Neurociencia Cognitiva y Necesidades Educativas Específicas en la Universidad de Valencia. Actualmente, es becaria pre-doctoral en el programa de doctorado Intervención Social y Familiar de la Universidad Jaume I. Centra sus intereses en el área de Dificultades del Aprendizaje de las Matemáticas.

Ana Miranda Casas, es doctora en psicología y catedrática del Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de Valencia. Tiene una extensa y fructífera trayectoria profesional, con múltiples investigaciones nacionales e internacionales sobre Dificultades del Aprendizaje y TDAH.

Fecha de recepción: 21-03-2014

Fecha de revisión: 12-09-2014

Fecha de aceptación: 08-10-2014