

Aspectos neurobiológicos del aprendizaje de las matemáticas en los niños

Margarita Monge Zamorano¹, Manuel Méndez Abad², Anselmo Hernández Hernández¹, Cristina Quintana Herrera¹, Esperanza Viota Puerta¹

¹Centro de Salud de Tacoronte. Tenerife

²Centro de Salud Orotava San Antonio.Tenerife

El aprendizaje de las matemáticas es de una importancia extraordinaria para los niños porque la habilidad para resolver problemas matemáticos, se relaciona estrechamente con el éxito académico y profesional¹ y porque la fluidez con la aritmética básica proporciona una base sólida para el aprendizaje en otras áreas más complejas².

Estudios longitudinales han demostrado que la capacidad para las matemáticas que el niño presenta al entrar en la escuela, es un factor de predicción muy fiable del resultado que obtendrá al final de sus estudios, mucho más que la capacidad de mantener la atención, o la fluidez en el lenguaje y la lectura³

Se ha visto que existen muchas similitudes en el proceso de representación de magnitudes numéricas, entre el hombre (a lo largo de la vida niño-adulto) y los primates^{4,5}, y se ha postulado que los humanos ya naceríamos con un sistema de aproximación a las matemáticas⁶. En un estudio pionero, Xu et al⁷ demostraron por primera vez que los lactantes, a los 6 meses, ya distinguen entre dos gráficos con diferente número de puntos, a condición de que esta diferencia sea relativamente grande entre las dos cantidades (uno de 8 puntos y otro de 16 puntos), ya que no son capaces de distinguir si la diferencia es pequeña (entre uno de 8 y otro de 12 puntos). La precisión de la discriminación mejora a lo largo del primer año de vida⁸.

El conocimiento de las bases neuroanatómicas en las que se fundamenta el aprendizaje de las matemáticas, es imprescindible para desarrollar estrategias educativas adecuadas. En este sentido, el avance de los estudios funcionales de neuroimagen ha permitido conocer mejor el proceso de aprendizaje. Uno de los primeros estudios dirigidos a observar el desarrollo neuronal del procesamiento numérico, realizado por Temple et al⁹, comparaba niños de 5 años de edad y adultos durante un ejercicio de comparación de cantidades. El resultado demostraba que las áreas activadas en el momento de decidir cuál es la cantidad mayor, bien representada

simbólicamente ('4-6') o no simbólicamente (●●●● / ●●●●●), eran similares en niños y adultos. La conclusión, confirmada en trabajos posteriores, era que el procesamiento de una magnitud implica un proceso de abstracción que el cerebro es capaz de realizar ya antes de los 5 años de edad.

Asimismo, con la ayuda de estos estudios funcionales de neuroimagen, se ha sabido que en los adultos, las áreas que están implicadas en la resolución de problemas matemáticos, son las regiones parietales y temporales, que incluyen el *sulcus* intraparietal, la zona superior del lóbulo parietal, el *gyrus angularis*, el *gyrus* supramarginal, así como algunas zonas del córtex temporal inferior (*gyrus* lingual y *gyrus* fusiforme)¹⁰; en la multiplicación de dígitos está implicada la corteza frontal medial¹¹.

Otros estudios previos de desarrollo sugerían que en los niños, durante los episodios críticos de aprendizaje, la adquisición de habilidades aritméticas y matemáticas en general, se relacionaban más con el lóbulo temporal medial, que es crítico para el aprendizaje y la memoria, y con la corteza prefrontal, región importante tanto para la memoria de trabajo como para los mecanismos de control cognitivo necesarios para la resolución de problemas¹². Se sabe también que el sistema de memoria en relación con el hipocampo tiene una gran activación en los niños, en comparación con los adultos¹³.

Los estudios del grupo de Kaufman^{14,15} sobre las zonas de activación cerebral durante la realización de ejercicios numéricos en los niños, comprobaron la participación de ambos lóbulos parietales, el lóbulo frontal, y la corteza pre-frontal (asociada a las vías visuales, al funcionamiento ejecutivo y a la memoria de trabajo), el lóbulo temporal medial (memoria declarativa), los ganglios basales (procesamiento temporal) y las áreas subcorticales. Además, los niños presentan una activación del surco intraparietal derecho.

A medida que se consolida el aprendizaje

(aproximadamente alrededor de los 20 años de edad), la activación se va dirigiendo hacia las áreas parietales más posteriores (asociadas al procesamiento de la magnitud y a la recuperación de hechos aritméticos) y hacia las occipito-temporales (procesamiento de los símbolos)⁶. Se observa además, en general, una mayor activación del hemisferio derecho. Cuando comparan niños con y sin discalculia, constatan una activación del surco intraparietal más débil en los primeros, así como una activación de áreas cerebrales más distribuidas, lo que podría indicar la utilización de estrategias compensatorias¹⁶.

La dificultad en el aprendizaje de las matemáticas (DAM) se observa en el 3-8% del alumnado, a veces de forma aislada y otras asociadas a dificultad para la lectura o al trastorno por déficit de atención e hiperactividad¹⁷. Se sabe que la DAM está relacionada con un funcionamiento poco eficaz de diferentes procesos cognitivos (memoria de trabajo, atención, organización viso-espacial, lenguaje) implicados en la solución de problemas, en la realización de cálculos y en las operaciones numéricas.

Las manifestaciones que la DAM puede ocasionar son múltiples: afectan a la comprensión numérica y simbólica (por ejemplo, confundir el 601 con 610 o los signos + y ×); además se cometen errores en los procedimientos de cálculo (p. ej.: añadir irregularmente el número que se lleva en las multiplicaciones); y por último producen enlentecimiento en la realización de operaciones de adición y sustracción.

Existe una asociación familiar en la DAM. Así, los padres y hermanos de niños con dificultades en aritmética tienen una probabilidad diez veces mayor que la población general de presentar también esta dificultad¹⁸. Estudios recientes demuestran que los estudiantes con DAM experimentan además, una serie de deficiencias en el plano meta-cognitivo tales como en la predicción del rendimiento ante una tarea específica, en la planificación del trabajo, en el establecimiento de sub-metas para alcanzar el objetivo, en la autorregulación de la ejecución y en la evaluación y comprobación final de los resultados obtenidos¹⁷. A todo lo anterior, hay que añadir que tienen una mayor probabilidad de experimentar déficits afectivos y motivacionales¹⁹. Además, y probablemente en relación con lo anterior, se ha comprobado que los estudiantes con DAM

tienen un peor acceso al mundo laboral²⁰.

Es necesario señalar, que el DAM es un problema que va más allá del individuo y afecta a la sociedad en su conjunto, traspasando la esfera personal, y afectando incluso al desarrollo económico de los países. Se ha calculado que si los países aumentasen en medio punto la desviación estándar de los resultados escolares en matemáticas, aumentarían las tasas de crecimiento anual del producto interior bruto per cápita en un 0,87%²¹.

Aunque para el aprendizaje, en los niños la tendencia natural es la exploración (que se podría fomentar con juegos y pidiendo al niño que explique sus acciones), la enseñanza tradicional da más importancia al lenguaje y a las habilidades que facilitan la lectura. Aunque la comprensión lectora es un arma muy poderosa en el aprendizaje, habría que implementar en pre-escolar las experiencias matemáticas en forma de juego, ya que sería más fácil que en fases posteriores del desarrollo se redujera la ansiedad ante los problemas matemáticos^{14,22}.

Se ha demostrado mejores efectos sobre el rendimiento numérico cuando se parte de conceptos concretos, integrándolos y utilizándolos. A medida que aumenta la comprensión se va facilitando la transición hacia la asociación con los conceptos abstractos. Además, el aprendizaje debería realizarse en contextos diversos de cara a fomentar su transferencia, sin olvidar otros aspectos cognitivos no específicamente matemáticos, como la memoria de trabajo, la atención o la meta-cognición, además de los afectivos y sociales (mediante la participación de las familias, por ejemplo)²³.

Desde los estudios de Ramón y Cajal²⁴ se sabe que la experiencia puede provocar modificaciones en el cerebro a lo largo de la vida de la persona. Por eso la relación entre la educación y la neurofisiología del cerebro es tan estrecha.

En un intento de mejorar la capacidad de los niños en el área de cálculo y resolución de problemas, se han diseñado y testado programas de tutorización en matemáticas tanto a nivel individual como grupal²⁵. Se ha observado diferencias individuales importantes, en relación a los efectos que

estos programas de tutorización tienen en los niños²⁶, pero se sabe poco de los mecanismos neurobiológicos que hacen que algunos niños aprendan los conceptos matemáticos y la resolución de problemas, con mucha más rapidez que otros. Tampoco se sabe cuál es el efecto que las clases personalizadas -tutorías- pueden tener sobre los niños. Con técnicas de resonancia magnética, se ha visto que el volumen del hipocampo antes de comenzar estas tutorías, sí que predice la mejoría en el aprendizaje², no así la medida del cociente intelectual o la memoria.

Algunos autores promueven la prevención primaria de la DAM adecuando el programa educativo en relación a las matemáticas, permaneciendo muy atentos a las dificultades que puedan presentar los niños. Con el estado de evidencia actual, es posible diseñar programas de tutorías para mejorar los resultados de los estudiantes que estén en riesgo de DAM. Es más, sabemos que estos niños obtendrían una menor capacitación en el área de matemáticas si se les deja en su clase habitual que si se les ofrece una tutorización más estrecha²⁶. Frente al potencial coste económico que la aplicación de esta atención individualizada supondría, hay estudios que concluyen que, a largo plazo, esta intervención no sólo recuperaría la cantidad invertida, sino que la multiplicaría por 12 a 19 veces²⁷ ya que los alumnos beneficiados son el motor del futuro del país y necesitan un conocimiento matemático fluido²⁸.

Como resumen, y con la evidencia actual, se puede afirmar que el nivel de conocimientos matemáticos de los niños se puede mejorar utilizando medidas educativas generales junto con un seguimiento individualizado y clases tutorizadas en aquéllos que lo requieran. Que esta mejoría en el nivel de conocimientos en matemáticas, supondría a nivel individual, una mejora en las condiciones de vida laboral y personal y, a nivel colectivo, una mejoría para los países, que verían aumentando su Producto Interior Bruto. Y que además, el coste de estas medidas, se ha demostrado eficiente, ya que no sólo se recupera la inversión, sino que se multiplica por doce.

Bibliografía

- Gross J, Hudson C, Price D. The long term costs of numeracy difficulties. En: Every child a chance trust and KPMG, 2^a ed. Londres 2009. Accessible en: http://ilc.ioe.ac.uk/documents/The_long_term_costs_of_literacy_difficulties_2nd_edition.
- Supekar K, Swigart A, Tenison C, Jolles D, Rosenberg-Lee M, Fuchs L et al. Neural predictors of individual differences in response to math tutoring in primary-grade school children. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013; 110:8230-8235
- Duncan GJ, Dowsett CJ, Claessens A, Magnuson K, Huston AC, Klebanov P et al. School readiness and later achievement. *Dev Psychol* 2007; 43:1428-1446
- Cantlon JF. Math, monkeys, and the developing brain. *Proc Natl Acad Sci USA* 2012; 109 (Suppl 1):10725-10732.
- Cantlon JF, Brannon EM, Carter EJ, Pelphrey KA. Functional imaging of numerical processing in adults and 4-y-old children. *PLoS Biol* 2006; 4:e125
- Ansari D, García N, Lucas E, Hamon K, Dhital B. Neural correlates of symbolic number processing in children and adults. *Neuroreport* 2005; 16:1769-1773
- Xu F, Spelke ES, Goddard S. Number sense in human infants. *Dev Sci* 2005; 8:88-101
- Libertus ME, Brannon EM. Stable individual differences in number discrimination in infancy. *Dev Sci* 2010; 13:900-906
- Temple E, Posner MI. Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year-old children and adults. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998; 95:7836-7841
- Grabner RH, Ansari D, Koschutnig K, Reishofer G, Ebner F, Neuper C. To retrieve or to calculate? Left angular gyrus mediates the retrieval of arithmetic facts during problemsolving. *Neuropsychologia* 2009; 47:604-608
- Jost K, Khader PH, Burke M, Bien S, Rösler F. Frontal and parietal contributions to arithmetic fact retrieval: a parametric analysis of the problem-size effect. *Hum Brain Mapp* 2011; 32:51-59

pdf último acceso (1-10-2015)

12. Rivera SM, Reiss AL, Eckert MA, Menon V. Developmental changes in mental arithmetic: evidence for increased functional specialization in the left inferior parietal cortex. *Cereb Cortex* 2005; 15:1779-1790
13. Delazer M, Ischebeck A, Domahs F, Zamarian L, Koppelstaetter F, Siedentopf CM et al. Learning by strategies and learning by drill-evidence from an fMRI study. *Neuroimage* 2005; 25:838-849
14. Kaufmann L, Wood G, Rubinstein O, Henik A. Meta-analyses of developmental fMRI studies investigating typical and atypical trajectories of number processing and calculation. *Dev Neuropsychol* 2011; 36:763-787
15. Kaufmann L, Nuerk HC. Numerical development: current issues and future perspectives. *Psychol Sci* 2005; 42:142-170
16. Kaufmann L. Dyscalculia: neuroscience and education. *Educ Res (Windsor)* 2008; 50:163-175
17. Miranda-Casas A, Acosta-Escareño G, Tárraga-Mínguez R. Nuevas tendencias en la evaluación de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas. El papel de la metacognición. *Rev Neurol* 2005; 40: S97-102
18. Manor O, Shalev R, Joseph A, Gross-Tsur V. Arithmetic skills in kinder-garten children with developmental language disorders. *Eur J Paediatr Neurol* 2001; 5:71-77
19. Miranda A, García R, Marco R, Rosel J. The role of metacognitive beliefs system in learning disabilities in mathematics. Implications for intervention. En: *Metacognition and mathematics learning disabilities*. Veenman M, Desoete A, eds. Londres: Nova Science Publishers 2006
20. Cohen-Kadosh R, Dowker A, Heine A, Kaufmann L, Kucian K. Interventions for improving numerical abilities: present and future. *Trends Neurosci Educ* 2013; 2:85-93
21. Butterworth B, Varma S, Laurillard D. Dyscalculia: from brain to education. *Science* 2011; 332:1049-1054
22. Gopnik A. Scientific thinking in young children: theoretical advances, empirical research, and policy implications. *Science* 2012; 337:1623-1627
23. Gracia-Bafalluy M, Escolano-Pérez E. Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Rev Neurol* 2014; 58:69-76
24. Ramón y Cajal S. The Croonian Lecture. La fine structure des centres nerveux. *Proc R Soc Lond* 1894; 55:444-468. Accesible en : <http://rspl.royalsocietypublishing.org/content/55/331-335/444.full.pdf+html> (último acceso: 2-10-2015)
25. Rittle-Johnson B, Koedinger K. Iterating between lessons on concepts and procedures can improve mathematics knowledge. *Br J Educ Psychol* 2009; 79:483-500
26. Fuchs LS, Fuchs D, Compton DL. The early prevention of mathematics difficulty: Its power and limitations. *J Learn Disabil*. 2012; 45:257-269
27. Butterworth B, Varma S, Laurillard D. Dyscalculia: from brain to education. *Science* 2011; 332:1049-1054
28. Geary DC. Mathematical learning disabilities. En: *Advances in child development and behavior*. Holmes J, ed. San Diego: Academic Press 2010, pp. 45-77