

Discalculia del Desarrollo:  
Diagnóstico e Intervención

Danilka Castro Cañizares

Edición: Liset Ravelo Romero  
Corrección: Estrella Pardo Rodríguez  
Diagramación: Roberto Suárez Yera

Danilka Castro Cañizares, 2007

Editorial Feijóo, 2007

ISBN: 978-959-250-355-7



EDITORIAL  
*Feijóo*

Editorial Samuel Feijóo, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830

# ÍNDICE

Introducción / 4

I. Generalidades sobre la Discalculia del Desarrollo (DD) / 6

II. Estudios sobre las capacidades numéricas / 18

III. Una lógica de la evaluación de la Discalculia, basada en las evidencias / 30

IV. Intervención para los escolares con Discalculia / 36

V. Recomendaciones para la educación especial / 41

Conclusiones / 43

Bibliografía / 44

## INTRODUCCIÓN

Existe una correlación entre el origen de la aritmética y la geometría y el proceso de adquisición de los conocimientos del niño. Las definiciones de la matemática al estilo antiguo, tales como que es ‘la ciencia del número y de la magnitud’, ya no son válidas hoy, pero sugieren los orígenes que han tenido las diversas ramas de esta ciencia. Las nociones primitivas relacionadas con los conceptos de número, magnitud y forma se remontan a los primeros tiempos de la raza humana, e incluso hay indicios de conceptos matemáticos en formas de vida que preceden al género humano.

Las palabras para expresar conceptos numéricos aparecieron muy lentamente; los signos para representar números precedieron con toda probabilidad a las palabras para representar números, porque es más fácil cortar muescas en un palo que establecer una frase bien modulada para identificar un número concreto.

La tardanza durante el desarrollo del lenguaje en conseguir cubrir abstracciones, tales como el número, se ve en el hecho de que expresiones verbales numéricas primitivas se refieren a colecciones específicas como ‘dos peces’. También se ve la tendencia natural del lenguaje a desarrollarse desde lo concreto a lo abstracto, en medidas de longitud actuales: palmo, pie, codo, pulgada, que se han derivado de partes del cuerpo humano, fáciles de utilizar como unidades de medida. En lo referente al origen de la aritmética y la geometría, las afirmaciones que se hagan pueden ser muy arriesgadas y conjeturales, ya que los orígenes son más antiguos que los del arte de la escritura.

Herodoto y Aristóteles no querían exponerse a situar los orígenes de la geometría en una época anterior a la civilización egipcia, pero la geometría tuvo sus raíces mucho antes. Ambos representan dos teorías diferentes acerca de los orígenes: la primera indicaba una necesidad práctica, como era la de volver a trazar las lindes de las tierras después de

la inundación anual del valle del Nilo, y la segunda se basaba en el ocio y en el ritual sacerdotal.

El hombre neolítico revela con sus dibujos y diseños un interés en las relaciones espaciales que prepararon el camino a la geometría. La alfarería, la cestería y los tejidos muestran en sus dibujos ejemplos de congruencias y simetrías que son en esencia partes de la geometría elemental. El interés del hombre prehistórico por los diseños y las relaciones espaciales puede haber surgido de su sentido estético, para disfrutar de la belleza de la forma, motivo que también anima frecuentemente al matemático actual y que puede ser la razón por la que algunos consideran a la matemática un arte. El desarrollo de la geometría puede haberse visto estimulado tanto por necesidades prácticas de la construcción como por un sentimiento estético de diseño y orden.

Referencias antropológicas ubican la existencia de capacidades numéricas en los primeros momentos de la civilización y numerosos estudios con animales y bebés sustentan la idea de que existe un núcleo genético que controla la aparición de las mismas.

Como puede apreciarse, desde los orígenes mismos de la humanidad, los números han formado parte indisoluble de nuestra vida diaria. Desde temprana edad, los niños se desarrollan en un ambiente rico en información cuantitativa y experiencias numéricas. Cuando no son capaces de contar eficientemente, comprender el significado de los números o calcular como otros niños, comienzan rápidamente a tener desventajas, no sólo en la escuela si no también en la sociedad en general, al igual que si fuesen incapaces de leer. Aparecen entonces los llamados trastornos específicos del aprendizaje: la Dislexia, la Disgrafía y la Discalculia del desarrollo, a este último está dedicado este material.

## **DESARROLLO**

### **I. GENERALIDADES SOBRE LA DISCALCULIA DEL DESARROLLO (DD)**

En la literatura científica se distingue entre la existencia de las capacidades numéricas básicas que aparecen bajo algún modo de control genético, y la adquisición de capacidades aritméticas más complejas relacionadas con el dominio de conceptos y procedimientos matemáticos lo cual depende del aprendizaje escolar formal.

Las capacidades numéricas básicas están relacionadas con el reconocimiento de pequeñas cantidades a “golpe de vista” (“subitización”, si se nos permite el anglicismo) y el ordenamiento de los conjuntos por su tamaño. Estas capacidades permiten la adquisición de las habilidades de conteo. Durante su desarrollo el niño incrementa su comprensión de la relación entre los conjuntos y sus “numerosidades” (cardinalidad) y los tipos de manipulaciones que pueden o no afectar esta numerosidad. Desde el punto de vista lógico y ontogenético el concepto de numerosidad es la base de la aritmética cotidiana, por lo tanto, aspectos más complejos del procesamiento matemático pueden ser ineficientes si la capacidad de representación de la numerosidad es defectuosa.

El dominio de las capacidades numéricas básicas desde edades muy tempranas pudiera hacer pensar que todos los individuos disponen del equipamiento cognitivo necesario para desarrollar estas capacidades exitosamente, cuando en realidad, la dificultad para el aprendizaje de las matemáticas puede alcanzar una prevalencia que oscila entre el 2,5 % y el 6,4 % en la población escolar.

#### **1.1 Criterios Diagnósticos de la Discalculia del desarrollo (DD)**

Según la cuarta edición del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales* la característica esencial del trastorno del cálculo o discalculia del desarrollo (DD) es una capacidad aritmética (medida mediante pruebas normalizadas de cálculo o

razonamiento matemático administradas individualmente) que se sitúa sustancialmente por debajo de la esperada en individuos de edad cronológica, coeficiente de inteligencia y escolaridad acordes con la edad (Criterio A). El trastorno del cálculo interfiere significativamente en el rendimiento académico o las actividades de la vida cotidiana que requieren habilidades para las matemáticas (Criterio B). Si hay un déficit sensorial, las dificultades en la aptitud matemática deben exceder de las asociadas habitualmente a él (Criterio C). Si hay una enfermedad neurológica o médica o un déficit sensorial, se codificarán en el Eje III.

En el trastorno del cálculo pueden estar afectadas diferentes habilidades, incluyendo las «lingüísticas» (por ej., comprensión o denominación de términos matemáticos, operaciones o conceptos y descodificación de problemas escritos en símbolos matemáticos); las «perceptivas» (por ej., reconocimiento o lectura de símbolos numéricos o signos aritméticos y agrupamiento de objetos); las de «atención» (por ej., reproducir correctamente números o cifras, recordar el añadir números «llevando» y tener en cuenta los signos operativos) y las habilidades «matemáticas» (por ej., seguir secuencias de pasos matemáticos, contar objetos y aprender las tablas de multiplicar).

Síntomas y trastornos asociados: El trastorno del cálculo suele asociarse frecuentemente a un trastorno de la lectura o a un trastorno de la expresión escrita.

Prevalencia: Se estima que entre el 2,5 % y el 6,4 % de los escolares presentan trastornos del cálculo. Sin embargo, esos escolares frecuentemente tienen más de un trastorno; el 56 % de los niños con trastorno de lectura también muestran un pobre desempeño en las matemáticas y el 43 % de los niños con trastorno del cálculo muestran pobres habilidades lectoras. La incidencia de la Discalculia en Estados Unidos es más alta que en Japón, Alemania o Francia, lo cual debe tener relación con diferencias en la manera de enseñar las matemáticas entre esos países. En la tabla 1 se ofrece una visión de los estimados de prevalencia en estudios realizados.

Curso: Aunque ciertos síntomas de dificultad para las matemáticas (por ej., confusión de los conceptos numéricos o incapacidad para contar con precisión) pueden aparecer en el parvulario o en el primer curso, el trastorno del cálculo rara vez se diagnostica antes de finalizar el primer curso de enseñanza básica, puesto que la instrucción formal en

matemáticas usualmente no se lleva a cabo hasta ese momento en la mayoría de los centros escolares. Con frecuencia se pone de manifiesto durante el segundo o tercer cursos. Cuando el trastorno del cálculo está asociado a un CI elevado, el niño puede rendir de acuerdo con sus compañeros durante los primeros cursos, y el trastorno del cálculo puede no hacerse manifiesto hasta el quinto curso o incluso más tarde.

Tabla 1. Datos de Butterworth (2005); Shalev *et al.* (2000); Koumoula *et al.* (2004); Ramaa *et al.* (2002) y Reigosa *et al.* (2004), estudio no publicado

Estudio	Muestra	Prevalencia	Criterios Diagnósticos
Kosc (1974) <i>Journal of Learning Disabilities</i> 7: 46-59.	375 5to grado	6,4%	< 10mo percentil en la tarea aritmética.
Badian (1983) <i>Progress in Learning Disabilities</i> . Vol 5 (pp. 235-264)	1476 1ro - 8vo grados	3,6%	<= 20mo percentil en el Stanford Achievement Test.
Klauer (1992) <i>Zeitschrift f. Entwicklungspsychologie u. Padagogische Psychologie</i> . 26: 48-65.	546 3er grado	4,4%	2 DS por debajo de la media de ejecución grupal en un test de rendimiento general.
Lewis et al. (1994) Inglaterra <i>J. Child Psychology and Psychiatry</i> 35: 283-292.	1 206 4to a 5to grado	3,6%	Puntuaciones aritméticas estandarizadas <85. Puntuaciones de aptitud >90.
Gross-Tsur et al. (1996) Israel <i>Developmental Medicine and Child Neurology</i> 38: 25-33.	3029 5to grado	6,4%	Dos grados por debajo a los correspondientes para la edad cronológica.
Von Aster et al. (1997) <i>Zeitschrift fur entwicklungpsychologie und padagogische psychologie</i> 29: 151-166	279 8 a 10 años	4,7%	Resultados en una batería de pruebas neuropsicológicas para el procesamiento numérico y el cálculo en niños.
Ramaa y cols. (1990) Gowramma (2000). India <i>Dyslexia</i> 8: 67-85.	251 3ro a 4to grado  1408 3ro a 4to grado	5,98%  5,54%	Fracaso consistente en las habilidades más básicas.  2 años por debajo del grado según prueba estandarizada de rendimiento.
Koumoula y cols. (2004) Greece. <i>Journal of Learning Disabilities</i> 37, 5: 377-388.	240 7 a 11 años	6,3%	NUCALC puntuación total < 1.5 DS y puntuación en lectura > 1 DS.
Reigosa y cols. (2004) Cuba. Estudio no publicado.	11 835 2do a 9no grados	2,27%	2 DS por debajo de la norma en una batería de pruebas para evaluar capacidades numéricas básicas. CI>=80 WISC abreviado

Relación con los Criterios Diagnósticos de Investigación de la CIE-10: Los Criterios Diagnósticos de Investigación de la CIE-10 proponen que el punto de corte para el diagnóstico de este trastorno se sitúe dos desviaciones estándar por debajo del nivel esperado de capacidad de cálculo. Además, el trastorno de la lectura tiene prioridad



sobre el trastorno del cálculo, por lo que, si se cumplen los criterios diagnósticos de ambos trastornos tan sólo debe efectuarse el diagnóstico de trastorno de la lectura. Esto representa una diferencia con el DSM-IV, que permite diagnosticar ambos trastornos si se dan a la vez. En la CIE-10, este trastorno viene recogido con el nombre de trastorno específico de la capacidad para el cálculo.

## **1.2 Características de la Discalculia o Trastorno del Cálculo**

- Los símbolos (frecuentemente números) son escritos al revés o rotados.
- Los dígitos de apariencia similar (6 y 9, 3 y 8) son confundidos uno con otro.
- Dificultad para tomar en cuenta correctamente la distancia entre dígitos, por ejemplo, los números 8 y 12 cuando aparecen en sucesión son leídos como 812.
- Dificultad en el reconocimiento y uso de los símbolos para los cuatro tipos de operaciones aritméticas básicas.
- Problemas para comprender los mapas.
- Problemas para prestar atención a símbolos cuando estos aparecen junto a otros símbolos.
- Dificultad para copiar números o figuras geométricas o reproducirlos de memoria.
- Problemas para entender cuestiones relacionadas con pesos, dirección, espacio o tiempo.
- Dificultad para escribir o leer el valor correcto de un número que tiene dos o más dígitos.
- Dificultad para cambiar de un tipo de operación aritmética a otra.
- Problemas para entender diferencias de magnitud entre los diferentes números, por ejemplo darse cuenta que 93 es 4 más que 89.
- Dificultad para ubicar la posición de un número en relación con otros, por ejemplo, decir qué número inmediatamente precede o sigue al 19.
- “Mala memoria” para los hechos numéricos.
- Dificultad para hacer cálculos mentales.
- Inhabilidad para hallar la vía satisfactoria de solucionar un problema matemático.
- Problemas para recordar qué pasos seguir al realizar un cálculo aritmético particular.
- Dificultad para entender y responder (oral o escrito) los problemas matemáticos presentados de forma verbal o visual.
- Problemas para trabajar con figuras geométricas.
- Problemas para tratar con varias unidades matemáticas.

### **1.3 Causas de la DD**

Una multitud de vías convergen cuando un escolar se esfuerza en comprender y aplicar las matemáticas. Con el transcurso del tiempo las demandas del aprendizaje matemático son más fuertes lo cual pone en tensión los procesos y habilidades necesarios para lograr el éxito en este aprendizaje. Las causas de los problemas en el desempeño matemático se deben a fallos en los subcomponentes siguientes:

Adquisición de la noción de numerosidad: La numerosidad es la propiedad que tienen los números de denotar la cantidad de elementos de un conjunto. El niño adquiere el concepto de numerosidad cuando:

- Comprende el principio de correspondencia uno a uno (dos conjuntos tienen la misma numerosidad si y solo si sus miembros se corresponden uno a uno y ninguno queda fuera).
- Comprende que algunas manipulaciones de estos conjuntos afectan la numerosidad (combinar conjuntos, sacar subconjuntos, etc.) y que un conjunto puede tener igual, menor o mayor numerosidad que otro.
- Comprende que los conjuntos no tienen que ser de cosas visibles (pueden ser también cosas audibles, táctiles, abstractas, etc.).
- Puede reconocer conjuntos pequeños (hasta 4 objetos) sin conteo verbal (a golpe de vista).

La noción de numerosidad es la base de la adquisición de las habilidades aritméticas y es una capacidad básica innata presente desde las primeras semanas de vida e incluso en algunas especies animales. Algunas tareas de numerosidad son el conteo y la comparación de conjuntos.

Aprendizaje de hechos numéricos: Virtualmente todos los procedimientos matemáticos involucran un grupo determinado de hechos numéricos. Estos incluyen las tablas de multiplicación, la adición y la sustracción simples y un rango de equivalencias numéricas. En los primeros grados, la enseñanza de las matemáticas, hace especial énfasis en que el niño incorpore un inmenso volumen de hechos matemáticos en la

memoria. Una vez que estos hechos son memorizados el niño debe desarrollar mecanismos eficientes de recuperación: estos hechos deben ser recordados precisamente en función de las demandas de la tarea. Un escolar en la enseñanza elemental debe entonces progresar hacia el recuerdo automático de los hechos numéricos. Por ejemplo, mientras realiza un problema de álgebra debe recordar con precisión y en detalle hechos de adición, sustracción y multiplicación.

Los escolares que muestran problemas en la memorización de los hechos numéricos tienen patrones imprecisos de recuperación en memoria. Estos escolares posteriormente tendrán dificultades para solucionar problemas matemáticos más sofisticados.

Los procesos atencionales para comprender los detalles: los cálculos matemáticos están cargados de detalles finos (por ejemplo, el orden de los números en un problema, la localización precisa de un decimal, el signo operacional apropiado [+ , -]). De manera que exigen grandes demandas de atención y concentración. Los escolares que presentan problemas a este nivel son aquellos que tienen déficit de atención o que son impulsivos y con pobre auto-regulación.

Dominio de los procedimientos: Adicionalmente al dominio de los hechos numéricos, un escolar debe ser capaz de recordar procedimientos específicos (por ejemplo, algoritmos matemáticos). Estos algoritmos incluyen los procesos involucrados en la multiplicación, división, reducción de fracciones, etc. La comprensión de la lógica subyacente en estos algoritmos facilita la recuperación en memoria de dichos procedimientos. Los escolares con problemas de secuenciación tienen dificultades significativas para acceder y aplicar los algoritmos matemáticos.

Manipulación de los hechos y procedimientos matemáticos: Con el incremento de la experiencia y las habilidades el escolar deberá ser capaz de manipular hechos, detalles y procedimientos para resolver problemas matemáticos más complejos, este es un proceso que requiere integrar algunos hechos y procedimientos en una misma tarea de resolución de problema. Esta manipulación implica grandes demandas de memoria de trabajo. Por ejemplo, la solución de un problema requiere frecuentemente que el escolar recuerde números para usarlos después. El escolar deberá ser capaz de entender por qué está usando estos números y además deberá ser capaz de manipular los subcomponentes

de la tarea. Los escolares con capacidad de memoria de trabajo limitada tienen dificultades para realizar estas manipulaciones.

Reconocimiento de patrones: Las matemáticas enfrentan al escolar a un amplio rango de patrones recurrentes. Estos patrones generalmente consisten en palabras y frases claves que emergen continuamente en los problemas verbales y ofrecen pistas acerca de los procedimientos requeridos. El escolar debe ser capaz de descartar las diferencias superficiales y reconocer el patrón que subyace lo cual es un problema para aquel que presenta problemas en el reconocimiento de patrones.

Adquisición de un vocabulario matemático: la experticia para las matemáticas requiere la adquisición de un formidable vocabulario matemático (por ejemplo, denominador, numerador, isósceles, equilátero). Gran parte de este vocabulario no es de uso en las conversaciones cotidianas por lo tanto debe ser aprendido sin la asistencia de indicios contextuales. Los niños que son lentos en el procesamiento de las palabras o que tienen dificultad en la semántica del lenguaje fallan a este nivel.

El análisis de las oraciones: El lenguaje de las matemáticas es único en el sentido de que se espera que el estudiante realice inferencias a partir de problemas verbales expresados en forma de oraciones. Se necesita una comprensión aguda y un conocimiento del vocabulario matemático para entender las explicaciones de los libros de textos y del maestro. Los escolares con problemas en el lenguaje pueden sentirse desorientados y confundidos por las instrucciones matemáticas que se le dan tanto de forma verbal como en las tareas y exámenes.

Procesamiento visuo-espacial: En las matemáticas muchos temas son presentados en forma de imágenes y en un formato visuo-espacial. Las figuras geométricas requieren una interpretación aguda de las diferencias en cuanto a formas, proporción, relaciones cuantitativas y medidas. Los escolares deben ser capaces también de correlacionar términos del vocabulario matemático con las imágenes; los términos trapecioide y cuadrado deben evocar determinados patrones en sus mentes. Los escolares con dificultades en la percepción y memoria visuales pudieran presentar problemas con este subcomponente de las matemáticas.

Procesamiento lógico: En el nivel escolar medio se incrementa el uso de los procesos lógicos y el razonamiento proporcional. Los problemas verbales (por ej., Si/Entonces, Cualquiera/o) requieren considerable razonamiento lógico. Estos conceptos también son usados en otras materias tales como Química y Física. Los escolares que fallan en la adquisición de habilidades de razonamiento proposicional y proporcional pudieran ser menos capaces de ejecutar cálculos que demanden razonamiento. Ellos se apoyan excesivamente en recursos de memoria.

Como parte del proceso de razonamiento está la estimación de soluciones, es decir la habilidad para estimar las respuestas a los problemas. Esta habilidad está relacionada con la comprensión de los conceptos que se necesita para solucionar los problemas.

Comprensión de los conceptos matemáticos: Los conceptos matemáticos están en la base de los problemas matemáticos (ej., las dos partes de una ecuación deberán ser equivalentes, las fracciones y los porcentajes frecuentemente son equivalentes). El escolar con pobre habilidad de conceptualización no es capaz de relacionar conceptos pues solo tiene un conocimiento fragmentado de los mismos.

Proceso de solución de problemas: Las habilidades en la solución de problemas matemáticos requieren de una estrategia de acercamiento sistemático siguiendo estos pasos:

1. Identificación de la pregunta.
2. Descartar la información irrelevante.
3. Idear las posibles estrategias.
4. Escoger la mejor estrategia.
5. Probar la estrategia seleccionada.
6. Usar estrategias alternativas, si se requiere.
7. Monitorear el proceso completo.

Los escolares impulsivos fallan en el uso de esta estrategia y no utilizan mecanismos de auto-control a través del proceso de tal manera que no pueden realizar la tarea de una forma coordinada y controlada por las funciones ejecutivas.

Por otra parte, los escolares deben darse cuenta de la relevancia del aprendizaje de las matemáticas y su uso en la vida cotidiana. Aquellos que no perciben esta relevancia pudieran presentar dificultad en su aprendizaje.

En muchas ocasiones, las aprehensiones, ansiedades o fobias son complicaciones frecuentes en los trastornos del cálculo. Estas reacciones pueden ser causadas por las dificultades descritas arriba o posiblemente por un temor arraigado a las humillaciones repetidas en clase.

A continuación se resumen los subcomponentes matemáticos anteriormente descritos así como los procesos cognitivos involucrados en ellos.

- Hechos numéricos: memorización, recuperación desde memoria.
- Detalles: atención, recuperación desde memoria.
- Procedimientos: conceptualización, memoria secuencial-procedural.
- Manipulaciones: conceptualización, memoria de trabajo.
- Patrones: conceptualización, memoria de reconocimiento.
- Palabras y frases: lenguaje, conceptualización, memoria verbal.
- Imágenes: procesamiento visual, recuperación en memoria visual.
- Procesos lógicos: habilidades de razonamiento, habilidades procedurales.
- Estimación: atención, conceptualización verbal y no verbal.
- Conceptos: conceptualización verbal y no verbal.

#### **1.4 Problemas metodológicos en el estudio de la DD**

Uno de los problemas metodológicos más importantes en el estudio de la DD está relacionado con la definición de las pruebas con las que se diagnostica el trastorno. Estas, en su mayoría, miden el grado de desempeño matemático según criterios estadísticos: se evalúa a los sujetos teniendo en cuenta si resuelven adecuadamente ejercicios matemáticos de acuerdo a la edad cronológica y al nivel escolar. El diagnóstico obtenido de este modo no brinda información acerca de los procesos que están afectados y que condicionan el bajo rendimiento exhibido, ni controla el efecto de factores que producen dificultades para el aprendizaje de las Matemáticas y no Discalculia *per se*; como la falta de motivación por el aprendizaje de las matemáticas o la mala enseñanza por parte del maestro. Por último, la mayoría de las pruebas no toman en consideración la velocidad de cómputo sino únicamente el resultado obtenido durante la realización de un ejercicio. Frecuentemente los individuos discalcúlicos producen respuestas correctas usando procedimientos poco eficientes de manera mecánica y sin seguridad.

En un intento por resolver estas limitaciones, recientemente se ha desarrollado un nuevo enfoque para la evaluación de la Discalculia basado no sólo en la medición del desempeño matemático sino de las capacidades numéricas básicas a través de tareas que controlan el tiempo de reacción del individuo durante su ejecución.

Un estudio de pesquisaje de DD realizado recientemente en Cuba por Reigosa *et al* (2003) se basó en este enfoque. En una primera fase fueron evaluados todos los escolares de 2do a 9no grados del municipio Centro Habana (11 836 escolares) con una prueba de desempeño matemático. Posteriormente, en una segunda fase, los escolares con pobre desempeño matemático, según los criterios estadísticos establecidos fueron examinados con una batería computarizada (MINIMAT) que evaluó las capacidades numéricas básicas y el cálculo a través de tareas que controlaban el tiempo de respuesta.

En los últimos cinco años se ha notado un creciente interés en el estudio del procesamiento numérico y sus dificultades por parte de investigadores de diferentes laboratorios. Algunas investigaciones intentan perfilar el conocimiento en torno a los

procesos que están implicados, la existencia de diferentes subtipos cognitivos, sus bases neurales y la probable contribución genética.

Como consecuencia, los hallazgos más recientes sugieren que la DD tiene un locus neuroanatómico tangible (el surco intraparietal), es transmisible por herencia y constituye un trastorno cognitivo heterogéneo estrechamente relacionado con el dominio de las capacidades numéricas básicas las cuales son innatas.

Los principales resultados con respecto a las bases neurales de la DD provienen de algunos pocos estudios de neuroimágenes en poblaciones especiales de discalculicos tales como sujetos prematuros con muy bajo peso al nacer y síndromes genéticos cuyo fenotipo incluye el déficit en las capacidades numéricas (Síndrome de Turner, Síndrome Velocardiofacial, Síndrome Frágil X). No se ha reportado en la literatura ningún estudio morfométrico ni funcional del cerebro en poblaciones de discalculicos más “típicas”, las cuales son más numerosas y cuyos individuos no tienen antecedentes de trastornos clínicos o genéticos.

Este hecho no es casual. El abordaje de las bases neurales de la Discalculia en las poblaciones especiales parte del presupuesto de que el síndrome genético es el causante de las alteraciones en el perfil cognitivo relacionadas con el procesamiento numérico. El estudio de las bases neurales en la DD en poblaciones más típicas se encuentra con el escollo de que no existen subtipos suficientemente sustentados experimentalmente que permitan realizar una selección muestral teóricamente orientada y caracterizar el sustrato anatomofisiológico de los individuos así clasificados para establecer diferencias con respecto a los sujetos normales.

Un estudio desarrollado por Reeves y Reynolds (trabajo no publicado) con una población escolar general puso de manifiesto la existencia de una relación entre la capacidad de subitización (ya mencionada) y el rendimiento en tareas cognitivas generales y aritméticas. Se encontraron subtipos de escolares caracterizados por la presencia de “subitización” (ocurriendo la detección de la numerosidad a mayor o menor velocidad: subitizadores “rápidos” y “lentos”) y también individuos que no subitizaban. Asimismo, en estudios de perfil cognitivo con ST, Bruandet *et al.* (2004) han reportado deterioro en la capacidad de subitización. Este elemento podría



constituirse en un criterio de selección muestral pertinente, de encontrarse resultados semejantes a los que acabamos de comentar en poblaciones de DD más típicas que las estudiadas.

### **1.5 Circuitos neurales relacionados con el procesamiento numérico**

La determinación de la localización del procesamiento numérico se ha nutrido de varias fuentes, entre estas los datos provenientes de estudios de pacientes lesionados revisten especial importancia (McCloskey, 1992; Dehaene y Cohen, 1997; Dehaene *et al.*, 1998; Deloche y Willmes, 2000; Butterworth *et al.*, 2000, 2001; Butterworth, 2002).

Estudios imagenológicos actuales han revisado detalladamente las zonas reportadas y su contribución específica en las diferentes tareas. Se ha constatado de modo sistemático la activación de los lóbulos parietales conjuntamente con áreas de la corteza prefrontal y precentral ante tareas de cálculo numérico.

Dehaene *et al.* (2003) realizaron un meta-análisis a partir de las coordenadas corticales de activación reportadas en numerosos estudios imagenológicos, en el que, el empleo de un software de visualización tridimensional les permitió encontrar las coincidencias entre los datos aportados por los diferentes investigadores.

A partir de estos resultados proponen el segmento horizontal del surco intraparietal como candidato de la localización del procesamiento numérico, expresando anatómicamente la especificidad de dominio de este tipo de procesamiento. Asimismo, consideran que este núcleo central del procesamiento numérico (análogo a una línea numérica mental, interna) puede estar complementado por otros tres circuitos:

- El área del giro angular izquierdo, en conexión con otras áreas perisilvianas, encargadas de la manipulación de los números en forma verbal.
- Un sistema bilateral parietal posterior-superior que permite la orientación atencional (espacial y no espacial) con respecto a la línea numérica.
- Segmento horizontal bilateral del surco intraparietal (SHSIP)

Dehane *et al.* (2003) encuentran que esta área se localiza en la región de intersección de muchas tareas diferentes de procesamiento numérico. Al ser analizadas, estas tareas parecen tener todas en común el requerimiento de acceso a la representación semántica de la cantidad que los números representan. Por tanto, proponen que en el segmento horizontal del surco intraparietal (SHSIP en lo adelante) de ambos hemisferios se encuentra la representación no verbal de la cantidad numérica, algo semejante tal vez a un mapa espacial o línea numérica mental que subyace a nuestra intuición de lo que representa la magnitud numérica y de las relaciones de proximidad entre los números.

## **II. ESTUDIOS SOBRE LAS CAPACIDADES NUMÉRICAS**

### **2.1 Antecedentes teóricos**

Los presupuestos generales con respecto a los cuales ha gravitado el estudio de las capacidades numéricas, desde un punto de vista metateórico pueden plantearse de la manera siguiente:

- Los procesos mentales complejos son dissociables en diferentes componentes y el desarrollo pobre o la escasa disponibilidad de estos conduce a dificultades.
- Se acepta que existe una relación entre el cerebro, como base material de la subjetividad, y los procesos mentales. El nivel de eficiencia de la ejecución de dichos procesos mentales reflejaría el nivel de adecuación anatómica o funcional de las correspondientes estructuras.
- Se acepta que factores biológicos y sociales constituyen determinantes en el desarrollo de la subjetividad.

En la actualidad, sin embargo, no existe consenso con respecto a la forma en que se produce la interacción entre factores biológicos y sociales ni en cuanto a la contribución de cada uno de estos en la génesis y desarrollo de los procesos mentales.

Los principales acercamientos se han distinguido por:

- Proponer la hipótesis de que las capacidades numéricas se desarrollan a partir de procesos mentales de propósito general.
- Proponer la hipótesis de la existencia de un módulo numérico, que es innato y garantiza la adquisición y el desarrollo de las capacidades numéricas.

En el primer caso se trata de revisar el tema de las capacidades numéricas básicas a partir de principios ya planteados sobre el desarrollo de los procesos mentales. De este modo se trata de interpretar las evidencias y de diseñar tareas específicas de acuerdo a los principios generales sobre el desarrollo, abstraídos de un cúmulo de evidencias generales sobre el funcionamiento mental. En el segundo caso se trata de proponerse el estudio de las capacidades numéricas directamente a partir de las evidencias existentes para sostener esta hipótesis.

Entre los acercamientos fundamentales desde la primera vertiente se destacan los de J. Piaget y Geary.

Piaget (1896-1980) plantea una aproximación original y profunda al estudio de los procesos mentales en el niño. Se le ha considerado entre los constructivistas y cognitivistas, debido a que se plantea el reto de comprender cómo el niño “construye” el universo en su mente, a partir de su experiencia directa con la realidad (objetos y personas).

A menudo se dice que parte de una concepción biologicista, pero en realidad esto no significa que esté defendiendo una determinación biológica de los procesos mentales, sino que se refiere a que emplea una metáfora biológica, al plantearse el surgimiento y desarrollo de los procesos mentales como parte del proceso de adaptación del individuo al ambiente.

Según su concepción el desarrollo de las estructuras mentales se da como resultado de la búsqueda de un estado de equilibrio psicológico (equilibración), a través de dos tipos de acciones fundamentales: de acomodación y asimilación. Su aporte fundamental a la psicología en la opinión de L. S. Vygotsky (2001) fue el esclarecimiento de la noción errónea de que los niños eran desde el punto de vista mental “adultos en miniatura”, probándolo a través de una extensa colección de evidencias empíricas que resaltan las peculiaridades y propiedades del pensamiento del niño.

Piaget hizo hincapié en la necesidad de desarrollar determinados prerrequisitos o “principios lógicos universales” para la adquisición de todos los dominios cognitivos.

En su visión del desarrollo, expresa la existencia de etapas por las que un individuo debe pasar. Cada una de ellas implica el surgimiento de nuevas estructuras mentales y el desarrollo de estas es necesario para que los principios lógicos universales permitan al niño realmente sacar ventaja de la experiencia. Estos principios no pueden ser enseñados ni aprovechados por el niño hasta que no haya desarrollado la capacidad necesaria. Según Piaget no existen estructuras cognitivas innatas en el ser humano.

En su teoría, el tema de las capacidades numéricas se trata a través del principio de conservación del número. La comprensión de los números aparece en la etapa de las operaciones concretas, alrededor de los seis años de edad. “Nuestra hipótesis es que la construcción del número va mano a mano con el desarrollo de la lógica y que un período pre-numérico se corresponde con un nivel pre-lógico”.

Nuestros resultados muestran de que el número es organizado, etapa tras etapa, en estrecha conexión con la elaboración gradual de sistemas de inclusión (jerarquía de clases lógicas) y sistemas de relaciones asimétricas (seriaciones cualitativas). La secuencia de los números, de tal manera, resulta de una síntesis operacional de clasificación y seriación. En nuestra opinión, las operaciones lógicas y matemáticas, por lo tanto, constituyen un sistema único que es psicológicamente natural, el segundo resultando de una generalización y fusión del primero, bajo dos direcciones complementarias de inclusión de clases y seriación de relaciones, pasando por alto los aspectos cualitativos.

Previo a este descubrimiento de los números, el niño debe comprender la inferencia transitiva (si  $a < b$  y  $b < c$  entonces  $a < c$ ), debe ser capaz de separar el número de las propiedades físicas de los objetos y debe comprender que la noción de conservación del número se refiere a la no modificación del número de objetos de una colección por adición o sustracción de uno de ellos.

Su abordaje metodológico del problema es muy original; se trata de la introducción del método clínico en psicología. A través de experimentos y entrevistas a los sujetos se orienta a desentrañar los conceptos del niño sobre la realidad y se aprovechan los errores de los niños en las tareas planteadas para profundizar en el mecanismo de interiorización de los mismos.

Piaget emplea uno de sus famosos experimentos de conservación del número para ilustrar lo anteriormente planteado: se presentan a un niño dos grupos de objetos (cubos o bolitas) alineados en correspondencia uno-a-uno, y se le pregunta al niño si hay igual cantidad de objetos en cada fila, después de obtenida esta confirmación, se desplaza una de las filas con respecto a la posición del primer objeto de la otra y se le vuelve a preguntar, obteniéndose en ese caso la respuesta contraria a la misma pregunta y la aseveración de que hay más objetos en aquella cuya posición fue modificada. De este modo queda probado según Piaget que el niño no ha adquirido el concepto de número, ya que manipulaciones del tipo de la descrita afectan su percepción de la situación.

En la actualidad existen discrepancias con respecto a algunos de sus presupuestos, provenientes de la replicación de algunos de sus experimentos, y existe el criterio de que la concepción de número de J. Piaget, expuesta a través de este ejemplo clásico, puede ser uno de los factores que influyen en que existan las mismas.

Piaget no vincula el proceso de conteo y de aprendizaje de numerales a la adquisición del concepto de número. Este proceso ha recibido una amplia atención en las investigaciones del desarrollo de las capacidades matemáticas, pues se considera esencial para la adquisición posterior de los hechos numéricos y de conceptos aritméticos relevantes para el aprendizaje posterior (conmutatividad, complementariedad). Asimismo, han sido ampliamente tomados en cuenta por otros investigadores para abordar la distinción entre las representaciones propiamente numéricas (en formato no verbal) y las representaciones verbales (en formato verbal) de los números.

Por otra parte, en la actualidad se defiende intensamente la existencia de un módulo (incluso de más de uno), que responde por el rendimiento en tareas aritméticas. La forma en que este módulo numérico detecta la numerosidad respeta el principio de conservación del número de Piaget, sin embargo, se plantea que este módulo numérico es innato; lo que se contrapone a lo expresado por él.

Por su parte, Geary (1993, 1994) señala que procesos de propósito general, como la memoria de trabajo, el desarrollo de conceptos aritméticos y el procesamiento espacial son responsables del déficit en las capacidades numéricas.

Sin embargo, se ha demostrado que si bien el deterioro de estos procesos afecta el procesamiento numérico, el conocimiento numérico puede ser dissociado de la memoria semántica, del lenguaje y de la memoria de trabajo.

## **2.2 Teorías contemporáneas sobre las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas**

### **2.2.1 Dificultades en las matemáticas como consecuencia de deficiencias en procesos cognitivos no numéricos**

Aunque muchos estudios se han referido a los factores y déficit cognitivos que pudieran contribuir a las dificultades en las matemáticas, la evaluación de sus orígenes aún es controversial. Si la inteligencia normal es, indiscutiblemente, esencial para el rendimiento matemático, la hipótesis de la baja eficiencia intelectual no explica todos los casos de trastornos en las matemáticas (Gross-Tsur *et al.*, 1996; Landerl *et al.*, 2004; Shalev *et al.*, 2001). Otra hipótesis que ha sido formulada en los últimos 15 años pero frecuentemente rechazada en su asociación con la discalculia con otros trastornos sin destacar una relación causal (Landerl *et al.*, 2004). Una de estas hipótesis asume que la memoria de trabajo juega un papel central en el rendimiento matemático y sus afectaciones pueden llevar errores al construir redes confiables de hechos numéricos en la memoria semántica (Geary, 1993, 1994, 2005; Geary *et al.*, 1991). En efecto, al desarrollar representaciones en la memoria a largo plazo, el problema y la respuesta pudieran activarse simultáneamente en la memoria de trabajo. Si también la información declina rápidamente en la memoria de trabajo, los términos del problema no están disponibles en tiempo prolongado cuando la respuesta es accesible y las asociaciones de la memoria a largo plazo no pueden ser creadas. Más que esto, como la memoria de trabajo es además la responsable de la localización de las fuentes atencionales durante el monitoreo de la solución del problema, los trastornos de la memoria de trabajo pueden inducir repetidos errores procedurales que llevan a asociaciones incorrectas en la memoria a largo plazo. Finalmente, cuando el recuerdo no es posible para la solución de simples problemas de adición, los niños con pobres fuentes de memoria de trabajo se

inclinan más al uso de estrategias inmaduras que le proporcionan un apoyo externo para el razonamiento matemático (Ej. Contar con los dedos en lugar de conteo verbal) y aplicar algoritmos que demanden de menos recursos para mantener la pista de los pasos de solución y reducir la carga en la memoria de trabajo (Geary *et al.*, 2004; Noël, Seron & Trovarelli, 2004).

Los déficit visuo-espaciales, los desórdenes de la lectura y la agnosia para los dedos son otras condiciones frecuentemente asociadas con trastornos en las matemáticas. Sin embargo, la razón de estas frecuentes comorbilidades, permanece sin aclarar. De acuerdo con Rourke y sus colaboradores (1993, Rourke & Conway, 1997), la presencia o ausencia de trastornos de la lectura en discalculia está asociada con disímiles patrones de representaciones neuropsicológicas y aritméticas que sugieren diferentes disfunciones hemisféricas. De acuerdo con estos postulados, ellos encontraron que los niños con dislexia y discalculia exhiben fundamentalmente deficiencias verbales (vinculadas presumiblemente con una disfunción del hemisferio izquierdo), mientras que los niños que presentan solo discalculia manifiestan problemas en numerosas tareas no verbales que incluyen organización visuo-perceptual, funcionamiento psicomotor, habilidades perceptivo-táctiles y razonamiento no verbal (vinculado probablemente a una disfunción del hemisferio derecho), además los niños con ambos trastornos muestran sólo leves dificultades en aritmética, esencialmente atribuibles a su trastorno de lectura, mientras que los niños que tienen solo discalculia experimentan profundas dificultades matemáticas y presentan un amplio rango de errores aritméticos.

También se ha mostrado que las dificultades visuo-espaciales que correlacionan fuertemente con altos niveles de habilidades matemáticas (Ej. Aritmética mental, álgebra y trigonometría) en el desarrollo normal. (Reuhkala, 2001)

Se ha encontrado también que el procesamiento fonológico (Ej. Memoria fonológica, conciencia fonológica), contribuye significativamente al desarrollo de las habilidades de cómputo entre el 2do y el 5to grados y explica una gran parte, si no toda, de las asociaciones entre discalculicos y disléxicos. (Hecht, Torgesen, Wagner, & Rashotte, 2001; Robinson, Menchetti, & Torgesen, 2002).

Finalmente, recientes investigaciones identificaron que no hay diferencias entre discalculicos y disléxicos en las habilidades básicas de procesamiento (Ej. Lectura de números, nombramiento y escritura, comparación de números, recitar secuencias y conteo de puntos) ni en tareas neuropsicológicas (memoria fonológica y de trabajo, vocabulario y planeamiento visuo-espacial), brindando de esta forma evidencia adicional sobre la hipótesis de que existen diferentes causas detrás de la discalculia con o sin dislexia asociada. (Landerl *et al.*, 2004)

Tomando todo lo anterior, el bajo CI no es capaz de explicar el bajo rendimiento matemático desde la eficiencia intelectual de la mayoría de los fallos de los niños discalculicos en el rango normal, como se ha explicado en la definición de la patología. Los factores genéticos juegan un papel fundamental en el rendimiento matemático y pueden ser parcialmente responsables de las recurrentes asociaciones con otros déficit como los trastornos de la lectura (Light & DeFries, 1995). Sin embargo, la herencia está lejos de explicar todos los casos de discalculia, la cual tiene puntos de relación con otros factores en el desarrollo matemático. Finalmente, existe un acuerdo en el hecho de que la memoria de trabajo, así como el procesamiento visuo-espacial y fonológico están relacionados y contribuyen al desarrollo matemático. Sin embargo, las relaciones precisas entre rendimiento matemático, memoria de trabajo, agnosia para los dedos, habilidades visuo-espaciales y habilidades para la lectura necesitan una futura clarificación.

Del análisis anterior podemos deducir que la elaboración detallada del fenotipo de la DD permanece aún sin concluir. En la investigación científica actual se encuentran varias hipótesis en discusión. A continuación se detallarán las dos hipótesis teóricas más interesantes y trabajadas.

### **2.2.2 Dificultades en las matemáticas como un déficit en el procesamiento de la numerosidad**

#### Hipótesis del módulo numérico defectuoso

Brian Butterworth (2000, p. 7), en un proceso de profundización en el estudio de las bases de las capacidades numéricas, defiende la idea de que “el genoma humano (...)”



contiene instrucciones para construir circuitos especializados (...) el “módulo numérico”, que tiene la función de “categorizar el mundo en términos de numerosidades –el número de objetos en un conjunto”, lo que nos permite detectar las cantidades de todo conjunto de modo automático”.

En opinión de este estudioso, “las operaciones aritméticas usuales de adición sustracción y multiplicación pueden ser definidas en términos de operaciones con conjuntos y sus numerosidades y esta es la forma en que usualmente pensamos acerca de ellas”. (Butterworth, 2005, p.4).

Asimismo, en su opinión, las capacidades numéricas humanas se distinguen de las que poseen otros animales porque pueden desarrollarse y trasmitirse apoyadas en herramientas culturales, lo que amplía la eficiencia del módulo numérico: plantea que el rendimiento en tareas matemáticas está mediado por el módulo numérico y por la habilidad de utilizar herramientas matemáticas aportadas por la cultura.

El concepto de numerosidad es el centro de su teoría. Esta explica el desarrollo de las capacidades numéricas humanas, como resultado de la interacción entre el módulo numérico (diseñado para detectar la numerosidad) y la estimulación cultural disponible en torno a este dominio del conocimiento.

El concepto de numerosidad, propuesto por Brian Butterworth (2000) trata de expresar la propiedad de las expresiones numéricas de denotar la cantidad de elementos en un conjunto. Esta propiedad es altamente relevante en el desarrollo de las estrategias de conteo y posteriormente en la adquisición de los hechos numéricos y otros conceptos matemáticos de interés que se recibirán a través de la instrucción.

Se plantea que existen un conjunto de indicadores que permiten determinar si se ha adquirido este concepto de numerosidad (Butterworth, 2005, p. 2). Entre ellos se encuentran:

- Comprensión del principio de correspondencia uno a uno (dos conjuntos tienen la misma numerosidad si y solo si sus elementos se corresponden uno a uno y ninguno queda fuera).

- Comprensión de que algunas manipulaciones de los conjuntos afectan la numerosidad (combinar conjuntos, sacar subconjuntos, etc.) y que un conjunto puede tener igual, menor o mayor numerosidad que otro.
- Comprensión de que los conjuntos no tienen que ser de elementos visibles (pueden estar compuestos también de elementos audibles, táctiles, abstractos, etc.).
- Posibilidad de reconocer conjuntos pequeños (hasta 4 objetos) sin conteo verbal (a golpe de vista).

En su opinión, la capacidad de estimación instantánea de la cantidad (“subitización”) puede estar estrechamente ligada a la comprensión del concepto de numerosidad. Los patrones de tiempo de reacción durante tareas de estimación de la numerosidad contrastados con los asociados al proceso de conteo son tomados como indicadores del nivel de adecuación en el dominio del concepto de numerosidad. (Incrementos de 50-80 m promedio por cada elemento a estimar en sujetos normales, vs. 200 m durante el proceso de conteo) (ver Piazza *et al.*, 2002 para una revisión).

Este investigador ha realizado un amplio análisis de la evidencia disponible con respecto al tema de las capacidades numéricas y ha logrado delinear, si se quiere, la “curva de desarrollo de las capacidades numéricas” en los primeros años de la vida, a través de la identificación de lo que ha denominado los hitos en el desarrollo aritmético (Tabla 2).

De manera general y en concordancia con este autor, podemos decir que la DD ocurre cuando la habilidad básica para procesar la numerosidad no se desarrolla normalmente, resultando en una dificultad para la comprensión del concepto de número y consecuentemente en el aprendizaje de la información numérica.

### **2.2.3 Dificultades en las matemáticas como un déficit en el acceso a la información simbólica**

#### Hipótesis del déficit en el acceso a la información simbólica

Nöel *et al.* (2005, 2006), parten del análisis de los presupuestos de B. Butterwoth, pero proponen una variante a la hipótesis del módulo numérico defectuoso.

Ellos sugieren que las dificultades de los niños con DD no se deben a un déficit en el procesamiento de la numerosidad en sí mismo (lo cual incluye el procesamiento de la magnitud), si no, específicamente a un déficit en el acceso al significado del número a través del símbolo.

No existen normas por edad para los datos presentados en esta tabla y las edades son aquellas a las que la mayoría de los niños evaluados demostraron estas capacidades con razonable fiabilidad. Es importante tener en cuenta que los estudios resumidos estaban centrados en etapas, no en edades y por tanto diferentes niños pueden alcanzar estos hitos en edades diferentes.

Tabla 2. Resumen de los principales hitos en el desarrollo aritmético (Butterworth, 2005)

Edad típica	Hitos
0,0	Puede discriminar pequeñas numerosidades (conjuntos) (Antell & Keating, 1983).
0,4	Puede adicionar y sustraer uno (Wynn, 1992).
0,11	Discrimina secuencias de numerosidad que decrecen luego de crecer (Brannon, 2002).
2,0	Comienza a aprender las palabras que denotan los números (Fuson, 1992).
2,8	Reconoce que una palabra de conteo significa más de un objeto en un conjunto (Wynn, 1990).
3,0	Cuenta pequeñas cantidades de objetos (Wynn, 1990).
3,8	Puede adicionar o sustraer uno utilizando objetos o las palabras de conteo (Starkey & Gelman, 1982). Uso del principio de cardinalidad para establecer la numerosidad de un conjunto (Gelman & Gallistel, 1978).
4,0	Usa los dedos para contar (Fuson & Kwon, 1992).
5,8	Entiende la conmutatividad de la adición y cuenta a partir del número mayor (Carpenter & Moser, 1982). Puede contar correctamente hasta 40 (Fuson, 1988).
6,0	Conservación del número (Piaget, 1952).
6,8	Entiende la complementariedad de la adición y la sustracción (Bryant y cols, 1999). Puede contar correctamente hasta 80 (Fuson, 1988).
7,0	Recupera de la memoria algunos hechos numéricos.

Hasta el momento, la mayoría de los estudios realizados en este sentido han empleado tareas numéricas que requieren del acceso a la información semántica a partir de los símbolos (números arábigos o lectura de numerales...). Solo dos estudios (llevados a cabo por Noël *et al.*) han investigado el procesamiento de la magnitud numérica con requerimientos no simbólicos vs. simbólicos en muestras pequeñas de niños con dificultades en el rendimiento para las matemáticas y un estudio (Castro y Reigosa, 2007) en una muestra de niños con DD y otros con dificultades en el cálculo básico.

Los resultados obtenidos de los estudios de Noel, M. apuntan al hecho de que los niños con bajo rendimiento matemático se diferencian significativamente de los normales en el procesamiento de la numerosidad cuando trabajan con tareas simbólicas, pero que el rendimiento de ambos grupos es similar cuando las tareas no incluyen el procesamiento simbólico. El tercer estudio (Castro y Reigosa), ha corregido algunas dificultades

metodológicas de los diseños anteriores y está ofreciendo resultados que cuestionan algunos elementos de esta hipótesis. A pesar de ello quedan aún muchos detalles por analizar y, sobre todo, cuestionamientos sobre la influencia de las variables visuo-perceptuales en el procesamiento de las magnitudes representadas con un formato no simbólico.

Si se confirma el déficit, se evaluará entonces si éste ocurre a partir de una dificultad en el acceso al significado del símbolo numérico o, a un déficit general del tratamiento de las cantidades numéricas tanto simbólicas como no simbólicas. También es de interés estudiar el grado de automatización que tiene el procesamiento de la magnitud en los niños con DD. Estas preguntas podrán ser respondidas a través de un diseño en el cual los niños discalculicos serán comparados con controles sanos y con niños disléxicos con y sin DD.

#### **2.2.4 Otras fuentes de evidencia en la conceptualización de la Discalculia del desarrollo**

Otras evidencias acerca de la naturaleza de este déficit provienen de estudios realizados en niños con síndromes genéticos y/o que han nacido con condiciones médicas desfavorables (Molko *et al.*, 2003, 2004; Bruandet *et al.*, 2004; Riviera *et al.*, 2002; Kippenhan, 2005; Isaacs *et al.*, 2001). Estas son sumamente valiosas desde el punto de vista de la determinación de las bases neuroanatómicas y funcionales de la DD.

En estudios con pacientes con síndrome de Turner (Molko *et al.*, 2003, 2004) se ha determinado que existe una reducción asimétrica del Surco Intraparietal derecho con respecto a los sujetos controles. Además, se ha reportado reducción de materia gris en el lóbulo parietal izquierdo de los sujetos con bajo peso al nacer. (Isaacs *et al.*, 2001)

Asimismo, se han reportado estudios de gemelos (Alarcon *et al.*, 1997, citado por Butterworth, 2005, p. 14) que muestran que el índice de heredabilidad en gemelos discalculicos monocigóticos (58 %) es de 0,73, y en gemelos dicigóticos (39 %) de 0,56.

También en Shalev *et al.* (2001) (citados por Butterworth, 2005, p. 15) se detectó que los familiares de los escolares con Discalculia tienen de 5 a 10 veces mayor riesgo de ser discalcúlicos que la población general.

Todas estas evidencias apuntan al carácter genético de la habilidad y del déficit.

### **III. UNA LÓGICA DE LA EVALUACIÓN DE LA DISCALCULIA, BASADA EN LAS EVIDENCIAS**

Uno de los aspectos de interés actual en este tema es estudiar cómo procesa la magnitud numérica el niño con discalculia. La magnitud numérica es, como se mencionaba anteriormente, un referente subjetivo de la propiedad de cardinalidad de los números. Es decir, tiene que ver con el manejo de las cantidades de elementos en uno o varios conjuntos. A su vez, el procesamiento de la magnitud es un elemento clave para acceder a la semántica del número.

La adquisición de este concepto parece ser crítica para el desarrollo posterior de capacidades numéricas de alto nivel. La evaluación de la adquisición de las capacidades numéricas básicas debe basarse en los indicadores de la adquisición de este concepto.

Tareas que involucren la determinación de numerosidades de modo instantáneo, conteo de conjuntos de objetos y comparación de conjuntos, permiten evaluar las capacidades numéricas básicas. Esta es la lógica que subyace al Dyscalculia Screener, creado por Brian Butterworth (2003) y también a Minimat y Maximat, los software empleados para realizar el diagnóstico de esta dificultad específica del aprendizaje en el estudio de prevalencia de Reigosa y cols. (2004) en nuestro país.

Estas pruebas incluyen además una evaluación de las operaciones numéricas básicas (suma, resta y multiplicación) que ya no son consideradas propiamente capacidades numéricas básicas, pero están en una muy estrecha relación con ellas. Esta tarea implica la puesta en funcionamiento de mecanismos dependientes y no dependientes del lenguaje y puede resultar esclarecedora con respecto a la influencia de la intervención pedagógica en el desarrollo de las capacidades numéricas en general.

Las variables medidas en la evaluación son el Tiempo de reacción y el Por ciento de aciertos en cada tarea. El diagnóstico se establece a partir de la determinación de la desviación estándar (DE) de la medida de eficiencia de cada individuo (calculada a partir de estas variables) con respecto a la norma de su edad y de la aplicación de un criterio psicométrico: es necesario que el individuo obtenga un valor de  $CI \geq 80$ .

### **3.1 Aspectos relacionados con los instrumentos para el pesquisaje de la discalculia**

La identificación temprana del trastorno del cálculo debe realizarse en los grados primero y segundo. Para esto un equipo del Centro de Diagnóstico y Orientación (CDO) municipal visitará cada aula y administrará al maestro un Cuestionario de Signos de Alarma de dificultades para las matemáticas presentes en sus escolares (ver anexo).

El equipo del CDO estará formado por: psicólogo, defectólogo, logopeda y psicometrista y administrará la prueba pedagógica de Matemáticas y la batería computarizada MINIMAT al escolar que presente algún signo de alarma.

En caso que se determine, a través de estas pruebas, un potencial peligro de tener Discalculia, la escuela deberá informar a los padres o tutores legales de los escolares sobre dicho resultado.

El maestro debe desarrollar un programa intensivo de enseñanza de las matemáticas para trabajar sobre las dificultades del escolar detectado con el objetivo de ubicarlo al mismo nivel que sus compañeros de clase.

Si al inicio de tercer grado, a pesar de esta enseñanza intensiva, los escolares detectados presentan características de la Discalculia o continúan presentando dificultad con las matemáticas entonces el CDO debe dar inicio a los procedimientos para que dichos estudiantes sean examinados por posible Discalculia.

### **3. 2 Procedimientos para la evaluación de los escolares con posible discalculia**

El CDO y especialistas médicos de una consulta multidisciplinaria realizarán el examen de los escolares que, luego de un período de enseñanza intensiva, continúan presentando las condiciones siguientes:

- Rendimiento bajo en el área de las matemáticas en relación con su edad y grado escolar.
- Alguna o todas las características encontradas en la Discalculia.

La consulta multidisciplinaria se ubicará en un policlínico del área de salud del escolar. Estará formada por los especialistas siguientes:

- Psiquiatra infantil o cualquier otra especialidad médica (MGI, Psicología clínica, Pediatría) diplomada en Trastornos de Aprendizaje.
- Psicólogo
- Psicometrista
- Neurofisiólogo
- Oftalmólogo
- Audiólogo
- Máster en Genética.

El maestro deberá recolectar información adicional sobre el escolar la cual será usada para evaluar su progreso académico y determinar las acciones necesarias para asegurar un mejor desarrollo en dicha área. Parte de esta información puede encontrarse en el expediente acumulativo del escolar. El maestro deberá hacer un informe que contenga:

- Problemas detectados y reportados por el docente.
- Modificaciones y ajustes en la enseñanza realizados por el docente;
- Reporte de calificaciones.
- Ejemplos de tareas.
- Información de reuniones con los padres del estudiante.
- Resultados de las pruebas de pesquisaje aplicadas en 1ro y 2do grados.



- Descripción de actividades realizadas durante el período de enseñanza intensiva y evaluaciones del progreso.

El examen del escolar con posible Discalculia se realiza por el procedimiento siguiente:

El momento apropiado para la evaluación de una posible Discalculia depende de múltiples factores los cuales incluyen: el desarrollo de las habilidades aritméticas del estudiante, bajo rendimiento en programas adicionales de la enseñanza de las matemáticas (en caso que el estudiante participe en tales programas) y las recomendaciones de los docentes y de los padres.

Por otra parte, el mejor momento para dicha evaluación es durante los primeros años escolares, mientras antes mejor. Aunque la evaluación temprana es más aconsejable, los estudiantes también pueden recibir una recomendación para ser examinados si las dificultades se presentan en grados escolares superiores.

Los procedimientos deben incluir lo siguiente:

- Informar a los padres o tutores legales del estudiante sobre la propuesta de evaluación.
- Obtener autorización de los padres o tutores legales para proceder a examinar al estudiante.
- La evaluación se realizará por personal calificado y previamente capacitado, en instrumentos para evaluar la Discalculia y otros desórdenes.

Los instrumentos de evaluación deben:

- Ser validados para el propósito específico por el cual se usan.
- Inducir el contenido diseñado para examinar áreas específicas de necesidad educacional y no solamente los materiales diseñados para proporcionar un coeficiente único de inteligencia general.

- Ser selectivos, de modo que si se administra una prueba a un estudiante con deterioro sensorial, motriz o del habla, los resultados de dicho examen deberán reflejar la aptitud o nivel de alcance del estudiante o cualquier otro factor que el examen deba medir, más que reflejar el deterioro sensorial, motriz o del habla del estudiante.
- Ser administrados en conformidad con las instrucciones proporcionadas por el autor del instrumento de evaluación.

### Áreas que deben ser evaluadas

Dependiendo de la edad y el nivel de desarrollo aritmético del estudiante, se deberán evaluar las siguientes áreas relacionadas con las matemáticas:

- Numerosidad.
- Memoria de trabajo.
- Memoria semántica.
- Atención.
- Habilidades de lenguaje y lectura
- Razonamiento lógico.
- Procesamiento espacial.

Los componentes del procesamiento matemático que deben ser analizados en la evaluación son:

- Habilidades numéricas básicas.
- Recuperación de hechos numéricos.
- Dominio de los procedimientos matemáticos.
- Conocimiento de los conceptos matemáticos

Otras áreas que deben ser evaluadas:

- Capacidad intelectual.
- Visión.
- Audición.
- Actividad eléctrica cerebral.
- Transmisión familiar del trastorno (genética).

Es recomendable también la evaluación de la lectura y del Trastorno por Déficit de Atención y/o Hiperactividad (TDAH) (ver manuales de buenas prácticas clínicas para la Dislexia y el TDAH).

### **3.3 Identificación del escolar con Discalculia**

Un equipo integrado por especialistas del CDO y de la consulta multidisciplinaria del policlínico tiene la responsabilidad de realizar el diagnóstico de Discalculia basado en los criterios de clasificación del DSM-IV (ver acápite *Definición y características de la Discalculia o trastorno del cálculo*).

Estos profesionales deben poseer conocimiento de:

- El estudiante que va a ser evaluado.
- El procesamiento matemático.
- La Discalculia y otros desórdenes.
- Intervenciones para tratar la Discalculia.
- Los instrumentos de evaluación utilizados.
- El significado de la información recolectada.

Este equipo realizará el diagnóstico de Discalculia después de analizar todos los datos acumulados que incluyen:

- Las observaciones de los docentes, padres y personal de la escuela.
- Información registrada en el aula (incluyendo las tareas diarias y los resultados de los exámenes) y también la información que se encuentre en el expediente escolar del estudiante (incluyendo el historial académico).
- Los resultados de los instrumentos aplicados.
- Cualquier otra información relacionada con el desarrollo del aprendizaje y las necesidades educacionales del estudiante.

Las dificultades de cálculo del estudiante y las características de la Discalculia se verán reflejadas o se justificarán, sobre la base del bajo rendimiento que el estudiante

demuestre en relación con su edad y nivel educacional, en algunas o en todas las áreas siguientes:

- Habilidades numéricas básicas.
- Recuperación de hechos numéricos.
- Dominio de los procedimientos matemáticos.
- Conocimiento de los conceptos matemáticos.

#### **IV. INTERVENCIÓN PARA LOS ESCOLARES CON DISCALCULIA**

##### **4.1 Procedimiento para la intervención de los escolares diagnosticados con DD**

Para la realización de la intervención se seguirá el procedimiento siguiente:

- El equipo formado por el CDO y la consulta especializada dará las recomendaciones de las posibles intervenciones puesto que conoce al escolar, entiende la información de las evaluaciones realizadas y conoce los componentes y enfoques de intervención para los estudiantes con Discalculia.
- Las intervenciones se realizarán en la escuela a través del maestro regular en el aula y un maestro especializado en un horario remedial. Serán incluidas como parte del modelo de la escuela primaria y secundaria vigente por el MINED (ver anexo).
- El CDO es el encargado de evaluar el progreso en la intervención mediante pruebas estandarizadas aplicadas sistemáticamente a lo largo del proceso de intervención.
- La intervención propuesta deberá contener las categorías que se encuentran en este manual. Estas categorías incluyen los componentes del conocimiento grafonémico, de la estructura del lenguaje y de los modelos lingüísticos y sus procesos.
- La intervención se realizará por instrucción explícita, individualizada y multisensorial. Los componentes y enfoques de enseñanza se describen en la próxima sección de este manual.

- Cada escuela es responsable de designar un docente capacitado en Discalculia y otros desórdenes, para que enseñe a los estudiantes con Discalculia. A su vez el municipio, con la aprobación de los padres o tutores legales del estudiante, puede ofrecer servicios adicionales en un lugar centralizado. Estos servicios adicionales no excluyen al estudiante de recibir servicios en su escuela.
- Todos los padres o tutores legales de los estudiantes con Discalculia intervenidos deberán recibir información acerca del proceso de intervención y sus resultados.
- Los docentes que imparten la instrucción apropiada a los estudiantes con Discalculia deben recibir capacitación en las áreas de estrategias de intervención que utilizan métodos personalizados, intensivos y multisensoriales.
- Las escuelas deberán desarrollar un programa de educación dirigido hacia los padres o tutores legales de los estudiantes con Discalculia y otros desórdenes. El programa debe incluir lo siguiente: Características de la Discalculia y otros desórdenes; Información sobre la evaluación y diagnóstico de la Discalculia; Información sobre estrategias efectivas para la enseñanza de la Discalculia; Información sobre las modificaciones en el aula.

#### **4.2 Componentes de la instrucción**

La instrucción se debe impartir en cursos con pocos estudiantes. Las principales estrategias de intervención deben utilizar métodos personalizados, intensivos y multisensoriales, cuando se requiera.

Los componentes de la instrucción incluyen:

- Instrucción para el desarrollo de las habilidades numéricas básicas lo cual constituye la base del desempeño en las matemáticas. Los escolares que dominan el concepto de numerosidad pueden ser capaces de desarrollar las estrategias adecuadas para la adquisición y correcta recuperación desde la memoria de los hechos numéricos así como para el dominio de los procedimientos matemáticos y la adquisición del conocimiento conceptual.

- Instrucción basada en la enseñanza de las matemáticas como proceso la cual requiere que el escolar reflexione (tome conciencia) acerca de las habilidades cognitivas que pone en uso mientras calcula, soluciona un problema aritmético, realiza un ejercicio de geometría, etc. Es, por tanto, una estrategia de intervención a través de mecanismos metacognitivos.
- Instrucción basada en los subcomponentes poco desarrollados del procesamiento matemático (ver Causas). Intervenir a nivel de los componentes individuales es esencial. El concepto fundamental es que el escolar debe trabajar más sobre el subcomponente con dificultad que sobre el logro de una respuesta correcta. Por ejemplo, un escolar que manifiesta un pobre reconocimiento de patrones se le puede instruir a que revise problemas verbales y que identifique las palabras o patrones claves que sugieren la realización de un procedimiento en particular. Siempre que sea posible se deben explotar las fortalezas del escolar y las afinidades o gustos por determinadas materias. Por ejemplo un buen visualizador pudiera resolver los problemas correctamente utilizando diagramas y otros materiales gráficos.

### **4.3 Enfoques de la instrucción**

Los enfoques de la instrucción apropiados que hacen énfasis en las necesidades del estudiante, incluyen:

- Instrucción directa, explícita, sistemática (estructurada), secuencial y acumulativa. La instrucción debe ser presentada y organizada de forma que siga un plan de lógica secuencial, se ajuste a la naturaleza de las matemáticas y extienda al máximo el compromiso del estudiante. Este tipo de instrucción va a la par con las necesidades, niveles de habilidad y demostración de progreso del estudiante.
- Instrucción personalizada que enfatice las necesidades de aprendizaje específicas de cada estudiante, cuando los estudiantes están trabajando en grupos pequeños; un programa de estudios para la enseñanza de las matemáticas que enfatice el nivel de habilidad individual de cada estudiante y que contenga todas las áreas de los *Componentes de la Instrucción* requeridos.

- Instrucción intensiva, altamente concentrada que extienda al máximo el compromiso del estudiante, utilice materiales y métodos específicos, produzca resultados y contenga todos los *Componentes de la Instrucción* requeridos.
- Instrucción que contenga significado y que esté enfocada hacia el desarrollo de las matemáticas a través del conocimiento de la relevancia de su aprendizaje y su uso en la vida cotidiana.
- Instrucción multisensorial, que incorpore el uso simultáneo de dos o más canales sensoriales (auditivo, visual, cinético, táctil) durante las presentaciones de los maestros y la práctica de los estudiantes.
- Los maestros especializados deben estar preparados para utilizar estas técnicas y estrategias. También podrán capacitar o asistir en el área de la Discalculia y otros desórdenes, a grupos de maestros de educación regular y educación especial.

#### **4.4 Sugerencias de intervenciones específicas para las matemáticas**

Técnicas de “desvío”: En muchas ocasiones es deseable que el método de enseñanza circunvale el componente deficiente implicado en el procesamiento matemático. Esta técnica de desvío permite al escolar aprender matemáticas aun cuando exista un subcomponente o proceso deficitario. Por ejemplo, permitir el uso de calculadoras a los estudiantes que presentan dificultad en recordar hechos numéricos (como las tablas de multiplicar) cuando resuelven un problema matemático.

Enseñar las matemáticas de la vida real: Los escolares que tienen muchos subcomponentes deficientes requieren ser enseñados por métodos innovadores. La enseñanza basada en los análisis de semejanzas y en las situaciones de la vida real son ejemplos de este tipo de métodos que permiten al escolar aprender las técnicas matemáticas básicas.

Manejo de otras dificultades del neurodesarrollo: El desempeño académico puede verse afectado por otras disfunciones del neurodesarrollo tales como el TDAH, dificultades

del lenguaje, Dislexia, etc. Tratar estos trastornos puede mejorar significativamente el aprendizaje de las matemáticas.

Intervención cognitiva: Diferentes modos de entrenamiento cognitivo pueden ayudar a mejorar la formación de conceptos, las habilidades en la solución de problemas y la memoria.

#### **4.5 Estrategias motivacionales**

Tienen el objetivo de enseñar cómo solucionar problemas, establecer objetivos así como la modificación de creencias que impactan negativamente el desempeño escolar. Estas técnicas son particularmente útiles para mejorar el rendimiento de aquellos escolares que tienen pobres habilidades auto-reguladoras, sin embargo solo deben ser usadas como complemento de la intervención específica de las habilidades académicas.

Para muchos escolares con discalculia el entrenamiento en habilidades básicas de estudio pudiera ser muy útil para desarrollarles un repertorio expandido de técnicas que mejoren su desempeño académico. Las habilidades de estudio bien entrenadas pueden ayudar a modificar las reacciones emocionales negativas hacia la escuela y las tareas escolares.

#### **4.6 Sugerencias para desarrollar habilidades de estudio**

Marcando el libro de texto: Se refiere al uso de un sistema de marcas para organizar la información de manera que favorezca una comprensión inmediata además del reforzamiento táctil. Implica hacer copias de la información marcada que será utilizada cuando el libro de texto no pueda quedar permanentemente marcado o cuando realice una revisión posterior. Algunos escolares necesitan esta acomodación siempre que se introduce un nuevo tema. Algunas guías generales de marcado podrían ser:

- Circular las palabras desconocidas.
- Subrayar palabras claves y frases con una línea simple o doble.
- Poner entre paréntesis la información que es importante pero demasiado larga para subrayar.



- Numerar la información supra-ordinada, ordenada y subordinada (deberán utilizarse números romanos y árabicos para designar las relaciones entre las ideas).
- Numerar todas las ideas principales.
- Señalar con asterisco las ideas claves.
- Colocar una marca de pregunta para la información que no está clara.

Tarjetas de vocabulario matemático: Usar un sistema de tarjetas para la construcción de un vocabulario. Esta actividad debe incluir las palabras escritas con su definición o con figuras donde sea apropiado. Las tarjetas pueden ser codificadas por color en dependencia del tema (por ejemplo, azul para el álgebra, verde para la geometría).

## **V. RECOMENDACIONES PARA LA EDUCACIÓN ESPECIAL**

Se realizará una revisión periódica por parte del CDO para determinar si el programa de intervención es adecuado o no para el escolar. Sin embargo, se podrá realizar una revisión en cualquier momento que el estudiante no haga progresos adecuados.

Los programas de intervención suelen ser efectivos para la mayoría de los escolares con Discalculia ligera a moderada; pero existen escolares con Discalculia severa u otros trastornos asociados que no muestran progreso como resultado de la intervención. En estos casos se determinará por el CDO y la consulta interdisciplinaria del policlínico si el escolar debe ser remitido a educación especial.

Si se considera que un estudiante con Discalculia califica para la educación especial, el CDO —de conjunto con la consulta interdisciplinaria— debe orientar un programa de intervención adecuado para la enseñanza de las matemáticas dentro del programa educacional individual del estudiante. Dicha intervención incluye las descripciones que aparecen en el capítulo sobre *Instrucción educacional para estudiantes con Discalculia*.

Si se recomienda la evaluación de un escolar para pasar a la educación especial es importante conducir el proceso teniendo en cuenta que el término Discalculia se refiere a un tipo de desorden, en una o más áreas de los procesos psicológicos básicos que involucran el cálculo, el dominio de los procedimientos y del conocimiento conceptual matemático. El desorden se puede manifestar en comorbilidad con otros desórdenes en

el área de la escritura, la lectura y la conducta. En el término Discalculia no se incluye un problema de aprendizaje de las matemáticas que resulta principalmente de discapacidades visuales, auditivas o motoras, de retardo mental, de un disturbio emocional o de desventajas ambientales, culturales o económicas.

## CONCLUSIONES

Este material monográfico es una síntesis en pocas cuartillas de todo un entramado cuya explicación exhaustiva sería interminable, puesto que en lo referente a los trastornos del aprendizaje son muchos los estudios que se han realizado desde muy disímiles perspectivas teóricas y empleando desde los diseños más tradicionales hasta los más creativos y novedosos.

En el tema particular de la DD hemos podido apreciar de un modo especialmente reconfortante, cómo la comunidad científica se debate en análisis particulares por definir tanto sus bases neurales como sus características fenotípicas, tan importantes para el diagnóstico certero.

La DD no ha sido un trastorno del aprendizaje tan extensamente estudiado como la Dislexia, y queda aún mucho por hacer, sobre todo en el diagnóstico, pues de este dependerá el éxito en la terapia y la rehabilitación de los escolares con DD u otros trastornos del cálculo básico o el rendimiento matemático de manera general

Es de destacar también, la perspectiva ecológica de las investigaciones actuales, que tratan de llevar todo el conocimiento “de laboratorio” al área pedagógica y se combinan los conocimientos teóricos con estrategias y procedimientos de intervención directa, cuya última finalidad es el mejoramiento del rendimiento matemático en los escolares. Los nexos ciencia-tecnología-sociedad han cambiado radicalmente en el curso de tres siglos y hoy adquieren una especial intensidad. En la actualidad, la percepción social de la ciencia y la tecnología debe ser educada en los profesionales y estudiantes de ciencias con el mismo énfasis con que se aprenden y enseñan otros saberes y habilidades. Aislar la ciencia y la tecnología del contexto social no es sólo una inconveniencia pedagógica y metodológica, sino que supone, además, una falsificación de la propia realidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boyer C.: *Historia de la matemática*, Alianza, México, 1991.
- Butterworth, B.; N. Marchesini; L. Girelli: Multiplication Facts: Passive Storage Or Dynamic Reorganization. Pre-Publication Draft: 5th July to appear in “The development of arithmetical concepts and skills”, edited by Arthur J. Baroody and Ann Dowker. LEA. [www.mathematicalbrain.com/pdf/](http://www.mathematicalbrain.com/pdf/), 1999.
- Butterworth, B.: *The Mathematical Brain*. Papermac. London, 2<sup>nd</sup> Edition, London, 2000.
- Butterworth, B.; M. Zorzi; L. Girelli and A. R. Jonckheere: “Storage and retrieval of addition facts: The role of number comparison”, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54a (4): 1005-1029, 2001.
- Butterworth, B.: *Mathematics and the Brain*. Opening Address to The Mathematical Association, Reading: April 3<sup>rd</sup>. [www.mathematicalbrain.com/pdf/](http://www.mathematicalbrain.com/pdf/), 2002.
- Butterworth, B.: *Dyscalculia Screener*. Ashford Colour Press, Hampshire, 2003.
- Butterworth, B.: “The development of arithmetical abilities”, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1): 3–18, 2005.
- Bruandet, M.; N. Molko; L. Cohen and S. Dehaen: “A cognitive characterization of dyscalculia in Turner syndrome”, *Neuropsychologia*, 42: 288-298, 2004.
- Castro, D. y V. Reigosa: *Estudio del procesamiento simbólico y no simbólico de la magnitud numérica en niños con discalculia del desarrollo*, Estudio no publicado, Ciudad de La Habana, 2007.
- Dehaene, S. and L. Cohen: “Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic”. *Cortex*, 33: 219-250, 1997.

- Dehaene, S.; G. Dehaene-Lambertz and L. Cohen: Abstract representations of numbers in the animal and human brain *TINS* 21(8), 1998.
- Dehaene, S.: The neural basis of the Weber–Fechner law: a logarithmic mental number line. <http://tics.trends.com>, 2003.
- Dehaene, S.; M. Piazza; P. Pinel and L. Cohen: “Three parietal circuits for number processing”, *Cognitive Neuropsychology*, 20: 487-506, 2003.
- Dehaene, S.; N. Molko; L. Cohen and A. J. Wilson: “Arithmetic and the brain”, *Current Opinion in Neurobiology*, 14:218-224, 2004.
- Deloche, G. and K. Willmes: Cognitive neuropsychological models of adult calculation and number processing: the role of the surface format of numbers. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9: II/27:II/40, 2004.
- DSM-IV: Tratado de Psiquiatría
- Eliez, S. Blasey; M. Christine; V. Menon; C. White; J. Schmitt; B.S. Eric and A. Reiss: Functional brain imaging study of mathematical reasoning abilities in velocardiofacial syndrome. Ovid Technologies, Inc. Version: rel10.1.0, SourceID 1.11080.2.37, 2000.
- Estevez, N. y V. Reigosa: Discalculia del desarrollo. Un estudio neuropsicológico y morfométrico. Tesis para optar por el grado de Máster en Fisiología Animal, Ciudad de La Habana, 2005.
- Feigenson, L.; S. Dehaene and E. Spelke: “Core systems of number”, *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), July, 2004.
- Geary, D. C.: “From infancy to adulthood: the development of numerical abilities”, *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9:II/11:II/16, 2000.
- Gallistel, C.R. and R. Gelman: “Preverbal and verbal counting and computation”, *Cognition*, 44: 43-74, 1992.

- Gelman, R. and E. Meck, E: "Preschoolers' counting: principles before skill", *Cognition*, 13: 343-359, 1983.
- Gelman, R.; E. Meek and S. Merkin: "Young children's numerical competence", *Cognitive Development*, 1: 1-29, 1986.
- Isaacs, E.B.; C.J. Edmonds; A. Lucas and D.G. Gadian: Calculation difficulties in children of very low birthweight. A neural correlate. *Brain*, 124 (9): 1701-1707, 2001.
- Kippenhan, J.S.; R.K. Olsen; C.B. Mervis; C.A. Morris; P. Kohn; A. Meyer-Lindenberg and K.F. Berman: "Genetic Contributions to Human Gyrfication: Sulcal Morphometry in Williams Syndrome". *J. Neurosci.*, 25(34):7840-7846, 2005.
- Koumoula, A.; V. Isironi; V. Stamouli, I. Bardani, S. Siapati, A. Graham, I. Kafantaris, I.; Charalambidou, G. Dellatolas and M. von Áster: "An epidemiological study of number processing and mental calculation in greek schoolchildren", *Journal of learning disabilities*, volume 37(5): 377-38, september/october 2004.
- Landerl, K. and A. Bevan and B. Butterworth: "Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study", of 8-9-year-old students", *Cognition* 93, 99-125, 2004.
- McCloskey, M.: "Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia". *Cognition* 44: 107-157, 1992.
- Molko, N.; A. Cachia; D. Rivière; J. Mangin; M. Bruandet; D. Le Bihan; L. Cohen and S. Dehaene: "Functional and Structural Alterations of the Intraparietal Sulcus in a Developmental Dyscalculia of Genetic Origin Neuron", Vol. 40, 847-858, 2003.

- Molko, N.; A. Cachia; D. Riviere; J.F. Mangin; M. Bruandet; D. LeBihan; L. Cohen and S. Dehaene: *Brain Anatomy in Turner Syndrome: Evidence for Impaired Social and Spatial–Numerical Networks*, Oxford University Press, 2004.
- Nieder, A.: "Counting on neurons: the neurobiology of numerical competence", *Neuroscience*, vol. 6, 2005.
- Rebollo, M.A. y A.L. Rodríguez: "Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas", *Revista de neurología*. Vol. 42 (2): 135-138, 2006.
- Reeves, J. and A. Reynolds: *The Nature of Young Children's Mathematical (Dis)abilities*, Material no publicado.
- Reigosa, V.; M. Valdés Sosa; P. Torres; E. Santos; N. Estevez; D. Hernández; A. Pérez and M. Rodríguez: *Prevalence Study of Dyscalculia in Havana City Municipality. Mathematical Cognition Seminars Series (Institute for Cognitive Neuroscience, University College London, UK)*. Material no publicado, 2004.
- Reigosa, V. y cols: *Manual de Buenas Prácticas para la Discalculia*, Centro de Neurociencias de Cuba, Ciudad de La Habana, 2005.
- Rivera, S.M.; V. Menon; C.D. White; B. Glaser and A.L. Reiss: "Functional Brain Activation During Arithmetic Processing in Females With Fragile X Syndrome Is Related to *FMR1* Protein Expression", *Human Brain Mapping*, 16:206-218, 2002.
- Rousselle, L. and M. Noël: "Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs. non-symbolic number magnitude processing". *Cognition*. doi:10.1016/j.cognition.2006.01.005, 2007.
- Ta'ir, J.; A. Brezner and R. Ariel: "Profound Developmental Dyscalculia: Evidence for Cardinal/Ordinal Skills Acquisition Device", *Brain and Cognition*, 35: 184-206, 2007.

- Temple, C.: *Developmental Cognitive Neuropsychology*. Psychology Press, UK., 1997.
- Toranzos F.: *La enseñanza de la matemática*, Kapelusz, Buenos Aires: 1963.
- Wynn, K.: "Addition and subtraction by human infants". *Nature*, vol. 358, 27 August 1992.