

4. Dislexia fonológica

Autor: Jorge Rubén Lorenzo

Profesor Auxiliar

Cátedra de Estadística y Sistemas de Información

Escuela de Ciencias de la Educación

Facultad de Filosofía y Humanidades

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen:

En esta monografía presentamos algunas cuestiones fundamentales relacionadas a un subtipo de dislexia, llamada dislexia fonológica. Se muestran los principales aspectos que hacen a la detección de los fonemas en el lenguaje, y la manera en que la conciencia fonológica interviene primero en la adquisición del lenguaje y luego en la lectura. Se repasa también los principales aspectos relacionados a los mecanismos neurocognitivos implicados en la dislexia fonológica.

Palabras Claves: dislexia fonológica, paradigma cognitivo, conciencia fonológica, Modelo fonológico, aprendizaje de la lectura.

Comentario: Esta monografía fue escrita como una forma de divulgación de los resultados de un proyecto de investigación sobre los aspectos cognitivos básicos relacionados al aprendizaje de la lectura, el cual estuvo vigente desde el año 1999 hasta el 2006. Dicho proyecto estuvo radicado en el Área Educación del Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades (CIFYH); y dirigido por el autor.

Destinatario: se consideran posibles destinatarios de esta obra principalmente aquellas personas que actualmente están investigando en la temática. Sin embargo, también puede ser de utilidad para docentes de nivel inicial, especialmente aquellos interesados en ampliar su conocimiento sobre trastornos de aprendizaje en general y de lectura en particular. Otros

destinatarios posibles son alumnos interesados en encontrar tema de investigación para su trabajo final en carreras de grado como psicología o ciencias de la educación.

Nivel educativo: nivel inicial y superior, educación especial.

Introducción

Se llama dislexia fonológica al trastorno en lectura cuya principal manifestación es la incapacidad de reconocer la dependencia entre la estructura fónica y ortográfica de las palabras. El rasgo sobresaliente en este caso es la imposibilidad que manifiestan los individuos para manipular los fonemas en las palabras cuando estas son presentadas oralmente. Esto, condiciona la aptitud para establecer las correctas asociaciones entre grafemas y fonemas, siguiendo los principios del código alfabético. Las personas tienen serios trastornos para leer palabras poco conocidas o pseudopalabras, dado que para ese tipo de estímulos es necesario realizar un análisis y síntesis de los elementos fónicos constitutivos. Cabe decir entonces que este tipo de trastorno en la lectura está condicionado por un escaso desarrollo de la capacidad de discriminar y manipular esas parcelas del lenguaje.

En un extenso trabajo realizado por Strange y Jenkins (1978), se señala que los procesos auditivos representan el modo sensorial primario por medio del cual es aprendido el lenguaje. Los fonemas son los segmentos funcionales más pequeños y con sentido, y su combinatoria permite representar toda la gama de sonidos posibles del habla. No todos los fonemas son sencillos de diferenciar ya que su duración varía considerablemente, cuestión que puede demostrarse tratando de hacer sonar las siguientes letras: /a/; /f/ /t/. Se puede observar que las vocales son los fonemas de mayor sonoridad; en comparación, las consonantes fricativas se asemejan al sonido vocálico, mientras que las oclusivas tienen una sonoridad muy breve. Se desprende que la particularidad de cada fonema depende de su lugar de articulación, lo cual define la modulación de la onda sonora que atraviesa el tracto vocal, produciendo la señal acústica que interpretamos como habla.

Esta señal está altamente estructurada en un continuo sonoro, y no existe una correspondencia uno a uno entre segmentos temporales en la señal acústica del lenguaje y los segmentos fonémicos durante la pronunciación; en otras palabras, éstos están distribuidos en el curso temporal de la señal (Strange y Jenkins, 1978). Por lo tanto, la segregación de las parcelas en las que puede ser dividido en lenguaje, ya sean sílabas, unidades intrasílabas y fonemas, depende de mecanismos perceptivos acoplados con procesos cognitivos especialmente adaptados para esa información.

La parcela menor a la palabra que puede ser reconocida naturalmente es la sílaba, y se la ha utilizado para el estudio de unidades fónicas menores. El paradigma VOT (por *voice onset time*), sirve para recortar parámetros específicos de la información correspondiente a los fonemas, utilizando la sílaba como señal acústica continua (Strange y Jenkins, 1978). La sílaba es procesada por un espectrógrafo de sonido, aparato que copia la señal acústica y la divide en continuos ortogonales de frecuencia por tiempo. En la espectrografía se codifica la cantidad de energía sonora en una región particular del intervalo de frecuencia de la sílaba. Mediante este soporte técnico se ha podido comprobar que la información relativa a los fonemas, se relaciona con concentraciones de energía en amplias bandas de frecuencias que se modulan rápidamente en el tiempo, producto de los cambios de resonancia en el tracto vocal. En estas bandas de frecuencias se ha podido recortar lo que se ha denominado *formantes*, que se definen como el cúmulo de energía de cualquiera de las ondas de sonido que caracteriza un fonema determinado. Utilizando el paradigma VOT, en diversos estudios se ha demostrado que:

- los formantes contienen la mayor parte de la información importante para la identificación de los fonemas y los cambios producidos sobre los formantes en el tiempo caracterizan la señal acústica del lenguaje,
- las consonantes se asocian a discontinuidades en la señal acústica, específicamente a cambios en la continuidad de los formantes, llamados *transiciones*,
- las transiciones asociadas a las consonantes asumen la forma de breves estallidos de sonidos (*burst noise*). Las vocales en cambio, se asocian a configuraciones estables en los formantes (*steady-state formant*),

- la diferencia en la forma de articulación señala la velocidad de la transición entre formantes; de este modo, las consonantes oclusivas (v.g. /p/) se caracterizan por transiciones muy rápidas (+/- 40 ms.), mientras que las consonantes fricativas (v.g. /s/) se caracterizan por transiciones más lentas (+/- 100 ms.),
- las diferencias entre las consonantes radica en el lugar de articulación y la dirección y longitud de la transición¹.

Procesamiento fonológico y adquisición del lenguaje

La agudeza perceptiva para los formantes y sus transiciones, determina la capacidad de procesamiento de la información contenida en el habla. Diversos estudios han mostrado que existen programas genéticos que predisponen al organismo en esa dirección, con el solo requisito de ser expuestos a un ambiente lingüístico apropiado. Por ejemplo, Colombo y Bundy (1983), mostraron que los bebés de unas pocas semanas, son capaces de diferenciar las melodías de las voces. Mehler, Bertoncini, Barriere y Jassik-Gerschenfeld (1978), demostraron que los infantes de menos de tres meses discriminan la voz materna de la de un extraño y muestran una marcada preferencia por la primera. Estudios posteriores demostraron que esta preferencia por la voz materna se produce a los pocos días después del nacimiento (DeCasper y Fifer, 1980).

Esta atracción que sienten los bebés por la voz humana, es lo que les permite filtrar los ruidos que no corresponden con ese estímulo y así aprenden a reconocer la entonación y la prosodia de su lengua materna. A raíz de ello, se ha propuesto que la temprana exposición a la voz de la madre en el útero, es el estímulo original a partir del cual pueden determinar las regularidades de la lengua natal (Mehler y Dupoux, 1990). En este sentido, Hirsch-Pasek, Kelmer, Nelson, Jusczyk, Wright, Druss y Kenedy (1987), mostraron que mucho antes de saber hablar los bebés son sensibles a los contornos de entonación de una oración. En ese estudio se encontró que los bebés reaccionaron diferencialmente a la forma en que se situaban las pausas en los enunciados, teniendo preferencia por las segmentaciones que correspondían a la correcta articulación (resultados similares fueron reportados por Spence y DeCasper, 1987).

¹ Para una revisión de puede consultarse, Bronzone, 1980.

Así como los infantes pueden hacer importantes discriminaciones de los aspectos suprasegmentales del lenguaje, pueden hacerlo con los aspectos estructurales. En tal sentido, Bertoncini y Mehler (1981), comprobaron que los bebés de pocas semanas podían discriminar sílabas (v.g. /pat/ y /tap/), aunque no demostraban la misma capacidad para la discriminación de fonemas (v.g. /pat/ /bat/). Por su parte, Lundberg, Frost y Petersen (1988), comprobaron que a partir de los nueve meses los infantes son capaces de discriminar fonemas en contrastes silábicos en su lengua natal. Estos resultados mostrarían que el reconocimiento de sílabas no requiere de aprendizaje; sería el mismo sistema auditivo el que es capaz de formar constancias perceptivas con las clases construidas de forma espontánea, dependiendo de los fonemas que las componen. Curiosamente la aptitud de para manipular prototipos sonoros de esta naturaleza no se ha encontrado en monos, lo que parece indicar que la percepción y la representación del habla son exclusividad de los humanos (para una revisión de estos experimentos véase Mehler Dupoux, 1990).

En resumen, las habilidades para el procesamiento del lenguaje evolucionan desde los cambios en la modulación del lenguaje y progresivamente se centra en los aspectos constitutivos de este. Así, el infante puede detectar diferencias globales en las configuraciones de las sílabas y luego diferencias puntuales marcadas por un fonema. Como ha señalado Mehler y Dupoux, (1990), esta característica es la que hace posible que un niño pueda adquirir toda la complejidad de significado de su lengua materna (para revisiones actualizadas véase Sussman, 2001).

El incremento del vocabulario, hace que los mecanismos para detectar los contrastes entre las palabras se refinan progresivamente, dado que el léxico está construido principalmente por representaciones fónicas (Elliot, Scholl, Grant, y Hamer, 1990). Como se verá más adelante, esta particularidad es un pilar de la explicación de la dislexia fonológica.

Conciencia fonológica

La conciencia fonológica es una habilidad metalingüística que se refiere a la capacidad de reflexionar y manipular los aspectos estructurales del lenguaje hablado (Treiman 1991; Jiménez y Gonzales, 1995, para una revisión, véase Lorenzo 2001). Anteriormente se ha mostrado que la capacidad de percibir diferencias entre sílabas basadas en un fonema se

desarrolla en períodos muy tempranos, por lo menos antes que el infante alcance el primer año de vida. Sin embargo, esta facultad perceptiva fundamental para el aprendizaje del lenguaje, contrasta notoriamente con la capacidad de hacer explícito el conocimiento acerca de la estructura fónica de la lengua. Es en este sentido que la conciencia fonológica no debe ser confundida con las capacidades de análisis auditivo del lenguaje. Así pues, la conciencia fonológica se refiere a la habilidad necesaria para hacer explícito, y por tanto manipulable, el conocimiento que se emplea normalmente para expresarse y comprender el habla (Lewcowicz, 1980; Mörais, 1991; Lorenzo, 2001).

La conciencia fonológica se desarrolla progresivamente desde la sílaba al fonema. Para Treiman (1991), el niño adquiere conciencia primero de la sílaba como un componente en el que puede ser segmentada la palabra. Luego, toma conciencia de que en la misma sílaba existen otros componentes como el comienzo y la rima². Finalmente, se percata que las palabras están compuestas de unidades sonoras discretas que son los fonemas. Treiman (1991), al igual que Goswami y Bryant (1990), señalan que tanto las unidades intrasilábicas como los fonemas son particularmente difíciles de detectar si no hay un proceso de enseñanza mediador que pueda guiar la atención del niño hacia esas unidades.

La conciencia fonológica puede ser tratada como un conocimiento explícito de la estructura fónica de la lengua, y en este sentido, se han diseñado diferentes tareas para ponderar si un niño ha alcanzado un nivel óptimo en el desarrollo de esta capacidad (Leong, 1991; Morais, 1991). Adams (1990), ha diferenciado cinco niveles en las tareas que miden el grado de conciencia fonológica, las cuales clasificó de menor a mayor según su dificultad. Según el autor, las tareas de menor dificultad son: a) recordar rimas familiares, y b) reconocer y clasificar patrones de rima y aliteración en palabras. De mayor dificultad son las tareas de: c) recomposición de sílabas en palabras, d) separación de algún componente en la misma, y e) segmentación de palabras en fonemas y adición, omisión e inversión de fonemas, y producción de la palabra o pseudopalabras resultante.

² El comienzo es una parte integrante de la sílaba, compuesta por la consonante o conjunto de consonantes iniciales. La rima se forma con la vocal y las consonantes siguientes. A su vez, la rima se descompone en el núcleo vocálico y la coda.

Los diferentes estudios que han puesto en relación el rendimiento lector con el rendimiento en las tareas mencionadas, destacan que el desarrollo de la conciencia fonológica es un proceso fundante de la lectura.

Relación entre conciencia fonológica y lectura

Diversos estudios reportaron correlaciones significativas entre pruebas de habilidad lectora y de conciencia fonológica, demostrando que esta última capacidad está directamente implicada en el dominio del alfabeto (para una revisión véase Goswami y Bryant, 1990). En estudios posteriores se señaló que existe una relación bidireccional entre conciencia fonológica y lectura. En tal sentido, Fox (1994) destacó que el éxito en el aprendizaje de la lectura, está condicionado en parte por el nivel de conciencia fonológica alcanzado por el escolar, pero la instrucción recibida contribuye a incrementar la capacidad analítica del lenguaje oral (para una revisión ver Jimenez y Artiles, 1995).

La relación de facilitación mutua entre conciencia fonológica y lectura puede verificarse en la manera en que el niño va tomando progresivamente conciencia de las distintas unidades lingüísticas. Antes del aprendizaje de la lectura, los niños son sensibles a las relaciones entre sílabas y pueden categorizar las palabras en base a la rima. Esto les permitirá descubrir posteriormente, que las palabras escritas que riman tienen un patrón ortográfico semejante (v.g. Bata, Lata, Rata). Este conocimiento los capacita para hacer inferencias o analogías para descubrir estas invariantes en las nuevas palabras que aprende. Finalmente, con la instrucción sobre las reglas de conversión grafema-fonema, la conciencia fonológica recibe un estímulo adicional en su desarrollo (Goswami y Bryant, 1990). Es decir, si previo al aprendizaje del alfabeto, el niño puede detectar y aislar los fonemas en el dominio oral, comprenderá más fácilmente la relación que existe entre esos segmentos del lenguaje y las letras (Mörais y colaboradores, 1987).

Para Foorman y colaboradores (1991), el desarrollo de la conciencia fonológica debe preceder al aprendizaje de la lectura, para que el niño comprenda la representación del lenguaje por medio de símbolos. Al comprender esa relación, se respalda el desarrollo posterior de la conciencia fonológica. En su trabajo, los autores demostraron que antes de comenzar la instrucción formal, muchos niños podían aislar los fonemas iniciales y finales en las palabras, sin embargo la identificación de sonidos en la posición media les resulta

muy difícil. En este sentido, el aprendizaje de la lectura, les facilitó la identificación de esos sonidos, al permitirles manipular la imagen ortográfica de la palabra.

Jared y Seidemberg, (1991), al igual que Torgesen, Wagner y Rashotte (1994), han encontrado que las evaluaciones de las habilidades fonológicas, anteriores al aprendizaje de la lectura, permite anticipar el futuro rendimiento lector del escolar. Asimismo, otros estudios demostraron que los niños que recibieron entrenamiento en las habilidades de procesamiento fonológico, aprendieron a leer en menos tiempo que aquellos que no recibieron entrenamiento (Foorman y colaboradores, 1997; Torgesen, Morgan y Davis, 1992)

El método de enseñanza de la lectura también se relaciona con el desarrollo de la conciencia fonológica. En tal sentido, Ball (1993), entiende que los métodos analíticos que explicitan la relación entre grafemas y fonemas, incrementan la conciencia para los fonemas en el análisis de la imagen acústica de las palabras. Asimismo, mientras más transparente sea la lengua, mayor importancia tendrá la conciencia fonémica, y viceversa, cuanto menos transparente sea ésta, mayor importancia tendrá la conciencia intrasilábica (Jiménez, 1995). Por ejemplo, en idioma inglés la traducción grafo-fónica de muchas palabras produce regularizaciones de términos irregulares, que no tienen una pronunciación que pueda derivarse directamente de la conversión grafema-fonema. En tal sentido Juel (1988), señalan que para éste idioma, el niño debe desarrollar entradas al léxico que se basen en patrones de ortografía regular e irregular con respecto a la pronunciación. De este modo, durante el aprendizaje de la lectura la conciencia de la rima es de mayor utilidad para el dominio de lenguas opacas como el inglés.

Para Wagner y Torgesen (1987), la decodificación de palabras depende de diferentes capacidades relacionadas al procesamiento del fonema, que actúa como el conocimiento elemental referido a la discriminación de las unidades mínimas del lenguaje oral que componen las palabras. La recodificación fonológica, instala en la memoria operacional la imagen acústica de la palabra decodificada, luego de que la misma ha sido relacionada con su significado. Los experimentos de Isabel Liberman han demostrado que los niños devienen conscientes de la estructura fonológica del lenguaje entre los cuatro y seis años de edad. Esta autora desarrolló una de las tareas más utilizadas para evaluar el nivel de conciencia fonológica. En la misma se pedía a los escolares que informen la cantidad de

sonidos que contiene en una palabra dada. Los resultados de distintos experimentos, demostraron que ningún niño de cuatro años podía identificar el número exacto de fonemas, pero el 17% de los niños de cinco y el 70% de los escolares de seis años lo hicieron. Paralelamente, a la edad de seis años la mayoría de los niños ha iniciado su escolaridad la cual incluye la instrucción en lectura. Por lo tanto, el desarrollo de la conciencia fonológica apoya y se beneficia la instrucción recibida en lectura (para una revisión ver Liberman y Shankweiler, 1991).

Uno de los primeros trabajos que evidenciaron la relación entre conciencia fonológica y lectura, fue desarrollado por Bradley y Bryant (1983), quienes mostraron que el entrenamiento en conciencia fonológica mejora significativamente el rendimiento lector y es una medida que predice con éxito el futuro desempeño en lectura. Este trabajo junto con los realizados por Ball y Blachman (1991), Torgesen y colaboradores (1994) y Foorman, y colaboradores (1997) demuestran que el entrenamiento recibido en tareas que apoyan el desarrollo de la conciencia fonológica mejoran el rendimiento lector, tanto de individuos con problemas en esa capacidad como de aquellos que no evidencian dificultad. Posteriormente, los estudios de Stanovich y Siegel en los años 90', demostraron con claridad que el déficit fonológico es el marcador más significativo y consistente en la población de niños disléxicos (Siegel, 1992; Stanovich, 1994; Stanovich y Siegel, 1994). Dos pruebas en particular resultaron las más sensibles para la evaluación de la conciencia fonológica, el test de análisis auditivo y la lectura de pseudopalabras. Estas mediciones fueron las que mejor se relacionaron con la habilidad para la decodificación de palabras. Las autoras destacan que las ventajas de esas pruebas radica en que el rendimiento obtenido no se ve influido por factores tales como el vocabulario, la inteligencia y el razonamiento. Por su parte, Bruck (1992), demostró que el déficit fonológico no se supera sin la adecuada intervención y que aún con ella, puede persistir en la etapa adulta.

Mecanismos neurocognitivos implicados en la dislexia fonológica

Al igual que en la dislexia visoespacial, se han realizado diversos estudios para determinar los mecanismos que la predisponen. En su mayoría, los estudios han procedido a conformar

grupos contrastantes de niños, cuya principal diferencia radicaba en la capacidad lectora de palabras individuales y en tareas que implicaban en procesamiento fonológico. Una vez documentadas estas diferencias, se procedió a realizar un mapeo cerebral para confirmar si existían diferencias en las estructuras del cerebro encargadas de procesar la información auditiva y lingüística. En un artículo de Rumsey y colaboradores (2000), se compararon las imágenes del cerebro obtenidas mediante la técnica de resonancia magnética funcional (fMRI), entre niños disléxicos y lectores normales, durante tareas de procesamiento fonológico. Los resultados obtenidos revelaron que los lectores disléxicos mostraban una disminución del volumen del tejido cerebral del lóbulo temporal del hemisferio izquierdo, siendo las zonas afectadas el surco temporal superior (corteza auditiva primaria) y las zonas adyacentes. En menor medida, este grupo también presentaba diferencias estructurales y funcionales en la coyuntura de la región temporo–parieto–occipital del hemisferio izquierdo. En otro estudio similar, llevado a cabo por Simos y colaboradores (2000), se detectó una hipoactivación de las zonas temporo–parietales, producto de un patrón aberrante en la conectividad funcional de esas áreas. Análisis posteriores realizados en ese mismo estudio, revelaron que el grupo de lectores disléxicos alcanzaron rendimientos significativamente inferiores comparados con el grupo de lectores normales, en tareas de segmentación y omisión de fonemas.

Wood, Felton y Flowers (1991), estudiaron las propiedades del flujo regional sanguíneo del cerebro de lectores normales y disléxicos (estos últimos con un rendimiento significativamente inferior a sus controles en tareas fonológicas y de lectura de palabras). Los autores encontraron que, en comparación con los lectores normales, los niños disléxicos evidenciaban una activación atípica en la región temporal del hemisferio izquierdo, que estuvo asociada a una limitada capacidad de resolver las tareas fonológicas. Rumsey, Nace y Andreason (1995), realizaron un estudio similar, utilizando la técnica de Tomografía por Emisión de Positrones (PET), en vez de flujo regional. Sus resultados sugieren que el déficit fonológico propio de los disléxicos está estrechamente relacionado a una merma en la activación de la corteza temporo–parietal y temporal superior.

Estos resultados apuntan a señalar que los deterioros observables en la zona temporal izquierda, están funcionalmente relacionados con el empobrecido rendimiento en tareas que implican el procesamiento del fonema. Esta incapacidad ya había sido sugerida

por Tallal, Stark, Kallman y Mellitis (1980), quienes reportaron que los niños normales pueden procesar los fonemas en tiempos que oscilan los 40 milisegundos; los disléxicos en cambio necesitan al menos 500 milisegundos para esa misma información. Como conclusión los autores destacan que la lentitud en el procesamiento de la información lingüística, condiciona la detección de unidades discretas dentro de las palabras y hace inefectivo cualquier intento de segregar unidades menores que la sílaba. Para la autora, el origen de la dislexia se encontraría en el inadecuado procesamiento de los fonemas, producto de una falta de *timing* en el cerebro para ese tipo de información (Tallal, 1980).

Paula Tallal y Michel M. Merzenich se cuentan entre los autores que han contribuido a comprender el origen de las dificultades fonológicas. Si bien su línea de investigación no estuvo en principio directamente relacionada con la dislexia, los resultados de sus estudios contribuyeron a entender más claramente la dificultad que manifiestan estos individuos en el procesamiento del lenguaje. Tallal, comenzó estudiando personas con trastornos en el lenguaje y encontró que una gran proporción de ellos eran disléxicos. Propuso que el trastorno fonológico radica en la incapacidad que tiene el sistema de procesamiento de los fonemas, de resolver los estímulos con duraciones muy cortas. Al comparar grupos de niños normales y con trastornos específicos del lenguaje, encontró que la mayoría de los primeros, podían procesar fonemas de una duración de 40 ms. pero los niños con trastornos del lenguaje necesitaban de 500 ms. para discriminar la misma información. Los resultados de los estudios realizados con individuos disléxicos mostraron un perfil similar. En líneas generales, concluyó que la adecuada segregación de la estructura fónica de las palabras, requiere un *timing* preciso en el procesamiento neural de esa información, aspecto que diferencia a los grupos de lectores normales de los disléxicos (para una revisión ver, Tallal, 1998; Tallal, 1980; Tallal, 2003).

La evidencia presentada demuestra que las dificultades de procesamiento fonológico del lenguaje, entorpece la adecuada detección de las parcelas mínimas con sentido, es decir los fonemas. Al no poder tomar conciencia de esa unidad, el niño no puede emplear las reglas del principio alfabético para establecer las correspondencias entre grafemas y fonemas durante el proceso de decodificación. Esto produce una entrada ambigua e inadecuada al léxico, haciendo muy laboriosa la tarea de recuperación de la información semántica de las palabras leídas. El aporte de información hacia las instancias encargadas

de procesar el significado se bloquea y se deteriora la posibilidad de estructurar el sentido de cadenas semánticas complejas. En términos de la teoría de los recursos cognitivos generales, los procesos que deberían ser automáticos y funcionar sin el empleo de recursos atencionales o mnémicos, están utilizando tales recursos para compensar el déficit producido en el acoplamiento grafo-fónico. Por lo tanto, el procesamiento fonológico es el punto central o “cuello de botella”, que en términos cognitivos, concentra el déficit principal en la decodificación de palabras y descompensa el balance normal del sistema cuando este se involucra en la lectura.

En este punto cabe hacer una breve mención sobre algunas críticas que han recibido los estudios mencionados. Primero, en el caso de aquellas investigaciones que emplearon métodos de mapeo cerebral, las muestras de escolares disléxicos no eran numerosas, de modo que, en todos los casos, se intentó maximizar las diferencias entre lectores normales y disléxicos. Bajo tales circunstancias, se ha puesto en duda el valor ecológico de los experimentos, aunque su aporte a la comprensión de las diferencias neurocognitivas resultaran esenciales. En segundo lugar, los trabajos que demuestran que los niños con dificultades del lenguaje desarrollan algunos una dislexia en el momento de aprender la lectura, solo estaría demostrando que ésta última habilidad resulta un escollo en el aprendizaje bajo una condición incapacitante de base; por otro lado, no todos los niños con dificultades de lenguaje resultaron disléxicos, por lo cual no es factible establecer una relación causal estricta entre estas dos patologías.

Importancia del modelo fonológico como factor explicativo

Al comparar los estudios sobre dislexia desde la perspectiva que diferencia los subtipos, se puede constatar que la evidencia que reporta como factor etiológico a los trastornos en el procesamiento fonológico, sobrepasan a los que apuntan a señalar que el factor etiológico se halla en disfunciones del sistema visual. La evidencia está tan inclinada que muchos autores han sostenido que el deterioro en la capacidad de procesamiento fonológico, define verdaderamente a la dislexia evolutiva (para una revisión ver Lyon y Chabra, 1996).

Algunos autores, tal el caso de Seymour (1994), proponen que uno de los procesos fundantes de la lectura se basa en la habilidad del escolar para comprender que la estructura

fónica del lenguaje oral, se representa mediante símbolos convencionales que son la letras. Aprender eso, significa entrar en el dominio del principio alfabético y poder deducir la fonología del lenguaje a partir de su codificación simbólica (Wagner y Torgesen, 1987; para una revisión ver Adams, 1990). En este mismo sentido, otros autores han destacado que cuando el niño puede dominar la estructura básica de codificación de lenguaje en forma de texto, se vuelve capaz de aplicar los recursos destinados al análisis del discurso al material impreso, lo cual le permite alcanzar un buen nivel de comprensión del sentido del mensaje contenido en el mismo (Snowling, 1980; 1990; Stanovich, 1990).

El modelo fonológico es un término general que subsume la explicación de la dislexia evolutiva, en los deterioros de las habilidades de procesamiento del fonema. En este sentido se sostiene que si la conciencia fonológica se encuentran menoscabada o no han sido suficientemente desarrollada, los escolares no puedan avanzar hacia un estadio más elaborado en la decodificación de palabras, y deban apoyarse en estrategias que implican el mero reconocimiento visual (Adams, 1990; Brady, Shankweiler y Mann, 1983; Bryant, 1995; Ehri y Robbins, 1992; Fletcher, y colaboradores 1994; Liberman, 1992; Share y Stanovich; 1995; Stanovich, 1993; Spear-Swerling y Stemberg, 1994).

La síntesis de los trabajos de investigación sobre dislexia evolutiva basados en el modelo fonológico, junto con los que demostraron que es posible disociar los procesos de comprensión y decodificación en el periodo inicial del aprendizaje de la lectura, marcaron un giro en la definición del trastorno. Ya no fue necesario tener en cuenta aspectos relativos al coeficiente intelectual de los escolares, dado que ese parámetro en nada contribuye a entender la dislexia (Lyon y Chabra 1996). Dicho en otras palabras, aquellos niños que no alcancen a desarrollar una adecuada habilidad para el procesamiento del fonema, tendrán dificultades para entender el sistema de codificación del lenguaje a través del alfabeto, siendo este sistema de codificación la clave para poder asimilar el texto al lenguaje. De este modo, cualquier déficit que afecte su empleo, se manifestará en una incapacidad para acceder rápidamente al significado de las palabras, debido al esfuerzo que demanda el emparejamiento de la información ortográfica y lingüística. De allí que la velocidad y exactitud para la decodificación de palabras, haya sido la variable principalmente atendida para verificar los alcances del trastorno.

La articulación entre conciencia fonológica y memoria de trabajo

La memoria es un proceso implicado en casi todas las actividades que realiza una persona; tanto las especulaciones teóricas como los datos empíricos, demuestran que existen al menos dos almacenes de memoria claramente discernibles; la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo, siendo la memoria de trabajo el principal sistema de almacenamiento de información de corta duración. Este almacén que contiene distintos sistemas subordinados, está íntimamente relacionado tanto con la comprensión como con la decodificación de textos. Los datos logrados hasta el momento describen de qué manera un déficit de memoria afecta el rendimiento en la lectura, sea a través del entorpecimiento en el acceso al léxico o en la incapacidad de resolver estructuras complejas de las oraciones o párrafos.

La memoria de trabajo se define como la capacidad para realizar tareas que involucran la manipulación y el almacenamiento simultáneo de información (Baddeley y Logie, 1999). Se la describe en términos de un sistema compuesto de tres componentes: a) el central ejecutivo, b) el bucle fonológico o lazo articulatorio y c) la agenda visoespacial. Estos componentes tienen una jerarquía de funcionamiento, en donde el central ejecutivo es el sistema principal y según Baddeley (1995), los otros actúan como sistemas subordinados. El central ejecutivo es un controlador atencional que conforma una interface entre la memoria a largo plazo y los dos sistemas subordinados. Estos últimos, tienen la capacidad de almacenar información temporalmente y poseen procesos de control que permiten que la información sea registrada y mantenida dentro de ellos.

La agenda visoespacial se especializa en mantener y manipular información e imágenes de naturaleza visual y espacial. Por su parte, el bucle fonológico o lazo articulatorio, es un almacén acústico de breve duración, acoplado con un proceso de ensayo articulatorio. Éste, es capaz de mantener la información acústica mediante la continua repetición y puede también almacenar material presentado visualmente a través de la denominación subvocal.

El central ejecutivo, regula el flujo de información a través de la memoria de trabajo y dirige el almacenamiento y recuperación de información de la memoria a largo plazo. Su principal componente es lo que Baddeley denominó sistema de supervisión atencional

(Baddeley, 1995), cuya función es mantener y controlar la atención distribuida entre varios procesos, coordinar la información proveniente de varias fuentes y además, sirve para la planificación y coordinación de actividades simultáneas.

La función de la memoria de trabajo consiste en mantener el material durante un periodo corto de tiempo, luego del cual la información decae y se pierde. Sin embargo, dicho material puede reciclarse o codificarse en la memoria a largo plazo para mantenerse por más tiempo. El reciclado de información está dado por el repaso que procede de la activación transitoria de bucle fonológico, y se lo denomina *repaso de mantenimiento*. Si el material debe ser retenido por más tiempo, se lo codifica en la memoria a largo plazo, desde donde se establecen nuevas relaciones con conceptos allí almacenados, este tipo de repaso se lo denomina *elaborativo* (Harris, 1997).

Según Baddeley (1995), este sistema tripartito de memoria funciona como una unidad en donde cada uno de los componentes tiene cierto grado de autonomía funcional que le permite procesar un cierto tipo de información en particular. Esta visión de la memoria de trabajo fue corroborada en otros estudios, donde se concluyó que ésta es un recurso general que media la relación entre los niveles cognitivos básicos y superiores (Engle, y colaboradores 1992). Por su parte, Jurden (1995), señaló que el aspecto verbal de la memoria de trabajo utiliza un proceso articulatorio (el almacenamiento basado en un código fonológico), que se comparte solo con las tareas verbales complejas. Del mismo modo, el aspecto visoespacial implica un sistema de almacenamiento no verbal que está involucrado en la representación y manipulación de este tipo de información. Según este autor la memoria de trabajo representa un sistema de procesamiento de información en paralelo, donde los subsistemas operarían en tándem, tendrían cierto grado de autonomía y conservarían sus propios procesos de control. Jurden (1995), finalmente señala que el central ejecutivo funciona como interface entre la memoria a largo plazo y los dos subsistemas, sin ejercer un control directo sobre estos.

El papel que cumple la memoria en la lectura se puede formular de la siguiente manera: la memoria de trabajo está íntimamente relacionada tanto con el aprendizaje de la lectura como con la comprensión de textos, siendo el bucle fonológico y el central ejecutivo respectivamente los dos sistemas que contribuyen principalmente a ese fin. En numerosos trabajos se ha demostrado que el bucle fonológico es un asistente de suma utilidad en el

aprendizaje del lenguaje, en especial en la amplitud del vocabulario que logrará un sujeto durante su desarrollo. Asimismo, se demostró que este almacén es un componente fundamental que actúa en la comprensión del discurso (para una revisión véase Baddeley, 1999). En esta perspectiva, algunas investigaciones han demostrado que el deterioro del almacén fonológico empeora la retención literal de la información lingüística para un posterior análisis semántico. En tal sentido, Jorm (1983), demostró que los malos lectores tienen una amplitud de memoria disminuida que involucra principalmente al bucle fonológico. Según el autor, estas personas tienen notables dificultades para juzgar la rima entre dos palabras, y más aun en la recomposición de palabras luego que se haya omitido uno de los fonemas. En el mismo sentido, Clark y Clark (1977), describieron una paciente con una amplitud de memoria a corto plazo reducida que manifestaba una gran dificultad en la lectura de pseudopalabras, pero que se mantenía dentro del rendimiento promedio en la lectura de palabras reales. Los autores atribuyeron esta deficiencia a la incapacidad de retener en el almacén fonológico el producto de la conversión grafema-fonema necesario para la lectura de este tipo de vocablos; destacaron además que el buen nivel de lectura de palabras reales se debió a las preservadas capacidades del vocabulario visual que facilitaba la lectura logográfica.

Es posible asumir que existe un acoplamiento funcional entre las habilidades fonológicas de un individuo y la capacidad de retener el material codificado en un formato fonológico. En este aspecto, la actividad del bucle fonológico del sistema de memoria es de fundamental importancia durante el período de aprendizaje de la lectura, en especial durante la etapa alfabética. Como ya se mencionó, durante este período el niño comienza a hacer uso de sus capacidades de análisis fonológico aplicado al material escrito, y la adquisición de las reglas del código alfabético le permite transcribir la información de un código a otro. Se supone que aquellos niños que tienen una deteriorada capacidad en el almacén fonológico, no podrán explotar esta habilidad en tanto la transcripción entre códigos necesita de un reservorio temporal donde se forme la imagen acústica del vocablo decodificado. Por lo tanto, la única vía por la cual pueden ampliar sus capacidades de lectura es mediante la aplicación de la memoria visual, fomentando una estrategia logográfica de lectura. Aunque esta es una manera de avanzar en el aprendizaje, no garantiza logros importantes a lo largo del tiempo; Stanovich (1990), señaló que los niños

que persisten en el uso de esa estrategia tienden a quedar rezagados en el nivel de lectura con respecto a los que logran pasar a una estrategia alfabética.

El acoplamiento funcional que se produce entre el almacén fonológico y las habilidades fonológicas es un asistente fundamenta para ampliar las capacidades de análisis de los vocablos a nivel oral, capacidad que luego se aplica al código escrito con igual eficacia. Nicolson (1981), comprobó que la amplitud de dígitos aumenta en función de la edad, lo cual se debe a que los niños se vuelven más eficaces para repasar el material contenido en el bucle. Hitch, y colaboradores (1988), señalaron que esa capacidad se aplicaría más tarde en la transcripción del código escrito al oral, en donde el niño podría retener en el bucle la palabra decodificada y utilizar el repaso subvocal para facilitar el acceso al léxico. Según Oakhill (1984), la capacidad de retención de material transcrito en el bucle fonológico, no garantiza la comprensión del texto sino que facilita la actividad del central ejecutivo en ese proceso. Por lo tanto, el acoplamiento entre las habilidades fonológicas y el bucle asiste a la rápida identificación de palabras durante el proceso de decodificación.

La memoria de trabajo también contribuye de manera decisiva para la comprensión de textos, cuestión que fuera demostrada en distintos trabajos que mostraron que los sujetos con mayor capacidad de utilización del central ejecutivo, desarrollan una mayor flexibilidad para comprender y resolver ambigüedades contenidas en los textos. Oakhill, Yuill y Parkin (1986), señalaron que el recuerdo de información literal que depende del funcionamiento del bucle fonológico, no es crítico para la comprensión de textos. Los niños con una buena capacidad de comprensión evidenciaban una mayor utilización de la información contenida en los pasajes del texto basados en la inferencia, actividad que supone una mejor utilización del central ejecutivo. Actualmente se ha desarrollado un modelo de memoria de trabajo a largo plazo, donde el papel del central ejecutivo es fundamental en la comprensión. Por razones de espacio, se repasará ese tema en otro apartado.

La importancia de la memoria de trabajo y del bucle fonológico en particular en el aprendizaje de la lectura, deriva de la importancia que tiene este sistema de memoria en el aprendizaje del lenguaje en general. Como ya se mencionó, el bucle funciona como un dispositivo que fomenta el aprendizaje de nuevas palabras, contribuyendo de esa forma a la

amplitud del vocabulario que repercutirá positivamente en el aprendizaje de la lectura. Esta afirmación ha sido ampliamente documentada en una extensa revisión de la literatura realizada por Baddeley, Gathercole y Papagno (1997). Desde un punto de vista evolutivo, la capacidad de mantener información fonológica durante un breve periodo de tiempo, es un requisito para lograr representaciones más duraderas, lo que favorece el desarrollo del lenguaje. En otros términos, se sostiene que la función del bucle fonológico es mantener durante un tiempo la representación fonológica de una palabra no familiar, mientras se construye una representación más duradera en la memoria semántica (Baddeley y colaboradores 1997).

La evidencia indica que el bucle fonológico deviene un dispositivo funcional más o menos en la misma época en que el niño desarrolla sus habilidades de análisis fonológico, lo cual hace que este almacén desempeñe un papel importante en el aprendizaje de palabras nuevas. Algunas estimaciones afirman que a los 5 años un niño ha aprendido alrededor de 2000 palabras y puede llegar a 3000 o más en los primeros años de escolarización, período durante el cual comienza el aprendizaje de la lectura. Según Gathercole y Adams (1994), el aprendizaje de palabras nuevas en los niños de tres años, se produce por la memorización de las nuevas palabras que son susceptibles de incorporarse al repertorio de palabras almacenadas en el léxico; sin embargo el proceso de repetición subvocal aún no es un dispositivo funcional. Para Gathercole y Hitch (1993, citado en Baddeley, 1999), alrededor de los cinco años y no más tarde de los siete, los niños alcanzan suficiencia en el proceso de repetición subvocal y son capaces de mantener por más tiempo la información en el bucle fonológico. Puesto que en esa época, las habilidades de análisis fonológico se han incrementado notablemente, es posible que los niños puedan realizar manipulaciones más complejas con los vocablos retenidos en ese almacén. De esta manera, el bucle fonológico y el proceso de repaso, asisten simultáneamente al incremento del vocabulario y al aprendizaje de la lectura.

La adquisición exitosa de un amplio vocabulario es un factor importante que contribuye a la fluidez en la lectura (Jmenez y Haro 1995; Stemberg, 1987; citado en Baddeley, y colaboradores 1997). Por lo que se ha repasado en el párrafo precedente, ambos factores (amplitud de vocabulario y fluidez en la lectura), dependen del acoplamiento funcional entre el bucle fonológico y las habilidades de análisis fonológico

del lenguaje. De modo que tal acoplamiento sería la variable criterio que permitiría explicar la correlación existente entre las mediciones en la amplitud de vocabulario y nivel de lectura. También se ha hipotetizado que el bucle es el intermediario en la adquisición no solo de las nuevas palabras, sino también de su sintaxis. Según Speidel (1993), en el bucle se almacenan las representaciones fonológicas de las nuevas palabras, formándose un repertorio de palabras prototipos que sirven para la pronunciación de otras que están relacionadas con ellas. De esta forma se van adquiriendo los rudimentos de las reglas sintácticas del vocabulario. Esta información se almacena progresivamente en la memoria a largo plazo, constituyéndose las reglas de sintaxis que servirá para la comprensión del lenguaje y para la producción oral y escrita (Just y Carpenter, 1992; King & Just, 1991).

Dado que la capacidad de retención de información en el bucle fonológico se relaciona directamente con el aprendizaje de nuevas palabras, no es sorprendente que las mediciones de vocabulario correlacionen con las de amplitud de memoria a corto plazo. En tal sentido Gathercole y Adams (1993) encontraron que los niños que obtenían los puntajes más altos logrados en la prueba de retención de dígitos, también lograban altos puntajes en las mediciones de vocabulario. Una particularidad de este trabajo es que la muestra estudiada por esos autores estuvo constituida por preescolares de tres y cuatro años, por lo cual los resultados estarían respaldando la conclusión de que el ritmo de adquisición de nuevo vocabulario aparece en el momento en que el bucle fonológico alcanza su mayor desarrollo. Con el objeto de poner a prueba esta hipótesis, Baddeley y colaboradores (1997), compararon el rendimiento de niños en los primeros grados de escolaridad, en dos pruebas diferentes que se asume tienen en común la utilización del bucle fonológico. En ese trabajo se midió la correlación entre la capacidad de repetición de pseudopalabras y la prueba de retención de dígitos. Los resultados demostraron la existencia de una correlación moderada entre ambas, y concluyeron que la amplitud que tiene el bucle fonológico, sirve para mantener una representación acústica de los vocablos que no están contenidos en el léxico, y que a consecuencia de ello, la única manera de repetirlos adecuadamente es utilizando el proceso de almacenamiento y repetición subvocal. Como se señaló más atrás, Jorm (1983), demostró que los malos lectores tienen dificultades para juzgar la rima y la recomposición de palabras donde se ha omitido un fonema. Estas dificultades –atribuidas a un deterioro en el funcionamiento del bucle fonológico–, es posibles explicarlas mediante

la defectuosa calidad de las representaciones acústicas que se conservan en ese almacén. De este modo, si la capacidad de análisis fonológico se basa en la retención de la información en el bucle, es lógico suponer que la incapacidad de decodificación de palabras se deba a la pérdida de información crítica en el proceso de conversión grafema–fonema.

De lo anterior se desprende la importancia que tiene la memoria verbal inmediata en la decodificación de palabras y pseudopalabras, al permitir retener temporalmente la serie de fonemas necesarios para completar la pronunciación de la palabra. Es decir, una vez que se han identificado los grafemas constitutivos de la misma, en el bucle se reclutan los fonemas pertinentes y se realizan las operaciones necesarias que posibilitan su pronunciación. En este caso los fonemas serían la información clave a mantener en línea mientras se ensambla la pronunciación de la palabra completa. Wagner y Torgesen (1987), definen esta capacidad como una función encuadrada dentro de las habilidades fonológicas y se refieren a ella como memoria operacional fonológica, la cual es una capacidad decisiva en la utilización de la estrategia alfabética. Cuando en la memoria operacional fonológica se logra instalar la imagen acústica de la palabra recogida de la conversión grafema–fonema, es posible acceder desde esa instancia a su significado por la vía que conecta a la representación fónica con el significado almacenado en el léxico.

El central ejecutivo también cumple una función importante en la lectura, pero más allá de estar involucrado en la decodificación de palabras, su actividad se relaciona con el procesamiento del significado. Daneman y Carpenter (1983), realizaron un estudio donde se le presentaba a los participantes, pasajes de texto en donde su adecuada interpretación dependía de la capacidad de reactualizar el contenido semántico de un término. Los sujetos que tomaron parte en esta experiencia fueron clasificados en tres grupos según su capacidad de memoria de trabajo: lectores con amplitud de memoria alta, media y baja. El siguiente es un pasaje de texto que ejemplifica de que manera los participantes debían tener cierta flexibilidad cognitiva para poder comprenderlo: *Bob sudaba y jadeaba mientras apresuraba su paso por la calle, quería encontrar rápido un banco. El sol del mediodía había convertido su ropa en trapos mojados y sus pies no parecían resistir mucho tiempo más; era imprescindible encontrar uno rápido. Al doblar la esquina, allí estaba por fin, grande y marrón. Cuando lo vio sintió que su suplicio matinal terminaba, supuso que tendría aire acondicionado y se dispuso a entrar.*

Los autores señalan que al principio de la lectura, la palabra banco se interpreta como un lugar donde sentarse, sin embargo al finalizar el párrafo, la activación de ese campo semántico de la palabra banco interfiere con la comprensión del texto, pues el referente correcto para el término es institución. Por lo tanto la correcta interpretación del pasaje depende de que el lector desactive el campo semántico original para banco y busque uno más adecuado para realizar el cierre de sentido. Daneman y Carpenter, (1980, 1983), encontraron que los sujetos con una amplitud pobre de memoria de trabajo tenían más dificultades para entender ese tipo de párrafo. Según los autores, esto se debió a que en la memoria de trabajo de estos lectores solo podía activarse un significado posible para la palabra banco, lo cual los compelia a releer el texto para poder reactivar el real significado para ese vocablo. Al contrario, los sujetos con buena amplitud de memoria eran capaces de resolver adecuadamente la ambigüedad puesto que podían activar y actualizar varios significados posibles para el término. El aspecto más importante señalado es que esta función de activación y actualización de campos semántico amplios, no depende de la función de bucle fonológico sino del central ejecutivo. En términos especulativos, se supone que el central ejecutivo cumple una función de controlador y de instancia de detección de error, por lo cual reinicia el proceso de búsqueda del referente semántico más apropiado para completar el proceso de significado.

Estudios realizados desde un enfoque psicolingüístico, han demostrado que la resolución de anáforas depende de la integración de las sucesivas porciones del texto leído y representa un proceso similar al de resolución de palabras ambiguas (McKoon y Ratcliff, 1998). Las anáforas suelen ubicarse en zonas distantes del texto que les dio origen, por lo cual es necesario que el lector haya procedido adecuadamente en la integración del significado, de manera que cuando encuentra la anáfora se produzca naturalmente su resolución. En algunos estudios, se ha demostrado que el central ejecutivo es un elemento de la arquitectura cognitiva que tiene un rol crítico en el proceso de integración de las distintas parcelas del texto, lo cual lo hace imprescindible para el procesamiento de figuras lingüísticas tales como las anáforas (ver McKoon y Ratcliff, 1998 para una revisión). En los niños, la actividad del central ejecutivo es un elemento primordial para la comprensión de textos; en tal sentido, Oakhill encontró que los niños que tenían alguna deficiencia en el

central ejecutivo, podían leer de corrido un texto sencillo, pero su comprensión del mismo era pobre (Oakhill, y colaboradores 1988, citado en Baddeley, 1995).

El modelo de memoria de trabajo ha encontrado respaldo en algunos estudios neuropsicológicos, lo cuales han encontrado que la agenda visoespacial depende del funcionamiento de varias estructuras del hemisferio derecho, mientras que al central ejecutivo se lo ha relacionado con las operaciones realizadas desde el lóbulo frontal (Jonides, y colaboradores 1993). En un estudio, Salomon y colaboradores (1996), utilizaron el mapeo cerebral a través de tomografía por emisión de positrones (PET), para delimitar las áreas cerebrales principalmente activadas durante tareas que involucraban la memoria de trabajo verbal. Los resultados demostraron que el giro supramarginal inferior izquierdo y las áreas premotoras, resultaron ser las regiones principalmente implicadas. También se demostró que durante las pruebas se produjo una activación de las áreas prefrontales mediales y dorsolaterales, atribuibles a la actividad del central ejecutivo. Un dato anecdótico que reportan estos investigadores es que en algunos participantes se produjo una activación de la zona parietal inferior del hemisferio derecho, lo cual señalaría que estos sujetos utilizaban una estrategia visual para la codificación del material en la memoria de trabajo, por lo que esa actividad es factible de ser atribuida a la utilización de la agenda visoespacial. Posteriormente, cuando esos sujetos fueron puestos a resolver tareas visuales, se comprobó que el área activada durante la resolución de las mismas era el giro occipital superior. Utilizando esta misma técnica de mapeo cerebral, Haut, y colaboradores (2000), encontraron que las áreas principalmente activadas fueron la corteza orbitofrontal, la corteza prefrontal dorsolateral y la corteza parietal posterior. En este estudio también se encontró que algunos participantes evidenciaban una activación de las estructura del hemisferio derecho, lo que sugiere que utilizaron la visualización de la información verbal para la resolución de la tarea.

Memoria de trabajo y lectura una explicación para las dificultades de aprendizaje lector

Por lo que hemos presentado hasta aquí el bucle fonológico y el central ejecutivo de la memoria de trabajo están íntimamente acoplados con las capacidades de procesamiento

fonológico, y resultan fundamentales para la decodificación y la comprensión de textos. Un aspecto importante a tener en cuenta en la decodificación de palabras es el acceso al léxico, el cual es una especialización de la memoria a largo plazo, en el cual se hallan almacenados todos los significados de las palabras conocidas. Por lo tanto, para que la decodificación de palabras sea exitosa, se debe recuperar de ese almacén el significado de la palabra leída. Cuando se ha logrado recuperar el significado del léxico, éste es retenido en la memoria de trabajo para ser integrado en una cadena de sentido más amplia, es decir, cada nueva palabra le da forma a esas cadenas de sentido y así es posible analizar las representaciones sintácticas y semánticas de las porciones de texto leído. En este sentido, la memoria de trabajo apoya el análisis de los procesos lingüísticos superiores en dos sentidos, uno correspondiente al aspecto de la forma (nivel sintáctico) y otro correspondiente al aspecto del sentido (nivel semántico). La lectura en voz alta, también se apoya en la función ejecutiva, dado que de la retención literal del texto es posible asistir al sistema de articulación del habla. El procesamiento de sucesivas parcelas de texto, es almacenado en la memoria de largo plazo, ya que la memoria de trabajo se satura rápidamente de información. Sin embargo, en una primera lectura un texto se almacena en la memoria a largo plazo mediante esquemas de sentido, es decir se pierde la literalidad de la información.

El acoplamiento entre los dos sistemas de memoria forma un sistema de retroalimentación que hace posible la comprensión de parcelas de sentido que se completan con la propia experiencia narrativa del lector. Por lo tanto, comprender un texto no solo implica desentrañar el sentido de las palabras que lo componen, involucra la integración de las mismas en parcelas coherente que activan contenidos más amplios y dispersos en la memoria a largo plazo. La activación de esos contenidos sirve para crear el contexto que a su vez da lugar a la experiencia narrativa, en la cual se integran aspectos emocionales del lector. Esos aspectos emocionales que se relacionan a vivencias, no pueden ser explicados simplemente por la interacción de contenidos compartidos por la memoria de corto y largo término.

Una característica dominante en la dislexia fonológica es la lentitud (incluso la imposibilidad), para establecer correspondencias entre fonemas y grafemas. Esto hace que la imagen acústica del vocablo decodificado sea defectuosa y en consecuencia no es posible desencadenar una activación coherente de significado en el léxico. Asimismo, si la

decodificación demanda recursos cognitivos tales como la atención, entonces las cadenas discursivas quedan demoradas o inconclusas y no es posible establecer un esquema de sentido en la memoria de largo plazo; en consecuencia la comprensión del texto no va más allá de la literalidad de algunas oraciones inconexas.

En los buenos lectores, el léxico tiene una organización tal que la persona accede al significado de las palabras con un mínimo de esfuerzo, lo cual representa una actividad automática del sistema cognitivo. En esta organización se ha supuesto que las palabras forman conceptos relacionados a categorías, v.g. el concepto *perro*, pertenecería a la categoría de *canino*, y este a la de *mamífero*, y así sucesivamente. Varias teorías lingüísticas han señalado que las categorías pueden ampliarse para abarcar diferentes conceptos, de modo que *perro* también puede unirse al concepto de *miserable*, y de esta forma se extiende su campo semántico. Uno de los temas más importantes para la psicología fue conocer la organización de la memoria semántica, en especial en la comprensión del discurso. Por extensión, la manera en que una persona comprende el mensaje de un interlocutor puede aplicarse a la forma en que esa persona interactúa con un texto. En principio se supuso que comprender una frase implicaba acceder al significado de todas las palabras que la componían, lo cual es verdadero aunque el significado de esa frase no se logra por la mera yuxtaposición de los significados individuales. En oraciones tales como “*el gato come carne*” el significado y función de cada palabra presenta el significado general de la frase, de modo que la intuición original resulta aceptable. Pero esta se desvanece si se consideran oraciones tales como “*reinaba una tensa calma*”; “*en su rostro se mostraba una oscura palidez*”. Si el significado individual es suficiente para comprender el sentido, la parte final de cada oración debería representar una contradicción que invalida la oración completa. Es decir, calmo y tenso son antónimos, lo mismo que oscuro y pálido. Sin embargo, esas oraciones son plausibles desde el punto de vista gramatical y el lector no encuentra dificultad en comprenderlas como un oxímoron.

El desafío de comprender de que manera el sistema cognitivo se las arregla para otorgar significado a oraciones de este tipo, fue encarado por un científico informático llamado Ross Quillian, quien diseñó un sistema capaz de comprender textos, denominado T.L.C. (*Teachable Language Comprehender*). Quillian intentó crear un modelo psicológico de la manera en que una persona podía comprender un texto, y un rasgo destacado de ese

modelo era la organización de la memoria semántica (véase Baddeley, 1999). El modelo TLC suponía que los conceptos (vocablos), formaban parte de una red con una organización jerárquica. Esos conceptos formaban nodos en una red los cuales estaban asociados a distintas propiedades. La jerarquía suponía que las propiedades aplicables a un conjunto de conceptos se almacenaban en un nivel más alto; así el concepto *animal* es una propiedad supraordinal que engloba a conceptos tales como *aves*, *reptiles*, *mamíferos*, etc. Asimismo, *mamífero*, es una propiedad que se aplica a conceptos tales como *caninos*, *felinos*, *primates*, etc. y así hasta llegar a los conceptos subordinados en el nivel inferior. Aunque el modelo TLC, se basó más en la lógica que en la evidencia, se reconoce que fue el primer modelo coherente que permitió la creación de un programa de ordenador que comprendiese el lenguaje. En estos programas la idea de jerarquía fue sustituida por la de *distancia*, así los nodos quedaban organizados de manera reticular pero con una disposición flexible, de modo que los conceptos altamente relacionados se encontraban cercanos unos de otros. La distancia en este caso reflejaba la facilidad con la que la excitación en la red podía transmitirse de un nodo al siguiente. Desde estas teorizaciones, la idea de red semántica sumada a la de propagación de la actividad, comenzó a ser una hipótesis de peso en la estructura de la memoria semántica (Collins y Loftus, 1975). La crítica más importante a esta teoría se planteó en el trabajo de Johnson-Laird y colaboradores (1984), quienes señalan que la teoría de la organización reticular es tan flexible que puede usarse para explicar cualquier resultado. Sostienen además que ésta es pertinente al lenguaje de simulación por ordenador, pero que pierde poder para explicar casos más cercanos al procesamiento del lenguaje tal como ocurre en la realidad (para una discusión más detallada véase Baddeley, 1999).

Como alternativa a la teoría de la organización reticular de la memoria semántica, se propuso la teoría de los esquemas, propuesta por Bartlett (1932), quien los definió como una estructura organizada que captura nuestro conocimiento sobre diversos aspectos del mundo. El concepto de esquema fue incorporado a distintas teorizaciones de las que pueden destacarse las de Minsky (1975), quien propuso el término *marco*, o las de Schank (1975) quien reemplazó el término por el de *guiones*. Para Rumelhart y Norman (1985), los términos esquema, marco y guiones, han sido aproximaciones para describir de manera más realista la operación de la memoria semántica.

Por lo que hemos visto hasta aquí, las limitaciones en la memoria verbal de corto término (o lo que es lo mismo, en la amplitud del bucle fonológico), provoca una representación defectuosa de los vocablos que entorpece el acceso al léxico. Este cuello de botella en el procesamiento de información es un atasco que deja a los procesos lingüísticos superiores sin información crítica para activar una red más amplia de sentidos, y construir el esquema de significado que derive en la experiencia narrativa. La evidencia a favor de este hecho es amplia en la actualidad (Jorm, 1983; Holmes y McKeever, 1979; Ericsson y Kintsch 1995; Daneman y Carpenter, 1983; Siegel y Linder, 1984). Puesto que la información contenida en la memoria de trabajo juega un papel importante en la decodificación lectora, se ha buscado diseñar técnicas que puedan minimizar el impacto de la pérdida de información, beneficiando de esta forma la lectura. Una técnica que se ha utilizado con éxito para mejorar el rendimiento en la lectura de sujetos disléxicos, ha sido el aumentar la velocidad de presentación del texto. Este método había sido aplicado en los lectores principiantes, demostrándose que mejoraba su comprensión. Analizando el fenómeno con muestras de sujetos normales, se encontró que las ganancias obtenidas por medio de esta técnica se deben a: a) la minimización de la distracción (Breznitz, 1987), b) al emparejamiento entre la producción vocal y las pronunciaciones almacenadas en el léxico (Breznitz, 1994), c) a la mejora en el procesamiento fonológico (Breznitz, 1997, citado en Breznitz, 2006), d) la facilitación en la focalización de la atención (Ronen y Breznitz, 1997, citado en Breznitz, 2006) y e) la mejora en el almacenamiento de información relevante para obtener la imagen acústica de la palabra (Brenitz y Share, 1992). Entonces, valiéndose de una situación experimental controlada y utilizando una computadora, esta técnica busca acelerar el ritmo de lectura de la persona. En principio, cada individuo lee una serie de oraciones que aparecen en el monitor a una velocidad que estima conveniente (*self pacing reading*). Luego, la velocidad se va incrementando hasta llegar el máximo posible para esa persona (*fast pacing reading*). Puesto que la velocidad de lectura varía según la complejidad del texto, la persona puede establecer su propio ritmo de lectura para textos que van desde sencillos a complejos. Según Breznitz (2006), el llevar al límite la velocidad de lectura minimiza los efectos distractores y la identificación de palabras se produce de manera rápida y automática, lo cual mejora la capacidad de comprensión.

Usando esta técnica para comparar grupos de niños lectores principiantes y disléxicos, Breznitz y Share (1992), encontraron que la aceleración en la lectura mejoró la decodificación y la comprensión en ambos grupos, atribuyéndose su causa al mejoramiento en el almacenamiento de información en la memoria. En tal sentido, la aceleración en la lectura les permitió a estos niños superar el rápido decaimiento de la información que les impedía su procesamiento satisfactorio. Según los autores, el efecto observado en los sujetos disléxicos se debía a que estos hacen un mejor uso del contexto para mejorar su rendimiento lector, apoyándose en el contenido de las frases u oraciones para deducir su significado. Ya Stanovich (1980), había señalado que este hecho es parte de una estrategia para compensar la empobrecida habilidad de decodificación, aunque resulta costosa a nivel cognitivo pues limita los recursos cognitivos disponibles dedicados a la comprensión. Sin embargo para los disléxicos, ésta parecería ser la manera más eficiente de acceder al léxico, dada la imposibilidad de hacerlo eficientemente a través del código fonológico u ortográfico. Por lo tanto, la aceleración de la lectura mejoraría su rendimiento lector al incrementar la información contextual en la memoria, por lo que tendrían oportunidad de operar activamente sobre los contenidos allí almacenados. En tal sentido se sugiere que la aceleración mejora la efectividad en la lectura al facilitar la interacción entre los contenidos de la memoria de trabajo y de la memoria a largo plazo, actividad que es llevada a cabo por el central ejecutivo (para una revisión de estos conceptos ver, Breznitz, 2006).

Bibliografía

- Adams, M. J. (1990). *Beginning to read: thinking and learning about print*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Baddeley, A. D. y Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple component model. En A. Miyake & P. Shah (Eds.). *Models of working memory* (pp. 28–61). New York: Cambridge University Press.
- Baddeley, A. Gathercole, S. y Papagno, C. (1997). Phonological loop as a learning language devise. *Psychological Review*, 158-173.
- Ball, E. (1993) Phonological Awareness: What is important to whom? *Reading and Writing an Interdisciplinary Journal*. 5, 141-159.

- Ball, E. y Blachman, B. A. (1991). Does phoneme awareness training in kindergarten make a difference in early word recognition and developmental spelling? *Reading Research Quarterly*, 26, 49-66.
- Bertoncini, J. y Mehler, J. (1981). Syllables as units in infant speech perception. *Infant Behavior and Development*, 4, pp. 247 – 260.
- Brady, S. Shankweiler, D. y Mann, V. (1983). Speech perception and memory coding in relation to reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 25, 345-367.
- Breznitz, Z. (1987). Increasing first-graders' reading accuracy and comprehension by accelerating their reading rates. *Journal of Educational Psychology*, 79, 236-242.
- Breznitz, Z. y Share, D. L. (1992). The effect of accelerated reading rate on memory for text. *Journal of Educational Psychology*, 84, pp. 193-200.
- Breznitz, Z. DeMarco, T. Shammi, P. y Hakerem, G. (1994). Self-paced versus fast-paced reading rates and their effect upon comprehension and event-related potentials. *The Journal of Genetic Psychology*, 155, pp. 397-407.
- Breznitz, Z. (2006). *Fluency in Reading: Synchronization of Processes*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bruck, M. (1992). Persistence of dyslexics' phonological awareness deficit. *Developmental Psychology*, 28, 874 - 886.
- Bradley L. y Bryant, P. (1983) Categorizing sound and learning to read: A causal connection. *Nature*, 301, 419-421
- Bryant, P. E. (1995). Linguistics skills and learning to read. En B. DeGelder y J. Morais (Eds.). *Speech and reading: A comparative approach* (pp. 249-266). Hove: Erlbaum (UK) Taylot & Francis.
- Colombo, J. y Bundy, R. S. (1983). Infant response to auditory familiarity and novelty. *Infant Behavior and Development*, 6, pp. 305-311.
- Daneman, M. y Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Daneman, M. y Carpenter, P. A. (1983). Individual differences in integrating information between an within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 9, 561-584.

- DeCasper, A. J. y Fifer, W. P. (1980). Of Human Bonding: Newborns Prefer Their Mothers' Voices. *Science*, 208, 6, pp. 1174 – 1176.
- Engle, R. W. Cantor, J. y Carullo, J. J. (1992). Individual differences in working memory and comprehension. A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 972-992.
- Ehri, L. C. y Robbins, C. (1992). Beginners needs some decoding skills to read words by analogy. *Reading Research Quarterly*, 27, 13-25.
- Elliott, L. L. Scholl, M. E. Grant, J. O. y Hammer, M. A. (1990). Perception of gated, highly familiar spoken monosyllabic nouns by children with and without learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 23, 259, pp. 248–252.
- Ericsson, K. A. y Kintsch, W. (1995). Long term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.
- Fletcher, M. J. Shawyetz, E. S. Shankweiller, P. D. Katz, L. Liberman, I. Y. Stuebing, K. K. Francis, J. D. Fowler, A. E. y Shawyetz, B. A. (1994). Cognitive profiles of reading disability: Comparisons of discrepancy and low achievement definitions. *Journal of Educational Psychology*, 86, 1, 6-23.
- Foorman, B. Francys, D. Novy, D. y Liberman, D. (1991). How letter sound instruction mediate progress in first grade reading and spelling. *Journal of Educational Psychology*, 83, (4), 456-469.
- Gathercole, S. y Adams, A. M. (1994). Children's phonological working memory: Contributions of long-term knowledge and rehearsal. *Journal of Memory and Language* 33, pp. 672-688.
- Goswami, U. C. y Bryant, P. E. (1990). *Phonological Skills and Learning to Read*. Taylor & Francis, U. K.
- Hirsh-Pasek, K. Kelmer Nelson, D.G. Jusczyk, P.W. Wright Cassidy, K. Druss, B. Y Kennedy, L. (1987). Clauses are perceptual units for young infant. *Cognition*, 26, 269-286.
- Hitch, G. J. Halliday, M. S. Schaafstal, A. M. y Schraagen, J. M. C. (1988). Visual working memory in young children. *Memory & Cognition*, 16, pp. 120–132.
- Holmes, D. R. y McKeever, W. F. (1979). Material specific serial memory deficit in adolescent dyslexic. *Cortex*, 15, 51-62.

- Jared, D. y Seidemberg, M. S. (1991). Does word recognition proceed from spelling to sound to meaning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 358-394.
- Jimenez, J. y Haro, C. (1995). Effect of word linguistic properties on phonological awareness in Spanish children. *Journal of educational Psychology*, 87, 2, 193-201.
- Jimenez, J. E. y Gonzalez, M. R. (1995). *Conciencia fonológica y aprendizaje de la lectura: teoría, evaluación e intervención*. Madrid, Editorial Síntesis.
- Jimenez, J. y Artiles, C. (1995). *Cómo prevenir y corregir las dificultades en el aprendizaje de la lectoescritura*. Madrid, Editorial Síntesis. Segunda reimpresión.
- Jorm, A. F. (1983). Specific reading retardation and working memory: A review. *British Journal of Psychology*, 74, 311-342.
- Juel, C. (1988). Learning to read and write: A longitudinal study of 54 children from first through fourth grades. *Journal of Educational Psychology* 80, pp. 437-447.
- Jurden, F. H. (1995). Individual differences in working memory and complex cognition. *Journal of Educational Psychology*, 87, pp. 93-102.
- Just, M. A. y Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- King J. y Just M. (1991). Individual differences in syntactic processing: The role of working memory. *Journal of Memory and Language* 30: pp. 580-602
- Leong, Ch. K. (1991). From phonemic awareness to phonological processing to language access in children developing reading proficiency. En D. J. Sawyer y B. J. Fox (Eds.) *Phonological Awareness in Reading: The evolution of current perspectives* (pp. 217-254). New York, Springer-Verlag.
- Lewkowicz, N. (1980). Phonemic awareness training: what to teach and how to teach it? *Journal of Educational Psychology*, 72, 686-700.
- Liberman, I. Y. y Shankweiler, D. (1991). Phonology and beginning to read: A tutorial. En L. Reiben, y C. A. Perfetti (Eds.) *Learning to read* (pp. 3-17). Hillsdale, N. J. Erlbaum.
- Liberman. A. M. (1992): The relation of speech to reading and writing. En R. Frost. L. Katz (Eds): *Orthography, Phonology, Morphology, and Meaning*. New York: Elsevier. pp. 167-178.

- Lorenzo, J. R. (2001). Procesos cognitivos básicos relacionados con la lectura. Primera parte: la conciencia fonológica. *Interdisciplinaria: Revista de Psicología y Ciencias Afines*, 18, 1, 1 – 34.
- Lundberg, I. Frost, J. y Petersen, O. (1988). Effects of an extensive program for stimulating phonological awareness in preschool children. *Reading Research Quarterly*, 23, 263-284.
- Lyon, G. R. y Chabra, V. (1996). The current state of science and the future of specific reading disability. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Review*, 2, 2 – 9.
- McKoon, G. y Ratcliff, R. (1998). Memory-based language processing: Psycholinguistic research in the 1990s. *Annual Review of Psychology*, 49, 25-42.
- Mehler, J. Bertoncini, J. Barrière, M. y Jassik-Gerschenfeld, D. (1978). Infant recognition of mother's voice. *Perception*, 7(5) pp. 491 – 497.
- Mehler, J. y Dupoux, E. (1997). *Nacer sabiendo: introducción al desarrollo cognitivo del hombre*. Bs. As. Alianza, Psicología Minor.
- Mehler, J. y Dupoux, E. (1997). *Nacer sabiendo: introducción al desarrollo cognitivo del hombre*. Bs. As. Alianza, Psicología Minor.
- Moraïs, J. (1991). Phonological awareness: A Bridge between language and literacy. En D. J. Sawyer y B. J. Fox (Eds.) *Phonological Awareness in Reading: The evolution of current perspectives* (pp. 31-71). New York, Springer-Verlag
- Moraïs, J. Alegria, J. y Content, A. (1987). Segmental awareness: Respectable, useful and almost always necessary. *C.P.C. Cahiers du Psychologie Cognitive*, 7, 530-556.
- Nicolson, R. (1981). The relationship between memory span and processing speed. En M. Friedman, J. P. Das, & N. O'Connor (Eds.). *Intelligence and Learning*, pp. 179–184. Plenum Press.
- Oakhill, J. V. (1984). Inferential and memory skills in children's comprehension of stories. *British Journal of Educational Psychology* 54: pp. 31-39
- Oakhill, J. V. Yuill, N. M. y Parkin, A. (1986). On the nature of the difference between skilled and less-skilled comprehenders. *Journal of Research in Reading* 9: pp. 80-91

- Rumsey, J.M. Nace, K. y Andreason, P. (1995): Phonologic and orthographic components of reading imaged with PET. *Journal of International Neuropsychology Society* 1, 180.
- Rumsey, J. M., Giedd, N. J., Schmitt, J. E., Patwardham, A. J. y Reiss, A. L. (2000). Morphological alteration of temporal lobe gray matter in dyslexia: An MRI Study. *Journal Child Psychology and Psychiatry*, 41, (5), 637-644.
- Seymour, P. H. (1994). Implications des modeles cognitifs dans la reeducation des dyslexies developpementales. En J. Gregoire y B. Pierart (Eds.) *Evaluer les troubles de la lecture : les nouveaux modeles et leurs implications disgnostiques*. Bruxelles, De Boeck Universite.
- Share, D. L. y Stanovich, K. E. (1995): Cognitive processes in early reading development: Accommodating individual differences into a mode of acquisition. *Issues in Education: Contribution to Educational Psychology* 1:1-57.
- Siegel, L. (1992). Dyslexics vs. poor readers: Is there a difference?. *Journal of Learning Disabilities*, 25, 618-629.
- Siegel, L. S. y Linder, B. A. (1984). Short-term memory processes in children with reading and arithmetic learning disabilities. *Developmental Psychology*, 20, (2), 200-207.
- Simos, P. G., Breier, J. I., Fletcher, J. M., Bergman, E., Papanicolaou, A. C. y Vivian, L. (2000). Cerebral mechanisms involved in word reading in dyslexic children: A magnetic source imaging approach. *Cerebral Cortex*, Aug. 10, (8), 809-816.
- Snowling, M. J. (1980). Development of grapheme-phoneme correspondence in normal and dyslexic readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 294-305.
- Snowling, M. J. (1990): *Dyslexia: A Cognitive Developmental Perspective*. Oxford: Basil Blackwell.
- Spear–Swerling, L. y Stemberg, R. J. (1994). The road not taken: An integrative theoretical model of reading disability. *Journal of Learning Disabilities*, 27, 2, 91 – 122.
- Stanovich, K. E. (1990). Concepts in developmental theories of reading skills: Cognitive resources, automaticity and modularity. *Developmental Review*, 10, 72-100.
- Stanovich K. E. (1993): The construct validity of discrepancy definitions of reading disability. En G. Lyon, D. B. Gray y J. F. Kavanagh (Eds.): *Better Understanding*

- Learning Disabilities: New Views From Research and Their Implications for Public Policies (pp. 273-308). Baltimore: Paul H. Brookes.
- Stanovich, K. E. (1994). Speculation on the causes and consequences of individual differences in early reading acquisition. En P. Gough, L. Ehri, y R. Treiman (Eds.) Reading Acquisition (pp. 307-342). Hillsdale, N. J. Lawrence Erlbaum Associated.
- Stanovich, K. E. y Siegel, L. S. (1994). Phenotypic performance profile of children with reading disabilities: A regression-based test of the phonological-core variable-difference model. *Journal of Educational Psychology* 86:24-53.
- Strange, W. Y Jenkins, J.J. (1978). The role of linguistic experience in the perception of speech. En, H.L. Pick y R.D. Walk, *Perception and Experience*, New York. Plenum.
- Sussman, J. E. (2001). Vowel perception by adults and children with normal language and specific language impairment: Based on steady states o transition? *Journal of Acoustical Society of America*, 109, (3), 1173-1180.
- Tallal, P. (1980): Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain Language* 9:182-198.
- Tallal, P. Stark, R. E. Kallman, C. y Mellitis, C. (1980) Developmental dysphasia: relationship between acoustic processing deficit and verbal processing. *Neuropsychologia*, 18, 273-284.
- Tallal, P. Merzenich, M. M. Miller, S. y Jenkins, W. (1998), Language learning impairments: Integrating basic science, technology, and remediation. *Experimental Brain Research*. 123 pp. 210–219.
- Tallal, P. (2003). Language learning disabilities: integrating research approaches. *Current Directions in Psychological Science*, 12 pp: 206–211.
- Treiman, R. A. (1991). Phonological awareness and its roles in learning to read and spell. En D. J. Sawyer y B.J. Fox (Eds.) *Phonological Awareness in Reading. The Evolution of Current Perspective*. New York: Springer Verlag.
- Torgesen, J.K. Morgan, S. y Davis, C. (1992): The effects of two types of phonological awareness training on word learning in kindergarten children. *Journal of Educational Psychology* 84:364-370.
- Torgesen, J. K. Wagner, R. K. y Rashotte, C. A. (1994): Longitudinal studies of phonological processing and reading. *Journal of Learning Disabilities* 27:276-286.

- Wagner, R. K. y Torgessen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101, 192-212.
- Wood F. B. Felton, R. H. y Flowers, L. (1991): Neurobehavioral definition of dyslexia. En D. D. Duane y D. B. Gray (Eds): *The Reading Brain: The Biological Basis of Dyslexia* (pp. 1-26). Parkton, MD: York Press.