

## La Neuropsicología del Desarrollo Típico y Atípico de las Habilidades Numéricas

**Mónica Rosselli**

Departamento de Psicología, Florida Atlantic University. Davie, Florida, EE.UU.

**Esmeralda Matute**

Instituto de Neurociencias – CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.

Correspondencia: Mónica Rosselli, Ph.D. Departamento de Psicología, Florida Atlantic University, 3200 College Avenue, Davie, Florida, EE.UU., 33314. Correo electrónico: [mrussell@fau.edu](mailto:mrussell@fau.edu)

### Resumen

El objetivo central de este artículo es caracterizar la discalculia de desarrollo a partir de un análisis de los tres elementos que la definen: las dificultades de manejo numérico, cálculo y razonamiento lógico matemático; los déficits en dominios neuropsicológicos específicos y finalmente, el sustrato neurobiológico afectado. Para ello se presentan evidencias emanadas de investigaciones realizadas en los últimos 30 años tanto sobre la discalculia de desarrollo como sobre el desarrollo típico de las habilidades numéricas. Dos puntos de referencia se toman en cuenta; el primero de ellos es el sustrato neurobiológico que subyace al aprendizaje y al dominio de las habilidades de cálculo así como a las alteraciones en este aprendizaje y el segundo, es el efecto del aprendizaje escolar. Los datos actuales apuntan hacia una visión integradora en donde los componentes neurobiológicos y la estimulación ambiental se interpelean. Así, los datos aportados por investigaciones recientes coinciden en que si bien el dominio de la competencia matemática se alcanza gracias a la escolarización, las destrezas numéricas ya son evidentes mucho antes de que el niño inicie su escolarización.

*Palabras clave:* Discalculia del desarrollo, trastorno del cálculo, neuropsicología infantil, habilidades matemáticas.

### Neuropsychology of Typical and Atypical Development of Numerical Abilities

#### Summary

The main aim of this paper is to characterize developmental dyscalculia and to analyze three elements included in its definition: the number, calculation and

reasoning problems; the deficits in specific neuropsychological domains and the underlying neurobiological component. Evidence from 30 years of research in the area of typical and atypical number development is presented. Two reference points are used; the first one is a neurobiological perspective to typical and atypical mathematical learning; and the second one involves the effect of schooling on this learning. Current findings suggest an integrated point of view in which both neurobiological and environmental components are equally relevant in the understanding of mathematical competence. Also, results are coincidental in confirming that although the competence of mathematical skills is reached through schooling, the basic mathematical knowledge is evident many years before the child starts a formal training in math.

*Key words:* Developmental dyscalculia, math learning disabilities, child neuropsychology, development, calculation abilities.

## Introducción

La capacidad matemática requiere de una serie de destrezas numéricas que están presentes en los niños incluso antes de iniciar su entrenamiento escolar. Contrario a lo que se pensó en un comienzo, los niños, mucho antes de iniciar su escolarización, conocen el concepto de numerosidad y poseen los sistemas básicos de simbolización de los mismos tales como el principio de *cardinalidad* (la cantidad que cada número representa) y el de *ordinalidad* (la relación de orden de un número con otros números). La competencia matemática, sin embargo, se va haciendo mayor y más sofisticada a medida que el niño se desenvuelve en el currículo escolar.

Si bien, la mayoría de los niños en edad escolar logran un aprendizaje adecuado de estas competencias matemáticas, un pequeño grupo de ellos presenta un trastorno de aprendizaje de las matemáticas que, cuando es severo, se denomina discalculia del desarrollo (Badian, 1983; Butherworth, 2005; Ramaa & Gowramma, 2002; Shalev & Gross-Tsur, 2001). Estas dificultades asociadas a un perfil neuropsicológico propio parecen tener un marcador neurobiológico.

El objetivo de este artículo es revisar las características de la discalculia del desarrollo y compararlas con los perfiles de desempeño neuropsicológico esperado en niños con un aprendizaje de las matemáticas típico. Además, se presentan las explicaciones neurobiológicas más recientemente formuladas sobre los orígenes de la discalculia del desarrollo.

## Discalculia del desarrollo

La discalculia del desarrollo (DD) es un trastorno de aprendizaje observado con la misma frecuencia en niños que en niñas (Gross-Tsur, Manor, & Shalev, 1996; Lewis, Hitch, & Walker, 1994), y se caracteriza por una dificultad para asimilar y recordar datos numéricos y aritméticos (Geary & Hoard, 2001; Rosselli & Matute, 2005; Shalev & Gross-Tsur, 2001), para realizar procedimientos de cálculo y crear estrategias para la solución de problemas (Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004). Los niños con este trastorno pueden presentar dificultades en el entendimiento de conceptos numéricos simples, falta de una comprensión intuitiva de los números, y tienen problemas en el aprendizaje de números y procedimientos numéricos (United Kingdom Department for Education and Skills, 2001).

Otros términos frecuentemente utilizados para definir el trastorno incluye *incapacidad para aprender aritmética* (Koontz & Berch, 1996), *dificultades aritméticas específicas* (Lewis et al., 1994), *discapacidad matemática* (Geary, 1993), *dificultades matemáticas* (Jordan, Kaplan, & Hanich, 2002) o simplemente *discalculia*. La Asociación Americana de Psiquiatría en el *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-IV-TR) (American Psychiatric Association [APA], 2000) usa el término *trastorno del cálculo* para describir a los niños cuyas habilidades matemáticas se encuentran substancialmente por debajo de lo esperado para su edad y para su capacidad intelectual general suponiendo que hayan recibido un método de instrucción adecuado. Desde su definición inicial, Kosch (1974) enfatizó que esta incapacidad aparece dentro del contexto de habilidades intelectuales generales normales. Los criterios diagnósticos del DSM-IV-TR incluyen: 1. Dos desviaciones estándar por debajo de lo esperado en pruebas de matemáticas 2. El problema de aprendizaje interfiere significativamente con los logros académicos o las actividades de la vida diaria 3. No se puede explicar por un déficit sensorial.

Los términos *trastorno del cálculo* y *discalculia del desarrollo* o simplemente *discalculia* son equivalentes para algunos autores (Ta'ir, Brezner, & Ariel, 1997). Otros, como Rosselli, Matute, Pinto y Ardila (2006), utilizan el primer término para incluir a los niños con dificultades matemáticas cuyos resultados en los pruebas numéricas se encuentran en el percentil 35 o por debajo de éste, pero no más de dos desviaciones estándar por debajo del promedio; éstos niños no presentarían *discalculia del desarrollo*. Los únicos niños que sí podrían recibir este diagnóstico

serían aquéllos cuyos puntajes los ubican dos o más desviaciones estándar por debajo del promedio normativo, es decir alrededor del percentil 2 y 3. Muy pocos de los artículos publicados hasta ahora se enfocan especialmente en niños con *discalculia del desarrollo* (i.e., Landerl et al., 2004); la mayor parte de estas investigaciones utilizan participantes con *dificultades matemáticas* que por definición tendrían un problema matemático menos grave (Geary, Hamson, & Hoard, 2000; Jordan & Hanich, 2000; Jordan & Montani, 1997; Mazzoco & Myers, 2003).

Un número considerable de investigadores en el área de los problemas de aprendizaje está de acuerdo en afirmar que existen por lo menos dos subtipos de niños con dificultades en las matemáticas. El más frecuente de estos subtipos correspondería a la deficiencia en matemáticas combinada con problemas en el aprendizaje de la lectura y en ocasiones con dificultades de ortografía. Los niños incluidos en este subtipo demuestran con frecuencia un defecto primario en procesos fonológicos y predominarían las dificultades verbales sobre las no verbales en la evaluación neuropsicológica. El segundo subtipo lo integrarían niños con dificultades matemáticas sin problemas en otras áreas de aprendizaje y cuyo perfil neuropsicológico prototipo incluiría dificultades no verbales (Collins & Rourke, 2003; Geary Hoard & Hamson, 2000; Jordan & Hanich, 2000; Ramaa & Gowramma, 2002; Rourke et al., 2002; Rourke & Conway, 1997); en este segundo grupo contrasta un rendimiento normal e incluso superior en lectura y ortografía con un desempeño deficiente en aritmética. Se ha encontrado que estos dos subtipos difieren en términos de desempeño matemático y en las estrategias que utilizan

para encontrar soluciones (Hanich, Jordan, Kaplan, & Dick, 2001; Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003b), en donde el grupo combinado presenta déficits numéricos y computacionales más severos que el grupo con dificultades matemáticas y sin déficits de lectura (Geary, Hamson & Hoard, 2000). Además, se ha hallado que niños con dificultades matemáticas y de lectura obtienen una puntuación más baja en pruebas de inteligencia verbal. (Shalev, Manor, & Gross-Tsur, 1997). Vale la pena mencionar que no todos los autores (Landerl et al., 2004; Rosselli et al., 2006) han encontrado diferencias en el desempeño en pruebas numéricas entre los niños con dificultades matemáticas únicamente y aquéllos con dificultades matemáticas y trastornos de lectura.

### **Deficiencias matemáticas en la discalculia**

La discalculia del desarrollo no es un trastorno uniforme; el tipo de problema numérico y su gravedad presentan variaciones. Se ha descrito, por ejemplo, que a algunos niños les va bien en tareas simples de suma o adición pero se desempeñan significativamente más bajo que niños sin discalculia de su misma edad en problemas aritméticos más complejos. Otros no pueden dominar conceptos básicos aritméticos a pesar de poseer las destrezas para encontrar soluciones a problemas numéricos (Hanich et al., 2001); mientras que otros presentan problemas tanto para solucionar problemas aritméticos básicos como para entender problemas más complejos. Se han observado también diferencias en la velocidad de procesamiento y de conteo en varios de estos niños, comparados con sus controles normales (Landerl et al., 2004).

Strang y Rourke (1985) describen los

errores que se observan con más frecuencia en niños con discalculia al solucionar operaciones aritméticas y problemas numéricos; éstos incluyen la organización espacial de cantidades y errores para seguir adecuadamente los procedimientos aritméticos. Existen además errores de tipo atencional gráfico-motores y de memorización de cantidades (Rosselli, Ardila, & Matute, 2010). Los errores de memoria en la evocación de hechos aritméticos constituyen faltas frecuentes. Es usual que el individuo con discalculia al sumar o multiplicar, produzca una respuesta aproximada a la respuesta correcta. Cuando estos niños buscan la respuesta a operaciones aritméticas básicas tienen dificultades en el recobro de la información (Geary & Hoard, 2005) y para lograr aprendizajes automatizados aún de sumas y multiplicaciones sencillas. A diferencia de los niños sin este tipo de problemas, estos niños no pasan del uso de los principios de conteo a los de memoria y siguen, como los niños más pequeños, utilizando estrategias infantiles tales como por ejemplo contar con los dedos. Estudios previos han encontrado que niños con incapacidad matemática usan el mismo tipo de estrategias que usan los niños con desarrollo típico, pero utilizan con mayor frecuencia estrategias inmaduras (como contar con los dedos) y presentan más errores en el conteo y en el recobro de hechos aritméticos (Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003a, Jordan et al., 2003b).

Algunos investigadores han sugerido que los sistemas cognitivos que median la producción y comprensión numérica están intactos en los niños con problemas de matemáticas, mientras que otros sistemas cognitivos pueden estar alterados (Geary & Hoard, 2001). La mayor parte de los niños que en edad escolar presentan problemas

en el aprendizaje de las matemáticas pero identifican y generan adecuadamente los números pueden, sin embargo, en edad pre-escolar estos niños presentar problemas para identificar y producir números, especialmente aquellos mayores al número a 10 (Geary, Hoard, et al., 2000). Estos niños más jóvenes presentan dificultades en el aprendizaje de matemáticas básicas con diferencias consistentes en los procesos basados en procedimiento y memoria usados por niños normales al solucionar problemas aritméticos (Geary & Hoard).

Determinar cuáles son los procesos cognitivos específicos que subyacen a la discalculia del desarrollo es complicado por el número de destrezas lingüísticas, de memoria y espaciales que se requieren para realizar casi cualquier tarea matemática (Ardila & Rosselli, 2002; Landerl et al., 2004). Según el DSM-IV-TR (APA, 2003), tres tipos de destrezas, además de las matemáticas, pueden estar afectadas en niños con trastorno del cálculo: lingüísticas, perceptuales, y atencionales. Otros investigadores han encontrado también alteradas la memoria semántica y la memoria operativa (de trabajo) en estos niños (Geary & Hoard, 2001).

Otra limitación en la determinación de los procesos cognitivos subyacentes a la discalculia del desarrollo es su comorbilidad con otros trastornos. Como trastorno de aprendizaje, la discalculia se observa con frecuencia en combinación con otras dificultades académicas en especial con la dislexia; también puede formar parte del síndrome de Gerstmann de desarrollo. Este síndrome incluye además de la discalculia, agnosia digital, disgrafía y desorientación derecha-izquierda (PeBenito, 1987;

PeBenito, Fisch, & Fisch, 1988) y ocasionalmente apraxia constructiva (Benson & Geschwind, 1970). Existe, sin embargo, el trastorno específico en las habilidades numéricas, independiente de otros defectos cognitivos (Landerl et al., 2004; Rosselli et al., 2006)

### **Origen de la discalculia**

Se han propuesto dos explicaciones neuropsicológicas para la discalculia del desarrollo. La primera, la más antigua, propone que este trastorno es secundario a otros defectos cognitivos más amplios. Es decir que los problemas matemáticos observados en este trastorno de aprendizaje son resultado de defectos en la memoria, en el manejo espacial y en las habilidades lingüísticas. La segunda posición arguye que la discalculia del desarrollo se origina por la carencia en el concepto básico de magnitud que impide la adquisición de las habilidades matemáticas (Butterworth, 2005).

#### *· Discalculia y su asociación con otras deficiencias cognitivas*

La mayoría de los aprendizajes matemáticos son complejos y requieren de varios procesos cognitivos de tipo perceptual, mnésico e incluso espacial. Dentro de estos procesos, se ha dado especial importancia a la memoria operativa, que se refiere a la capacidad mental responsable de mantener activa la información y procesarla de manera temporal. Este tipo de memoria es indispensable para realizar una tarea impidiendo interferencias y distracciones; implica entonces, un proceso ejecutivo que dirige y monitorea la acción, una atención mantenida y un proceso de memoria a corto término que integra y procesa información.

Varios estudios han resaltado la importancia

que ejercen los defectos en la memoria operativa sobre el desempeño en matemáticas en niños tanto con desarrollo típico (ver LeFevre, DeStafano, Coleman, & Shanahan, 2005, para una revisión) como en aquéllos que han recibido un diagnóstico de discalculia (Geary, 2011; Keeler & Swanson, 2001; Wilson & Swanson, 2001). Siegel y Ryan (1989) encontraron un desempeño significativamente más bajo en niños con discalculia al ser comparados con sus controles normales en retención de dígitos, tarea típica de memoria operativa; estas dificultades no se observaban, sin embargo, cuando la tarea mnésica no incluía números. McLean y Hitch (1999) encontraron igualmente un volumen de memoria de dígitos menor en niños con discalculia que contrastaba con un volumen de memoria normal en tareas no numéricas. Esta disociación en la función de la memoria operativa según el tipo de material a procesar (numérico vs no numérico) fue también encontrado por Geary, Hamson et al. (2000). Los niños con discalculia del este estudio presentaban dificultades significativas en la tarea de dígitos en regresión pero no mostraron diferencia en tareas similares de tipo espacial. Rosselli y colaboradores (2006) encuentran que los puntajes en pruebas de memoria operativa predicen los puntajes en tareas matemáticas en niños que sufren este trastorno de aprendizaje.

En un estudio de tipo longitudinal, Gathercole, Tiffany, Briscoe, Thorn y el equipo ALSPAC (2005) investigaron la influencia que el rendimiento pobre en la memoria a corto plazo de tipo fonológico tenía sobre los logros académicos. Los autores concluyeron que las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas no eran resultado directo de los déficits de memoria fonológica sino de otros defectos cognitivos

más amplios. Como lo afirma Butherworth (2005) la evidencia que relaciona la memoria operativa con el aprendizaje de las matemáticas no es del todo concluyente. De hecho se ha encontrado que esta relación no es exclusiva para este tipo de aprendizajes ni específica para individuos con discalculia. Por ejemplo, Fazio (1999) encontró que las pruebas de memoria operativa se correlacionaban con tareas de cálculo aritmético y de escritura en niños con ciertos impedimentos de lenguaje.

Por otra parte, Geary y Hoard (2005) sugieren que la capacidad de la memoria operativa en los niños con déficits en el aprendizaje de las matemáticas está aminorada por dificultades en la inhibición de información irrelevante. Esta dificultad inhibitoria, descrita inicialmente por Barrouillet, Fayol y Lathuliere (1997) en adolescentes con dificultades en el aprendizaje, parece ser independiente de la capacidad intelectual general, del desempeño en lectura y matemáticas y de la velocidad con que procesan información (Geary, Hoard, & Bailey, 2011). Se han reportado, así mismo, problemas de inhibición manifestados en otros dominios cognitivos en niños con menor habilidad matemática (Bull & Scerif, 2001) y dificultades atencionales en estudiantes universitarios con discalculia (Ashkenazi, Mark-Zigdon, & Henik, 2009).

Otros problemas cognitivos que se han descrito en individuos con discalculia son los defectos espaciales y las dificultades en la memoria semántica. Geary y Hoard (2005) han sugerido que muchos de los problemas relacionados con la representación de la magnitud son secundarios a problemas espaciales. Más aún, estos autores han propuesto que muchos de los errores en el recobro de la

información para la solución de problemas numéricos que se observan en individuos con deficiencias matemáticas son debidos a una memoria semántica reducida. Las deficiencias en memoria semántica son particularmente evidentes en niños que además de discalculia sufren de dislexia.

· *Discalculia como un problema específico del sentido numérico.*

La posición alternativa con respecto al origen de la discalculia se refiere a que los niños que la padecen tienen una carencia innata del sentido de número similar a la carencia en la conciencia fonémica en lectura que caracteriza los niños con dislexia. Este *sentido numérico* se refiere a una habilidad universal para representar y manipular cantidades mentalmente de manera no verbal, y que está presente desde el nacimiento (Dehaene, 1992). De acuerdo con esta posición teórica los niños con discalculia tendrían una dificultad en el procesamiento de números que se reflejaría en una incapacidad para realizar tareas numéricas muy básicas como contar y comparar magnitudes (por ejemplo, qué número es mayor entre 103 y 130) (Butterworth, 2005, 2008; Landerl et al., 2004).

Los números pueden presentarse en formatos diferentes: números arábigos (5), números romanos (V), secuencias de palabras (cinco) o de forma análoga (•••••), aun cuando siempre representan la misma función básica de “numerosidad”. Es decir, de manera independiente a su representación externa, la función básica de los números es representar cantidades, llamadas numerosidades cuando los elementos que constituyen un conjunto están claramente separados. Al contar cuántos elementos similares hay en un conjunto, podemos tener acceso a su

número.

Debido a que los niños de 5 años normalmente cometen errores al sumar (Gelman & Gallistel, 1978), se creyó erróneamente por bastante tiempo que para que se pudiese dominar el conocimiento de numerosidad se requería una educación matemática formal. La investigación actual ha encontrado, sin embargo, que los niños durante su primer año de vida ya pueden discriminar cantidades de elementos menores de cuatro. Por ejemplo, si a un bebé recién nacido se le presentan visualmente dos elementos sucesivos hasta habituarlo (y por consiguiente lograr el desinterés visual hacia ellos), recuperan el interés por los estímulos cuando en lugar de dos se les presentan tres elementos sucesivos. Además, los bebés pueden reconocer la diferencia entre dos conjuntos cuando las diferencias entre éstos son grandes. A los 6 meses, los bebés pueden discriminar entre pocos y muchos elementos por ejemplo entre 8 y 16 artículos, pero no pueden hacerlo cuando el número de elementos entre los dos conjuntos son similarmente numerosos por ejemplo 8 y 12 (Brysbart, 2005).

Es muy interesante que, al igual que los adultos, los niños desde muy temprana edad utilizan dos procedimientos distintos para determinar cantidades pequeñas y cantidades grandes. Mientras que con una sola visualización se determinan rápidamente los elementos de un conjunto de tres o cuatro, se requieren estrategias de conteo y por ello, más tiempo para saber la cantidad de elementos en un conjunto que contiene 6 o más unidades. El primer procedimiento se denomina *subitización* (del inglés *subitizing*) ya que se percibe la numerosidad de un solo golpe o de manera súbita (Brysbart, 2005).

Se ha sugerido entonces que los seres humanos desde el nacimiento disponen de un *sistema numérico preverbal* (basado en las magnitudes análogas) que le permite percibir con precisión cantidades pequeñas y de manera aproximada cantidades grandes (Butterworth, 1999; Dehaene, Dehaene-Lambertz, & Cohen, 1998). Este sistema no-verbal representa el fundamento para el desarrollo ulterior de representaciones simbólicas numéricas. El *sistema numérico verbal* por otro lado, se va desarrollando con la adquisición del lenguaje y es paralelo al desarrollo del código arábigo. Los niños preescolares fácilmente asocian los números arábigos con las numerosidades. El aprender a contar en secuencia y las propiedades de esa secuencia (por ejemplo, que cada número que sigue en la secuencia representa un incremento de uno) contribuyen al aprendizaje de magnitudes de números grandes y a la representación de estos en una línea mental (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004). Algunos estudios han demostrado que las diferencias individuales en el desarrollo de estos dos sistemas a temprana edad contribuye a explicar las diferencias ulteriores en el desempeño matemático (Geary, Hoard, Nugent, & Byrd-Craven, 2008).

Dehaene y su grupo han defendido la controvertida idea de que el sistema numérico preverbal es innato (Dehaene, 1992; Dehaene, et al., 1998). De acuerdo con estos autores los números están representados en una línea numérica mental (ver figura 1). Cuando se piensan las representaciones numéricas se ordenan de más pequeñas a más grandes, y se reconocen los números al mirar qué parte de la línea numérica se activa. Esta línea mental teórica sigue una función logarítmica

y por lo tanto la parte de la línea correspondiente al número uno es más amplia que la del número 2 y está más amplia que la del número 3 y así sucesivamente. Es por esta característica que los números o cantidades pequeñas son más fáciles de reconocer que las cantidades grandes (Brysbaet, 2005). Más aún, cuando la cantidad a identificar alcanza una magnitud muy grande, no alcanza a percibirse la representación dentro de esta línea y requiere que se inicie un proceso de conteo explícito. Esta representación espacial de los números puede modificarse con la educación formal en matemáticas (Geary, 2005). Es así que estudiantes de segundo, tercero o cuarto grado de primaria al igual que los estudiantes universitarios tienden a representar los números del 1 a 100 con espacios equivalentes entre ellos tal y como se los enseñan en la escuela (Sieger & Opger, 2003). En el adulto y en el niño de edad escolar esa línea mental numérica ha sido transformada por la experiencia escolar del preescolar y los años de primaria, y no es la misma que se observa en la etapa preverbal (Von Aster & Shalev, 2007).

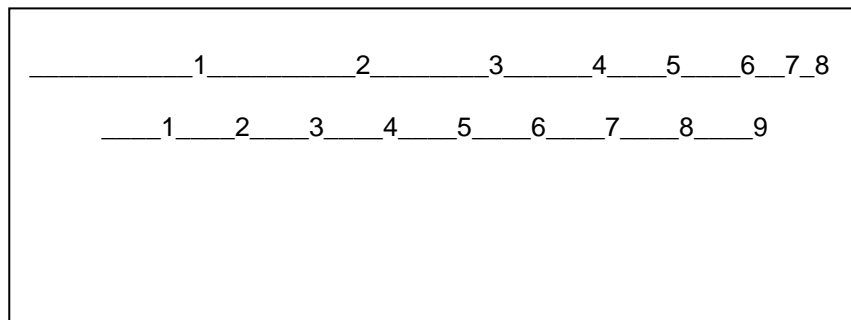
Se ha sugerido que los niños con discalculia, a diferencia de los niños con un desarrollo típico de las matemáticas, presentan dificultades en la representación espacial de las magnitudes dentro de esta línea, lo cual les impediría un desarrollo normal de los conceptos numéricos (Ashkenazi & Henik, 2010).

En el reconocimiento de los números dentro de esa línea, la ordinalidad es un componente crítico que también se ha encontrado alterado en niños con problemas de aprendizaje de las matemáticas. Para una adecuada conceptualización de magnitudes es



necesario saber que los números están en un orden, y que cada número tiene una relación con otros números dentro de ese orden (es mayor o menor que otro). El concepto de ordinalidad parece ocurrir en los niños sin problemas de aprendizaje de manera automática como lo reflejan los siguientes tres fenómenos (Tzelgov & Ganor-Stern, 2005). En primer lugar, la comparación de dos números es más fácil y rápida cuando los números son pequeños. Así por ejemplo, es más fácil indicar cuál es el menor en el par 2-3 que indicarlo en el par 8-9. Igualmente es más fácil calcular  $2+3$  y  $2 \times 3$  que  $8+9$  y  $3 \times 9$ . En segundo lugar, al comparar la magnitud de dos números, el tiempo de respuesta está influido por la distancia entre los números comparados (efecto de distancia). Cuanto más distantes

sean los dos números, más fácil es determinar su diferencia en magnitud; así por ejemplo, es mucho más fácil decir que dígito es el menor del par 2-8 que del par 2-3. Finalmente, se ha encontrado que la información de la magnitud de un número se activa automáticamente. Henik y Tzelgov (1982) pidieron a los participantes que indicaran cuál de un par de dígitos era de mayor tamaño físico. Los participantes hallaron más difícil indicar que 2 era mayor en el par 2-8 que indicar que 8 era mayor en el par 2-8, así mostraban efectivamente el efecto de la interferencia tipo Stroop entre el tamaño numérico (el cual debía ser ignorado) y el tamaño físico. Este efecto se denominó “efecto similar al Stroop en la congruencia numérica” (del inglés *Stroop-like numerical congruity effect*).



**Figura 1.** La porción superior representaría la línea logarítmica propuesta por Dehaene y la inferior sería la representación de los números arábigos modificada por la educación formal en la escuela sugerida por Geary.

Otra evidencia que apoya la teoría de la representación de los números en una línea mental, ha sido el hallazgo de que hay una tendencia a asociar más rápidamente los números pequeños con la mano izquierda, y los números grandes con la mano derecha (Dehaene, Bossini, & Giraux, 1993). Este efecto ha sido llamado asociación espacial numérica y código de

respuesta (*spatial numerical association of response codes-SNARC*). Cuando los participantes tienen que indicar si un número es impar o par, también lo pueden hacer más rápidamente con la mano izquierda con números pequeños (por ejemplo, 1, 3) y con la mano derecha con números más grandes (por ejemplo, 6, 8). Este efecto que solamente está presente en

los niños hacia tercer grado (8-9 años) (Berch, Foley, Hill & Ryan, 1999), ha sido también vinculado con la dirección en la que aprendieron a leer los participantes (de izquierda a derecha en la cultura occidental y con el orden de los números que se enseña en la escuela).

Se ha demostrado que los niños con discalculia no tienen una representación de los números en línea igual a la de los niños con un desarrollo de las habilidades matemáticas típicas. Así por ejemplo, éstos no presentan el efecto SNARC (Bachot, Gevers, Fias, & Roeyers, 2005), lo cual podría sugerir una representación anormal de los números de izquierda a derecha; además se ha descrito un efecto de distancia entre los números mayor al que presentan los niños normales. Es decir, cuando se comparan dos cantidades, los niños con discalculia presentan latencias mayores de respuesta y más errores que sus controles normales, mientras más cercanos sean los números entre sí (Mussolin, Mejias & Noel, 2010). Otras alteraciones en la automatización de magnitudes que han sido descritas en estos niños con problemas en el aprendizaje de las matemáticas se refieren a la ausencia del efecto similar al Stroop en la congruencia del tamaño (Rubinstein & Henik, 2005) y a problemas para subitizar (Koontz & Berch, 1996).

· *Discalculia: integración entre un defecto básico numérico y problemas en otras habilidades cognitivas*

La discalculia del desarrollo no se puede explicar completamente por un defecto exclusivo en el “sentido de número” ni exclusivamente por defectos en dominios cognitivos subyacentes. Recientemente, Von Aster y Shalev (2007) sugieren

combinar estas dos posiciones explicativas; proponen que la representación no verbal de magnitudes es esencial para la comprensión inicial de los números tanto en código de palabras como en código arábigo (dígitos) y juega un papel esencial en el desarrollo de los principios de ordinalidad y cardinalidad que se observan en los años preescolares. Sin embargo, para poder incrementar y automatizar la imagen espacial de los números ordinales (es decir ampliar la “línea mental numérica”) el niño necesita entender no solo los conceptos básicos de magnitud sino asociarlos con la representaciones simbólicas ordinales. Para lograr satisfactoriamente este proceso durante los años de primaria debe complementarse con una buena memoria y habilidades de lenguaje. Por esta razón, Von Aster y Shalev afirman que, si bien parece innegable que en la discalculia las alteraciones en matemáticas son debidas a un defecto central innato del sentido de número, independiente de cualquier otra comorbilidad, no se puede olvidar la importancia que otros trastornos o problemas de desarrollo puede ejercer sobre el fenotipo de la discalculia.

La discalculia es un trastorno muy heterogéneo que rara vez se presenta puro, lo cual implica que las explicaciones etiológicas varíen dependiendo del subtipo de discalculia y de los trastornos asociados a ella. Todavía no tenemos una explicación coherente sobre los mecanismos cognitivos que subyacen a este trastorno de aprendizaje (Castro-Canizares, Estevez-Perez, & Reigosa-Crespo, 2009) pero se espera que en un futuro cercano, la combinación de técnicas de neuroimagen con diseños neuropsicológicos de investigación apropiados y permitan la comprensión de éste.

### **Marcador biológico de la discalculia**

Se ha propuesto que la discalculia del desarrollo se asocia con una disfunción del lóbulo parietal, en especial localizada en el segmento horizontal que se encuentra alrededor del surco intraparietal, dado que este segmento ha relacionado con el procesamiento de cantidades en individuos normales. Estudios con resonancia magnética funcional han mostrado activación de esta zona en diversas tareas de procesamiento numérico (Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003). Aparentemente esta zona, tanto en el lóbulo parietal derecho como en el izquierdo, puede encontrarse disfuncional en los casos de discalculia. Price, Holloway, Räsänen, Vesterinen y Ansari (2007) hallaron que este surco en el hemisferio derecho no cambia su nivel de activación en niños con discalculia en respuesta a las demandas de procesamiento numérico en la forma en que sucede en niños normales. Por otro lado, Molko y colaboradores (2003), observaron anomalías tanto funcionales como estructurales en el surco intraparietal derecho en individuos con discalculia, enfatizando con ello, el papel central de esta región en el desarrollo de las habilidades matemáticas. Sin embargo, Kucian et al. (2006) encuentran que las regiones parietales no solo del hemisferio derecho sino también del hemisferio izquierdo están hipoactivas durante tareas aritméticas en niños con discalculia al compararlos con los controles normales; resultados similares de activación bilateral son reportados por Mussolin et al. (2009), utilizando una tarea más básica de comparación de magnitudes. Consecuentemente la discalculia del desarrollo parece relacionarse con una disfunción de los lóbulos parietales tanto del hemisferio derecho como del izquierdo.

Estos hallazgos están en la misma línea de los trabajos pioneros de Henschen, quien en 1919 describió por primera vez un caso de acalculia en un adulto que habiendo desarrollado sus habilidades de cálculo, éstas resultaron alteradas como consecuencia de daño parietal izquierdo (Ardila & Rosselli, 2007). Desde entonces numerosos estudios sobre las alteraciones en matemáticas en pacientes con daño cerebral han demostrado que lesiones en cualquiera de los dos lóbulos parietales pueden producir acalculia, aun cuando con diferentes características. Las lesiones en las áreas del lenguaje de la región perisilviana en el hemisferio cerebral izquierdo producen alteraciones en la comprensión y en la producción de números y, derivado de ello, para realizar operaciones aritméticas. Además, lesiones en la región angular izquierda producen acalculia, dentro del llamado síndrome de Gerstmann. Por el contrario, lesiones en el hemisferio cerebral derecho causan alteraciones en la organización espacial de cantidades y en la comprensión y ejecución de problemas abstractos (Rosselli & Ardila, 1989; Ardila & Rosselli, 1990).

Recientemente se han encontrado otras áreas cerebrales que diferencian a los niños con discalculia del sus pares con desarrollo matemático normal. Por ejemplo, Rotzer et al. (2008) utilizaron imágenes de resonancia magnética para analizar las diferencias estructurales en niños con discalculia y niños normales. Los niños con discalculia mostraron una disminución significativa de la sustancia gris en el surco intraparietal derecho, el cíngulo anterior, la circunvolución frontal inferior derecha, y bilateralmente la circunvolución frontal media. El análisis de la sustancia blanca demostró un volumen menor en el lóbulo frontal izquierdo y en la circunvolución

parahipocámpica derecha. La relación del lóbulo frontal y de las regiones parahipocámpicas en el manejo numérico fue también reportada por Kucian et al. (2006), quienes encontraron menor activación de estas áreas en niños con trastorno en las matemáticas durante tareas aritméticas con respuestas aproximadas (p. ej. al problema  $3+8$  debían seleccionar entre la respuesta 10 o 5) y respuestas exactas (p. ej. al problema  $2 + 5$  debían seleccionar entre 7 o 9). Se ha relacionado la activación del lóbulo frontal con la participación de la memoria operativa en este tipo de tareas numéricas (Rosselli et al., 2010).

Se ha sugerido que las disfunciones cerebrales encontradas en los niños con discalculia constituyen un marcador biológico. El hecho de que la discalculia se presente con otros problemas de aprendizaje en varios miembros de la misma familia ha llevado a pensar que tiene un origen genético. Sin embargo, aun no se ha identificado un gen o una combinación de genes responsables de este trastorno en las matemáticas.

## Conclusiones

El trastorno del cálculo, comunmente llamado discalculia del desarrollo es un problema que limita el tránsito escolar de los niños que lo presentan. Se trata de un problema complejo que incluye un número considerable de elementos a atender. Sus características engloban un conjunto de rasgos en el desempeño en las tareas matemáticas que incluyen dificultades en tareas básicas como es el conteo de elementos dentro de un conjunto o bien establecer el principio de cardinalidad y el de ordinalidad. El manejo de números, por

ejemplo, leerlos, escribirlos o bien compararlos también se ve afectado. Para agilizar el cálculo mental o escrito estos niños recurren a estrategias inmaduras como es el uso de los dedos. Finalmente el razonamiento lógico matemático también les resulta problemático.

Además, existe un buen número de investigaciones que encuentran que estos niños presentan un déficit en diversos dominios cognitivos. De hecho se postula que existe dos subtipos; uno de ellos presenta además del problema matemático presenta problemas de lectura y dificultades en la ortografía mientras que en el otro el trastorno matemático se presenta aislado; El primer subtipo presenta asociadas dificultades de tipo verbal a la vez que el segundo sus dificultades mayores son de tipo no verbal. Un buen número de estos chicos presentan dificultades en las funciones ejecutivas donde el déficit en la memoria operativa ha sido el más indagado. Es importante destacar que la discalculia del desarrollo cursa con una comorbilidad con otros trastornos; es decir que con frecuencia se observa en combinación con otros trastornos ligados al neurodesarrollo como la dislexia.

Se considera que la discalculia tiene un origen neurobiológico; sin embargo todavía está en debate si el origen de este trastorno se ubica en una carencia en el concepto básico de magnitud o bien es el resultado de un problema que afecta diversos dominios cognitivos entre los que se incluye la memoria, el lenguaje y las habilidades espaciales. En la actualidad, gracias a estudios de neuroimagen tanto morfométricos como funcionales se ha podido indagar las áreas cerebrales que participan en los procesos matemáticos y que se ven afectadas en la discalculia de

desarrollo. Los estudios del desarrollo de las habilidades de cálculo ha facilitado la comprensión de este trastorno. Un mayor conocimiento del perfil cognitivo de los niños que presentan discalculia del desarrollo facilitará el diseño de estrategias de intervención.

## Referencias

Ardila, A., & Rosselli, M. (2002). Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychology Review*, 12, 179-231.

Ardila, A., & Rosselli, M. (2007). Neuropsicología Clínica. México: Manual Moderno

Ardila, A., & Rosselli, M. (1990). Acalculias. *Behavioral Neurology*, 3, 1-14.

American Psychiatric Association. (2000). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (text rev.). Washington, DC: Author.

Ashkenazi, N., Mark-Zigdon, N., & Henik, A. (2009). Numerical distance effect in developmental dyscalculia. *Cognitive Development*, 24, 387-400.

Ashkenazi, S., & Henik, A. (2010). A disassociation between physical and mental number bisection in developmental dyscalculia. *Neuropsychology*, 48, 2861-2868.

Bachot, J., Gevers, W., Fias, W., & Roeyers, H. (2005). Number sense in children with visuospatial disabilities: orientation of the mental number line. *Psychology Science*, 47, 172-183.

Badian, N. (1983). Dyscalculia and non-verbal disorders of learning. En H.

Myklebust (Ed.), *Progress in learning disabilities* (Vol. 5, pp. 235 – 264. New York: Grune & Stratton.

Barrouillet, P., Fayol, M., & Lathuliere, E. (1997). Selecting competitors in multiplication tasks: An explanation of the errors produced by adolescences with learning difficulties. *International Journal of Behavioral Development*, 21, 253-275.

Benson, D., & Geschwind, N. (1970). Developmental Gerstmann syndrome. *Neurology*, 20, 293-298.

Berch, D. B., Foley, E. J., Hill, R. J., & Ryan, P. M. (1999). Extracting parity and magnitude from Arabic numerals: Developmental changes in number processing and mental representation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 286-308.

Brysbaert, M. (2005). Number recognition in different formats. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 23-42). Hove: Psychology Press.

Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, task switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.

Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. En J. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 455-467). Nueva York, EE.UU.: Psychology Press.

Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*. London: Macmillan

Butterworth, B. (2008). Developmental

dyscalculia. En J. Reed, & J. Warner-Rogers (Eds.), *Child Neuropsychology: Concepts, theory and practice* (pp. 357-374). Chichester, Reino Unido: Wiley-Blackwell.

Castro-Cañizares, D., Estévez-Pérez, N., & Reigosa-Crespo, V. (2009). Teorías contemporáneas sobre la discalculia de desarrollo. *Revista de Neurología*, 49, 143-148.

Collins, D. W., & Rourke, B. P. (2003). Learning-disabled brains: A review of the literature. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25, 1011-1034.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.

Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and numerical magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371-396.

Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., & Cohen, L. (1998). Abstract representation of numbers in the animal and human brain. *Nature Neuroscience*, 21, 355-361.

Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.

Fazio, B. (1999). Arithmetic calculation, short-term memory, and language performance in children with specific language impairment: A 5-year follow-up. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42, 420-431.

Feigenson, I., Dehaene, S., & Spelke, E.

(2004) Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 307-314.

Gathercole, S. E., Tiffany, C., Briscoe, J., Thorn, A., & the ALSPAC Team. (2005). Developmental consequences of poor phonological short-term memory function in childhood: A longitudinal study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 598-611.

Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345-362.

Geary, D. C. (2005). Role of theory in study of learning difficulties in mathematics. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 305-307.

Geary, D. C. (2011). Consequences, characteristics, and causes of mathematical learning disabilities and persistent low achievement in mathematics. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 32(3), 250-263.

Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236-263.

Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2001). Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology*, 15, 635-647.

Geary, D. C., & 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., & Bailey, D. H. (2011). How SLD manifests in mathematics. En D. P. Flanagan, & V. C. Alfonso (Eds.), *Essentials of specific learning disability identification* (pp. 43-64). Hoboken, NJ: Wiley.

Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (2000). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, *74*, 213-239.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008) Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, *33*, 277-299.

Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Clinical Neurology*, *38*, 25-33.

Hanich, B. Jordan, C. N., Kaplan, D., & Dick, J. (2001). Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning difficulties. *Journal of Educational Psychology*, *93*, 615-626.

Henik, A., & Tzelgov, J. (1982). Is three greater than five: The relation between physical and semantic size in comparison tasks. *Memory AND Cognition*, *10*, 389-395.

Jordan, C. N., & Hanich, B. (2000). Mathematical thinking in second grade children with different forms of LD. *Journal of Learning Disabilities*, *33*, 567-578.

Jordan, C. N., Hanich B., & Kaplan, D. (2003a). Arithmetical fact mastery in young children: A longitudinal investigation. *Experimental Child Psychology*, *85*, 103-119.

Jordan, C. N., Hanich B., & Kaplan, D. (2003b). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematical difficulties versus children with comorbid mathematical and reading difficulties. *Child Development*, *74*, 834-850.

Jordan, C. N., Kaplan, D., & Hanich, B. (2002). Achievement growth in children with learning difficulties in mathematics: Findings of a two-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, *94*, 586-597.

Jordan, C. N., & Montani, T. O (1997). Cognitive arithmetic and problem solving: A comparison of children with specific and general mathematic difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, *30*, 624-634.

Keeler M. L., & Swanson, H. L. (2001). Does strategy knowledge influence working memory in children with mathematical disabilities? *Journal of Learning Disabilities*, *34*, 418-434.

Koontz, K. L., & Berch, D. B. (1996). Identifying simple numerical stimuli: Processing inefficiencies exhibited by arithmetic learning disabled children. *Mathematical Cognition*, *2*, 1-23.

Kosch, L. (1974). Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*,

7, 165-177.

Kucian, K., Loenneker, T., Dietrich, T., Dosch, M., Martin, E., & von Aste, M. (2006). Impaired neural networks for approximate calculation in dyscalculia children: a functional MRI study. *Behavioral and Brain Functions*, 5, 5-31.

Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition*, 93, 99-125.

Lewis, C., Hitch, G. J., & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- to 10-year-old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35, 283-292.

LeFevre, J., DeStafano, D., Coleman, B., & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and Working memory. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 361-377). New York: Psychology Press.

Mazzocco, M. M. M., & Myers, G. F. (2003). Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia*, 53, 218-253.

McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240-260.

Molko, N., Cachia, A., Rivière, D., Mangin, J., Bruandet, M., Le Bihan, D., et al. (2003). Functional and structural alterations of the intraparietal sulcus in a developmental

dyscalculia of genetic origin. *Neuron*, 40, 847-858.

Mussolin, C., De Volder, A., Grandin, C., Schlögel, X., Nassogne, M. C., & Noël, M. P. (2009). Neural correlates of symbolic number processing in developmental dyscalculia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(5), 860-874.

Mussolin, C., Mejias, S., & Noël, M.P. (2010). Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition*, 115, 10-25.

PeBenito, R. (1987). Developmental Gerstmann syndrome: Case report and review of literature. *Developmental and Behavioral Pediatrics*, 8, 229-232.

PeBenito, R., Fisch, B., & Fisch, M. (1988). Developmental Gerstmann syndrome. *Archives of Neurology*, 45, 977-982.

Price, G., Holloway, I., Räsänen, P., Vesterinen, M., & Ansari, D. (2007). Impaired parietal magnitude processing in developmental dyscalculia. *Current Biology*, 17, 1042-1043.

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.

Rosselli, M., & Ardila, A. (1989). Calculation deficits in patients with right and left hemisphere damage. *Neuropsychologia*, 27, 607-617.

Rosselli, M., Ardila, A., & Matute, E. (2010). Trastornos del cálculo y otros aprendizajes. En M. Rosselli, E. Matute, & A. Ardila



(Eds.), *Neuropsicología del desarrollo infantil*. México: Manual Moderno.

Rosselli, M., & Matute, E. (2005). Neuropsychologie de la dyscalculie développementale: Derniers résultats de recherche en Amérique du Nord. En A. Van Hout, & C. Meljac (Eds.), *Troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant* (pp.175-185). París, Francia: Masson.

Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30, 801-818.

Rotzer, S., Kucian K, Martin, E., von Aster, M., Klaver, P., & Loenneker, T. (2008). Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*, 1, 417-422.

Rourke, B. P., Ahmad, S. A., Collins, D. W., Hayman-Abello, B. A., Hayman-Abello, S. E., & Warriner, E. M. (2002). Child clinical/pediatric neuropsychology: some recent advances. *Annual Review of Psychology*, 53, 309-339.

Rourke, B. P., & Conway, J. A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning: Perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 34-46.

Rubinsten, O., & Henik, A. (2005). Automatic activation of internal magnitudes: A study of developmental dyscalculia. *Neuropsychology*, 19, 641-648.

Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology*, 24, 337-342.

Shalev, R. S., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (1997). Neuropsychological assessment of developmental dyscalculia. *Mathematical Cognition*, 3, 105-120.

Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, 60, 973-980.

Sieger, R. S., & Opger, J. E. (2003). The development of numerical estimation: evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14, 237-243.

Strang, J., & Rourke, B. (1985). Arithmetic disabilities subtypes: The neuropsychological Significance of specific arithmetic impairment in childhood. En B. Rourke (Ed.), *Neuropsychology of learning disabilities* (pp. 167- 183.). Nueva York, EE.UU.: The Guilford Press.

Ta'ir, J., Brezner, A., & Ariel, R. (1997). Profound developmental dyscalculia: Evidence for a cardinal/ordinal skills acquisition device. *Brain and Cognition*, 35, 184-206.

Tzelgov, J., & Ganor-Stern, D. (2005). Automaticity in processing ordinal information. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 239-261). New York, EE.UU.: Psychology Press.

United Kingdom Department for Education and Skills (2001). Retrieved September 3, 2006, from <http://www.dfes.gov.uk/readwriteplus/undersandingdyslexia/introduction/whatdoweknow/aboutdyscalculia/>

Von Aster, M., & Shalev, R. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *49*, 868-873.

Wilson, K. M., & Swanson, H. L. (2001). Are mathematical disabilities due to a domain-general or a domain specific working memory deficit? *Journal of Learning Disabilities*, *34*, 237-248.