

N

Neuropsicología del Aprendizaje de las Matemáticas

Dora Elizabeth Granados Ramos

Laboratorio de Psicobiología, Facultad de Psicología Campus Xalapa, Universidad Veracruzana

Correspondencia: Dra. Dora Granados Ramos. Facultad de Psicología Xalapa, Laboratorio de Psicobiología. Manantial de San Cristóbal S/N, Col. Xalapa 2000. C.P. 91097, Xalapa, Veracruz, México. Correo electrónico: dgranados@uv.mx

Resumen

El análisis de los procesos de aprendizaje de las matemáticas ha sido tema de interés y atención en el ámbito educativo en cuanto a los métodos más eficaces para la enseñanza-aprendizaje en el aula, así como las adecuaciones didácticas necesarias para apoyar a los niños que no logran la adquisición de conceptos matemáticos. A partir de las evaluaciones más recientes, realizadas por PISA (OECD, 2019), se sabe que en 24 países y economías más del 50% de los estudiantes obtuvieron calificaciones en matemáticas por debajo de los niveles esperados que, se relacionan con dificultades en cálculo, en solución de operaciones básicas (como la adición, la sustracción, la multiplicación, la división), en razonamiento matemático y en la comprensión de conceptos abstractos, reportadas frecuentemente por los educadores. Desde la neuropsicología, disciplina mediante la que se investiga el comportamiento humano en relación con las funciones del sistema nervioso, se han realizado acciones relevantes tanto en el ámbito educativo como en el de salud, y se han dado algunas respuestas a las dificultades que presentan algunos niños para aprender matemáticas en diferentes etapas de la educación formal. Por lo anterior, en esta temática se analizan las aportaciones que desde la neuropsicología se han propuesto, para conocer el proceso de desarrollo del pensamiento matemático; los procesos psicológicos básicos relacionados con la adquisición de las matemáticas, las bases neurobiológicas del aprendizaje de las matemáticas, la detección de los trastornos específicos de aprendizaje matemático y su comorbilidad con trastornos del aprendizaje para la lecto-escritura, por déficit de atención e hiperactividad, así como

el establecimiento de estrategias para mejorar el desempeño matemático.

Palabras clave: Neuropsicología, trastornos específicos del aprendizaje con dificultad matemática, neurobiología, comorbilidad, estrategias.

Neuropsychology of Mathematics Learning

Abstract

The analysis of the processes in mathematics learning has been a subject of interest and attention in the educational field in terms of the most effective methods for teaching-learning in the classroom, as well as the didactic adjustments necessary to support children who do not achieve the acquisition of mathematical concepts. From the most recent evaluations, carried out by PISA (OECD, 2019), it is known that in 24 countries and economies, more than 50% of students obtained grades in mathematics, below the expected levels that are related to difficulties in calculation, in solution of basic operations such as addition, subtraction, multiplication, division, in mathematical reasoning and in understanding abstract concepts, frequently reported by educators. From neuropsychology, is the discipline which investigates the human behavior in relation to the functions of the nervous system, relevant actions have been carried out both in education and health and some answers have been given to the difficulties presented by some children, to learn mathematics in different stages of formal education. Therefore, in this article, we analyze the contributions that have been proposed from neuropsychology in order to know the mathematical thinking process development; the basic psychological processes related to the acquisition of mathematics, the neurobiological bases of

mathematics learning, the detection of specific mathematical learning disorders and their comorbidity with reading and writing disabilities, attention deficit disorders and hyperactivity, as well as the establishment of effective strategies to improve mathematical performance.

Keywords: Neuropsychology, specific learning disorders with impairment in mathematics, neurobiology, comorbidity, strategies.

Introducción

La Neuropsicología es una ciencia que interactúa con otras disciplinas del ámbito de las neurociencias como la neurología, neurofisiología, biología, farmacología, psicología, etc., dirige su acción al estudio de las funciones cerebrales y los procesos cognoscitivos de los humanos, en diferentes etapas de la vida (Portellano, 2005; Rosselli y Matute, 2010). Por lo anterior, la neuropsicología desempeña un papel relevante en las áreas de salud y educativa. En el área de salud, la acción de los neuropsicólogos aporta análisis comportamentales ante trastornos como la esquizofrenia, demencias, depresión, ansiedad, etc. En interacción con los neurocirujanos, analiza los comportamientos pre, intra y post-operatorios a medida que implementa estrategias de modificación o sustitución ante la pérdida de funciones (Nehra, 2019).

Generalmente, la acción desde la neuropsicología se relaciona con los comportamientos alterados por dificultades o lesiones en el Sistema Nervioso, no obstante, es una disciplina que aporta elementos integrales para el seguimiento y

vigilancia del estado de las funciones mentales superiores a partir de la comprensión de las bases cerebrales de los procesos motores; de los procesos psicológicos básicos de percepción, atención, memoria, motivación, emociones, aprendizaje, lenguaje y pensamiento. Mediante la Neuropsicología se establecen programas individuales ante disfunciones estructurales o funcionales del sistema nervioso.

En la infancia, la Neuropsicología aborda las bases y desarrollo de los procesos cognoscitivos con respecto a la maduración cerebral, así como las disfunciones cerebrales relacionadas con factores adversos internos o externos, desde la etapa inicial o sensoriomotora en el que el niño explora y descubre las propiedades de los objetos del medio ambiente hasta la etapa del desarrollo de operaciones formales u operatoria donde se espera el dominio y abstracción de conceptos (Piaget, 1987).

Uno de los conceptos que se desarrollan en la infancia son los matemáticos, que tienen sus bases en las primeras exploraciones que los niños realizan de los objetos que están en su medio ambiente, mediante denominaciones y clasificaciones elementales a partir de sus características y a través de operaciones elementales de adición, sustracción, multiplicación y división hasta lograr abstracciones con fórmulas algebraicas. El desarrollo de dichos conceptos se inicia en las primeras interacciones del niño con su contexto familiar y, posteriormente, continúa en la educación formal que, a partir de metodologías diversas, favorece el aprendizaje de las matemáticas.

Ahora bien, cuando en un grupo escolar algún niño no logra la adquisición de conceptos matemáticos esperados para el

grado que cursa, al mismo ritmo que sus compañeros y dichas dificultades persisten, la Neuropsicología infantil es de gran relevancia por las evaluaciones que se llevan a cabo para analizar los procesos que subyacen a los trastornos de aprendizaje, así como por el desarrollo de estrategias de apoyo y guía a los profesores en sus actividades cotidianas educativas y a la educación brindada por los padres.

Como se ha mencionado anteriormente, en las evaluaciones más recientes, realizadas por el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) se sabe que en 24 países y economías más del 50 % de los estudiantes obtuvieron calificaciones en matemáticas por debajo de los niveles esperados; en México, el rendimiento promedio estuvo por debajo del promedio de todos los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2019), en el nivel 1 de 6, donde 1 corresponde a los puntajes mínimos.

Derivado de lo anterior, resulta conveniente describir las aportaciones de la neuropsicología en el análisis del desarrollo del pensamiento matemático mediante la evaluación de los procesos psicológicos básicos, la detección de trastornos específicos de aprendizaje matemático y el establecimiento de estrategias para la intervención oportuna.

Neurobiología de las matemáticas

Con los estudios de Resonancia Magnética Funcional (fMRI) se ha contribuido de manera importante al conocimiento de la relación entre el desempeño en matemáticas y diversas estructuras nerviosas que conforman una red dinámica con cambios a lo largo del desarrollo (Peters y De Smedt, 2018). De esta forma, se ha descrito mayor activación de áreas corticales

dorsoparietales y ventrales temporo-occipitales en tareas de construcción con bloques que requieren del dominio espacial; ganglios basales y circuitos corticales fronto-parietales involucrados en la memoria de corto plazo, para mantener la información de cantidades para operar con las mismas durante corto tiempo; áreas corticales mediales-laterales temporales relacionadas con la memoria de largo plazo, necesaria para la resolución de problemas aritméticos y las áreas corticales prefrontales donde se integran los impulsos nerviosos relacionados con los procesos de atención, necesarios para inhibir los estímulos irrelevantes y dar respuesta a los estímulos relevantes para encontrar soluciones a las tareas (Menon, 2015). Por otro lado, en la realización de tareas matemáticas con reportes verbales, principalmente, se ha descrito que, ante actividades de cálculo, se activa el surco intraparietal, activación que aumenta con relación a la dificultad de la tarea y las estrategias implementadas, las cuales son diferentes en niños y en adultos. En tareas de comparación entre conjuntos de círculos y números arábigos, se establecen redes neuronales ipsilaterales fronto-parietales involucradas en el desarrollo de habilidades para la solución de las tareas, donde la conectividad derecha e izquierda de dichas áreas se correlaciona negativamente entre las tareas o problemas a resolver y los tiempos de reacción mostrando que, a mayor edad, mayor dominio del aprendizaje matemático y menor tiempo de reacción (Emerson y Cantlon, 2012).

De la misma forma, en revisiones sistematizadas de estudios con niños y adultos (Heidekum et al., 2020; Peters y De Smedt, 2018) se señala la participación de más redes neuronales en la resolución de tareas matemáticas que involucran las áreas

prefrontales, intraparietales y occipito-temporales, así como un incremento en la actividad del giro supramarginal, el giro angular y el surco intraparietal, que se modifican a lo largo del desarrollo. En los adultos, la activación bilateral de áreas corticales fronto-parietales en tareas de cálculo es mayor, activándose además el hipocampo izquierdo, mientras que en los niños se activa el hipocampo de forma bilateral para mantener lo aprendido mediante procesos de memoria de largo plazo. Por otro lado, la activación de áreas corticales dorsolaterales prefrontales, ventrolaterales prefrontales y del hipocampo disminuye con la edad, lo cual se relaciona con la consolidación de la atención y la memoria (Figura 1).

En adultos, con métodos de morfometría basados en la superficie (SBM), se relaciona el pensamiento matemático con tres áreas cerebrales principales: la inteligencia numérica con la activación del giro temporal superior; la habilidad individual para resolver problemas aritméticos complejos con la actividad del surco central derecho y las diferencias individuales en la ejecución matemática de alto orden con la activación del surco parieto-occipital izquierdo (Heidekum et al., 2020).

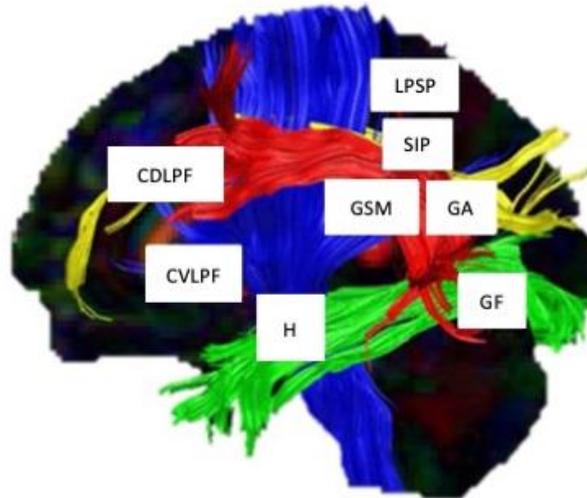
Dichas descripciones se especifican, como se mencionó previamente, en cuanto al tipo y dificultad de la tarea; es decir, si consisten en adiciones, sustracciones, multiplicaciones, divisiones, etc., qué estrategias se utilizan, ya que son diferentes en los niños y en los adultos y qué experiencia y dominio se tiene de cada tarea, pues la red neuronal está modulada por diferencias individuales, factores biológicos, psicológicos y/o sociales que facilitan u obstaculizan la adquisición de los conceptos matemáticos. Por ejemplo, si se favorece

que los niños, en la etapa preoperatoria, aproximadamente de 8 a 11 años de edad, resuelvan con frecuencia sustracciones en forma verbal, a medida que esto realice su

fluidez verbal será más rápida, gracias a la memoria de trabajo y, además, se observará activación de áreas corticales parietales (Suárez-Pellicioni et al., 2020).

Figura 1

Redes Neuronales Involucradas en los Procesos Matemáticos



Nota. CDLPP corteza dorsolateral prefrontal; CVLPP, corteza ventrolateral prefrontal; H, hipocampo; LPSP, lóbulo parietal superior-posterior; SIP, surco intraparietal; GSM = giro supramarginal, GA = giro angular y GF = giro fusiforme. Con colores se muestran los tractos más importantes, con amarillo el fascículo longitudinal superior, FLS; en rojo el fascículo arcuato, FA; en azul, la corona radiada, CR; y en verde el fascículo longitudinal inferior, FLI. Modificado de Peters y De Smedt (2018).

Las aportaciones descritas son relevantes en cuanto a las áreas que se activan en la dimensión espacial, sin embargo, es relevante mencionar que en la dimensión temporal a partir de registros electroencefalográficos (EEG), de los potenciales relacionados a eventos (PRE's) y del magnetoencefalograma (EMG), se aportan datos relacionados con los cambios en la actividad cerebral en el tiempo que se generaran durante la realización de tareas matemáticas. Los datos del registro de registros de la actividad

electroencefalográfica durante tareas de procesamiento aritmético, resolución de adiciones y sustracciones, muestran que existe una correlación más alta de la banda beta en áreas corticales frontales y parietales para la resta y una baja correlación para la suma, lo cual sugiere la participación de varias redes neuronales interconectadas para la resolución de las sustracciones, que desde la perspectiva piagetiana corresponde a operaciones de reversibilidad (Torres-Ramos et al., 2020; Vourkas et al., 2014).

Por otro lado, cuando los adultos resuelven adiciones y sustracciones mentales con uno y dos dígitos, se observa mayor Desincronización Relacionada a Eventos (ERD) en la banda beta (13-30 Hz) del hemisferio izquierdo ante adiciones y sustracciones con dos dígitos, en ensayos repetidos, tareas que representan mayor dificultad para expresar la respuesta. No obstante, la ERD es mayor ante problemas fáciles si están precedidos por un problema difícil porque debe ajustarse la estrategia de solución (Mosbacher et al., 2020).

Desarrollo del pensamiento matemático

En relación con el desarrollo, a través de las propuestas teóricas se han analizado los procesos que tienen lugar en el pensamiento matemático desde etapas tempranas en las que se establecen las bases en la interacción cotidiana con objetos que se encuentran en el medio ambiente de los niños, los cuales son descubiertos y señalados por sus características: tamaño, forma, color, para lo que sirve, etc.; colocados en relación por alguno de sus rasgos, es decir, los grandes y chicos o los rojos y los azules, etc. Denominados con un cuantificador, uno, dos, tres, etc. No obstante, que se denominen los objetos con estos cuantificadores no significa que se ha logrado la conservación y abstracción del número, sino que al principio funcionan como etiqueta para designar los objetos. Por lo que respecta a la ordenación de los objetos por sus rasgos, al inicio se establecen relaciones completamente perceptuales de cantidad como: más, menos, mayor cantidad de objetos. Asimismo, se efectúan operaciones de inclusión y exclusión y se lleva a cabo la síntesis de la clasificación y la seriación, fase en la que ya se puede hablar de que se ha alcanzado un dominio matemático; es decir,

mediante la clasificación se agrupan los elementos por las características comunes y mediante la seriación se establece el orden entre varios elementos, se integra la cardinalidad y la ordinalidad a partir de estrategias matemáticas concretas para resolver los problemas cotidianos. Posteriormente, se logra abstraerlos y generalizarlos mediante relaciones simétricas (semejanzas), asimétricas (diferencias), directas (adiciones) e inversas (sustracciones), lográndose ya la resolución de problemas que comparten características comunes (Piaget y Inhelder, 1983; Piaget y Szeminska, 1975). Desde la Psicología, la Neuropsicología y los estudios de imagen previamente mencionados, se muestra la construcción de mecanismos cognoscitivos flexibles, tanto para los procesos de lecto-escritura como de aritmética gracias al establecimiento de nuevas redes neuronales (Dehane, 2005).

En contraposición a la teoría constructivista propuesta por Piaget, Dehaene (2016) menciona que los niños tienen competencias innatas y abstractas para los números, por lo que aproximadamente a los 6 meses de edad pueden resolver tareas tempranas de numerosidad como reconocer conjuntos de números y objetos, actividades que forman parte de la categoría de clasificación, aunque todavía no son capaces de ordenar objetos, tarea que corresponde a lo que sería la seriación. En cuanto a las dimensiones de los objetos, los bebés de 3 meses de edad logran mantener sus fijaciones visuales por más tiempo en objetos infrecuentes que son más grandes que los frecuentes y eso mismo pueden hacerlo frente a sonidos de mayor duración, es decir, logran distinguir entre dos estímulos visuales y dos auditivos que contrastan por sus diferencias en cuanto a su magnitud, sea en cuanto a su tamaño o

su temporalidad (Pietraszewski et al., 2017). Podemos entonces decir que, las respuestas en los primeros 6 meses de vida se relacionan con procesos perceptuales que son la base para el aprendizaje tanto de las matemáticas como de otras funciones intelectuales.

El pensamiento matemático se desarrolla primero en la interacción con los objetos constituyentes del entorno cercano del niño y, posteriormente, se formalizará en el ambiente escolar en el que se lograrán las abstracciones y representaciones de carácter simbólico.

El desarrollo del sentido numérico, como lo nombra Dehaene (2016), o en los términos que nosotros utilizaremos en el escrito, del pensamiento matemático en los niños, va a depender del contexto, de la posibilidad de estar en ambientes enriquecedores, tanto familiares como escolares, donde se posibilite la exploración de los objetos y el descubrimiento de sus relaciones en el curso de las actividades diarias que progresivamente llevarán al manejo de símbolos, representaciones y abstracciones.

En experimentos realizados con animales y niños en etapas preverbales se observan habilidades matemáticas sin que exista lenguaje (Brannon, 2005). Por ejemplo, en experimentos con niños preverbales y palomas, sus respuestas son semejantes en tareas de localización espacial de imágenes con matrices de referencia (Spetch, 1995) y, en comparación con monos, se han observado habilidades semejantes de numerosidad en la correspondencia entre conjuntos de objetos y su representación del 1 al 5, con activación de áreas corticales fronto-parietales (Nieder y Miller, 2004). Por lo anterior, podríamos decir que las interacciones tempranas con objetos animados e inanimados favorecen el

establecimiento de las bases del pensamiento matemático.

El pensamiento matemático está presente en buen número de actividades cotidianas en la forma de operaciones bastante simples como adicionar, restar, dividir, formar conjuntos que facilitan la resolución de problemas prácticos, incluso algunos de ellos de naturaleza compleja. Las operaciones matemáticas las podemos encontrar en las artes, como en la pintura y la música y, obviamente, son fundamentales en diversas disciplinas como la medicina, la neurología, la biología, etc. Por ello, el estudio de cómo el pensamiento matemático se desarrolla desde la infancia, sea de manera puramente práctica o como una disciplina escolarizada, es fundamental.

Aproximadamente entre los 4 a 5 años de edad, los niños inician el aprendizaje formal de las matemáticas. Debería partir de una base lúdica, que promueva el interés por descubrir, la sorpresa de darse cuenta de lo que implica la acción sobre los objetos, de agruparlos por rasgos semejantes, ordenarlos, contarlos y representarlos con los dedos de las manos, práctica que debe instaurarse desde la educación familiar (Fischer et al., 2018). El conteo con los dedos, a diferencia de lo que se creía en la enseñanza tradicional en la que incluso se prohibía, es una habilidad motriz fina relevante para el desarrollo de las habilidades matemáticas (Fischer et al., 2020), es decir, los aprendizajes que implican el dominio de conceptos abstractos, como los de las matemáticas, tienen su base en los aprendizajes motores. La habilidad motora fina de conteo con los dedos de la mano se relaciona con la memoria de trabajo visoespacial y verbal, ya que es necesario mover los dedos para representar un conjunto de objetos, recordar la disposición

de los dedos y las palabras que corresponden al conteo. En niños de 6 años que, al sumar utilizan como estrategia contar con sus dedos, se observa que tienen mayor capacidad de memoria de trabajo y alcanzan más aciertos en las respuestas ante tareas matemáticas (Dupont-Boime y Thevenot, 2018).

Con lo señalado en párrafos anteriores, se resaltan algunos de los procesos relevantes en el aprendizaje de las matemáticas, muchas veces descuidados y, asimismo, se subraya la importancia de promover experiencias tempranas lúdicas en las que los niños utilicen diversas estrategias motoras de memoria viso espacial y verbal.

No obstante, se ha encontrado que aunque las condiciones ambientales familiares y educativas sean ideales para el desarrollo del pensamiento matemático, un número importante de niños y/o de jóvenes presentan trastornos de aprendizaje en los que el rasgo más importante es la dificultad para realizar operaciones de tipo matemático, problemas que por otra parte, pueden atenderse oportunamente mediante la intervención de la Neuropsicología con evaluaciones que analicen los procesos psicológicos básicos y con la implementación de estrategias de intervención apropiadas para cada caso.

Los trastornos específicos del aprendizaje relacionados con dificultades matemáticas

Una referencia repetida a los problemas en el área del aprendizaje de las matemáticas son los últimos reportes de la OECD (2019) que hacen ver que, sin importar el tipo de sus economías, en una muestra obtenida en 24 países, más del 50% de los estudiantes obtienen en matemáticas puntajes más bajos del promedio, pues no logran

interpretar y reconocer, sin instrucciones directas, cómo se puede representar matemáticamente una situación simple, lo cual refleja que por diversos factores socioeconómicos, biológicos o psicológicos no se logra la adquisición de conceptos matemáticos esperados para el grado que cursan.

En el DSM-5 (Asociación Americana de Psiquiatría [APA], 2014) y en la Clasificación Internacional de las Enfermedades ([CIE-11], 2020), las dificultades en la adquisición de aprendizajes matemáticos se denominan trastornos específicos del aprendizaje, que afectan el desempeño académico debido a que no se domina el sentido numérico, el manejo de datos numéricos o de cálculo, los cuales involucran la comprensión de los números, la magnitud y sus relaciones. Además, en esos trastornos quedan comprendidas las dificultades en el razonamiento matemático en cuanto a la aplicación de conceptos u operaciones para resolver problemas de tipo cuantitativo. Estas dificultades se presentan en niños con cociente intelectual promedio, sin trastornos visuales o auditivos no corregidos, sin trastornos mentales o neurológicos, sin dificultades psicosociales, sin problemas de dominio del lenguaje y sin estar expuestos a metodologías de enseñanza inadecuadas.

Por otro lado, existe comorbilidad de las dificultades matemáticas con problemas para el aprendizaje de la lecto-escritura que están incluidos en el grupo de trastornos específicos del aprendizaje, en los que también pueden estar presentes anomalías en el neurodesarrollo, discapacidad intelectual y déficit de atención con hiperactividad (Wilson y Dehane, 2007), por lo que es necesaria la participación de la neuropsicología para establecer el diagnóstico preciso y las comorbilidades, así

como las dificultades primarias y secundarias, con el fin de determinar estrategias de intervención apropiadas para cada caso para resolver las dificultades académicas que se presentan y una vez resueltas, abrir la posibilidad de acceder a aprendizajes más complejos.

En la clínica neuropsicológica, las dificultades adquiridas para realizar cálculos matemáticos, se denominan discalculia del desarrollo (CIE-11, 2020). En la discalculia del desarrollo (DD), el cociente intelectual corresponde al promedio, no obstante, se asocia con dificultades en las funciones ejecutivas que, desde la neuropsicología infantil, se han descrito principalmente con la memoria de trabajo visual (Abreu-Mendoza et al., 2018).

En general, se distinguen dos subtipos de DD: a) dificultades en matemáticas con problemas de lectura y, en ocasiones, también con problemas de ortografía y, b) dificultades matemáticas sin otras dificultades de aprendizaje. En la DD, pueden encontrarse dificultades para resolver cálculos y razonamientos sencillos o solo ser evidentes ante problemas complejos, así como en la adquisición de nuevos conceptos o procedimientos matemáticos (Kucian y von Aster, 2015; Rosselli y Matute, 2011). El primer subtipo, es el que más se reporta, como se había mencionado antes en cuanto a la comorbilidad observada entre los trastornos del aprendizaje.

Aproximadamente de 3% a 8% de los niños que asisten a la escuela presentan DD (Gracia-Bafalluy y Escolano-Pérez, 2014), consistentes en déficits en el sentido del número o representación no simbólica del número por disfunciones en el surco horizontal intraparietal, por dificultades para el establecimiento de conexiones adecuadas

entre las representaciones no simbólicas y simbólicas del número o por dificultades en la representación verbal simbólica, disfunciones ejecutivas y de atención espacial (Wilson y Dehane, 2007).

En los niños con DD, se encuentran asociaciones de puntajes bajos en tareas de cálculo, resolución de problemas con dificultades en atención, memoria de trabajo, memoria semántica, discriminación visuoespacial, razonamiento y habilidades lingüísticas (Butterworth, 2005; Granados, 2014; Nikolaos et al., 2017; Pinheiro-Chagas et al., 2017). En estudios longitudinales, los niños con DD, obtienen puntajes bajos en tareas de procesamiento y habilidades aritméticas, que se correlacionan con mayor activación del lado derecho en áreas parietales y en áreas fronto-parietales, lo cual sugiere disfunciones en las redes neuronales relacionadas con el pensamiento matemático ya que, en los niños con desarrollo típico se activan menos esas áreas. Asimismo, en las DD se observan en áreas bilaterales una disminución en su actividad que se hace más evidente a mayor edad, en la medida en que los puntajes en las tareas matemáticas se muestran mayores, pues a lo largo del tiempo, los niños con DD muestran menor dominio en la resolución de adiciones y sustracciones que los niños con desarrollo típico (McCaskey et al., 2018, 2020).

Para el análisis de los trastornos específicos del aprendizaje matemático, es necesario contar con datos de referencia de la población de desarrollo típico por lo que, desde la neuropsicología infantil se estandarizan o crean evaluaciones objetivas, con validez y confiabilidad para cada población a la que se evalúa. En los instrumentos o baterías neuropsicológicas desarrollados, se evalúan los procesos

psicológicos básicos relacionados con las funciones cerebrales: percepción, atención, memoria, lenguaje, aprendizaje para derivar diagnósticos precisos que integren las variables biológicas, psicológicas y ambientales que intervienen, así como establecer las estrategias de intervención adecuadas para cada caso; también se explora en los niños, la presencia de signos neurológicos blandos que pueden indicar disfunciones o retardos en la maduración cerebral (Ardila y Ostrosky, 2012).

Neuropsicología infantil y trastornos específicos del aprendizaje con dificultades matemáticas

Los aspectos que se han presentado previamente han mostrado la relevancia que tiene la neuropsicología infantil en la vigilancia, seguimiento e intervención oportuna de los trastornos específicos del aprendizaje con dificultades en las matemáticas. Sin pasar por alto la importancia de la interacción multidisciplinar para el análisis de los procesos cognoscitivos y las funciones cerebrales implicadas en los procesos de aprendizaje.

En niños con DD se ha mostrado que después de haber recibido apoyo neuropsicológico se presentan cambios conductuales y cerebrales de tipo positivo. En la parte conductual, después de cinco semanas de entrenamiento, se observa dominio en las tareas matemáticas y a nivel cerebral, en estudios de imagen, se observa que desaparece la hiperconectividad entre áreas frontales y parietales descritas en estos casos, es decir, hay menor activación y no solo eso, sino que se especifican las áreas cerebrales relacionadas con el mayor dominio en dichas tareas (Michels et al., 2018); falta corroborar si estos cambios se mantienen a lo largo del desarrollo

académico mediante evaluaciones neuropsicológicas. Igualmente, se requiere determinar qué apoyos deben implementarse ante aprendizajes de mayor complejidad o cambios propios del desarrollo y en la adolescencia.

Otro elemento de gran importancia presente en las dificultades matemáticas es el análisis de las emociones, sobre todo, la presencia de ansiedad cuando los niños se ven enfrentados a problemas matemáticos, reacción que aparece asociada a hiperreactividad de la amígdala, estructura nerviosa que integra las emociones y muestra mayor activación ante situaciones de peligro, y para el caso de los niños que no han logrado el dominio de los procesos matemáticos, eso muestra que el enfrentarse a tareas de este tipo representa una situación sumamente perturbadora.

Mediante programas de tutorías que facilitan el aprendizaje de las matemáticas con métodos lúdicos, con materiales concretos, se puede reducir la ansiedad que aparece ante las situaciones que implican enfrentarse a problemas de tipo matemático, lo cual demuestra cómo el hecho de mejorar el desempeño en la resolución de esa clase de tareas representa una gran ayuda para el desarrollo de los niños y para mejorar el funcionamiento de su sistema nervioso, pues se ha observado una menor activación de la amígdala en esos casos (Supekar et al., 2015).

Estrategias de atención en los trastornos del aprendizaje matemático

Finalmente, es necesario hablar de algunas estrategias que han propuesto educadores, investigadores de los procesos de aprendizaje y especialistas en neuropsicología clínica, para la atención oportuna de los trastornos específicos del

aprendizaje con dificultades en las matemáticas.

Es necesario que se establezca la vigilancia temprana del desarrollo de los niños (Figueiras et al., 2011), para que se construyan las bases de diversos aprendizajes mediante interacciones tempranas donde se les proporcionen experiencias que permitan un acercamiento a lo que ha sido un problema muy extendido en los procesos educativos, el hecho de enfrentarse a operaciones matemáticas que tradicionalmente se han considerado como tareas que representan una extrema dificultad (Supekar et al., 2015), pero si esto se hace mediante retos y acertijos, es decir, en forma lúdica, entonces lo que había sido considerado como difícil se convierte en una experiencia de resolución acertada de problemas que origina emociones positivas (Syaiputra et al., 2019).

También es importante que exista acuerdo en las metas que se pretenden lograr con la intervención, tarea en donde deben participar todos los involucrados, los niños o jóvenes con DD, los padres, los profesores y los terapeutas, considerando tanto las dificultades de tipo matemático como las implicaciones en el desarrollo de otros aprendizajes y en las actividades cotidianas (Lochy et al., 2005).

Es necesario promover el desarrollo de estrategias para la resolución de problemas matemáticos que vayan desde los más sencillos hasta los más complejos, sin que se sancione la forma en que el niño clasifica, ordena o cuenta. Es necesario apoyarse en las habilidades de coordinación motora como el uso de los dedos de las manos, ayudar a la mejora de la expresión verbal y escrita. Resolver el problema de la presencia de las emociones negativas que se suscitan por las dificultades encontradas en las

operaciones matemáticas que, como lo hemos repetido varias veces en el curso de este trabajo, deben modificarse para que en lugar de representar situaciones de extrema dificultad se vean como un juego que constituye un reto. A partir de la puesta en marcha de esas estrategias con los niños, elaborar planes de trabajo que se revisen periódicamente para hacer los ajustes necesarios, de manera que se logre el dominio declarativo, procedural y conceptual matemático. Conviene apoyarse en la tecnología sin descuidar la estimulación de coordinaciones motoras finas, necesarias para la escritura con lápiz y papel, debido a que la escritura a mano, utilizada en los procedimientos para resolver problemas matemáticos sencillos o complejos, se ha visto que refuerza el aprendizaje (Graham et al., 2020).

Conclusiones

La neuropsicología clínica ha avanzado en sus propuestas de evaluación para los procesos matemáticos, ha realizado un trabajo multidisciplinario en el ámbito de la salud y la educación, para establecer diagnósticos más precisos y estrategias de intervención adecuadas a cada uno de los casos.

No obstante, los logros alcanzados para atender las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas siguen abiertas a la investigación los aspectos relacionados con los procesos cerebrales y con el desarrollo de nuevas técnicas educativas. Hacer más precisas las metodologías de evaluación y mejorar los tratamientos para disminuir la severidad de los trastornos, así como los procesos relacionados con las necesidades de naturaleza particular de cada individuo y las situaciones específicas de los sistemas de enseñanza en cada uno de los países y

regiones en donde se ha encontrado la existencia y persistencia del problema tratado en este escrito, siendo igualmente necesario se reflexione sobre los momentos que se están viviendo, en donde nuevas condiciones inesperadas aparecieron, como es el caso actual de la pandemia por COVID-19, con las dificultades asociadas al aprendizaje a distancia ahora requerido. Todas estas circunstancias obligan a llevar a cabo estudios cuyo propósito sea el desarrollo de técnicas de enseñanza virtual dispuestos para aprovechar los avances en los dominios de la informática aplicables a métodos de aprendizaje orientados a resolver problemas de índole abstracto, como son los que están relacionados con las matemáticas.

De la misma forma, es necesario que se hagan más investigaciones multidisciplinarias que analicen la etiología y tratamiento de las dificultades en matemáticas en diferentes niveles educativos, y lo más importante, buscar cómo prevenirlas mediante las intervenciones y la vigilancia, cuya implantación debe hacerse desde etapas tempranas del desarrollo.

Referencias

Abreu-Mendoza, R., Chamorro, Y., García-Barrera, M., y Matute, E. (2018). The contributions of executive functions to mathematical learning difficulties and mathematical talent during adolescence. *PLoS ONE*, *13*(12), e0209267, 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209267>

Ardila, A., y Ostrosky, F. (2012). *Guía para el diagnóstico neuropsicológico*. Universidad Nacional Autónoma de México.

http://ineuro.cucba.udg.mx/libros/bv_guia_para_el_diagnostico_neuropsicologico.pdf

- Asociación Americana de Psiquiatría. (2004). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (5a. ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Brannon, E. (2005). quantitative thinking: From monkey to human and human infant to human adult. En S. Dehaene, J. R. Duhamel, M. Hauser, y G. Rizzolatti (Eds.), *From monkey brain to human brain* (pp. 97-116). MIT Press.
- Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. En J. Campbell (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 455-468). Psychology Press.
- Clasificación Internacional de las enfermedades. (2020). (11a. rev.). OMS. <https://icd.who.int/browse11/l-m/es#/http://id.who.int/icd/entity/771231188>
- Dehaene, S. (2005). Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The "Neuronal Recycling" Hypothesis. En S. Dehaene, J. R. Duhamel, M. Hauser, y G. Rizzolatti (Eds.), *From monkey brain to human brain* (pp. 133-158). MIT Press.
- Dehaene, S. (2016). *El cerebro matemático*. Siglo XXI.
- Dupont-Boime, J., y Thevenot, C. (2018). High working memory capacity favours the use of finger counting in six-year-old children, *Journal of Cognitive Psychology*, *30*(1), 35-42. <https://doi.org/10.1080/20445911.2017.1396990>
- Emerson, R., y Cantlon, J. (2012). Early math achievement and function connectivity in the fronto-parietal network. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *2*(2), 139-151. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.11.003>

- Figueiras, A., Neves, I., Ríos, V., y Benguigui, Y. (2011). *Manual para la vigilancia del desarrollo infantil (0-6 años) en el contexto de AIEPI*. Organización Panamericana de la Salud.
- Fischer, U., Suggate, S. P., Schmir, J., y Stoeger, H. (2018). Counting on fine motor skills: Links between preschool finger dexterity and numerical skills. *Developmental Science*, 21(4), e12623. <https://doi.org/10.1111/desc.12623>
- Fischer, U., Suggate, S. P., y Stoeger, H. (2020). The implicit contribution of fine motor skills to mathematical insight in early childhood. *Frontiers in Psychology*, 11, 1143. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01143>
- Gracia-Bafalluy, M., y Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, 58(2), 69-76. <https://doi.org/10.33588/rn.5802.2013262>
- Graham, S. A., Kihara, S. A., y MacKay, M. (2020). The effects of writing on learning in science, social studies, and mathematics: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 90(2), 179-226. <https://doi.org/10.3102/0034654320914744>
- Granados, D. (2014). Evaluación neuropsicológica y aprendizaje de las matemáticas en educación básica. *Enfermería Neurológica*, 3(3), 127-131.
- Heidekum, A. E., Vogel, S. E., y Grabner, R. H. (2020). Associations between individual differences in mathematical competencies and surface anatomy of the adult brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 116. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00116>
- Kucian, K., y von Aster, M. (2015). Discalculia del desarrollo. *European Journal of Pediatrics*, 174(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00431-014-2455-7>
- Lochy, A., Domahs, F., y Delazer, M. (2005). Rehabilitation of acquired calculation and number processing disorders. En J. Campbell (Eds.), *Handbook of mathematical cognition* (pp. 469-486). Psychology Press.
- McCaskey, U., von Aster, M., Maurer, U., Martin, E., O'Gorman Tuura, R., y Kucian, K. (2018). Longitudinal brain development of numerical skills in typically developing children and children with developmental dyscalculia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 629. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00629>
- McCaskey, U., von Aster, M., O'Gorman, R., y Kucian, K. (2020). Persistent differences in brain structure in developmental dyscalculia: A longitudinal morphometry study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 272. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00272>
- Menon, V. (2015). Arithmetic in the child and adult brain. En R. Cohen Kadosh, y A. Dowker (Eds.), *The oxford handbook of numerical cognition* (pp. 502-530). Oxford University Press.
- Michels, L., O'Gorman, R., y Kucian, K. (2018). Functional hyperconnectivity vanishes in children with developmental dyscalculia after numerical intervention. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 291-303. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.03.005>
- Mosbacher, J., Brunner, C., y Grabner, R. (2020). More problems after difficult problems? behavioral and electrophysiological evidence for sequential difficulty effects in mental arithmetic. *Journal of Numerical*

- Cognition*, 6(1), 108-128.
<https://doi.org/10.5964/jnc.v6i1.223>
- Nehra, A. (2019). Role of neuropsychology in neurological conditions. *Neurology India*, 67(2), 404-409.
<https://doi.org/10.4103/0028-3886.258013>
- Nieder, A., y Miller, E. (2004). A parieto-frontal network for visual numerical information in the monkey. *PNAS*, 101(19), 7457-7462.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0402239101>
- Nikolaos, C., Filippou, V., Antonios, N., Panagiotou, O., Georgios, I., Denis, V., Evaggelia, N., y Aikaterini, S. (2017). A neuropsychological approach of developmental dyscalculia and a screening test via a web application. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 7(4), 51-65.
<https://doi.org/10.3991/ijep.v7i4.7434>
- OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume I): *What Students Know and Can Do*, PISA, OECD Publishing, Paris.
<https://www.oecd.org/education/pisa-2018-results-volume-i-5f07c754-en.htm>
- Peters, L., y De Smedt, B. (2018). Arithmetic in the developing brain: A review of brain imaging studies. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, 265-279.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.05.002>
- Piaget, J. (1987). *La formación del símbolo en el niño*. Fondo de Cultura Económica.
- Piaget, J., y Inhelder, B. (1983). *Génesis de las estructuras lógicas elementales*. Guadalupe.
- Piaget, J., y Szeminska, A. (1975). *Génesis del número en el niño*. Guadalupe.
- Pietraszewski, D., Wertz, A., Bryant, G., y Wynn, K. (2017). Three-month-old human infants use vocal cues of body size. *Proceedings Biological Sciences*, 284(1856), 20170656.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0656>
- Pinheiro-Chagas, P., Dotan, D., Piazza, M., y Dehaene, S. (2017). Finger tracking reveals the covert stages of mental arithmetic. *Open Mind: Discoveries in Cognitive Science*, 1(1), 30-41.
https://doi.org/10.1162/OPMI_a_00003
- Portellano, J. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. McGraw-Hill.
- Rosselli, M., y Matute, E. (2011). La neuropsicología del desarrollo típico y atípico de las habilidades numéricas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 123-140.
<http://nebula.wsimg.com/3a07ffb454bda58d5ce6302979a362e6?AccessKeyId=F7A1C842D9C24A6CB962&disposition=0&alloworigin=1>
- Spetch, M. L. (1995). Overshadowing in landmark learning: Touch-screen studies with pigeons and humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 21(2), 166-181.
<https://doi.org/10.1037/0097-7403.21.2.166>
- Suárez-Pellicioni, M., Berteletti, I., y Booth, J. (2020). Early engagement of parietal cortex for subtraction solving predicts longitudinal gains in behavioral fluency in children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 163.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00163>
- Syaiputra, M., Luluk, J., y Sakinatul, M. (2019). modified bottle cap for improving children's arithmetic ability. *Journal Pendidikan Usia Dini*, 13(2), 249-263.
<https://doi.org/10.21009/JPUD.132.04>
- Supekar, K., Luculano, T., Chen, L., y Menon, V. (2015). Remediation of childhood math anxiety and associated neural circuits through cognitive tutoring. *The Journal of Neuroscience*, 35(36), 12574-12583.

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0786-15.2015>

Torres-Ramos, S., Salido-Ruiz, R., Espinoza-Valdez, A., Gómez-Velázquez, F., González-Garrido, A., Y Román-Godínez, I. (2020). A brain connectivity characterization of children with different levels of mathematical achievement based on graph metrics. *PLoS ONE*, 15(1), e0227613.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227613>

Vourkas, M., Karakonstantaki, E., Simos, P. G., Tsirka, V., Antonakakis, M., Vamvoukas, M., Stam, C., Dimitriadis, S., y Micheloyannis, S. (2014). Simple and difficult mathematics in children: A minimum spanning tree EEG network analysis. *Neuroscience Letters*, 576, 28-33.

<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.05.048>

Wilson, A., y Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental dyscalculia. En D. Coch, editora., G. Dawson, y K. Fischer (Eds.), *Human behavior, learning, and the developing brain: Atypical development* (pp. 212-238). The Guilford Press.