

## Aportaciones de la neurociencia al tratamiento educativo de las dificultades de lectura.

Carmen López Escribano y Víctor Santiuste Bermejo  
Dpto. Psicología Evolutiva y de la Educación  
Universidad Complutense de Madrid

*Resumen: En este artículo se presenta una evolución histórica del estudio del cerebro como sede de la inteligencia y otros aspectos del comportamiento humano, desde Hipócrates y Alcmeon de Crotona, hasta nuestros días. En este recorrido histórico, se explican brevemente las tesis de Bell, Magendie, Flourens, Galvani y los trabajos de J.F. Gall. Se subraya la importancia de la neurona y las redes neuronales como base de las funciones mentales, en las cuales los factores externos y la experiencia del individuo juegan un papel fundamental. De este modo se produce una influencia recíproca y una interacción continua y mutua entre desarrollo físico del cerebro y aprendizaje. El aprendizaje se basa en el cerebro, al igual que la enseñanza. Los estímulos que un profesor utiliza (instrucciones, repeticiones, lecturas, memoria, solución de problemas) interactúan de forma muy compleja con la arquitectura neuronal de los alumnos y con los procesos de computación del cerebro de los sujetos, haciendo que se produzca cambios en sus cerebros. Finalmente, se describen cinco estudios, muy actuales, de neuroimagen que analizan la efectividad de tratamientos educativos para la recuperación de las dificultades de lectura. Estos estudios han investigado la relación directa entre ciertos métodos educativos para mejorar las dificultades lectoras y la activación cerebral específica que estos métodos producen en el cerebro del niño con dislexia. Posiblemente en un futuro estos estudios podrán ofrecer métodos para la identificación temprana y el tratamiento adecuado de las dificultades de lectura. Palabras Clave: Dislexia, dificultades de lectura, neuroimagen, neurociencia.*

*Abstract: This paper presents a historical view of the study of the brain and its relationship to intelligence, and human behavior, from Hipocrates and Alcmeon of Crotona to present days. This historical view briefly contemplates the thesis of Bell, Mangedie, Flourens, Galvani, and Gall. The importance of the neuron, neural networks, and environment is highlighted. These general principle of nature-nurture interactions means that the brain is both an independent (causal) variable and a dependent (outcome) variable. That is, brain is an organ that allows an organism to act on the environment and that can be changed in constrained ways as the organism interacts with the environment. In this way, teacher are an important influence on the nurture side of the nature-nurture interaction for learning. Finally, five functional neuroimaging studies, that have been published recently, are presented. These studies showed that neural deficits*

*in children with reading difficulties are ameliorated by behavioral remediations. These investigations examined whether phonologically-based interventions ameliorated the dysfunctional neural mechanisms in children with dyslexia. Probably, in the future these studies will be a useful way to early identification and treatment of reading difficulties.*

*Key words: Dyslexia, learning disabilities, neuroimaging, neuroscience.*

## Introducción

La neurociencia, que une neurología, psicología y biología en el estudio de cómo aprende y recuerda el cerebro, ha fascinado desde hace tiempo a psicólogos y educadores, que han perseguido revolucionar la práctica de la enseñanza con resultados de la investigación neurocientífica.

Las tesis de Hipócrates, compartidas por el médico griego Alcmeon de Crotona y continuadas por Galeno establecieron el valor de la actividad cerebral como sede de la inteligencia, de las sensaciones y del control de movimientos. Sin embargo, toda la historia greco-latina y medieval descuidaron el valor del cerebro siguiendo las teorías de Aristóteles.

A partir del siglo XIX, siguiendo los trabajos de Bell, Magendie, Flourens, Galvani y, sobre todo, los trabajos de J.F. Gall que inauguraron el localizacionismo cerebral, se comienzan a conocer las lesiones cerebrales que afectan a las sensaciones y la comunicación a través de los nervios, las distintas partes del cerebro y su funcionamiento como sistema (Bears, Connors & Paradiso, 2002).

Todas las propiedades cognitivas emergen de la conexión de redes neuronales, la neurona genera un potencial de acción que se transmite por el axón a otra neurona, gracias a la propiedad de individualidad funcional de la neurona.

Las conexiones que forman las redes neuronales, la sinapsis y la función aditiva entre los estímulos neuronales, basados en el potencial de acción neuronal explican la complejidad interpretativa de las funciones mentales que desarrollan esas redes neuronales, por otra parte especializadas en el discernimiento de sonidos, de contornos procedentes del mundo físico.

Específicamente las conexiones neuronales propias de los humanos aparecen en el neurocortex, estructura donde se localizan las funciones cognitivas, las relaciones sociales y el control emocional. Aplicando técnicas de imaginería cerebral (Positron Emission Tomography y Functional Magnetic Resonance Imaging) se han localizado, igualmente, funciones mnemónicas y se ha comprobado que en el curso de la conducta, del lenguaje y del razonamiento, esta región del neocortex induce y mantiene la activación de las redes de memoria del pasado para ordenar la información sensorial y los actos presentes hacia objetivos en el próximo futuro (Fuster, 2003).

Las nuevas investigaciones sobre el cerebro han superado el viejo concepto de un cerebro estático y hacen referencia a la actividad cerebral basada en las conexiones sinápticas que se producen a partir de las referencias al mundo exterior del sujeto. Kotulak (1997) describe así esta situación “el cerebro no es un órgano estático; es una masa de conexiones

celulares en constante cambio y que está afectada profundamente por la experiencia y que tiene la clave en la inteligencia humana”.

La educación, el ejercicio, el estudio y la lectura ayudan al desarrollo del cerebro. Los ambientes enriquecidos, la estimulación temprana, el entrenamiento y los desarrollos ambientales producen cambios físicos en el cerebro.

En resumen, un acercamiento a la explicación física del cerebro nos dice que está compuesto por miles de millones de unidades simples, las neuronas, y miles de millones de conexiones igualmente simples, y que el comportamiento, la psicología, el pensamiento, la personalidad, todo lo que llamamos mental, en suma, se origina en las interacciones locales de esas simples unidades y esas simples conexiones.

El aprendizaje se basa en el cerebro, al igual que la enseñanza. Los estímulos que un profesor utiliza (instrucciones, repeticiones, lecturas, memoria, solución de problemas) interactúan de forma muy compleja con la arquitectura neuronal de los alumnos y con los procesos de computación del cerebro de los sujetos, haciendo que se produzca cambios en sus cerebros.

La pedagogía actual, orientada sobre bases más científicas, ha recurrido a otras disciplinas que la ayudan en el conocimiento integral del individuo, tales como la Psicología y la Neurología. Sólo así es posible comprender el porqué de los errores del niño, el porqué de sus dificultades de aprendizaje y las fuerzas internas que mueven su conducta. La psicología actual debe, tiene necesidad de acudir a la Ciencia Biológica. Al analizar las causas biológicas por las que un niño no puede aprender a leer y a escribir nos encontramos básicamente con la existencia de capacidades lingüísticas cerebrales deficientes (Santiuste, 2000).

La psicología cognitiva en combinación con la imagen cerebral y la recogida de datos nos permitirá observar como el aprendizaje y la instrucción alteren los circuitos cerebrales. Esto nos permitirá ver y comparar los cambios que produce un aprendizaje. La plasticidad cerebral es la capacidad para producir nuevos circuitos neuronales gracias a la estimulación mental. El alimento para el cerebro es la educación, que actúa en doble sentido: biológicamente, estableciendo más conexiones neuronales cuanto más se aprenda y memorice y conductualmente promoviendo valores y actitudes positivas acerca de la salud o la autoestima (Santiuste, 2000).

Los trabajos futuros harán posible observar la actividad cerebral que sustenta las interacciones que se producen entre los estímulos utilizados por el profesor y el tipo de aprendizaje que se produce en el alumno. Aunque todavía estamos lejos de tener datos objetivos de esta activación cerebral.

No obstante, en la actualidad el área del desarrollo de la lectura ofrece un potencial considerable para la colaboración entre educadores y neurocientíficos. Los neurocientíficos han comenzado a evaluar la eficacia de ciertos programas de intervención educativa para el tratamiento de las dificultades de lectura. De este modo, quizás en un futuro no muy lejano, se podrían difundir y utilizar ampliamente intervenciones educativas basadas en la investigación neurocientífica (López-Escribano, 2007).

Hasta la fecha se han publicado cinco estudios de neuroimagen que analizan la efectividad de tratamientos educativos para la recuperación de las dificultades de lectura. Estos estudios han investigado la relación directa entre ciertos métodos educativos para mejorar las dificultades de lectura y la activación cerebral específica que estos métodos producen en el cerebro del niño con dislexia. Se trata de estudios en los que se toman imágenes funcionales de cómo el cerebro de niños con dislexia procesa la lectura, para posteriormente ofrecer a estos niños un tratamiento educativo intensivo. Después de la realización de este tratamiento, se vuelven a tomar imágenes funcionales del cerebro de estos niños durante el procesamiento de la lectura y se comparan con las realizadas antes del tratamiento. El objetivo es comprobar si un tratamiento educativo intensivo produce un efecto *normalizador* en la activación de los circuitos cerebrales disfuncionales en la dislexia.

A continuación explicaremos con detalle cada uno de estos estudios. Para finalizar presentaremos las conclusiones sobre este nuevo campo de estudio.

Son estudios que comienzan, pero imprescindibles de conocer para los educadores, en este sentido, este artículo pretende dar un paso más en la determinación de las necesidades que tenemos desde el campo educativo para ayudar a nuestros alumnos con dificultades, en último término para elevar el nivel cualitativo de la escuela, que es de la misma sociedad (Santiuste & Beltrán, 2000)

#### Primer estudio (Simos *et al.*, 2002)

El primer estudio de este tipo fue publicado en 2002 por Simos y sus colaboradores. El objetivo de este estudio fue examinar los cambios en los perfiles de activación cerebral espacio-temporal producidos por un tratamiento intensivo de intervención educativa en niños con dislexia.

Los autores obtuvieron imágenes cerebrales de fuentes magnéticas durante una tarea de lectura de pseudopalabras realizada a ocho niños (de 7 a 17 años) antes y después de la aplicación de 80 horas de tratamiento educativo intensivo. Todos estos niños habían sido diagnosticados inicialmente con dislexia, todos ellos mostraban dificultades severas en el reconocimiento de palabras y procesamiento fonológico. Otros ocho niños que nunca habían manifestado dificultades en la lectura también fueron escaneados en dos ocasiones separadas en un intervalo de dos meses.

El tratamiento educativo realizado consistió en la aplicación de un programa denominado Phono-Graphic (Read America, Orlando, FL) este programa se aplicó a seis de los ocho participantes. Los otros dos niños fueron tratados con un programa diferente denominado Lindamood Phonemic Sequencing (Lindamood-Bell, San Luis Obispo, CA). Se eligieron estos programas porque su efectividad en la mejora de las dificultades de lectura está bien documentada en la literatura (Torgesen, Wagner, & Rashotte, 1999; Torgesen, Alexander, Wagner *et al.*, 2001). Su valor resultó claramente evidente en el estudio que estamos comentando. Antes de la intervención educativa con estos programas, todos los niños presentaban una puntuación extremadamente baja en medidas de decodificación fonológica, seis niños puntuaban por debajo del percentil 3, y los otros dos se situaban en los percentiles 13 y 18. Las puntuaciones después del tratamiento mejoraron considerablemente, los niños presentaron puntuaciones entre los percentiles 38 al 60.

No solamente mejoró la puntuación de estos niños en medidas de decodificación fonológica, si no que además después de la intervención educativa, su patrón de activación cerebral también presentaba un aspecto más normalizado.

Antes de la intervención educativa, todos los niños con dislexia mostraban perfiles de activación cerebral disfuncionales con escasa o ninguna activación en la porción posterior-superior del giro temporal, un área implicada normalmente en el procesamiento fonológico, y una activación incrementada en áreas correspondientes del hemisferio derecho. Después de la intervención se produjo una mejora significativa en la habilidad lectora, la actividad en la porción posterior-superior del giro temporal aumentó en cada participante. El perfil de activación cerebral de los niños sin dislexia no presentó variaciones en función del tiempo entre las dos pruebas realizadas.

Estos hallazgos sugieren que el déficit de organización funcional que subyace a la dislexia puede ser revertido después de una intervención educativa intensiva. La principal conclusión de este estudio es que la activación cerebral en la dislexia llega a normalizarse después de un tratamiento educativo específico e intensivo de tipo fonológico.

#### Segundo estudio (Temple *et al.*, 2003)

El segundo estudio fue publicado en 2003 por Temple y sus colaboradores. Los autores de este estudio creen que la dislexia se debe a un déficit de procesamiento auditivo rápido. Por lo tanto el tratamiento educativo, en esta investigación, está basado en la estimulación auditiva.

El objetivo de este estudio fue examinar si la intervención educativa basada en el entrenamiento auditivo mejora los mecanismos neuronales disfuncionales en niños con dislexia. Los autores de este estudio utilizaron imagen de resonancia magnética funcional (IRMF) en 20 niños con dislexia de edades comprendidas entre los 8 y 12 años. A través de esta tecnología obtuvieron imágenes cerebrales durante tareas de procesamiento fonológico antes y después de la utilización de un programa educativo para remediar estas dificultades en los niños con dislexia.

El programa educativo utilizado en esta investigación fue el Fast ForWord Language (Scientific Learning Corporation, Oakland, CA). En este caso se trata de una intervención por ordenador que se compone de siete ejercicios adaptados y diseñados para mejorar el procesamiento auditivo y lingüístico utilizando sonidos no-lingüísticos y discursos acústicamente modificados (las transiciones y frecuencia rápida del discurso es amplificada y se hace más lenta).

A continuación presentamos una descripción general de los siete ejercicios utilizados. El primero, *Circus Sequence* implica la discriminación entre secuencias de dos sonidos breves y sucesivos. El segundo, *Old MacDonald's Flying Farm* implica distinguir entre el cambio de sonido de diferentes fonemas. El tercero, *Phoneme Identification* implica la identificación de fonemas específicos de series consonante-vocal (CV) y vocal-consonante-vocal (VCV). El cuarto, *Phonic Match* implica encontrar las correspondencias CV en estructuras simples de palabras. El quinto, *Phonic Word* implica distinguir entre palabras que difieren sólo en la consonante inicial o final, identificando cuál es la palabra escuchada en dos dibujos presentados. El sexto, *Block Commander* implica seguir instrucciones que aumentan en

amplitud y/o complejidad gramática. Por último el séptimo, Language Comprehension Builder, implica distinguir 40 clases de estructuras y normas gramaticales.

Los niños fueron entrenados en estos ejercicios 100 minutos al día, 5 días a la semana, con una media de 30 días de entrenamiento.

Los resultados mostraron una mejora en el lenguaje oral y en la lectura. Fisiológicamente, los niños con dislexia incrementaron su activación cerebral en múltiples áreas cerebrales. Este incremento ocurrió en el cortex temporo-parietal izquierdo y en el giro frontal izquierdo, presentado una activación cerebral en estas regiones similar a la que presentan los niños sin problemas de lectura.

Un incremento de la activación cerebral se observó también en regiones frontales y temporales del hemisferio derecho.

Los niños con dislexia mostraron una correlación entre la magnitud del incremento de activación en el cortex temporo-parietal y la mejora en la habilidad del lenguaje oral.

Estos resultados sugieren una mejora parcial en los déficits de procesamiento del lenguaje oral, resultando en una mejora en la lectura; y una mejora en la disfunción de las regiones del cerebro asociadas al procesamiento fonológico. También se observó que el citado programa producía un efecto de compensación adicional en otras regiones cerebrales.

#### Tercer estudio (Shaywitz *et al.*, 2004)

Shaywitz y sus colaboradores, ponen de manifiesto, en este estudio, publicado en el 2004, que la intervención de tipo fonológico mejora el perfil cerebral disfuncional de un grupo de niños de 6 a 9 años con dificultades en la lectura.

En este estudio también se utilizó la técnica de IRMF para comprobar los efectos de una intervención de tipo fonológico en los patrones de organización cerebral y la fluidez lectora de 77 niños con edades comprendidas entre los 6 y 9 años (49 de ellos con dificultades lectoras y 28 de grupo control). Con estos niños se formaron tres grupos experimentales: grupo de intervención experimental (n=37), grupo de intervención comunitaria (n=12), y grupo control (n=28).

La intervención experimental (Blachman *et al.*, 2003) fue aplicada a niños con dificultades de lectura en los mismos colegios donde cursaban sus estudios que estaban localizados en y alrededor de la ciudad de Syracuse, en New York.

Estos niños recibían diariamente 50 minutos de intervención individual, cuyo objetivo fundamental fue hacer explícito el principio alfabético (cómo las letras y combinaciones de letras representan pequeños segmentos del lenguaje hablado). Se ha demostrado que el conocimiento del principio alfabético mejora el reconocimiento de palabras, llegando a ser más preciso y fluido, habilidad crítica para la comprensión lectora (Snow *et al.*, 1998). De este modo la intervención estuvo basada en proporcionar oportunidades diarias para integrar la habilidad de reconocimiento de palabras con la lectura de textos, con el objetivo de mejorar la fluidez y comprensión lectoras. Cada lección estaba basada en un plan de cinco pasos que

incluía (1) una revisión de las asociaciones sonido-símbolo; (2) práctica en el análisis y combinación de los fonemas a través de la manipulación de tarjetas con letras para formar nuevas palabras; (3) lectura cronometrada de palabras aprendidas previamente para mejorar la fluidez lectora; (4) lectura oral de historias, y (5) dictado de palabras con ortografía regular. En los últimos minutos de cada clase, el profesor podía añadir actividades, como lectura adicional de textos, escritura o juegos. Los niños recibieron 8 meses de intervención entre la administración del pre-test a finales de septiembre y el post-test a finales de mayo.

La intervención comunitaria se aplicó también a niños con dificultades de lectura. En este caso recibieron una variedad de intervenciones que los colegios aplican normalmente en el tratamiento de niños con problemas de lectura. Este tipo de intervenciones se aplicaba entre 1 a 4 días a la semana, dependiendo del centro, y duraba entre 15 y 50 minutos. En este caso las intervenciones no fueron explícitamente de carácter fonológico comparables a la intervención experimental.

A los niños de los tres grupos se les realizó un escáner cerebral utilizando la técnica IRMF antes e inmediatamente después de la intervención educativa. Solamente se les realizó la IRMF después del tratamiento, a 25 niños del grupo control experimental, dos niños del grupo comunitario, y dos niños del grupo control.

Los resultados mostraron que los niños que recibieron la intervención experimental presentaron un progreso significativo en la fluidez lectora y un incremento de activación cerebral en regiones del hemisferio izquierdo. Estos datos indican que la naturaleza de la intervención educativa es crítica para mejorar con éxito las dificultades de lectura y que el uso de programas de carácter fonológico facilita el desarrollo de los sistemas neuronales implicados en la lectura.

#### Cuarto estudio (Simos *et al.*, 2007)

Simos y su grupo de trabajo, estudiaron en el 2007, un grupo niños de 7 a 9 años con dificultades persistentes en la lectura a pesar de haber recibido instrucción adecuada e intensiva. Estos estudiantes de riesgo fueron asignados aleatoriamente a tres programas diferentes de intervención en lectura en el primer curso, dependiendo de la respuesta a estas intervenciones, después del primer curso se asignó a 27 de ellos a una intervención intensiva. Estos 27 estudiantes que no respondieron a la intervención que fue efectiva para la mayoría de sus compañeros, recibieron un programa intensivo durante 16 semanas basado en habilidades de decodificación y fluidez lectora. La intervención en decodificación fue proporcionada durante 2 horas cada día, durante 8 de las 16 semanas y estaba basada en el programa Phono-Graphix (McGuinness & McGuinness, 1996). La intervención en decodificación siguió a la citada intervención en fluidez y se realizó durante cuatro horas diarias en las restantes 8 semanas, estuvo basada en el programa Read Naturally (Ihnot, Mastoff, Gavin, & Hendrickson, 2001). Estas 16 semanas de intervención resultaron en una mejora significativa de la decodificación, fluidez y comprensión lectora.

Se realizaron también escáneres cerebrales, en este caso utilizando Magnetoencefalografía (MEG), antes y después de la intervención educativa. Los resultados mostraron cambios en la activación cerebral, presentando un patrón más normalizado. Estos hallazgos extienden resultados previos que demuestran cambios significativos en el perfil de

activación espaciotemporal asociados con la lectura de palabras en respuesta a la intervención en la lectura.

#### Quinto estudio (Richards & Berninger, 2008)

Por último, el quinto estudio (Richards & Berninger, 2008) fue realizado con 18 niños con dislexia y 21 niños sin dificultades lectoras. En este estudio se obtuvieron imágenes cerebrales de todos los participantes utilizando la técnica de IRMF antes y después del tratamiento educativo intensivo para la mejora de las dificultades de lectura.

En esta investigación el tratamiento consistió en un programa intensivo de 3 semanas de duración basado en la instrucción explícita de la conciencia lingüística, principio alfabético (asociación grafema-fonema), decodificación, deletreo de palabras y por último un taller de escritura (Berninger *et al.*, 2007).

Los resultados de este estudio sugieren que los niños con dislexia difieren de los niños sin dislexia en la coordinación temporal de regiones cerebrales implicadas en tareas de procesamiento fonológico. Antes de la intervención educativa se encontró entre los dos grupos de participantes (con y sin dislexia) una diferencia significativa en la conectividad del giro frontal izquierdo y sus correlaciones con los giros frontales medios derecho e izquierdo. Después del tratamiento educativo, los niños con dislexia, que participaron en las tres semanas de tratamiento, no diferían de los niños sin dislexia en ninguno de los clusters que mostraban estas diferencias. Los resultados de este estudio sugiere que la conectividad funcional, y no solamente las regiones de interés, pueden normalizarse después de un tratamiento educativo intensivo.

#### Conclusiones

Los resultados de estos estudios tienen implicaciones importantes para la educación ya que sugieren que los sistemas neurológicos de la lectura son plásticos y pueden ser modificados mediante la experiencia y la educación. Desde el punto de vista educativo las implicaciones son claras, la intervención parece desempeñar un rol significativo en el desarrollo de los sistemas neurológicos especializados en la lectura eficiente.

Los programas con actividades basadas en el procesamiento fonológico han mostrado ser efectivos tanto en el ámbito educativo como clínico. Las dificultades de procesamiento fonológico pueden modificarse con este tipo de intervenciones educativas.

Los nuevos descubrimientos abren caminos hacia una mayor colaboración entre educadores y neurocientíficos. Se necesitan más puentes entre la investigación básica en neurociencia y en educación y los mitos deben ser desterrados. Bruer (1997) fue uno de los primeros en poner de relieve la importancia de establecer puentes entre neurociencia y educación, en un provocativo artículo subtítulo "a bridge too far?" (¿un puente demasiado lejos?) donde sugirió que los psicólogos cognitivos podrían ser los que establezcan los vínculos necesarios entre estas dos campos del saber humano. También puso de relieve que, la neurociencia ha avanzado mucho sobre el conocimiento de las neuronas y la sinapsis, pero todavía no ha aprendido lo suficiente para guiar la práctica educativa de forma significativa.

Sin embargo, el potencial de los estudios de neurociencia para realizar claras contribuciones a la educación es excitante. La colaboración entre neurociencia y educación se hace cada día más necesaria. Posiblemente en un futuro estos estudios podrán ofrecer métodos precisos para la identificación temprana y el tratamiento adecuado de dificultades lectoras.

---

#### Referencias

- Bear, M.F., Connors, B.E. y Paradiso, M. (2002). *Neurociencia. Explorando el cerebro*. Barcelona: Masson.
- Berninger, V., Winn, V., Stock, P., Abbott, R., Eschen, K., Lin, C. *et al.* (2007). *Tier 3 specialized writing instruction for students with dyslexia. Reading and Writing*. An Interdisciplinary Journal. Printed Springer On Line. May 15, 2007.
- Blachman, B.A., Schatschneider, C., Fletcher, J.M., & Clonan, S.M. (2003). Early reading intervention: A classroom prevention study and a remedial study. En: B.R., Foorman (ed.), *Preventing and remediating reading difficulties: Bringing science to scale*. Timonium, MD: York Press, 253-271.
- Bruer, J.T. (1997). Education and the brain: a bridge too far? *Educational Researcher*, 26(8), 4-16.
- Fuster, J.M. (2003). *Funciones integrativas de la corteza prefrontal*. Curso El Escorial. UCM.
- Ihnot, C., Mastoff, J., Gavin, J., & Hendrickson, L. (2001). *Read naturally*. St. Paul, MN: Read Naturally.
- Kotulak, R. (1997). *Inside the Brain*. Kansas City: Andrews McMeel Pu.
- López-Escribano, C. (2007). Contribuciones de la neurociencia al diagnóstico y tratamiento educativo de la dislexia de desarrollo. *Revista de Neurología*, 44(3), 173-180.
- McGuinness, C., McGuinness, D., & McGuinness, G. (1996). Phono-Graphix: A new method for remediating reading difficulties. *Annals of Dyslexia*, 46, 73-96.
- Richards, T.L. & Berninger, V.W. (2008). Abnormal fMRI connectivity in children with dyslexia during a phoneme task: Before but not after treatment. *Journal of Neurolinguistics*, 21, 294-304.
- Santiuste, V. (1991). *Hijos con problemas de lenguaje*. Madrid: CEAC.
- Santiuste, V. (2000). Biología, lenguaje y dificultades de aprendizaje. *Revista de Educación*, 321, 199-213.
- Santiuste, V. y Beltrán, J. (2000). *Dificultades de aprendizaje*. Madrid: Síntesis.
- Shaywitz B., Shaywitz S., Blachman B., Pugh K.R., Fulbright R., Skudlarski P., *et al.* (2004). Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically-based intervention. *Biol. Psychiatry*, 55, 926-933.
- Simos P.G., Fletcher J.M., Bergman E, Breier JI, Foorman BR, Castillo EM, *et al.* (2002). Dyslexia-specific brain activation profile becomes normal following successful remedial training. *Neurology*, 58, 1203-1213.
- Simos, P.G., Fletcher, J.M., Sarkari, S., Billingsley-Marshall, R., Denton, C.A., Papanicolau, A.C. (2007). Intensive instruction affects brain magnetic activity associated with oral word reading in children with persistent reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 40 (4), 37-48.
- Snow, C., Burns, M., Griffin, P. (1998). *Preventing reading difficulties in young children*. Washington, DC: National Academy Press.

- Temple E., Deutsch G.K., Poldrack R.A., Miller S.L., Tallal P., Merzenich M., *et al.* (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003, *100*, 2860-2866.
- Torgesen, J.K., Alexander, A.W., Wagner, R.K., *et al.* (2001). Intensive remedial instruction for children with severe reading disabilities: Immediate and long-term outcomes from two instructional approaches. *Journal of Learning Disabilities*, *34*, 33-58.
- Torgesen, J.K., Wagner, R.K., & Rashotte C.A. *et al.* (1999). Preventing reading failure in young children with phonological processing disabilities: group and individual responses to instruction. *Journal of Educational Psychology*, *91*, 579-593.