

# Neuroeducación y aprendizaje de la lectura

## Del laboratorio al salón de clase

Gerardo Restrepo<sup>1</sup> \*, Liliana Calvachi-Galvis<sup>2</sup> \*

<sup>1</sup>Medico neuropediatra PhD. Profesor Departamento de Estudios en Adaptación Escolar y Social, Université de Sherbrooke / Sherbrooke, Québec, Canadá.

<sup>2</sup>Psicóloga. Profesora Programa de Medicina, Universidad de Nariño / Pasto, Nariño, Colombia.

### Resumen

El aprendizaje de la lectoescritura constituye un logro primordial para el aprendizaje del niño, el desarrollo de su personalidad y su inclusión en la cultura y la sociedad. Niños y niñas aprenden a leer, para luego leer para aprender. Sin embargo, se estima que el 63% de los alumnos de 4 grado tienen competencias en lectura muy por debajo del nivel deseado y el 80% de ellos vienen de estratos socioeconómicos bajos. Las dificultades en el aprendizaje de la lectura pueden llevar a una baja autoestima, desesperanza y depresión en niños y adolescentes. El resultado es que los niños con dificultades del aprendizaje tienen menos probabilidades de completar la Secundaria y de continuar estudios superiores, y en la adolescencia y la edad adulta tienen más riesgo de verse involucrados en conductas criminales. El 92% de los adultos que presentan dificultades del aprendizaje tienen ingresos mensuales muy bajos y el 67% ganan un salario mínimo o menos. La neuroeducación es una disciplina académica joven donde convergen las neurociencias, la psicología cognitiva y la educación. Su objetivo es elucidar las estructuras y las funciones cerebrales asociadas con la educación. Este artículo revisa los resultados neurocientíficos relacionados con el aprendizaje de la lectura y discute su potencialidad de aplicación en la educación. La obtención de imágenes cerebrales ha permitido estudiar los correlatos neurales de las funciones cognitivas en general, y de la lectura en particular, y esta información orienta el aprendizaje y la enseñanza en un contexto educativo formal. Los resultados recientes de las investigaciones en neurociencias muestran que algunos marcadores neurales, como la conectividad del fascículo arqueado, son muy útiles y eficaces en la predicción de las trayectorias de desarrollo y aprendizaje de niños y niñas, así como en sus respuestas a la enseñanza. Los resultados de las investigaciones revisadas en este artículo sugieren que la neuroeducación puede dar más que intuiciones y proponer soluciones prácticas, basadas en resultados empíricos. Para ello, la neuroeducación debe continuar construyendo colaboraciones conceptuales y metodológicas entre disciplinas que permitan disminuir la brecha existente entre la investigación, la formación de los educadores y la práctica profesional.

**Palabras clave:** neuroeducación; aprendizaje de la lectura; dislexia; dificultades en lectura; detección temprana; intervención precoz.

#### \*Correspondencia:

Gerardo Restrepo  
2500, boul. de l'Université,  
Sherbrooke (Québec) J1K 2R1.  
Gerardo.Restrepo@USherbrooke.ca

#### Citación:

Restrepo G, Calvachi-Galvis L.  
Neuroeducación y aprendizaje  
de la lectura. Del laboratorio al  
salón de clase. JONED. Journal of  
Neuroeducation. 2021; 1(2); 15-21.

#### Editora:

Anna Forés-Miravalles (Universitat  
de Barcelona, España)

#### Revisores:

Beatriz Montesinos (Universitat  
de València) y Gilberto Pinzón  
(EDU1st-VESS)

*El manuscrito ha sido aceptado por todos los autores, en el caso de haber más de uno, y las figuras, tablas e imágenes no están sujetos a ningún tipo de copyright.*

## Introducción

El desarrollo de las habilidades básicas en lecto-escritura es uno de los objetivos más importantes de la escuela primaria. La adquisición de la lectura y la escritura representa un logro primordial para el aprendizaje del niño, el desarrollo de su personalidad y su inclusión en la cultura y la sociedad. Según la OECD<sup>1</sup>, la lectoescritura permite la transmisión de la información más allá del tiempo y del espacio. Sin ella, la capacidad de la mente humana tendría los límites de la memoria de cada persona. La lectoescritura está tan involucrada en todas las esferas de la actividad humana que tener éxito en esta habilidad se ha convertido en un aspecto esencial para el niño, la familia y la sociedad. Efectivamente, las competencias reducidas en lectoescritura tendrían un impacto en la escolarización, el empleo, el nivel socioeconómico y la salud de los individuos.

Los niños y las niñas comienzan por aprender a leer, para luego leer para aprender. Sin embargo, en EE.UU., el 63% de los alumnos de 4 grado tienen competencias en lectoescritura muy por debajo del nivel deseado y el 80% de ellos vienen de estratos socioeconómicos bajos<sup>2</sup>. Es bien conocido que las dificultades en el aprendizaje de la lectoescritura pueden llevar a una baja autoestima, desesperanza y depresión en niños y adolescentes<sup>3</sup>. El resultado es que los niños con dificultades del aprendizaje tienen menos probabilidades de completar la Secundaria y de continuar estudios superiores, y en la adolescencia y la edad adulta tienen más riesgo de verse involucrados en conductas criminales<sup>4</sup>. El 92% de los adultos que presentan dificultades del aprendizaje tienen ingresos mensuales muy bajos y el 67% ganan un salario mínimo o menos<sup>5</sup>. En EE.UU. el costo anual total de la dislexia se estima en 2 billones de dólares<sup>6</sup>.

Las investigaciones neurocientíficas de las últimas décadas, con la ayuda de diferentes técnicas de imágenes cerebrales, nos han enseñado mucho sobre los procesos cerebrales involucrados en el aprendizaje de la lectura y la escritura. La lectura es un proceso jerárquico y complejo; consiste en decodificar las letras escritas de una lengua, es decir, en pasar de la representación visual y gráfica de las letras a la representación mental de las palabras. Esta actividad cognitiva, que involucra al mismo

tiempo el reconocimiento y la comprensión de las palabras escritas, depende de una red cerebral muy extensa, compuesta por tres áreas del hemisferio izquierdo: el área occipitotemporal, responsable del almacenamiento de las representaciones ortográficas; el giro frontal inferior, que permite el mantenimiento en la memoria de trabajo, de la información relacionada con las palabras leídas mientras las pronunciamos; y el área temporoparietal izquierda, necesaria para las representaciones fonológicas<sup>7</sup>. Estas tres regiones cerebrales están conectadas por dos fascículos de asociación, el fascículo longitudinal superior (más conocido como fascículo arqueado), y el fascículo longitudinal inferior. Estas dos estructuras han sido asociadas al desarrollo de la conciencia fonológica y al aprendizaje de la lectura en los niños<sup>8</sup>. Para alcanzar el nivel experto de este proceso, el niño debe, en primer lugar, aprender a decodificar las palabras. Posteriormente, las palabras decodificadas serán transferidas a la memoria de largo plazo para compararlas con nuestros conocimientos previos y asegurar su identificación. Finalmente, gracias a este proceso secuencial y complejo, el niño comprende el significado de las palabras leídas. A medida que la velocidad de lectura aumenta, sus competencias en lectoescritura mejoran<sup>9</sup>.

La neuroeducación es una disciplina académica donde convergen las neurociencias, la psicología cognitiva y la educación. Sin embargo, a pesar de los enormes avances en la comprensión de las bases cerebrales de la lectura, una de las mayores críticas que se le hace a esta disciplina es que la investigación en este campo es poco pertinente para la educación o la enseñanza<sup>10</sup>. Como respuesta a esta crítica, Gabrieli<sup>11</sup> y Howard-Jones<sup>12</sup> consideran que la neuroeducación es un subcampo joven, dentro de la neurociencia cognitiva humana, cuyo propósito es elucidar las estructuras y las funciones cerebrales asociadas con la educación. Pero ¿cómo puede la neuroeducación ayudarnos a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la lectoescritura, y guiarnos para aplicar estos conocimientos en los contextos educativos?

Con el fin de responder a esta pregunta, vamos a revisar los resultados neurocientíficos más relevantes, relacionados con el aprendizaje de la lectura, y discutiremos su potencialidad de aplicación en la educación.

## Los mecanismos neuronales de la lectura

La lectura es una habilidad compleja que involucra simultáneamente procesos perceptivos, lingüísticos y cognitivos. Cuando leemos, nuestro cerebro interpreta el sentido de una serie de signos y símbolos escritos, los grafemas, que permiten la representación visual de todos los sonidos, silábicos o alfabéticos, de la lengua oral<sup>13</sup>. En las escrituras alfabéticas, las letras representan los fonemas o los grupos de fonemas, las sílabas; mientras que, en otros tipos de escritura, los símbolos escritos pueden representar las características fonéticas (coreano), las sílabas (japonés) o las palabras (japonés o chino)<sup>14</sup>. De esta forma, en todas las lenguas, el lector experto puede llegar a comprender entre 150 y 200 palabras por minuto, de forma automática e inconsciente, una vez que el proceso ha sido adquirido.

El aprendizaje de la lectura necesita entonces, la adquisición de la capacidad para identificar las palabras escritas al mismo tiempo que la comprensión del significado del texto. La lectura comienza por una fase perceptiva, es seguida por una fase de transcodificación entre el grafema y el fonema y termina en una fase cognitiva donde el sentido de las palabras y los textos es comprendido. Lo que realmente sorprende es que la red cerebral involucrada en la lectura es la misma, en todos los individuos, independiente de la lengua y la cultura<sup>15</sup>.

### La lectura: de la fase perceptiva a la fase cognitiva

El reconocimiento de las letras comienza tempranamente en el sistema perceptual visual. Nuestros ojos enfocan las letras en la retina y para hacerlo el cerebro explora incesantemente el campo perceptual mediante un sistema de movimientos oculares rápidos que reciben el nombre de sácadas. Estos movimientos nos permiten la identificación de 10-12 letras por sácada, 3-4 a la izquierda y 7-8 a la derecha<sup>16</sup>. La fase perceptiva de la lectura es un proceso muy rápido que dura entre 50 y 100 milisegundos. Las letras comienzan a ser identificadas 50 milisegundos después de ser expuestas al ojo humano: las palabras son analizadas de forma global, una por una, en el transcurso de cada sácada. Para terminar, la información del contexto, brindada por las letras y

las palabras vecinas, es determinante para comprender el escrito.

Los estudios de imágenes cerebrales funcionales nos han permitido mejorar notoriamente la comprensión de la fase cognitiva de la lectura y del mecanismo cerebral subyacente. Gracias a estos métodos, nuevos modelos explicativos de este proceso han sido propuestos. Por ejemplo, el modelo LCD (*local combination detector*)<sup>17</sup> postula la existencia de una jerarquía de niveles neuronales responsables de la detección y la identificación de los signos gráficos (grafemas, morfemas y palabras), que constituyen el lenguaje escrito. Estos autores emiten la hipótesis del "reciclaje neuronal" para explicar cómo una invención cultural se ajustó a nuestra arquitectura cerebral y cómo el cerebro "reinventó" las funciones de diversas zonas corticales, para responder a las exigencias culturales relacionadas con la lectoescritura. Esto explica por qué, el giro fusiforme, localizado en el córtex temporooccipital izquierdo y que se activa durante la percepción de objetos, da origen al área visual especializada en la percepción de las letras "VWFA" (*visual word form area*). Este reciclaje neuronal explicaría las dificultades en el aprendizaje de la lectura, encontradas en un porcentaje importante de la población escolar (Figura 1).

### Lenguaje y lectoescritura

El aprendizaje de la lectura exige que el niño maneje una serie de competencias complejas como la identificación de las letras del alfabeto, la decodificación de los símbolos silábicos o la interpretación de los ideogramas. El lector debe posteriormente establecer una correspondencia entre los signos visuales y los sonidos de la lengua oral. Finalmente, las competencias ortográficas, sintácticas y semánticas son puestas a prueba con la ayuda de la memoria de trabajo. Para los niños más pequeños, esto es una verdadera proeza. A la edad de 6 años aproximadamente, el niño maneja con suficiencia el lenguaje oral para abordar el aprendizaje de la lectura. Sin embargo, mientras que la adquisición del lenguaje oral se realiza de forma natural, el aprendizaje de la lengua escrita requiere un aprendizaje explícito puesto que nuestro sistema nervioso no está programado para establecer las correspondencias entre sonido y letras de forma natural y automática, sin enseñanza<sup>18</sup>. El cerebro humano es puesto entonces frente al desafío

### Cara Lateral del Hemisferio Izquierdo

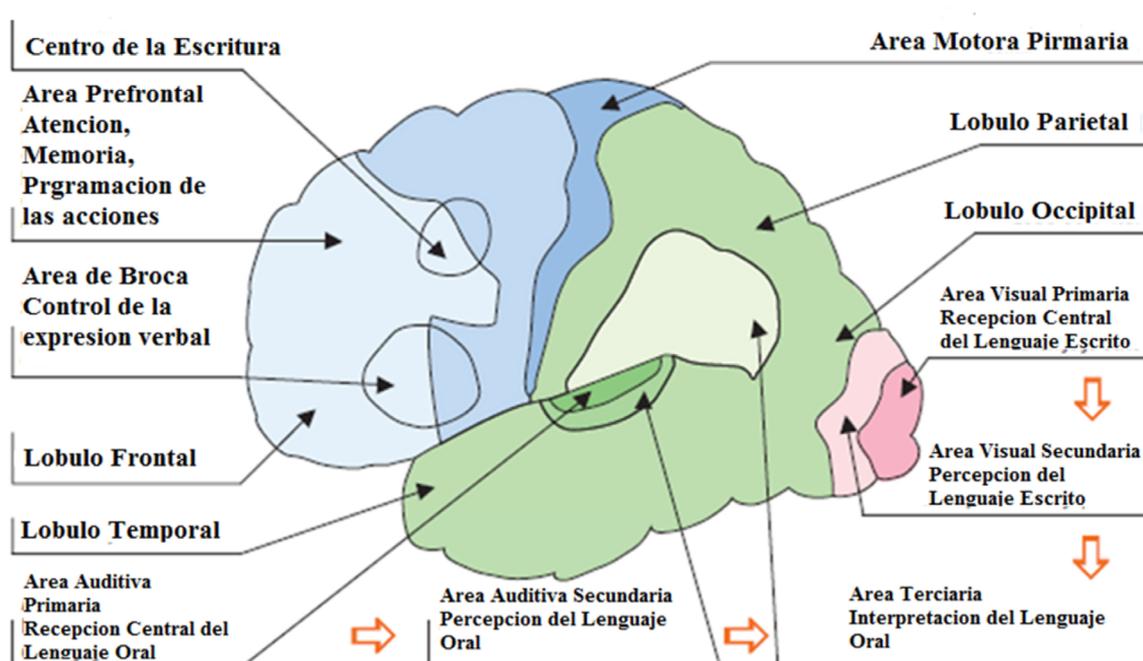


Figura 1. Cerebro y lenguaje

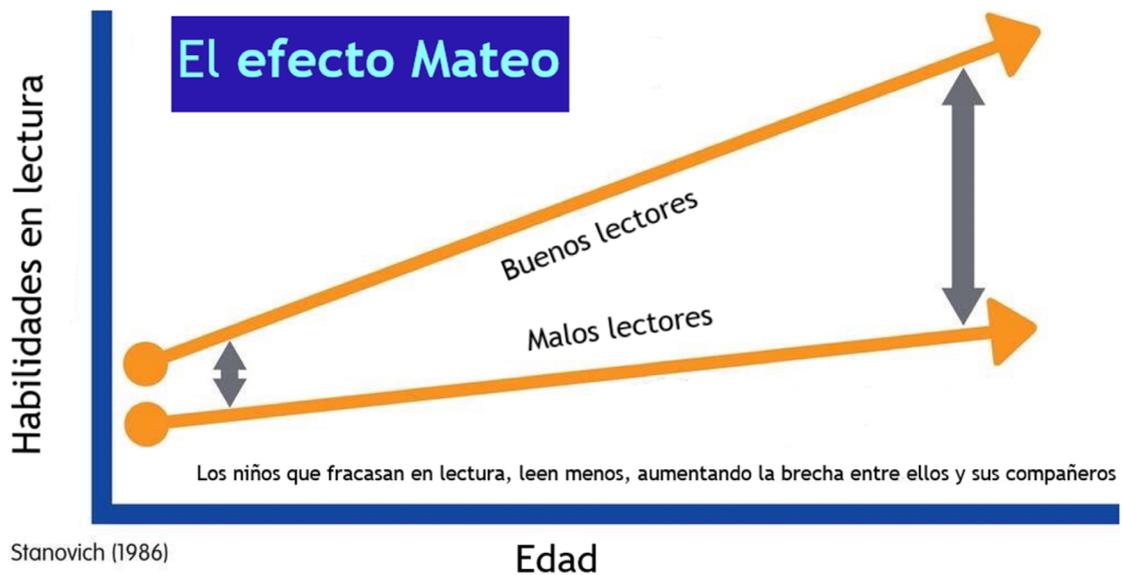
de “reciclar” algunas de las herramientas cognitivas que posee para aprender la lectura y la escritura. Así es como los circuitos neuronales que subyacen a la lectoescritura son guiados por una sinergia entre desarrollo (biología) y aprendizaje (experiencia).

En definitiva, el paso del lenguaje oral al lenguaje escrito es un desafío mayor para el niño. Efectivamente, este proceso no consiste solo en transcodificar, es decir, en pasar del código oral al código escrito, o inversamente, sino en decodificar el lenguaje, porque las informaciones transmitidas por estos dos códigos son muy diferentes, considerando que la ausencia de interlocutor priva igualmente al lector, que al escritor de la mímica, las actitudes, las entonaciones, e impone unas reglas mucho más complejas y formales que las de la comunicación oral<sup>13</sup>. Adicionalmente, la adaptación de algunas regiones del cerebro para interpretar los nuevos códigos y reglas constituye un hecho realmente remarcable. De este modo, nuestra región occipito-temporal ventral izquierda, que estaba ya presente en los primates superiores, va a permitirnos el reconocimiento de las líneas, los puntos y las intersecciones de las letras

de nuestros alfabetos como ella lo permitía ya en el reconocimiento de estas líneas y puntos en los objetos naturales.

### El desarrollo típico y atípico de la lectura

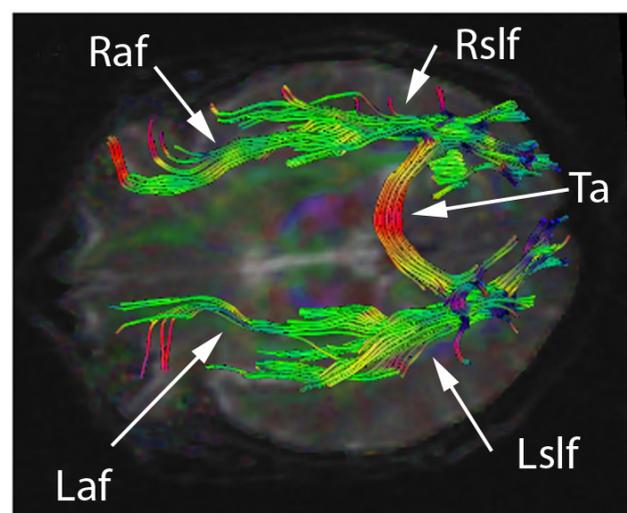
Se estima que entre 5 y 17% de los niños en la escuela primaria presentan dificultades para aprender a leer, que pueden acompañarlos durante toda su vida<sup>2</sup>. La dislexia es un trastorno heterogéneo y multifactorial, cuyo impacto en la vida de los individuos ha sido bien caracterizado desde hace varias décadas. El “efecto Mateo”, descrito por Stanovich<sup>19</sup>, muestra que la brecha que separa los buenos y los malos lectores comienza muy temprano, en la etapa preescolar, y se va ampliando gradualmente durante toda la vida (Figura 2). Aunque las dificultades en el aprendizaje de la lectura son evidentes desde el preescolar y el primer año de escolarización, su identificación desafortunadamente se da tardíamente, en el 4º o 5º año de Primaria, momento en el cual los equipos interdisciplinarios inician una serie de intervenciones intensivas, pero tardías. Este fenómeno ha



**Figura 2.** El efecto Mateo

sido conocido como la paradoja de la dislexia<sup>20</sup>. En efecto, cuando se identifican e intervienen las dificultades en lectura y escritura, en los últimos años de la escuela primaria, la ventana de intervención más eficaz, que se sitúa entre el preescolar y el primer año de Primaria, ya se ha cerrado<sup>21</sup>. Esta ventana de intervención coincide con la maduración del fascículo longitudinal superior (fascículo arqueado) y del fascículo longitudinal inferior, dos estructuras cerebrales asociadas a la adquisición de la conciencia fonológica. Algunos estudios de neuroimágenes, tales como la resonancia magnética cerebral y la tractografía, nos han enseñado detalles muy interesantes sobre la maduración de estas estructuras cerebrales, el desarrollo del lenguaje y el aprendizaje de la lectoescritura. Por ejemplo, en un estudio longitudinal realizado en niños entre los 5 y los 12 años de edad<sup>22</sup> utilizaron la tractografía para comparar la conectividad del fascículo arqueado en una población de niños con un desarrollo atípico de la lectura y un grupo control sin factores de riesgo de dificultades del aprendizaje de la lectura y la escritura. El estudio mostró que la tractografía podía identificar los niños con riesgo a los 5 años de edad, antes de comenzar la escolaridad y antes de que presentaran las dificultades en lectura, diferenciándolos de los niños sin riesgo; lo que, por consiguiente, permite detectar tempranamente esta población vulnerable, y comenzar las intervenciones

educativas oportunas y adecuadas, en contextos de inclusión escolar precoz (Figura 3). Algunos estudios recientes confirman estos hallazgos. Por ejemplo, Horowitz-Kraus y Hutton<sup>23</sup> (así como Kristanto et al.<sup>24</sup>) muestran que el proceso de aprendizaje de la lectoescritura tiene un impacto importante en la conectividad de las áreas del cerebro involucradas en la comprensión del lenguaje.



**Figura 3.** El fascículo arqueado. (De DTI\_Brain\_Tractographic\_Image\_Set.jpg: The original uploader was Afiller de Wikipedia en inglés. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7753233>)

Varios estudios longitudinales recientes han permitido establecer la sensibilidad y la especificidad de estos marcadores neurales que permiten usarlos como predictores y herramientas de diagnóstico<sup>25,26</sup>. De la misma forma, utilizando métodos de imágenes cerebrales, varias investigaciones coinciden en demostrar que las intervenciones individualizadas tempranas, en un contexto de inclusión educativa precoz, son más eficaces que las intervenciones tardías, en contextos de remediación, para ayudar a los niños y las niñas con dificultades del aprendizaje de la lectoescritura<sup>27-33</sup>. Una mención importante requiere el estudio longitudinal de Myers et al.<sup>34</sup>, quienes muestran que los programas de intervención de comienzo temprano, a los 5 años de edad, se relacionan con un mejor desempeño en lectoescritura tres años después, y una mayor conectividad de la sustancia blanca temporoparietal.

## Conclusiones

La neuroeducación es una disciplina académica, de origen reciente y en pleno desarrollo. Esta disciplina es un subcampo joven, donde convergen las neurociencias, la psicología cognitiva y la educación. Su futuro es promisorio para las investigaciones educativas y para mejorar la instrucción en las aulas. Este artículo ha presentado una revisión de los hallazgos recientes en las investigaciones sobre la neurobiología de la lectura y ha mostrado cómo estos hallazgos han influido la práctica pedagógica y comienzan a transformar nuestros conceptos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la lectura, la escri-

tura, y sus trastornos. La obtención de imágenes cerebrales nos ha permitido estudiar los correlatos neurales de las funciones cognitivas en general, y de la lectura en particular; lo cual se ha convertido en información pertinente para orientar el aprendizaje y la enseñanza en un contexto educativo formal. En el 2016, Howard-Jones y colaboradores afirmaban que la neuroeducación puede decirnos en qué dirección buscar intuiciones sobre el modo de mejorar la enseñanza y el aprendizaje, pero no puede decirnos cómo aplicar esas intuiciones en los contextos educativos.<sup>12</sup> Los resultados de las investigaciones revisadas en este artículo sugieren que la neuroeducación puede dar más que intuiciones y proponer soluciones prácticas, basadas en resultados empíricos. En años precedentes, algunos investigadores consideraban que encontrar correlatos neurales de las funciones cognitivas no conducía necesariamente a la concepción de pautas para la enseñanza en el aula<sup>11</sup>. Sin embargo, los resultados recientes de las investigaciones en neurociencias sugieren que algunos marcadores neurales, por ejemplo, la conectividad del fascículo arqueado, pueden ser muy útiles y eficaces en la predicción no solo de las trayectorias de desarrollo y aprendizaje de niños y niñas, sino también de sus respuestas a la enseñanza. Para ello, la neuroeducación debe continuar construyendo colaboraciones, conceptuales y metodológicas, entre la neurociencia, la psicología cognitiva y la educación, así como promover un diálogo respetuoso y proactivo que permita finalmente disminuir la brecha existente entre la investigación, la formación de los educadores y la práctica profesional.

## Referencias

1. OCDE. Handbook on Economic Globalisation Indicators. París: OECD; 2005.
2. National Center for Education Statistics. The Nation's Report Card: A first Look: 2017 Mathematics and Reading. 2017.
3. Valas H. Students with learning disabilities and low-achieving students: Peer acceptance, self-esteem, and depressions. *Social Psychology of Education*. 1999; 383, 173-192.
4. Mallett CA. Disparate Juvenile Court Outcomes for Disabled Delinquent Youth: A Social Work Call to Action. *Child Adolesc Soc Work J*. 2009; 26, 197-207.
5. Cortiella C, Horowitz SH. The State of learning disabilities: Facts, trends and emerging issues. New York: National Center for Learning Disabilities; 2014, 2-45.
6. Gross, J., Jones, D., Raby, M., & Tolfree, T (2006). The long-term costs of literacy difficulties. London: KPMG Foundation.
7. Wolf M. Proust and the Squid. The Story and Science of the Reading Brain. California: HarperCollins; 2007. (Cómo aprendemos a leer. Barcelona: Ediciones B; 2008.)
8. Yeatman JD, Dougherty RF, Ben-Shachar M, Wandell BA. Development of white matter and reading skills. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012; 109(44).
9. Fiorello CA, Hale JB. Concern for a lack of comprehensive assessment in the identification of reading disabilities is compounded by the current movement in the school psychology field toward the RTI model. 2006.
10. Bishop DV. Ten questions about terminology for children with

- unexplained language problems. *Int J Lang Commun Disord.* 2014; 49(4).
11. Gabrieli JD. The promise of educational neuroscience: Comment on Bowers (2016). *Psychol Rev.* 2016; 123, 613-619.
  12. Howard-Jones PA, Varma S, Ansari D, Butterworth D, De Smedt B, Goswami U, et al. The principles and practices of educational neuroscience: Comment on Bowers. *Psychol Rev.* 2016; 123.
  13. Mazeau M, Pouhet A. *Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant.* Paris: Elsevier Masson; 2014.
  14. Coulmas F. *Writing Systems: An Introduction to Their Linguistic Analysis.* Cambridge Textbooks in Linguistics. Cambridge University Press; 2003.
  15. Bolger DJ, Perfetti CA, Schneider W. Cross-cultural effect on the brain revisited: universal structures plus writing system variation. *Human Brain Mapping.* 2005; 25, 92-104.
  16. Dehaene S. *Les neurones de la lecture.* Paris: Odile Jacob; 2007. (English translation: *Reading in the brain.* New York: Penguin; 2008).
  17. Dehaene S, Cohen L, Sigman M, Vinckier F. The neural code for written words: A proposal. *Trends in Cognitive Sciences.* 2005; 9(7), 335-341.
  18. Sousa DA. *Brain-Compatible Activities (Grade K-2) (Grades 3-5).* Thousand Oaks, CA: Conwin Press; 2008.
  19. Stanovich KE. Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly.* 1986; 21(4), 360-407.
  20. Ozernov-Palchik O, Gaab N. Tackling the 'dyslexia paradox': reading brain and behavior for early markers of developmental dyslexia. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science.* 2016; 7, 156-176.
  21. Wanzek J, Vaughn S, Scammacca N, Metz K, Murray C, Roberts G, Danielson L. Extensive reading interventions for students with reading difficulties after Grade 3. *Review of Educational Research.* 2013; 83, 163-195.
  22. Wang Y, Mauer MV, Raney T, Peysakhovich B, Becker BLC, Sliva DD, Gaab N. Development of tract-specific white matter pathways during early reading development in At-Risk children and typical controls. *Cereb. Cortex (Dd).* 2016.
  23. Horowitz-Kraus T, Hutton JS. Brain connectivity in children is increased by the time they spend reading books and decreased by the length of exposure to screenbased media. *Acta Paediatrica, Int. J. Paediatrics.* 2018; 107(4), 685-693. <https://doi.org/10.1111/apa.14176>
  24. Kristanto D, Liu M, Liu X, Sommer W, Zhou C. Predicting reading ability from brain anatomy and function: From areas to connections. *NeuroImage.* 2020; 218, 116966. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116966>
  25. Vanderauwera J, Wouters J, Vandermosten M, Ghesquière P. Early dynamics of white matter deficits in children developing dyslexia. *Dev Cogn Neurosci.* 2017; 27, 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.08.003>
  26. Powers S, Wang Y, Sideridis G, Gaab N. Examining the relationship between home literacy environment and neural correlates of phonological processing in beginning readers with and without a familial risk for dyslexia: an fMRI study. *Annals of Dyslexia.* 2016.
  27. Connor CM, Morrison FJ, Fishman B, Crowe EC, Al Otaiba S, Schatschneider C. A longitudinal cluster-randomized controlled study on the accumulating effects of individualized literacy instruction on students' reading from first through third grade. *Psychological Science.* 2013; 24(8), 1408-1419. <https://doi.org/10.1177/0956797612472204>.
  28. Catts, H. W., Nielsen, D. C., Bridges, M. S., Liu, Y. S., & Bontempo, D. E. (2015). Early identification of reading disabilities within an RTI framework. *Journal of learning disabilities, 48(3), 281-297.*
  29. Denton CA, Wexler J, Vaughn S, Bryan D. Intervention Provided to Linguistically Diverse Middle School Students with Severe Reading Difficulties. *Learn Disabil Res Pract.* 2008.
  30. Connor CM, Piasta SB, Fishman B, Glasney S, Schatschneider C, Crowe E, Underwood P Morrison FJ. Individualizing Student Instruction Precisely: Effects of Child by Instruction Interactions on First Graders' Literacy Development. *Child Development.* 2009; 80(1), 77-100.
  31. Denton CA, Mathes PG, Swanson E, Nimon K, Kethley C. Effectiveness of a Supplemental Early Reading Intervention Scaled Up in Multiple Schools. *Exceptional Children.* 2010; 76(4), 394-416.
  32. Shaywitz SE, Morris R, Shaywitz BA. The education of dyslexic children from childhood to young adulthood. *Annual review of psychology.* 2008.
  33. Flynn LJ, Zheng X, Swanson HL. Instructing struggling older readers: A selective meta-analysis of intervention research. *Learning Disabilities Research & Practice.* 2012; 27(1).
  34. Myers CA, Vandermosten M, Farris EA, Hancock R, Gimenez P, Black JM, et al. White matter morphometric changes uniquely predict children's reading acquisition. *Psychol. Sci.* 2014; 25(10), 1870-1883. <https://doi.org/10.1177/0956797614544511>