

Predictores cognitivos del conocimiento numérico temprano en alumnado de 5 años

Estíbaliz L. Aragón*, José I. Navarro*, Manuel Aguilar*, y Gamal Cerda**

*Universidad de Cádiz, **Universidad de Concepción

Resumen

Las habilidades numéricas pueden predecirse a través de la presencia de determinados procesos cognitivos superiores en edades tempranas. Para ello, se realizó a 208 participantes de Educación Infantil una valoración cognitiva paralela a la evaluación matemática, con el fin de constatar el posible papel predictor de los procesos cognitivos en el desempeño matemático. Los resultados del análisis de regresión lineal múltiple mostraron que las habilidades numéricas pudieron ser explicadas parcialmente por las siguientes variables cognitivas introducidas en el modelo: la medida de la alfabetización emergente, inteligencia, memoria de trabajo y a corto plazo verbal, y una de las dos medidas de inhibición empleadas.

Palabras clave: Cognición matemática, matemática temprana, educación infantil.

Abstract

Early numeracy skills can be predicted by several cognitive processes at early ages. Therefore, both a cognitive assessment and early math evaluation was carried out, with 208 Kindergarten participants, in order to explain the potential predictive role of higher cognitive processes in early numeracy skills. Results of stepwise multiple linear regression analysis showed that the variance in the early numeracy skills scores could be partially explained by the following cognitive variables introduced in the explanatory model: emergent literacy, intelligence, working memory, verbal short term memory, and one of two measurements used in the study of inhibitory processes.

Keywords: Mathematical cognition, early mathematical, kindergarten education.

Agradecimientos: Trabajo co-financiado con los proyectos EDU2011-22747 del plan nacional I+D+i, P09-HUM4918 del PAIDI y Convenio de desempeño UCO 1203, Profesores UdeC: Protagonistas del cambio en la sociedad del conocimiento.

Correspondencia: Estíbaliz L. Aragón, Departamento de Psicología, Universidad de Cádiz, Campus de Río San Pedro, C.P. 11510. Puerto Real, Cádiz (España). E-mail: estivaliz.aragon@uca.es

Introducción

Actualmente, se dirigen esfuerzos para determinar aquellos componentes cognitivos que pueden desempeñar un papel relevante en la adquisición y desarrollo de habilidades matemáticas (Miñano y Castejón, 2011; Navarro, Aguilar, Marchena, Ruiz, y Ramiro, 2011). Esta línea de investigación es relevante debido a que puede servir de base al reconocimiento de aquellos estudiantes que se encuentran en riesgo de manifestar dificultades de aprendizaje (Duncan et al., 2007; González-Castro, Rodríguez, Cueli, Cabeza, y Álvarez, 2014). Todo ello facilita la aplicación de programas de intervención destinados a la rehabilitación y potenciación de estas habilidades.

Al hablar de predictores se puede hacer referencia a dos categorías diferenciadas y relacionadas, como son las habilidades de dominio general y específico (Passolunghi y Lanfranchi, 2012). Se emplea el concepto de predictores de dominio general para referirse a aquellas habilidades cognitivas generales que predicen el rendimiento en diversas materias escolares, no en un solo campo concreto. Entre ellas pueden ser mencionadas, el papel predictivo de la memoria de trabajo, la memoria a corto plazo, la inteligencia y la velocidad de procesamiento (Bull, Espy, y Wiebe, 2008; Navarro et al., 2011). Por otro lado, se emplea el concepto predictor de dominio específico para aludir a aquellas habilidades que son capaces de predecir el desempeño posterior en un área particular, en este caso las matemáticas.

Un ejemplo de este tipo de predictores son aquellas destrezas relacionadas con la adquisición del sentido numérico (De Smedt et al., 2009).

En los últimos años, los investigadores se han encargado de estudiar la relevancia que la memoria de trabajo presenta en el desarrollo de las competencias escolares básicas (Alloway y Passolunghi, 2011; Engel de Abreu y Gathercole, 2012). Concretamente, la investigación avala el papel de los distintos componentes de la memoria de trabajo como predictor del aprendizaje matemático en los primeros cursos (Passolunghi y Lanfranchi, 2012). Dentro de los múltiples componentes del modelo de la memoria reelaborado por Baddeley (2000), se destaca el ejecutivo central, responsable de recursos atencionales que sirven de base al procesamiento de tareas complejas (Alloway, Gathercole, y Pickering, 2006). La investigación arroja una fuerte evidencia a favor de la implicación del ejecutivo central en la solución de problemas aritméticos (Passolunghi y Pazzaglia, 2004, 2005). Asimismo, avala la relación entre habilidades numéricas y funciones ejecutivas del alumnado de Educación Infantil (Kolkman, Hoiijtink, Kroesbergen, y Leseman, 2013) y Educación Primaria (Anderson y Lyxell, 2007). Con respecto al vínculo entre la competencia matemática y la inteligencia no verbal, se constatan resultados recientes que reafirman la existencia de dicha relación, en el sentido que el alumnado con mayor inteligencia también mostraba mayor rendimiento en las tareas

de comparación numérica simbólica y no simbólica (Gullick, Sprute, y Temple, 2011; Östergren y Träff, 2013). Finalmente, existen investigaciones que sugieren una vinculación entre la alfabetización emergente y las habilidades numéricas tempranas del alumnado de preescolar (LeFèvre et al., 2010, 2013; Purpura, Hume, Sims, y Lonigan, 2011).

Los recientes estudios que abordan esta temática conducen a reflexionar sobre la conveniencia de establecer un perfil cognitivo predictor del rendimiento matemático a temprana edad. De modo que el nivel del estudiante en las habilidades predictoras de carácter general puede ser especialmente relevante a la hora de detectar y proveer apoyo a aquel alumnado que presente una baja competencia matemática. Por ello, en el presente trabajo se llevó a cabo una evaluación de distintos factores que podían influir en el rendimiento matemático temprano como fueron: memoria de trabajo, funciones ejecutivas, memoria a corto plazo, inteligencia y alfabetización emergente. A modo de síntesis, el presente trabajo gira en torno al establecimiento de un perfil cognitivo de los alumnos/as asociado a su nivel de habilidades numéricas tempranas.

Método

Instrumentos

Se han tomado medidas de las habilidades matemáticas tempranas a

través del Early Numeracy Test, así como de diferentes parámetros cognitivos que pasamos a describir a continuación.

Early Numeracy Test (ENT-R).

Se empleó una versión computerizada del ENT-R (Van Luit y Van de Rijt, 2009), cuyo objetivo es la evaluación del conocimiento numérico temprano, así como la detección de alumnado con Dificultades de Aprendizaje de las Matemáticas (DAM). Dispone de tres versiones paralelas de 45 ítems cada una, por lo que presenta una puntuación máxima de 45 puntos para cada versión del test (uno por cada ítem correcto). La prueba presenta un tiempo promedio de aplicación de 30 minutos y debe ser administrada individualmente. ENT-R evalúa 9 componentes de la CMT: conceptos de comparación, clasificación, correspondencia uno a uno, seriación, conteo verbal, conteo estructurado, conteo (sin señalar), conocimiento general de los números y estimación. El alfa de Cronbach fue .90.

Get Ready to Read! Screening Tool (GRTR). Whitehurst y Lonigan (2003) elaboraron esta prueba para la evaluación de la alfabetización emergente. Por un lado, evalúa la conciencia fonológica a partir de ítems relacionados con el conocimiento de los sonidos de las letras, las rimas y segmentación de palabras. Por otro, mide el conocimiento del texto escrito mediante actividades basadas en la comprensión y discriminación de letras y palabras escritas. El test se compone de 20 ítems en los que el evaluado debe señalar la opción que considera

correcta entre cuatro posibles. En la presente investigación, se utilizó la versión computerizada de la prueba, en la que el niño recibe la instrucción del evaluador y señala una de las cuatro posibilidades presentes en la pantalla del ordenador como respuesta a la pregunta. Su alfa de Cronbach fue de .78.

Test de Matrices Progresivas de Raven Color (Raven). Se empleó esta prueba clásica (Raven, 1996) en su versión color para obtener una medida del factor *g* de la inteligencia sin influencia cultural. El Raven implica el establecimiento de relaciones lógicas entre una figura carente de una parte y los posibles patrones que la completan. Por tanto, consiste en poner de relieve la habilidad de dar sentido a un material desorganizado o confuso, manejando constructos no verbales que posibilitan la comprensión de una estructura compleja. Su alfa de Cronbach fue .82.

Dígitos en orden directo e inverso. La prueba de dígitos del WISC IV (Wechsler, 2005) está compuesta por dos tareas a su vez. En la tarea de dígitos en orden directo el evaluador menciona series de números que el evaluado debe repetir en el mismo orden en que han sido verbalizados por el aplicador. Es una adecuada medida de la memoria a corto plazo fonológica, ya que se almacena una secuencia sin manipulación, y se insta a repetirla exactamente igual a como se presentó. A diferencia de la tarea en orden inverso que al requerir el manejo de la información almacenada evalúa la memoria de trabajo verbal.

Cada tarea se compone de 8 elementos con dos intentos a su vez. El coeficiente de fiabilidad alfa de Cronbach fue .78 para orden directo y .76 en orden inverso.

Animal Stroop (Van der Ven, Kroesbergen, Boom, y Leseman, 2012). Se basa en el efecto de interferencia de Stroop y evalúa la capacidad de inhibición de información. En esta tarea se presentan dibujos de animales que se componen del cuerpo de un animal y la cabeza de otro. El alumno/a debe denominar el animal al que corresponde el cuerpo (no la cabeza), inhibiendo la respuesta automática de nombrar el animal al que corresponde la cabeza (con independencia del cuerpo que tenga). Dispone de 48 ítems de control y 48 de stroop. El alfa de Cronbach fue .96.

Simon task. El objetivo de Simon task (Van der Ven et al., 2012) es evaluar la capacidad de inhibición de la tendencia natural a pulsar la tecla correspondiente en el lugar de presentación del estímulo. Se utilizó una adaptación de la misma, en la que el evaluado debía presionar una tecla situada a la izquierda en el extremo de un teclado RB-730 cuando veían a un ratón, y una tecla en el extremo derecho del teclado cuando aparecía un dragón. En la condición de control los personajes aparecían en el centro, y en la condición de inhibición aparecían a los lados de la pantalla. La prueba consta de 40 ítems en cada una de las etapas (control e inhibición). El alfa de Cronbach fue .94.

Animal Shifting. Se empleó una adaptación al español de la prueba

Animal Shifting (Van der Ven et al., 2012) basada en la tarea Symbol Shifting elaborada por Van der Sluis, De Jong, y Van der Leij (2007), y evalúa la flexibilidad atencional. En esta tarea, se presentan dos imágenes (un animal y una pieza de fruta) de manera simultánea en la pantalla del ordenador. En la tarea de *shifting*, el participante debe nombrar sólo una de ellas, en función del color de fondo. En el bloque de control, se muestra sólo una imagen que deben denominar. La prueba consta de 40 ítems de control y 40 ítems de *shifting*. Su alfa de Cronbach fue .93.

Participantes

La muestra de estudiantes pertenecía a cuatro centros escolares, dos de carácter concertado y dos públicos, con un nivel socio-económico correspondiente a los estándares de la clase media. La selección de los participantes fue realizada de manera intencional entre los centros que colaboran en tareas de investigación educativa. Los participantes fueron un total de 208 estudiantes pertenecientes a último curso de Educación Infantil, cuyas edades oscilaban entre los 4.92 y los 6 años, con una media de 5.45 años y una desviación típica de .29. Del total de la muestra, 100 participantes fueron niñas, cuyas edades oscilaron entre los 4.92 años y 5.92 años ($M = 5.44$; $DT = .29$). Los participantes varones fueron 108, cuyas edades oscilaron entre 4.92 y 6 años ($M = 5.46$; $DT = .30$).

Procedimiento

Se llevaron a cabo dos sesiones de evaluación por los propios autores. En una de ellas se evaluaron la alfabetización emergente y las habilidades numéricas tempranas, y en la otra se aplicaron el resto de pruebas de corte cognitivo en buenas condiciones de aplicabilidad. La administración se realizó individualmente y osciló entre 30 y 45 minutos, con un orden aleatorio de aplicación tanto inter-sesiones como intra-sesiones. Se contó con el consentimiento informado de los padres y profesorado de los estudiantes.

Resultados

Dado que se perseguía conocer el valor predictivo de las variables cognitivas en relación a las habilidades numéricas tempranas, se comprobó el cumplimiento de los requisitos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov = .71; $p > .01$), homocedasticidad (prueba de Levene = 3.32; $p > .01$), y se calculó la asimetría y la curtosis de la variable dependiente ($g^1 = .28$; $g^2 = -.35$), ratificando la normalidad de la distribución. El análisis de los resultados se realizó en dos niveles. Por un lado, calculando el valor predictivo de las variables cognitivas en relación a las habilidades numéricas tempranas. Por otro, se estableció el perfil cognitivo según el nivel alcanzado en el ENT-R.

Se seleccionó una técnica de análisis multivariante de regresión lineal múltiple por pasos (*stepwise*), con el

Tabla 1

Modelo de Regresión Lineal Múltiple por Pasos

| Modelo | R | R ² | R ² corregida | Estadísticos de cambio | | | Durbin Watson | |
|--------|-------|----------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------|------------------|------------------|
| | | | | Error típ estimación | Cambio en R ² | Cambio en F | | Sig. Cambio F |
| 1 | .539a | .291 | .288 | 5.55 | .291 | 84.53 | .000 | |
| 2 | .601b | .361 | .355 | 5.28 | .070 | 22.60 | .000 | |
| 3 | .631c | .398 | .389 | 5.13 | .037 | 12.53 | .000 | |
| 4 | .651d | .423 | .412 | 5.04 | .025 | 8.82 | .003 | |
| 5 | .659e | .435 | .421 | 5.00 | .011 | 4.09 | .044 | 1.943 |

Nota. (a) Variables predictoras: (Constante), GRTR; (b) Variables predictoras: (Constante), GRTR, Raven; (c) Variables predictoras: (Constante), GRTR, Raven, Dig. Inverso; (d) Variables predictoras: (Constante), GRTR, Raven, Dig. Inverso, Dig. Directo; (e) Variables predictoras: (Constante), GRTR, Raven, Dig. Inverso, Dig. Directo, Índice Simon Task; (f) Variable dependiente: ENT-R.

fin de establecer cómo ciertas variables consideradas por la literatura predictoras o explicativas se relacionan con la variable criterio.

Según los resultados recogidos en la Tabla 1, del análisis de regresión

surgieron cinco modelos, cada uno con su propia capacidad explicativa. El modelo 5 fue el que mayor capacidad explicativa ofrecía. Por tanto, el 43.5% de la varianza en el resultado de la medida de las habilidades numé-

Tabla 2

Coefficientes del Modelo de Regresión Lineal Múltiple

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | T | Sig. | Estadísticos de colinealidad | |
|---------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------|------|------------------------------|-------|
| | B | Error típ. | Beta | | | Tolerancia | FIV |
| 5 (Constante) | -9.381 | 2.772 | | -3.384 | .001 | | |
| GRTR | .906 | .160 | .343 | 5.672 | .000 | .764 | 1.309 |
| Raven | .362 | .097 | .216 | 3.722 | .000 | .829 | 1.206 |
| Dig. Inverso | .668 | .237 | .169 | 2.821 | .005 | .776 | 1.289 |
| Dig. Directo | .801 | .264 | .166 | 3.034 | .003 | .937 | 1.067 |
| Índice Simon | .089 | .044 | .113 | 2.024 | .044 | .903 | 1.108 |

Nota. GRTR = Get Ready to Read; FIV = Factor de Inflación de la Varianza.

ricas tempranas pudo ser explicada por las variables cognitivas introducidas en el modelo: la medida de la alfabetización emergente, la inteligencia, la memoria de trabajo, la memoria a corto plazo verbal, y el índice de eficacia en la tarea de inhibición de Simon. Sin embargo, teniendo en cuenta el número de sujetos y de variables implicadas, el 42.1% de la varianza en las habilidades numéricas tempranas pudo ser explicada por el conjunto de variables anteriormente mencionadas.

La Tabla 2 muestra que el valor de t se asociaba a una probabilidad de error inferior a .05 en las cinco variables incluidas en el modelo. Asimismo, se recogen los coeficientes estandarizados, de modo que las variables que presentaban un mayor peso explicativo fueron: la alfabetización emergente, la inteligencia, la memoria de trabajo verbal, la memoria a corto plazo verbal y el índice de eficiencia en la tarea de Simon de inhibición. Estos coeficientes sitúan a la alfabetización emergente como el predictor más fuerte de las habilidades numéricas tempranas junto con el nivel de inteligencia. Las variables relacionadas con la memoria verbal de trabajo y a corto plazo, y la medida de la inhibición del ejecutivo central evaluada con la tarea de Simon explicaron menor varianza.

Por otro lado, se observan los resultados de la prueba t y sus valores críticos, los cuales contribuyeron a contrastar la hipótesis nula de que el coeficiente de regresión arrojaba un valor cero. Ante los resultados obtenidos, se asumió que las cinco variables

estudiadas favorecían la explicación de la varianza de la variable dependiente. Las dos variables restantes (índice de eficiencia en Animal Stroop y Animal Shifting) fueron excluidas.

Para confirmar la validez del modelo, se pudo analizar la independencia de los residuos. El estadístico D de Durbin-Watson obtuvo un valor $D = 1.943$, confirmando la ausencia de autocorrelación positiva (valores cercanos a 0) y negativa (valores cercanos a 4). Se asumió también la ausencia de colinealidad, y por tanto, la estabilidad de las estimaciones al obtener altos valores de tolerancia y bajos de FIVs (Tabla 2).

Por otro lado, en la Tabla 3 se observa cómo estudiantes que mostraban mejor resultado en ENT-R también obtenían una mejor ejecución en el resto de variables estudiadas. Asimismo, el alumnado con peor puntuación en el ENT-R obtuvo peores resultados en las demás variables, exceptuando la medida de la habilidad de *shifting*.

En los contrastes post-hoc (Tabla 4) todos los grupos difirieron significativamente en la medida de la alfabetización emergente, inteligencia, memoria de trabajo verbal y la tarea de inhibición de Stroop ($p < .05$). Sin embargo, en la medida de la memoria a corto plazo y de la tarea de inhibición de Simon, no se encontraron diferencias significativas entre el grupo de media y baja ejecución en matemáticas. Finalmente, en la tarea de *shifting* las diferencias fueron significativas ($p < .05$) únicamente entre el grupo de media ejecución y el de alta ejecución, a favor de este último.

Tabla 3

Medias y Desviaciones Típicas de las Pruebas Administradas en función del Nivel de las Habilidades Numéricas Tempranas

| | | GRTR | Raven | Dígitos inverso | Dígitos directo | Simon task | Animal Stroop | Animal Shifting |
|----------------|-------------|--------|--------|--------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|
| Baja | <i>M</i> | 15.10 | 13.90 | 2.64 | 5.38 | 27.58 | 14.74 | 6.19 |
| <i>n</i> = 58 | <i>(DT)</i> | (2.77) | (3.69) | (1.85) | (1.21) | (11.02) | (6.86) | (5.36) |
| Media | <i>M</i> | 16.56 | 15.66 | 3.99 | 5.45 | 30.54 | 17.35 | 5.33 |
| <i>n</i> = 97 | <i>(DT)</i> | (2.24) | (3.37) | (1.37) | (1.28) | (6.26) | (5.43) | (5.53) |
| Alta | <i>M</i> | 18.25 | 18.23 | 4.58 | 6.32 | 33.61 | 20.91 | 7.90 |
| <i>n</i> = 53 | <i>(DT)</i> | (1.32) | (3.92) | (1.27) | (1.45) | (7.11) | (4.36) | (6.41) |
| Total | <i>M</i> | 16.58 | 15.82 | 3.76 | 5.65 | 30.50 | 17.53 | 6.22 |
| <i>N</i> = 208 | <i>(DT)</i> | (2.49) | (3.93) | (1.66) | (1.36) | (8.32) | (6.04) | (5.79) |

Nota. GRTR = Get Ready to Read.

Tabla 4

Comparaciones Post Hoc de los Tres Grupos Según su Ejecución en ENT-R

| (I) | (J) | | GRTR | Raven | Dígitos Inverso | Dígitos Directo | Simon task | Animal Stroop | Animal Shifting |
|-------|-------|----------|--------|--------|--------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|
| Baja | Media | I-J | -1.45* | -1.76* | -1.35* | -.074 | -2.95 | -2.60* | .85 |
| | | <i>d</i> | -.58 | -.50 | -.83 | -.06 | -.33 | -.40 | .15 |
| | | <i>r</i> | -.28 | -.24 | -.38 | -.03 | -.17 | -.20 | .07 |
| | Alta | I-J | -3.14* | -4.33* | -1.94* | -.94* | -6.03* | -6.16* | -1.71 |
| | | <i>d</i> | -1.45 | -1.14 | -1.22 | -.70 | -.65 | -1.07 | -.29 |
| | | <i>r</i> | -.59 | -.49 | -.52 | -.32 | -.31 | -.47 | -.14 |
| Media | Baja | I-J | 1.45* | 1.76* | 1.35* | .074 | 2.95 | 2.60* | -.85 |
| | | <i>d</i> | .58 | .50 | .83 | .06 | .33 | .40 | -.15 |
| | | <i>r</i> | .28 | .24 | .38 | .03 | .17 | .20 | -.07 |
| | Alta | I-J | -1.68* | -2.56* | -.59* | -.86* | -3.07* | -3.56* | -2.57* |
| | | <i>d</i> | -.91 | -.70 | -.45 | -.64 | -.46 | -.72 | -.43 |
| | | <i>r</i> | -.42 | -.33 | -.22 | -.30 | -.22 | -.34 | -.21 |
| Alta | Baja | I-J | 3.14* | 4.33* | 1.94* | .94* | 6.03* | 6.16* | 1.71 |
| | | <i>d</i> | 1.45 | 1.14 | 1.22 | .70 | .65 | 1.07 | .29 |
| | | <i>r</i> | .59 | .49 | .52 | .32 | .31 | .47 | .14 |
| | Media | I-J | 1.68* | 2.56* | .59* | .86* | 3.07* | 3.56* | 2.57* |
| | | <i>d</i> | .91 | .70 | .45 | .64 | .46 | .72 | .43 |
| | | <i>r</i> | .42 | .33 | .22 | .30 | .22 | .34 | .21 |

**p* < .05; GRTR= Get Ready to Read.

Discusión

En este trabajo se ha pretendido conocer el valor predictivo de una serie de variables cognitivas en relación a las habilidades numéricas tempranas, que nos permitiera establecer un perfil del alumnado de 5 años, según el nivel alcanzado en el ENT-R. Distintas investigaciones han profundizado en aquellos aspectos que sugieren la existencia de una vinculación entre competencia lingüística y matemática temprana (Krajewski y Schneider, 2009; LeFèvre et al., 2010, 2013; Purpura et al., 2011). En nuestra investigación se estudió concretamente la posible relación sincrónica existente entre ambas habilidades al inicio del último curso de Educación Infantil encontrándose una gran relación entre ambas variables. En la misma línea, Krajewski et al. (2009) encontraron que el 34% de las diferencias en matemáticas a los 5 años se explicaba por las habilidades lingüísticas iniciales. Asimismo, se encontró una relación predictiva favorable de la alfabetización emergente sobre las habilidades numéricas tempranas y apoyada por estudios previos (Simmons, Singleton, y Horne, 2008). Es interesante destacar que en el trabajo de Krajewski et al. (2009), el papel predictivo disminuye conforme se va desarrollando la adquisición de competencias aritméticas más complejas. Es decir, parece ser que las habilidades lingüísticas tempranas facilitan el desarrollo de la competencia matemática inicial, pero se vuelven menos relevantes conforme avanza la escolarización.

Este aspecto puede ayudarnos a comprender la existencia de resultados contradictorios en el estudio del papel predictivo de la alfabetización emergente en el rendimiento aritmético, ya que existen otros trabajos que no llegan a confirmar esta relación predictiva (Fuchs et al., 2006).

Por otro lado, la literatura especializada constata, en la misma dirección que los resultados de este trabajo, la relación existente entre la inteligencia no verbal y las habilidades numéricas (Östergren et al., 2013). Asimismo, se hallan investigaciones que van más allá, subrayando el papel predictor de la inteligencia en el rendimiento matemático (Lu, Weber, Spinath, y Shi, 2011). Otros estudio la consideran como un factor causal en el logro académico, alzándola como la responsable de las diferencias individuales entre el alumnado (Kvist y Gustafsson, 2008). Se observa también una estrecha relación entre inteligencia y memoria de trabajo, de modo que la conjunción de ambas nos lleva a una predicción más completa del éxito matemático (Gullick et al., 2011).

La memoria de trabajo también se vincula a la memoria a corto plazo. Pero, al margen de ésta, la memoria a corto plazo verbal contribuye a la adquisición de habilidades académicas como son las matemáticas y la lectura (Gathercole, Alloway, Willis, y Adams, 2006; Swanson y Jerman, 2007). Algunos estudios subrayan su importancia para el mantenimiento de soluciones temporales, lo que explicaría las diferencias encontradas en la solución de problemas matemáticos

atribuidas a dificultades en el sistema fonológico (Gathercole et al., 2004). Por ejemplo, Bull et al. (2008) hallaron que los niños con mejor memoria a corto plazo verbal mostraban asimismo mayor logro en matemáticas.

También diversas investigaciones arrojan evidencia a favor de la relación existente al inicio de la escolaridad entre la memoria de trabajo y distintas habilidades académicas, como las matemáticas (Alloway y Alloway, 2010). O viceversa, aquellos niños que presentan dificultades en el aprendizaje matemático muestran un deterioro en la memoria de trabajo (Passolunghi y Siegel, 2004).

Las habilidades relacionadas con el lenguaje, como la conciencia fonológica, vocabulario y memoria de trabajo verbal, son capaces de predecir los resultados matemáticos (LeFèvre et al., 2010, 2013; Östergren et al., 2013). En nuestro caso, la memoria de trabajo verbal presentó cierto impacto en las habilidades numéricas a los 5 años. A diferencia de otros estudios, en los que se alza como principal predictor del rendimiento matemático temprano (Rasmussen y Bisanz, 2005), en la presente investigación la relación no es tan potente. Este resultado puede deberse al tipo de medida de memoria de trabajo empleada, ya que según Pickering (2001), se esperaría un mayor impacto de la memoria de trabajo visoespacial que verbal a los 5 años de edad, debido al modelo de representación matemática y a la codificación de la información en edades preescolares.

Del mismo modo, numerosos estudios reportan una asociación directa

entre la función ejecutiva y las matemáticas tanto en los primeros años (cuando las habilidades escolares se encuentran en estado emergente) como en años posteriores (Gathercole et al., 2004). Los resultados indican que en Educación Infantil las habilidades de inhibición son predictivas del rendimiento matemático (Espy et al., 2004) y posteriormente a los 7 años la capacidad de *shifting* acompaña a la habilidad de inhibición como predictores en esta materia (Bull y Scerif, 2001). Sin embargo, conforme avanza la edad (10-11 años) esta relación pasa a ser menos clara (Navarro et al., 2011; St. Clair-Thompson y Gathercole, 2006). Hay evidencia de que el primer componente en desarrollarse sea la inhibición (Senn, Espy, y Kaufmann, 2004) que juega un papel relevante en los primeros años. Parece ser que llevar a cabo las tareas de *shifting* adecuadamente exige la existencia del dominio previo de la capacidad de inhibición, constituyendo un paso más allá en el desarrollo de las funciones ejecutivas (Best, Miller, y Jones, 2009).

Los resultados presentados se encuentran en esta línea. El análisis de regresión excluyó la medida de la capacidad de *shifting* a los 5 años de edad. Sin embargo, una de las dos medidas empleadas en el estudio de los procesos inhibitorios fue añadida en el modelo explicativo de la varianza del rendimiento matemático. Al igual que en el presente trabajo, otros estudios tampoco encontraron relación entre *shifting* y distintos aspectos matemáticos (Bull et al., 2008;

St. Clair-Thompson et al., 2006). Sin embargo, sí existen trabajos que demuestran esta relación (Kroesbergen, Van Luit, Van Lieshout, Van Loosbroek, y Van de Rijt, 2009; Yeniad, Malda, Mesman, van Ijzendoorn, y Pieper, 2012).

En conclusión, de acuerdo con este estudio, el perfil cognitivo del alumnado competente en matemática temprana sería aquel que tiene un buen nivel de alfabetización emergente, memoria de trabajo e inteligencia general, así como una adecuada

capacidad de inhibición de la información irrelevante. Este tipo de perfil cognitivo podría ayudar al desarrollo de métodos de enseñanza de la matemática a temprana edad. Las investigaciones futuras deberían examinar si las distintas variables cognitivas que perfilan las características mentales de la competencia matemática, se mantienen en el tiempo y si son eficientes para el desempeño de otro tipo de actividades matemáticas como son la resolución de problemas y el cálculo aritmético complejo.

Referencias

- Alloway, T. P., y Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106, 20-29. doi: 10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., y Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuo-spatial short-term and working memory in children: Are they separable?. *Child Development*, 77, 1698-1716. doi: 10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Alloway, T. P., y Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences*, 21(1), 133-137. doi: 10.1016/j.lindif.2010.09.013
- Andersson, U., y Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit?. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197-228. doi: 10.1016/j.jecp.2006.10.001
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-422. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Best, J. R., Miller, P. H., y Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*, 29, 180-200. doi: 10.1016/j.dr.2009.05.002
- 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, task switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293. doi: 10.1207/S15326942DN1903_3

- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., y Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 186-201. doi: 10.1016/j.jecp.2009.01.004
- Duncan, G. J., Claessens, A., Huston, A. C., Pagani, L., Engel, M., Sexton, H.,... Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1428-1446. doi: 1.1 37/ 12-1649.43.6.1428
- Engel de Abreu, P. M. J., y Gathercole, S. E. (2012). Executive and phonological processes in second-language acquisition. *Journal of Educational Psychology*, *104*(4), 974-986. doi: 10.1037/a0028390
- 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
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A.,... Fletcher, J. M. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, *98*, 29-43. doi: 10.1037/0022-0663.98.1.29
- Gathercole S. E., Alloway T. P., Willis, C., y Adams A. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, *93*, 265-281. doi: 10.1016/j.jecp.2005.08.003
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., y Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, *18*, 1-16. doi: 10.1002/acp.934
- González-Castro, P., Rodríguez, C., Cueli, M., Cabeza, L., y Álvarez, L. (2014). Competencias matemáticas y control ejecutivo en estudiantes con trastorno por déficit de atención con hiperactividad y dificultades de aprendizaje de las matemáticas. *Revista de Psicodidáctica*, *19*(1), 125-143. doi: 10.1387/RevPsicodidact.7510
- Gullick, M. M., Sprute, L. A., y Temple, E. (2011). Individual differences in working memory, nonverbal IQ, and mathematics achievement and brain mechanisms associated with symbolic and nonsymbolic number processing. *Learning and Individual Differences*, *21*, 644-654. doi: 10.1016/j.lindif.2010.10.003
- Kolkman, M. E., Hoijtink, H. J., Kroesbergen, E. H., y Leseman, P. P. (2013). The role of executive functions in numerical magnitude skills. *Learning and Individual Differences*, *24*, 145-151. doi: 10.1016/j.lindif.2013.01.004
- 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*, 516-531. doi: 10.1016/j.jecp.2009.03.009
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, C. D. M., Van Loosbroek, E., y Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual differences in early numeracy. The role of executive functions and subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *27*, 226-236. doi: 10.1177/0734282908330586

- Kvist, A. V., y Gustafsson, J. (2008). The relation between fluid intelligence and the general factor as a function of cultural background: A test of Cattell's investment theory. *Intelligence* 36, 422-436. doi:10.1016/j.intell.2007.08.004
- LeFèvre, J. A., Berrigan, L., Vendetti, C., Kamawar, D., Bisanz, J., Skwarchuk, S. L., y Smith-Chant, B. L. (2013). The role of executive attention in the acquisition of mathematical skills for children in Grades 2 through 4. *Journal of Experimental Child Psychology*, 114, 243-261. doi: 10.1016/j.jecp.2012.10.005
- LeFèvre, J. A., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., y Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81, 1753-1767. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x
- Lu, L., Weber H. S., Spinath F. M., y Shi, J. (2011). Predicting school achievement from cognitive and non-cognitive variables in a Chinese sample of elementary school children. *Intelligence* 39, 130-140. doi: 10.1016/j.intell.2011.02.002
- Miñano, P., y Castejón, J. L. (2011). Variables cognitivas y motivacionales en el rendimiento académico en lengua y matemáticas: Un modelo estructural. *Revista de Psicodidáctica*, 16(2), 203-230. doi: 10.1387/RevPsicodidact.930
- Navarro, J. I., Aguilar, M., Alcalde, C., Ruiz G., Marchena E., y Menacho I. (2011). Inhibitory processes, working memory, phonological awareness, naming speed, and early arithmetic achievement. *The Spanish Journal of Psychology*, 14(2), 580-588. doi: 10.5209/rev_SJOP.2011.v14.n2.6
- Navarro, J. I., Aguilar, M., Marchena, E., Ruiz, G., y Ramiro, P. (2011). Desarrollo operatorio y conocimiento aritmético: Vigencia de la teoría piagetiana. *Revista de Psicodidáctica*, 16(2), 251-266. doi: 10.1387/RevPsicodidact.970
- Östergren, R., y Träff, U. (2013). Early number knowledge and cognitive ability affect early arithmetic ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115, 405-421. doi: 10.1016/j.jecp.2013.03.007
- Passolunghi, M. C., y Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 42-63. doi: 10.1111/j.2044-8279.2011.02039.x
- Passolunghi, M. C., y Pazzaglia, F. (2004). Individual differences in memory updating in relation to arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 14, 219-230. doi: 10.1016/j.jindif.2004.03.001
- Passolunghi, M. C., y Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Difference*, 15(4), 257-269. doi: 10.1016/j.jindif.2005.03.001
- Passolunghi, M. C., y Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 348-367. doi: 10.1016/j.jecp.2004.04.002
- Pickering, S. J. (2001). The development of visuo-spatial working memory. *Memory*, 9, 423-432. doi: 10.1080/09658210143000182
- Purpura, D. J., Hume, L. E., Sims, D. M., y Lonigan, C. J. (2011). Early literacy and early numeracy: The value of including early literacy skills in the prediction of numeracy development. *Journal of Experimental Child Psychology*

- chology, 110, 647-658. doi: 10.1016/j.jecp.2011.07.004
- Rasmussen, C., y Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 137-157. doi: 10.1016/j.jecp.2005.01.004
- Raven, J. C. (1996). *Raven, Matrices progresivas. Escalas CPM Color y SPM General*. Madrid: TEA Ediciones.
- Senn, T. E., Espy, K. A., y Kaufmann, P. M. (2004). Using path analysis to understand executive function organization in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 445-464. doi: 10.1207/s15326942dn2601_5
- Simmons, F., Singleton, C., y Horne, J. (2008). Brief report-phonological awareness and visual-spatial sketchpad functioning predict early arithmetic attainment: Evidence from a longitudinal study. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20, 711-722. doi: 10.1080/09541440701614922
- St Clair-Thompson, H. L., y Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 745-759. doi: 10.1080/17470210500162854
- Swanson, H. L., y Jerman, O. (2007). The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 249-283. doi: 10.1016/j.jecp.2006.12.004
- Van der Sluis, S., De Jong, P. F., y Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, 35, 427-449. doi: 10.1016/j.intell.2006.09.001
- Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., y Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 100-119. doi: 10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x
- Van Luit, J. E. H., y Van de Rijt, B. A. M. (2009). *The Early Numeracy Test Revised*. Graviant, Doetinchem: The Netherlands.
- Wechsler, D. (2005). *Escala de Inteligencia de Wechsler para niños (WISC-IV)*. Madrid: TEA Ediciones.
- Whitehurst, G. J., y Lonigan, C. J. (2003). *Get Ready to Read! Screening tool*. New York: National Center for Learning Disabilities.
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van Ijzendoorn, M. H., y Pieper, S. (2012). Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23, 1-9. doi: 10.1016/j.lindif.2012.10.004

Estíbaliz L. Aragón Mendizábal es Investigadora Postdoctoral en el área de Psicología de la Educación (UCA). Miembro del grupo de investigación HUM-634 sobre dificultades de aprendizaje. Actualmente, se centra en el estudio del aprendizaje matemático temprano, temática sobre la cual ha elaborado su tesis doctoral.

José I. Navarro Guzmán es Catedrático de Psicología Evolutiva y de la Educación de la Universidad de Cádiz. Ha publicado recientemente en colaboración con otros autores, los libros *Psicología del Desarrollo para Docentes* y *Psicología de la Educación para Docentes* (Ed. Pirámide) y diferentes artículos sobre los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje matemático temprano. Participa en el grupo de investigación HUM-634 sobre dificultades de aprendizaje.

Manuel Aguilar Villagrán es Profesor Titular de Psicología Evolutiva y de la Educación y docente de la asignatura Dificultades de Aprendizaje. Miembro del grupo de investigación HUM-634. Su línea de investigación principal se centra en el desarrollo de las habilidades matemáticas tempranas y sus dificultades. Sobre este tema ha publicado artículos sobre resolución de problemas aritméticos, desarrollo del sentido numérico y pruebas de evaluación matemática temprana.

Gamal Cerda Etchepare es Profesor Asociado de la Facultad de Educación de la Universidad de Concepción, Chile. Sus líneas de investigación se centran en el área de la cognición y factores asociados al aprendizaje, principalmente en el ámbito de las matemáticas, resolución de problemas, inteligencia lógica y competencias matemáticas tempranas.

Fecha de recepción: 28-03-2014

Fecha de revisión: 17-06-2014

Fecha de aceptación: 06-09-2014

