



# Evaluación asistida a través de ordenador de procesos cognitivos en niños con y sin dificultades de aprendizaje en matemáticas

## Computer-assisted assessment of cognitive process in children with or without learning disabilities in maths

<sup>2</sup>Cristina Rodríguez, <sup>1</sup>Juan E. Jiménez, <sup>1</sup>Elaine Bisschop, <sup>1</sup>Rebeca Villarroel y <sup>1</sup>Christian Peake

<sup>1</sup>Universidad de La Laguna; <sup>2</sup>Universidad de Ámsterdam

### Resumen

La finalidad de este manuscrito es describir una herramienta multimedia para la evaluación de los procesos cognitivos subyacentes al cálculo y resolución de problemas verbales aritméticos como parte de la línea de investigación del grupo DEAP&NT de la ULL. Mediante el uso de esta herramienta se analiza el perfil cognitivo de los niños con y sin DAM desde una perspectiva evolutiva. En el estudio de las DAM, es importante profundizar no sólo en aspectos cognitivos generales, sino también en aquellos más específicos y directamente relacionados con el aprendizaje de las matemáticas. Para ello se ha diseñado un software de diagnóstico que está estructurado en cuatro módulos que comprenden gran variedad de tareas: a) procesos básicos asociados al aprendizaje de las matemáticas (conteo, valor posicional, comparación de cantidades, etc); b) cálculo básico (recuperación de hechos numéricos; corrección de algoritmos y principios del cálculo); c) procesos cognitivos generales (memoria numérica, espacial, velocidad de procesamiento, etc.); y d) resolución de problemas verbales. La herramienta ha sido fundamentada en los hallazgos empíricos de los estudios llevados a cabo en torno a este tópico.

Palabras clave: Dificultades de aprendizaje en matemáticas, evaluación asistida a través de ordenador, procesos cognitivos, resolución de problemas.

### Abstract

The purpose of this paper is to describe a computer-assisted assessment tool for diagnosis of cognitive processes underlying the calculation and solving arithmetic word problems as a part of research carried out from DEAP&NT research team from ULL. The use of this software allow us to analyze the cognitive profile of children with or without SLDM from a developmental perspective. In the study of SLDM, it is important to focus not only on cognitive general processes but also on specific cognitive domains involved in math learning. We designed diagnostic software which is structured in four modules that comprise a variety of tasks: a) basic processes associated with learning of mathematics (counting, place value, comparing numbers, etc.); b) basic calculation (recovery numerical facts; correction algorithms and principles of calculation); c) general cognitive processes (digital storage, space, processing speed) and d) solving

word problems. The computer assessment tool is based on the empirical findings of studies conducted on this topic.

Keywords: Arithmetic learning disabilities, computer-assisted assessment, cognitive processes, word arithmetic problem.

La discalculia o dificultades específicas de aprendizaje de las matemáticas (DAM) es uno de los trastornos con más alta incidencia en la infancia y con amplias repercusiones sociales, educativas y económicas. Asimismo, los modelos de estudio que se siguen dentro de la comunidad científica presentan carencias, no integran de forma efectiva todos los elementos de referencia disponibles, y no aportan un enfoque eficiente hacia el problema en cuestión. Además, los modelos existentes no generan soluciones específicas que den sentido al proceso completo de análisis, diagnóstico y tratamiento de personas con DAM. Por este motivo debemos seguir generando conocimiento para poder mejorar la situación actual. Y es por ello que el objetivo del presente artículo es describir una herramienta multimedia para la evaluación de los procesos cognitivos subyacentes al cálculo y resolución de problemas verbales aritméticos como parte de la línea de investigación del grupo DEAP&NT de la ULL.

El aprendizaje de las matemáticas, en general, pasa por adquirir habilidades básicas, como la noción del núme-

ro, el constructo de cantidad, la habilidad de contar, leer y escribir números así como otras habilidades aritméticas. No obstante, estas destrezas mencionadas se adquieren unas a partir de las otras, por ejemplo, el conteo es la base del conocimiento a partir de la cual se adquiere algunas habilidades aritméticas (Butterworth, 2005). Así, la suma, desde un punto de vista manipulativo e incluso verbal no es más que el conteo de dos grupos de objetos. Las estrategias utilizadas para tal fin varían y se perfeccionan evolutivamente, pasando de contar todos los objetos “*counting all*” a contar a partir del número mayor “*counting from larger*” e incluso llegando a la recuperación de hechos numéricos. De hecho, la adquisición de algunas destrezas básicas predice el rendimiento en años posteriores de otros conocimientos más complejos. Aspectos como la noción de número en Infantil y primer curso de Educación Primaria predice el rendimiento medio en matemáticas en tercer curso (Jordan, Glutting, & Ramineni, 2010; Jordan, Kaplan, Locuniak, & Ramineni, 2007; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009).

Muchos han sido los tópicos en torno a los cuales se ha investigado en relación a la adquisición de habilidades matemáticas, y que han servido de justificación para el planteamiento de las tareas que se proponen en la herramienta de evaluación asistida a través de ordenador que hemos diseñado. Así, por ejemplo, una de las destrezas más estudiadas en relación a la adquisición de las habilidades matemáticas ha sido los procesos de cuantificación (conteo, subitizing, o estimación).

### **Desarrollo típico y atípico de las habilidades matemáticas**

El conteo es una de las habilidades más importantes para el desarrollo exitoso de las matemáticas. Muchas de las investigaciones que giran en torno a este tópico han estado basadas en el estudio de los principios que fueron descritos por Gelman y Gallistel (1978). Lo cual ha llevado a la matización de algunos de ellos. No obstante, el uso del paradigma de detección de errores ha permitido profundizar en mayor medida en estos principios. Las discusiones, en general, se han centrado en la comprensión del valor funcional del conteo en las muestras estudiadas, la relación entre el principio de cardinalidad y el conteo, la condición necesaria y suficiente del principio de la irrelevancia del orden, etc (v.gr. Bermejo y Lago, 1991; Kamawar et

al., 2010). Son igualmente relevantes otros procesos de cuantificación como la estimación computacional o como la estimación numérica sin embargo estos no reciben la atención suficiente en las escuelas, a pesar de que el rendimiento en estas habilidades están relacionados con el nivel de rendimiento en test estandarizados de matemáticas. Además se produce una mejora en el rendimiento en estas tareas a medida que aumenta la edad de los sujetos. Por otro lado, los resultados encontrados en los estudios de estimación a partir de la representación de un número en una línea, apuntan a que la representación de los números pasa de ser logarítmica a lineal, en base a un aspecto principal que es el nivel de exposición por parte de los niños a los números en cuestión lo que provoca que se disipe el efecto de la distancia (Booth & Siegler, 2006). Es decir, Siegler y Booth (2004) encuentran que los niños de Infantil tienen una representación logarítmica de los números cuando los representan en una línea de 0-100, mientras que en el caso de los niños de 2º curso de Educación Primaria, la representación de los números en esa misma línea se vuelve lineal. Cuando cambian el rango a representar de 0-100 a 0-1000, se produce igualmente un cambio, en este caso son los niños de 2º curso los que muestran una representación logarítmica, frente a los niños de 6º curso cuya representación

de los mismos estímulos es lineal (Sieglar & Opfer, 2003). Sin embargo, esta perspectiva holística de la representación numérica, ha sido puesta en entredicho, cuando al comparar decenas el efecto de la distancia (cuanto mayor es la distancia entre dos números más rápida y acertada es la respuesta de cuál de ellos es el mayor) se ve empañado por el efecto que tienen las unidades (Nuerk, Weger y Willmes, 2001). Según los resultados del estudio de Nuerk, Kauffmann, Soppoth y Willmes, (2004) los niños de 2º curso de Educación Primaria procesan los números de forma secuencial (de izquierda a derecha) primero las decenas y luego las unidades, en vez de forma holística, y esta forma de procesar va cambiando con el tiempo, pasando a ser procesados de forma paralela.

En relación a otras habilidades más complejas como la resolución de problemas verbales, se conoce que ciertas estructuras son más fáciles de adquirir en edades tempranas, frente a otras. Sin embargo, no sólo la estructura juega un papel importante en el rendimiento del niño, sino que otros tipos de parámetros como el lugar que ocupa la incógnita (García, Jiménez y Hess, 2006), la aparición de información no relevante para la resolución del problema, la identificación correcta del objetivo del problema, etc., (Swanson y Beebe-Frankenberger, 2004) que también son fundamentales en la

comprensión y resolución de la tarea.

Si bien es cierto que el desarrollo de las habilidades matemáticas en niños sin dificultades es linealmente ascendente, el curso habitual en la adquisición de estas destrezas se ve afectado en el caso de niños con dificultades. En los centros escolares existe un número considerable de niños que aprenden las matemáticas sin ninguna dificultad. Sin embargo, hay otro número considerable (entre un 20% y un 25%) que presentan dificultades a la hora de aprender esta destreza académica (Lyon, 2002; Shaywith, Fletcher, Holahan, & Shaywitz, 1992). Las DAM implican dificultades en la adquisición y desarrollo de las operaciones matemáticas más elementales, como el procesamiento de los números, el cálculo aritmético o la resolución de problemas. Del porcentaje mencionado sólo un subgrupo será identificado con dificultad específica o “discalculia” atendiendo a unas características determinadas. Estos datos han sido motivo de preocupación en algunos países, y, por ejemplo, el National Institute of Child Health and Human Development (NICHD)/National Institutes of Health (NIH) en EEUU ha considerado que este tipo de dificultades que se presentan en la adquisición de lo que se consideran aprendizajes instrumentales básicos no solamente representan un problema educativo sino también un problema de salud pública. Además

estos problemas se prolongan durante la vida del individuo, con lo que el tratamiento de niños y adultos es una prioridad básica.

Las dificultades en el desarrollo de las habilidades básicas de las matemáticas pueden estar causadas por factores de índole muy diversa. No sólo entran en juego aspectos específicos de las matemáticas sino que existe una amplia gama de demandas cognitivas más generales que afectan también a su desarrollo y adquisición. En otras palabras, vislumbrar la naturaleza del problema es una tarea compleja. No obstante, las investigaciones en el área específica de las DAM han sido contundentes en base a dos aspectos fundamentales en la que los niños con DAM muestran un déficit específico: adquisición de la noción y sentido del número y en la recuperación de hechos numéricos (v.gr. Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003; Rubinsten, & Henik, 2008). Sin embargo, a pesar de que estos son los aspectos nucleares, se describen otra multitud de signos que bien pueden representar el perfil de muchos de estos sujetos:

1. El conjunto de estrategias utilizadas por los niños con dificultades tienden a ser evolutivamente inmaduras; esto es, estos niños tienden a usar estrategias que son a menudo usadas por los niños más jóvenes (v.gr. Geary, Hoard, Byrd-Craven & Desoto, 2004; Goldman, Pellegrino, & Mertz, 1988). A su vez, el uso de estrategias de solución de problemas menos maduras está relacionado, en parte, con un inmaduro o anormal desarrollo de la representación de los hechos numéricos en la memoria (Geary, 1993).
2. Los niños con DAM presentan problemas en los procesos de comprensión de problemas verbales aritméticos (PVA), ya que la mayoría de los niños al solucionar problemas tienen más dificultad en la construcción de una representación útil que en la ejecución de las operaciones necesarias para resolver el problema (v.gr. Hegarty, Mayer, & Monk, 1995; Stern, 1993). Residiendo la dificultad no tanto en la operación que han de realizar sino en la posición donde se sitúa el término desconocido (García, Jiménez, y Hess, 2006). Sin embargo, es evidente que primeramente se ha de automatizar las destrezas computacionales, ya que son necesarias para la solución de los PVA (Jiménez, 1992).
3. El papel que juegan aspectos de tipo cognitivo durante la resolución de tareas matemáticas, ha hecho que las investigaciones en torno a los niños con DAM, se centren en aspectos como la memoria de trabajo o velocidad de procesamiento. En cuanto a la memoria de trabajo (MT), los niños con DAM parecen

mostrar un déficit en todos y cada uno de los componentes establecidos en el modelo de Baddeley (1986) (Geary, Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007). Sin embargo, estos resultados en relación a los subcomponentes MT, no está exentos de discusión. Así, los hallazgos de otros estudios relacionan sólo alguno de los componentes de la MT (v.gr. Geary, Hoard, Byrd-Craven, & Desoto, 2004; Swanson, & Sachse-Lee, 2001). En cuanto a la velocidad de procesamiento los resultados de diferentes estudios ponen de manifiesto que ésta es deficitaria en los niños con DAM (Hecht, Torgesen, Wagner, & Rahoette, 2001; Fuchs, Compton, Fuchs, Paulsen, Bryant, & Hamlett, 2005).

A pesar de que no son muchos los estudios llevados a cabo para calcular la prevalencia de las DAM, algunos de ellos cifran su valor entre el 3 y el 14 % (v.gr. Barbaresi, Katusic, Colligan, Weaver, & Jacobsen, 2005; Ramaa & Gowramma, 2002; Shalev, Manor, & Gross-Tsur, 2005). Estas diferencias encontradas se deben al igual que en el caso de las dificultades de aprendizaje en lectura (DAL), a que existe gran heterogeneidad en las muestras de los sujetos identificados con DAM

Una de las principales fuentes de diferencias, son los criterios de diagnósticos aplicados. Dos son los crite-

rios más ampliamente usados, por un lado, el criterio de discrepancia, sobre el que se ha aportado evidencia sobre su falta de validez (Jiménez y García, 1999), y por otro lado, el criterio basado en el establecimiento de puntos de corte a partir de los cuales se entiende que hay un rendimiento bajo (Moeller, Fischer, Cress and Nuerk, 2012; Murphy, Mazzoco, Hanich, & Early, 2007). Con respecto a este último, dependiendo del punto de corte a partir del cual se seleccionan a los grupos con DAM las diferencias con respecto al desarrollo normal, pueden darse en todos o sólo en algunas de las destrezas matemáticas básicas. Esta variabilidad, tal y como puede dilucidarse va a afectar a la variabilidad en las tasas de prevalencia encontradas. De hecho, cuando el punto de corte es suavizado, los resultados encontrados en los sujetos podrían entenderse como un retraso debido a su falta de experiencia en el área. Una solución para un diagnóstico más fiable podría ser la prescrita por el modelo de respuesta a la intervención (RTI) (Fuchs, 2002). Es decir, una vez que los niños sean expuestos sistemáticamente a un programa de intervención, en el que serán entrenados en aquellas habilidades que la bibliografía científica identifica como deficitarios, podremos afirmar si el niño presenta una dificultad de aprendizaje o no, en base a su respuesta.

A pesar de que se han estudiado una

gran variedad de aspectos en relación a las DAM, no todos los resultados apuntan a la misma dirección. La falta de unos criterios uniformes para su selección o la comorbilidad con otros trastornos (v.gr. dislexia, tdah, etc), ha dado lugar a generar confusión en ciertos aspectos. Por tanto, se hace necesario profundizar en la descripción detallada del perfil no sólo cognitivo sino también en relación a habilidades básicas, aritméticas, de resolución de problemas de los niños con DAM.

### **Batería multimedia de evaluación de procesos cognitivos**

La batería multimedia que aquí presentamos es un instrumento diseñado desde la perspectiva cognitiva. El paradigma cognitivo se centra en analizar los procesos y conocimientos internos, para ello atribuye gran importancia al estudio de los errores que cometen los niños en la resolución de las tareas matemáticas así como el tiempo de procesamiento invertido en resolver el ítem, debido a que es una forma útil para descifrar cuales son los procesos cognitivos que subyacen a su ejecución, además de permitir el diseño de programas de entrenamiento para su remedio. La lógica de esta perspectiva es la siguiente: si conocemos los procesos mentales que se emplean para efectuar las operaciones de

matemáticas, o las estructuras intelectuales que debe poseer el alumno para realizarlas, podremos comprender mejor sus fallos y errores al realizar las operaciones (Rivière, 1990). De aquí el hecho de que la batería permite la grabación de las respuestas de los alumnos, sean o no certeras y sus tiempos de ejecución y latencia.

Lo que se pretende con el diseño y elaboración de esta batería es contar con una descripción simultánea y pormenorizada de los aspectos matemáticos básicos, aspectos de cálculo y principios aritméticos, de habilidades matemáticas más complejas como la resolución de problemas verbales aritméticos y de aspectos cognitivos generales que influyen transversalmente en todos los anteriores. Además de contar con la posibilidad de estudiar diferentes perfiles de rendimiento matemático al disponer de una gran variedad de tareas que así lo permiten. Y finalmente, hacer esta aportación desde un punto de vista evolutivo.

Dado el amplio espectro de edades a la que va dirigida hemos hecho un esfuerzo a la hora de elaborar las tareas, de manera que pudiéramos controlar el grado de dificultad en cada nivel educativo, pero que además, pudiéramos fijar percentiles de rendimiento distintos en las mismas pruebas según las edades. Todas las tareas incluidas han sido diseñadas en el entorno multimedia teniendo en cuenta la literatura



científica en el ámbito de las DAM.

En resumen, la batería está diseñada para evaluar a niños de 2º a 6º de Educación Primaria y contiene varios módulos:

Módulo I. Destrezas matemáticas básicas: en este módulo se han diseñado diferentes tareas en las que se evalúa el rendimiento de los niños en procedimientos de cuantificación, procesamiento de los números y procesamiento de las relaciones numéricas. Además el diseño de las mismas se ha llevado a cabo, de manera que podamos tener información de nivel de comprensión conceptual que tienen los niños de los procesos medidos.

Módulo II. Destrezas aritméticas: este módulo contiene diferentes tareas en las que se controla tanto la exactitud del niño en la resolución de diferentes algoritmos matemáticos, así como el tiempo que tarda en su resolución.

Módulo III. Módulo de resolución de problemas verbales: en este módulo los niños tendrán que resolver diferentes problemas verbales, en los que se han controlado diferentes parámetros que afectan a la resolución de los mismos (canónico vs no canónico; consistencia e inconsistencia; efecto de la información irrelevante, etc.).

Módulo IV. Procesos cognitivos asociados: contiene diversas tareas de memoria de trabajo, tanto visual como numérica, velocidad de procesa-

miento, aspectos metacognitivos, etc.

La Batería Multimedia permite generar una tabla de puntuaciones y la situación del sujeto en cuestión, a partir del percentil que ocupa en función de su edad o nivel educativo en las diferentes áreas medidas. Así como un informe que indicará cuáles son los procesos deficitarios, y cuales funcionan acorde con los niños de su edad.

Para llevar a cabo la recogida de información han participado un total de ocho examinadores previamente entrenados que se distribuyeron por parejas en cuatro centros escolares. Estos examinadores administraron de forma colectiva una prueba de inteligencia, para posteriormente realizar la aplicación individual de una prueba estandarizada de lectura, y, finalmente, la batería multimedia. Este tipo de aplicación individual se ha llevado a cabo en una sala con las condiciones adecuadas para la administración de este tipo de pruebas a una muestra de estudio de 1.021 alumnos.

En base a los objetivos propuestos en relación a la herramienta, las hipótesis que estamos formulando e intentando contrastar en base al conocimiento generado en el ámbito de las DAM, son las siguientes:

- Se espera encontrar diferencias significativas en destrezas aritméticas en función del nivel educativo en niños sin dificultades. No obstante,

- esperamos encontrar también que en algunas de las destrezas evaluadas la variabilidad a lo largo de los cursos no llegará a generar diferencias significativas en el caso de los niños con DAM.
- Se espera encontrar variabilidad en los primeros cursos en relación a las habilidades matemáticas básicas y un efecto techo en los últimos cursos en niños con un rendimiento normal en base a medidas de exactitud. Con respecto a las medidas de tiempo, esperamos encontrar un patrón de linealidad descendente. Sin embargo, se espera encontrar un comportamiento desigual en el grupo de los niños con dificultades tanto en las medidas de aciertos como de tiempo.
  - Se espera encontrar diferencias significativas en las habilidades cognitivas evaluadas entre los distintos grupos con DAM y grupo control. Los tamaños del efecto (effect sizes) serían equivalentes en todas aquellas medidas que son sensibles a la capacidad matemática.
  - Se espera encontrar que los niños seleccionados en base a un criterio estricto se diferencie significativamente de aquellos que sean clasifi-

cados en base a un criterio más laxo en algunas de las tareas matemáticas y cognitivas planteadas.

- Se espera encontrar que los niños con DAM están afectados en menor medida por medidas que impliquen procesamiento fonológico y verbal, que aquellos que tengan además dificultades en lectura.
- Se espera encontrar diferentes perfiles de niños con DAM, en función de las áreas en las que se presente un rendimiento deficitario.

### **Conclusiones**

El objeto de este manuscrito ha sido mostrar de forma sucinta cuáles son las preguntas que queremos responder con la creación de este software, y que esperamos poder aportar una vez hayamos concluido el presente trabajo. No obstante, las DAM van además más allá, es decir aspectos socio-económicos y de naturaleza neuropsicológica influyen de forma determinante en el perfil de rendimiento de los niños con dificultades. Por tanto, todavía queda mucho por estudiar en esta área. Abordar este trastorno desde una perspectiva multidisciplinar es todavía un reto pendiente.

## Referencias

- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Barbarelli, W. J., Katusic, S. K., Colligan, R. C., Weaver, A. L., & Jacobsen, S. J. (2005). Math learning disorder: Incidence in a population-based birth cohort, 1976-1982, Rochester, Minnesota. *Ambulatory Pediatrics, 5*, 281-289.
- Bermejo, V. y Lago, O. (1991). *Aprendiendo a contar. Su relevancia en la comprensión y fundamentación de los primeros conceptos matemáticos*. Madrid: C.I.D.E..
- Booth, J. L., & Siegler, R. S. (2006). Developmental and individual Differences in pure numerical estimation. *Developmental Psychology, 41*, 189-201.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child and Psychiatry, 46*, 3-18.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology, 20*, 487-506.
- Fuchs, L. S. (2002). Three conceptualizations of "treatment" in a responsiveness to treatment framework for L. D. identification. In R. Bradley, L. Danielson, & D. P. Hallahan (Eds.), *Identification of learning disabilities: Research to practice* (pp. 521-529). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D., & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology, 97*, 493-513.
- García, A., Jiménez, J. E., & Hess, S. (2006). Solving Arithmetic Word Problems: An Analysis of Classification as a Function of Difficulty in Children With and Without Arithmetic LD. *Journal of Learning Disabilities, 39*, 270-281.
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin, 114*, 345-362.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive Mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development, 78*, 1343-1359.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & Desoto, M. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions

- of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 121-151.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Goldman, S. R., Pellegrino, J. W., & Mertz, L. D. (1988). Extended practice of basic addition facts: Strategy changes in learning disabled students. *Cognition & Instruction*, 5, 223-265.
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). The relation between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A cross-sectional study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 192-227.
- Hegarty, M., Mayer, R. E., & Monk, C. A. (1995). Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology*, 87, 18-32.
- Jiménez, J. E. (1992). Estructuras operatorias y rendimiento en aritmética en niños con dificultades de aprendizaje. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 45(2), 211-217.
- Jiménez, J. E., & García, A. I. (1999). Is IQ-achievement discrepancy relevant in the definition of arithmetic learning disabilities? *Learning Disability Quarterly*, 22, 291-301.
- Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). Learning and individual differences. *Learning and individual differences*, 20, 82-88.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N., & Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22 (1), 36-46.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45, 850-867.
- Kamawar, D., LeFevre, J., Bisanz, J., Fast, L., Skwarchuk, S., Smith-Chant, B. & Penner-Wilger, M. (2010). Knowledge of counting principles: How relevant is order irrelevance? *Journal of Experimental Child Psychology*, 105, 138-145.
- Lyon, G. R. (2002). Reading development, reading difficulties, and reading instruction educational

- and public health issues. *Journal of School Psychology, 40*, 3-6.
- Moeller, K., Fischer, U., Cress, U., & Nuerk, H. C. (2012). Diagnostics and intervention in developmental dyscalculia: Current issues and novel perspectives. En Z. Breznitz, O. Rubinsten, V. J. Molfese, & D. L. Molfese (Eds.), *Reading, writing, mathematics and the developing brain: Listening to many voices (Vol. 6, pp. 233-275)*. New York: Springer.
- Murphy, M. M., Mazzoco, M. M. M., Hanich, L. B., & Early, M. C. (2007). Cognitive characteristics of children with mathematics with learning disability (MLD) Vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities, 5*, 458-478.
- Nuerk, H. C., Weger, U., & Willmes, K. (2001). Decade breaks in the mental number line? Putting tens and units in to different bins. *Cognition, 82*, B25-B33.
- Nuerk, H. C., Kauffmann, L., Zopoth, S., & Willmes, K. (2004). On the development of the mental number line: more, less or never holistic with increasing age? *Developmental Psychology, 40*(6), 1199-1211.
- Ramaa, S., & Gowramma, I. P. (2002). A systematic procedure for identifying and classifying children with dyscalculia among primary school children in India. *Dyslexia, 8*, 67-85.
- Rivière, A. (1990). Problemas y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: una perspectiva cognitiva. En A. Marachesi, C. Coll y J. Palacios (Comps.) *Desarrollo psicológico y educación; III Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar*. (pp. 155-182), Madrid: Alianza Psicología.
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: Heterogeneity may not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences, 13*, 92-99.
- Shaywitz, B. A., Fletcher, J. M., Holahan, J. M., & Shaywitz, S. E. (1992). Discrepancy compared to low achievement definitions of reading disability: results from the Connecticut Longitudinal Study. *Journal of Learning Disabilities, 25*(10), 639-48.
- Shalev, R. S., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2005). Developmental dyscalculia: a prospective six-year follow-up. *Developmental Medicine and Child Neurology, 47*, 121-125.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2006). Development of numerical estimation in young children. *Child Development, 75*, 428-444.

- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development, 75*, 428-444.
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). Development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science, 14*, 237-243.
- Stern, E. (1993). What makes certain arithmetic word problems involving the comparison of set so difficult for children? *Journal of Educational Psychology, 1*, 7-23.
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberg, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology, 96*(3), 471-491.
- Swanson, H. L., y Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problems solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology, 79*, 294-321.

---

Agradecimiento. Algunas partes de este proyecto han sido financiadas por el Plan Nacional I+D+i con ref. PET2008\_0225 siendo IP el segundo autor.

Para cualquier consulta sobre este artículo, dirijase al coordinador del monográfico: Juan Eugenio Jiménez González. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Facultad de Psicología. Universidad de La Laguna. Campus de Guajara s/n, 38071, La Laguna Tf.: 922 317 545 · E-mail: ejimenez@ull.es

**Rebeca Villarroel.** Licenciada en Psicología por la Universidad Católica Andrés Bello (Caracas, Venezuela). Ha cursado un Postgrado Oficial en Neurociencia Cognitiva y Necesidades Educativas Específicas por la Universidad de La Laguna, la Universidad de Valencia y la Universidad de Almería. Actualmente es estudiante en el Programa Oficial de Doctorado en Psicología, en la Universidad de La Laguna. Perteneció al grupo de investigación “Dificultades de Aprendizaje, Psicolingüística y Nuevas Tecnologías (DEAP&NT)” de la ULL en la Facultad de Psicología, y su línea de investigación principal versa sobre dificultades específicas de aprendizaje en matemáticas. Ha publicado algunos estudios sobre esta temática.

**Juan E. Jiménez.** Catedrático de Psicología Evolutiva y de la Educación. Ha sido asesor científico-técnico de algunos programas institucionales de la Dirección General de Ordenación, Innovación y Promoción Educativa de la Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad del Gobierno Autónomo de Canarias. Ha sido coordinador español responsable de los Programas de Cooperación con Iberoamérica (PCI) con Guatemala, México, Chile y Ecuador dependiente de la Agencia Española de Cooperación con

Iberoamérica (AECI), y ha participado como Gestor/Colaborador de la Subdirección General de Proyectos de Investigación del MICINN. Miembro Asesor del MEC para el desarrollo del proyecto de estudio sobre la atención al alumnado con dislexia en el sistema educativo en España en el contexto de las NEAE. Autor de la adaptación al español del manual para la evaluación inicial de la lectura (Early Grade Reading Assessment) para USAID (Agencia de Los Estados Unidos para el Desarrollo) que fuera elaborado por RTI International. Experto designado por la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia, la Cultura y la Educación (UNESCO) para el desarrollo del proyecto Formative Assessment of Writing in Early Grades.

**Christian Peake.** Licenciado en Psicología por la Universitat de les Illes Balears, ha cursado un Postgrado Oficial en Neurociencia Cognitiva y Necesidades Educativas Específicas por la Universidad de La Laguna, la Universidad de Valencia y la Universidad de Almería. Actualmente es estudiante en el Programa Oficial de Doctorado Neurociencia Cognitiva y Educación en la Universidad de La Laguna, y es becario de investigación en el grupo de investigación “Dificultades de Aprendizaje, Psicolingüística y Nuevas Tecnologías (DEAP&NT)” de la ULL en la Facultad de Psicología, y su línea de investigación principal versa sobre dificultades específicas de aprendizaje en cálculo aritmético. Ha publicado algunos estudios sobre esta temática.

**Cristina Rodríguez.** Doctora en psicología por la ULL (2007), Premio Extraordinario de Licenciatura y de Doctorado, miembro del grupo de investigación “Dificultades de Aprendizaje, Psicolingüística y Nuevas Tecnologías”. Actualmente es becaria post-doc en la University of Amsterdam. Su línea de investigación se ha centrado en las dificultades de aprendizaje y altas capacidades.

**Elaine Bisschop.** Licenciada en ciencias de la pedagogía y educación por la Universidad de Ámsterdam, ha cursado un Postgrado Oficial en Intervención psicopedagógica en contextos de la educación formal y no formal, por la Universidad de La Laguna. Actualmente es estudiante en el Programa Oficial de Doctorado en Psicología en la Universidad de La Laguna, y es miembro del grupo de investigación “Dificultades de Aprendizaje, Psicolingüística y Nuevas Tecnologías (DEAP&NT)” de la ULL en la Facultad de Psicología.