

Memoria de trabajo y memoria procedimental en las dificultades específicas del aprendizaje y del lenguaje: algunos hallazgos

Working memory and procedural memory in Specific Learning and Language Difficulties: some findings

Jaime Bermeosolo B.

Psicólogo Universidad Católica
Profesor invitado en el Diploma de
Postítulo en TEL, Escuela de
Fonoaudiología, Universidad de
Chile

RESUMEN

Este artículo describe las relaciones entre los déficit de memoria de trabajo y de memoria procedimental con las dificultades específicas de aprendizaje y el trastorno específico del lenguaje. La memoria de trabajo es un sistema que comprende varios componentes cuya actividad coordinada proporciona la capacidad para el almacenamiento temporal y la manipulación de la información en una variedad de dominios. La memoria procedimental de largo plazo es un sistema particularmente importante para la adquisición y ejecución de habilidades que involucran secuencias de diferentes tipos (motoras y cognitivas). Los trastornos específicos del lenguaje y dificultades específicas del aprendizaje están estrechamente asociados con déficit selectivos en los dos sistemas de memoria. Se comentan las implicaciones de estos hallazgos para la práctica educativa y la rehabilitación.

Palabras claves: memoria de trabajo; memoria procedimental; dificultades específicas del aprendizaje; trastorno específico del lenguaje.

ABSTRACT

This paper describes the relationships between working and procedural memory deficits with specific learning disabilities and specific language impairment. Working memory is a system comprising multiple components whose coordinated activity provides the capacity for the temporary storage and manipulation of information in a variety of domains. Long term procedural memory is a system particularly important for acquiring and performing skills involving sequences of different types (motor and cognitive). Specific language impairments and specific learning disabilities are closely associated to selective deficits in both memory systems. The implications of these findings for educational practice and rehabilitation are considered.

Key words: working memory; procedural memory; specific learning disabilities; specific language impairment.

Contacto con el autor:
Jaime Bermeosolo B.
Correo-e: ibermeos@vtr.net

Introducción

La noción de memoria de trabajo, que relacionamos con nuestra capacidad para **almacenar y procesar** simultáneamente información de momento a momento en nuestro funcionamiento psicológico, ha llegado a ser en las últimas décadas un constructo útil para entender y dar sentido a numerosos hechos relacionados con aspectos muy importantes de la conducta humana y algunos de sus desajustes. *Constructos* son en psicología entidades hipotéticas de difícil delimitación. Llenan un vacío, aunque su demarcación resulta muchas veces controvertida. Ejemplos de constructos son *inteligencia, personalidad, aprendizaje*. No son entidades directamente manipulables ni demostrables, pero se infieren de la conducta: lo que observamos (y que podemos muchas veces medir) son los comportamientos inteligentes, las conductas inhibidas o agresivas, o conductas nuevas en una persona que consideramos aprendidas. No vemos directamente la *inteligencia, la personalidad o el aprendizaje*. Así ocurre con la memoria de trabajo, constructo útil para entender mejor y dar sentido a una serie de comportamientos, en especial los relacionados con funciones cognitivas específicamente humanas.

La memoria en sentido amplio, es decir el proceso mental activo que permite retener o registrar las experiencias y, cuando corresponde, recuperarlas, incluye registros *a largo plazo*. Su relación con el aprendizaje es obvia: memoria y aprendizaje son en cierto sentido dos caras de una

misma moneda: no hay aprendizaje sin participación de la memoria. Los conocimientos y experiencias almacenados, por otra parte, suponen aprendizaje. Un aprendiz “buen procesador” de información hace un uso eficiente tanto de sus recursos de almacenamiento y procesamiento, como de recuperación, lo que depende en parte importante del funcionamiento de sus sistemas de memoria de trabajo y de registros a largo plazo. Hay hallazgos de interés que confirman algunas deficiencias en la operación de tales sistemas en niños con dificultades específicas del lenguaje y del aprendizaje, así como con otras alteraciones del desarrollo. Numerosos investigadores estos últimos años han aportado valiosos antecedentes sobre el punto, dando cuenta del compromiso biológico que puede subyacer en las dificultades específicas y otras alteraciones, como el TDAH, de lo cual ya hemos dado cuenta detallada¹. En este artículo haremos una breve mención de la hipótesis del déficit procedimental (*PDH Procedural Deficit Hypothesis*) de Ullman y Pierpont² que sostienen que los TEL pueden ser explicados en gran parte debido al desarrollo anormal de estructuras cerebrales que constituyen el sistema de memoria procedimental.

Memoria de trabajo

La concepción tradicional en los modelos *multialmacén* de **memoria de corto plazo** o **inmediata** como sistema de registro relativamente pasivo de información durante algunos segundos -en tareas de repetición de dígitos, sílabas sin sentido, palabras, pseudopalabras o memorización de números telefónicos que debían marcarse

inmediatamente- se modificó posteriormente con la consideración de que ese mismo componente de memoria juega un papel muy importante en el **procesamiento activo de la información**, lo que llevó a preferir la denominación de **memoria de trabajo u operativa**. Esta modalidad de memoria pasó a ser vista, metafóricamente, como el *escenario* de nuestra actividad psicológica, y de manera especial la consciente. En este componente, no observable, pero cuya acción se infiere, se concentra la actividad de la persona de momento a momento, gracias al rol de la atención en el procesamiento de la tarea. Por ello, algunos tratadistas lo identificaron inicialmente como **[memoria de corto plazo (en sentido tradicional) + atención]**. La participación de la atención, sin embargo, se traduce de varias maneras: en su acción sostenida para determinadas tareas, en la percepción consciente, en la asignación de recursos cognitivos, y en la interacción permanente con los registros a largo plazo (memorias procedimental y declarativa; semántica y episódica), todo lo que da sentido a aquello que es objeto de procesamiento. Sin embargo, la memoria de trabajo debe mediar, justamente por su interacción constante con los registros a largo plazo, también en la realización de tareas y rutinas no necesariamente explícitas o conscientes.

De acuerdo con el influyente modelo de Baddeley, ampliamente conocido en nuestro medio, el aspecto de **procesamiento** de la tarea está controlado por un componente centralizado, conocido como el *ejecutivo central*^{3,4,5,6,7,8}. El **almacenamiento a corto plazo** -o memoria inmediata- en cambio, se relaciona con

componentes específicos para diferentes modalidades de datos de entrada: el *bucle articulatorio* (o voz interna), el *almacén de corto plazo viso-espacial* (ojo interno), el *almacén acústico primario* (oído interno). El destacado investigador ha sugerido varias veces la probable existencia de otros subcomponentes⁶.

El autor del presente artículo ha dado a conocer y descrito en detalle tanto los aspectos estructurales como funcionales del modelo de memoria de trabajo de Baddeley y colaboradores^{9,10}, en especial en el contexto del comportamiento académico y psicolingüístico. Para probar su modelo los investigadores desarrollaron una metodología especial que, en sus aspectos esenciales, consistía en pedir a los sujetos que ejecutaran al mismo tiempo dos tareas diferentes (*concurrent or interference tasks*). Como cada subcomponente tiene una capacidad limitada para procesar información, la lógica subyacente es que si las dos tareas hacían uso del mismo o de los mismos subcomponentes, la ejecución de una o ambas tareas sería peor al ejecutarse juntas que al hacerlo por separado. Si, por el contrario, cada tarea hacía uso de un subsistema diferente, sería posible ejecutarlas tan bien juntas como por separado. En su monografía dedicada al constructo⁴, el investigador da cuenta detallada del funcionamiento de los diferentes subcomponentes en tareas de ese tipo.

Por otra parte, se ha demostrado que este sistema de memoria participa no sólo en tareas de *input*, es decir en el almacenamiento temporal y procesamiento de información de entrada (como en los modelos *multialmacén*), sino también en tareas

de *output*, o salida, por ejemplo, en la programación del habla en la *lingüistificación* del pensamiento. Esta idea ya la había sugerido Ellis hace muchos años¹¹ al describir en detalle el *response buffer* del influyente modelo *logogen* propuesto por Morton:

“Mi propuesta particular es que **una y la misma entidad funcional** –el *almacén temporal de respuestas (response buffer)*– interviene tanto en el almacenamiento de secuencias de ítems fonémicamente codificados durante los ejercicios de memoria de corto plazo, como en el almacenamiento de secuencias pre-planificadas del habla que está por producirse, durante la normal realización del habla”.

En psicolingüística se han estudiado, entre los numerosos aspectos relativos a la codificación de ideas en términos de habla, los *lapses linguae* y otros errores, que han aportado datos muy interesantes acerca de la **programación del lenguaje** y el almacenamiento temporal y secuenciado de las porciones de lo que está en proceso de *lingüistificación*, y que se concreta en determinadas construcciones sintácticas y morfo-fonológicas al momento de su expresión oral. Fenómenos de esta naturaleza han evidenciado la necesidad de postular la existencia de subsistemas de almacenamiento temporal. El **lapso ojo-voz** en lectura en voz alta, por ejemplo, en que la fijación de la mirada en la línea impresa va muy por delante de lo que la persona está articulando vocalmente en un momento determinado, confirma la necesidad de algún componente de almacenamiento temporal, y que se relaciona con los subsistemas de la memoria operativa.

Sin entrar en detalle en la descripción de cada subcomponente del modelo de Baddeley, (ver Bermeosolo⁹), conviene hacer un alcance sobre el *ejecutivo central*, por la relevancia que tiene para los propósitos de este artículo. Es el más versátil ya que participa en todas las tareas que demandan actividad cognitiva, controlando la asignación de recursos atencionales a dichas tareas. Se le ha denominado así, porque además de la asignación de la atención a los diferentes tipos de input, dirige la acción de los otros componentes, con los que se puede implicar en mayor o menor medida. Baddeley³ lo caracterizó como un sistema puramente atencional, muy flexible, debido a que procesa información de cualquier modalidad sensorial y de diferentes maneras. En labores automatizadas (relacionadas con las memorias procedimentales) su participación es mínima, lo que explica que el ser humano pueda realizar dos o más actividades complejas al mismo tiempo, aunque atendiendo preferentemente a una de ellas, ya que se trata de un subsistema de "capacidad limitada": una dueña de casa puede estar viendo su teleserie favorita al tiempo que teje. Si hay un problema con el tejido, desatiende por algunos instantes a la serie. La persona que al manejar va conversando, deja de hacerlo en un cruce peligroso o cuando la situación que enfrenta es riesgosa. Quien lee, puede concentrarse en el contenido si ya tiene suficientemente automatizado todo el proceso decodificadorio: el lector principiante, en cambio, -y también el lector deficiente- dedica gran parte de sus recursos atencionales a la decodificación por lo cual no logra captar o no puede concentrarse en aspectos medulares del contenido.

Memoria de trabajo y dificultades del aprendizaje y del lenguaje

Gathercole, Alloway, Willis y Adams¹², del equipo de Baddeley, estudiaron en una muestra de 46 niños con dificultades de lectura, de seis a once años, las asociaciones entre memoria de trabajo, lectura y habilidades matemáticas, así como los posibles efectos mediadores de la inteligencia, habilidades verbales, memoria inmediata y conciencia fonológica. El trabajo es complejo e incluye muchas variables, por lo que no podemos detallarlo. Gathercole y equipo citan a varios investigadores que han demostrado que hay evidencia sustancial de la relación entre memoria de trabajo y el aprendizaje en lectura^{13,14} y matemática^{15,16}. Entre otros interesantes hallazgos, en su estudio constataron que la severidad de las dificultades de lectura estaba asociada significativamente con “memoria compleja”, con lenguaje, memoria de corto plazo viso-espacial y habilidades de conciencia fonológica. Las deficiencias en matemática se relacionaron con “memoria compleja”, memoria de corto plazo fonológica, memoria de corto plazo viso-espacial. Los autores hablan de **memoria compleja** cuando se refieren a la memoria de trabajo en sus actividades de procesamiento (o manipulación) de la información en las que el *ejecutivo central* juega un rol importante. Denominan, en cambio, **memoria de corto plazo** a las actividades de simple almacenamiento inmediato, en las que juegan un rol importante los diferentes subcomponentes de la memoria de trabajo (voz interna o memoria de corto plazo fonológica, ojo

interno o memoria de corto plazo viso-espacial).

Concluyen afirmando:

“La gravedad de los déficit, tanto en las áreas de lectura como de matemática en la muestra de niños con dificultades de lectura, estaba asociada **estrechamente con su habilidad de memoria de trabajo**. Proponemos que esta asociación surge porque la memoria de trabajo funciona como un cuello de botella para el aprendizaje en las actividades de clase y sugerimos que **un adecuado manejo de las cargas de memoria de trabajo en actividades de aprendizaje estructuradas** puede mejorar los problemas de aprendizaje asociados a limitaciones en la memoria de trabajo.”

En otras palabras, el educador -el psicopedagogo, o el fonoaudiólogo, según corresponda- deberá dosificar las actividades a realizar por el niño, no exigiendo más de una al mismo tiempo, o descomponiendo tareas complejas a fin de facilitar el procesamiento de cada parte. Paulatinamente, con la ejercitación pertinente en un contexto motivador y que favorezca la comprensión, el niño estará en condiciones de *procedimentalizar* rutinas simples integrándolas en otras más complejas.

En un trabajo posterior, Alloway, Rajendran y Archibald¹⁷ examinaron el funcionamiento de la memoria de trabajo en niños con alteraciones del desarrollo. Es interesante señalar que Tracy Alloway se ha interesado en la importancia de la memoria de trabajo en el aprendizaje, y en cómo se puede medir y ejercitar utilizando también herramientas

informáticas. Por su parte, Gnanathusharan Rajendran, autoridad en materia de autismo, ha estado estudiando la función ejecutiva en el autismo, el uso de la computación y la tecnología de la información para comprenderlo mejor y tratarlo. Lisa Archibald se ha dedicado a investigar la interdependencia memoria de trabajo y desarrollo del sistema lingüístico. En el estudio que estamos citando, el objetivo fue comparar las habilidades de memoria de trabajo -es decir, la capacidad de **almacenar** y de **manipular** la información por breves períodos- en niños con diferentes alteraciones del desarrollo. Querían verificar si el carácter distintivo de su diagnóstico tenía un impacto en dichas habilidades. Los autores efectivamente encontraron **perfiles diferentes de memoria** en las cuatro condiciones examinadas: trastorno específico del lenguaje (SLI - **TEL**), trastorno del desarrollo de la coordinación (DCD - **TDC**), trastorno por déficit de atención-hiperactividad (ADHD - **TDAH**) y síndrome de Asperger (AS - **SA**). Para cada condición entregan numerosos antecedentes que suponen un estado del arte en relación a su delimitación y la justificación de su elección para esta investigación. Asimismo, dan cuenta de los instrumentos utilizados. Se procuró que cada síndrome ocurriera “puro” en los niños de la muestra, evitando coocurrencia entre ellos (por ejemplo, TDAH + TEL).

Por lo interesante del trabajo aportaremos algunos detalles sobre cómo se realizó. El desempeño de la memoria de trabajo en los niños se midió utilizando una herramienta informática estandarizada, el *AWMA Automated Working Memory Assessment* (Alloway¹⁸), basado en la

conceptualización de la memoria de trabajo como un sistema que consta de componentes cuya acción coordinada proporciona, como ya lo señalamos, la capacidad para el **almacenamiento provisional** (memoria inmediata) y **manipulación** (procesamiento) de información en una variedad de dominios.

El test suministra 3 medidas (3 subtests) de **memoria de corto plazo o inmediata** (almacenamiento provisional) y 3 medidas (3 subtests) de **memoria de trabajo** (manipulación de la información), tanto para el área **verbal** como para el área **viso-espacial**. En total, son 6 subtests para cada área y 12 para el test total. Por el interés que puede tener para algún tesista hacer una adaptación de esta prueba informática en nuestro medio, anotamos en la **tabla 1** los nombres originales de los subtests y entregamos a continuación una breve descripción.

En los subtests que miden **memoria verbal de corto plazo** (en que participa el *bucle articulatorio*), se le pide al niño recordar secuencias de material verbal. En cada prueba, el niño escucha una secuencia de elementos verbales (dígitos, palabras de una sílaba, y pseudopalabras de una sílaba, respectivamente) y debe recordar cada secuencia en el orden correcto. Los subtests de **memoria de corto plazo viso-espacial**, por otra parte, (en que participa el *almacén de corto plazo o “bloc de bosquejos” viso-espacial*) implican la presentación y recuerdo inmediato de materiales tales como secuencias de bloques con diseños o celdas marcadas en una serie de matrices visuales.

Tabla 1. Subtests que integran el Automated Working Memory Assessment AWMA de Alloway (2007)¹⁸.

1. Digit recall	1. Dot matrix
2. Word recall	2. Mazes memory
3. Nonword recall	3. Block recall
Verbal STM M. CORTO PLAZO VERBAL	VS STM M. CORTO PLAZO VISO ESPACIAL
1. Listening recall	1. Odd one out
2. Counting recall	2. Mr. X
3. Backward digit recall	3. Spatial recall
Verbal WM M. TRABAJO VERBAL	VS WM M. TRABAJO VISO ESPACIAL

En la tarea de matriz de puntos (*dot matrix task*), al niño se le muestra la posición de un punto rojo en una serie de matrices 4x4 y tiene que recordar las posiciones tocando las celdas pertinentes en la pantalla del ordenador. En la tarea de memoria laberintos (*mazes memory*) al niño se le muestran durante 3 segundos laberintos con un trazado rojo en ellos. Tiene que trazar -en cada opción- en un laberinto en blanco presentado en la pantalla del ordenador el camino delineado. En la tarea de recuerdo bloques (*block recall task*), el niño ve un video de series de bloques con algunos que son resaltados y debe reproducir la secuencia en el orden correcto con golpecitos sobre un dibujo de los bloques.

Para evaluar el *ejecutivo central* o el aspecto de control de la atención se diseñaron tareas complejas de memoria. En estas tareas de *memoria*

de trabajo al niño se le exige tanto almacenar como procesar una cantidad cada vez mayor de información hasta el punto en que se cometen errores. Un ejemplo de tarea de **memoria de trabajo verbal** consiste en escuchar series de oraciones y al niño se le pide, aparte de verificar si la oración es “verdadera” o “falsa”, recordar la palabra final. En otra, de inversión de dígitos (*backward digit recall*), se le pide al niño recordar secuencias de dígitos, pero en el orden inverso. En el tercer subtest (*counting recall*) al niño se le presentan arreglos visuales de círculos rojos y triángulos azules. Debe contar el número de círculos en cada arreglo y recuperar la cantidad de círculos en los arreglos que se le han presentado. Una tarea análoga, pero de **memoria de trabajo viso-espacial** consiste en rotar imágenes y recordar sus ubicaciones. En la primera tarea (*odd-one-out task*), el niño ve tres formas, cada una en una caja, presentadas en una secuencia, y debe identificar

la forma que no corresponde o no calza con las otras dos. Al final de cada ensayo, el niño debe recordar la ubicación de cada forma que no corresponde, en el orden exacto, tocando la caja correcta en la pantalla. En la tarea o subtest *Mr. X* al niño se le presenta un dibujo con dos imágenes del Sr. X. Debe decidir si el Sr. X con el sombrero azul tiene la pelota en la misma mano que el Sr. X con el sombrero amarillo. La imagen del Sr. X con el sombrero azul también puede ser rotada. Al final de cada ensayo, el niño tiene que recordar la ubicación de cada pelota en la mano del Sr. X con sombrero azul en las secuencias, apuntando a una imagen con ocho puntos de la brújula. En la tarea de recuerdo espacial (*spatial recall*), el niño ve una foto de dos formas arbitrarias en que la forma de la derecha tiene un punto rojo, y debe identificar si la forma de la derecha es la misma o la opuesta a la forma de la izquierda. La forma con el punto rojo también puede ser rotada. Al final de cada ensayo, el niño tiene que recordar la ubicación de cada punto rojo en la forma en la secuencia, señalando en un dibujo con puntos de la brújula.

Participaron 163 niños en este estudio. Todos eran hablantes nativos de inglés y ninguno tenía problemas de audición. Se obtuvo el consentimiento de los padres a fin de que pudieran participar. El grupo TEL estuvo formado por 15 niños (60% varones, edad media = 9,2 años). La distribución por sexos fue consistente con los estudios publicados sobre TEL¹⁹. El grupo de TDC fue de 55 niños (80% varones, edad media = 8,8 años). La distribución por sexos corrobora los datos de que más hombres que mujeres se ven afectados²⁰. El grupo TDAH estuvo compuesto por 83 niños (85% varones, edad media =

9.10 años) con una combinación de comportamiento hiperactivo-impulsivo y problemas de atención (TDAH mixto). Todos estaban recibiendo estimulantes para el TDAH (por ejemplo, metilfenidato). A fin de garantizar que las evaluaciones no fueran influenciadas por la medicación²¹, los participantes dejaron de tomar el medicamento 24 horas antes de la prueba. El mayor número de niños que niñas en el grupo de TDAH refleja la tasa de diagnóstico clínico²¹. Participaron 10 niños SA (80% varones, edad media = 8,8 años). La proporción de hombres y mujeres corresponde a informes sobre la materia²³.

A todos los niños se les aplicó completo el AWMA de Alloway, con excepción del grupo TEL que fue medido en memoria verbal con el Working Memory Test Battery for Children (Pickering & Gathercole²⁴), una prueba análoga al AWMA en versión de papel y lápiz. A todos también se les aplicó una medición de habilidad general no verbal. El trabajo de Alloway, Rajendran y Archibald¹⁷ dedica varias páginas al análisis y discusión de los resultados, comentando las fortalezas y limitaciones del estudio. El análisis estadístico es riguroso, con tablas que ilustran muy bien los datos. Remitimos, por tanto, al lector interesado al trabajo original. En síntesis, las alteraciones del lenguaje (TEL) se asociaron con deficiencias selectivas de memoria verbal a corto plazo (bucle articulatorio) y de trabajo (ejecutivo central en tareas verbales), mientras que los impedimentos motores (TDC) se asociaron con deficiencias selectivas de memoria viso-espacial de corto plazo y de trabajo (ejecutivo central en tareas no verbales). Los niños con déficit de atención e hiperactividad (TDAH) no mostraron problemas en

memoria inmediata; sí evidenciaron deficiencias en memoria de trabajo (ejecutivo central en tareas tanto verbales como viso-espaciales). Los niños con SA mostraron problemas sólo en memoria de corto plazo verbal (bucle articulatorio).

Explican los autores que se dieron los siguientes *patrones*: Los niños con TEL mostraron desventajas en tareas de memoria verbal, tanto de corto plazo como de trabajo. Los niños con TDC mostraron un funcionamiento descendido en todas las áreas con puntajes particularmente bajos en tareas de memoria viso-espacial. Los niños con TDAH rindieron dentro de los niveles esperables para su edad en tareas de memoria de corto plazo, demostrando, en cambio un déficit generalizado de memoria de trabajo que impactó tanto el dominio verbal como no verbal. Los niños con SA evidenciaron un déficit selectivo de memoria verbal inmediata. El equipo investigador comenta y explica para cada condición diagnóstica estos hallazgos, contrastándolos con los de otros estudios. Como dato de interés para educadores, psicopedagogos, fonoaudiólogos y otros especialistas, entregan una serie de recomendaciones para la intervención. Concluyen su trabajo en estos términos:

“En síntesis, el presente estudio investigó las fortalezas y debilidades de memoria de trabajo en diferentes trastornos del desarrollo. Encontramos que los inconfundibles perfiles de memoria asociado con cada tipo de trastorno refleja en algún grado la naturaleza del déficit. La singularidad del diagnóstico entregado por el

AWMA identifica no sólo las áreas deficitarias sino también las fortalezas sobre las cuales pueden construirse efectivamente las estrategias compensatorias”.

Memoria procedimental de largo plazo

Investigadores del campo de la ciencia cognitiva y de la neuropsicología^{25,26,27} basados en la distinción de Anderson en su trabajo sobre la *arquitectura de la cognición* de comienzos de los 80 entre conocimiento *declarativo* y *procedimental* – correspondientes al *saber qué* y *saber cómo*– han fundamentado los tipos de memoria de largo plazo **declarativa** y **procedimental** (*declarative* and *procedural memory*). Al tema ya nos referimos con algún detalle anteriormente⁹. Las memorias procedimentales corresponden a habilidades y destrezas automatizadas con un fuerte componente motor, y se adquieren a través de la práctica reiterada y también por condicionamiento. Representan, según Klein (1994),

"el conocimiento acerca de cómo hacer las cosas, tales como atarse los cordones de los zapatos o tocar el piano, que son almacenadas como resultado de las experiencias de condicionamiento instrumental... Puede representar también reacciones emocionales ante eventos ambientales, como tener hambre al llegar al cine o miedo al atravesar un puente elevado, almacenadas como resultado del condicionamiento pavloviano".

La ejecución de habilidades deportivas y las numerosas rutinas de la vida diaria automatizadas, que no requieren de control consciente, están representadas en este tipo de memoria. Investigadores como los arriba nombrados ya habían destacado que “hay grandes diferencias en la bioquímica” de esos dos tipos de memoria a largo plazo, lo que ha sido avalado por la investigación actual sobre la estructura y función cerebral relacionada con las memorias declarativa y procedimental. Es importante hacer ver que la memoria procedimental está directamente enlazada con el aprendizaje y conocimiento implícitos, términos que hacen referencia –como explica Baddeley⁵– a que no puede accederse a ellos con facilidad mediante la introspección y a que no es sencillo expresarlos con palabras: “suelen ser característicos de la adquisición de destrezas motoras como silbar, esquiar o montar en bicicleta”. No se limitan, en todo caso, a las destrezas perceptivas y motoras: el aprendizaje del lenguaje es un buen ejemplo de ello, tema al cual ya nos hemos referido (Bermeosolo^{10,28}). Memoria **procedimental** se usa para hacer referencia al almacenamiento a largo plazo de cualquier tipo de “saber cómo” o procedimientos, en general, incluyendo aquellos relativamente intangibles que no se traducen tan obviamente en destrezas motoras evidentes, como las habilidades de naturaleza intelectual. La memoria **declarativa**, por otra parte, se relaciona con el registro de hechos, datos o fenómenos, de muy variada naturaleza, accesibles al conocimiento consciente y que corresponden al “saber qué”. Si atarse los zapatos -una destreza aprendida a través de la práctica reiterada- está codificado en la

memoria procedimental, saber cómo se atan los zapatos, haciéndolo consciente para declararlo o referirlo a otros, corresponde a un dato registrado en la memoria declarativa. Este tipo de memoria incluye información general, expresada en conceptos (verbales y no verbales), reglas, estrategias, etc., y cubre buena parte de las exigencias del aprendizaje escolar. La psicología la ha descrito metafóricamente como el almacén en el que se guardan nombres, fechas, hechos, lugares, caras y experiencias pasadas. Se distingue dentro de ella, a partir de las investigaciones de Tulving desde los 60 del siglo pasado (ver Tulving²⁹) las memorias *semántica* y *episódica*, que algunos ven como dos polos de un mismo sistema, más que dos subsistemas diferentes, dada su necesaria interrelación.

El desarrollo de destrezas y habilidades supone el tránsito desde una codificación inicial de la tarea en términos *declarativos*, explícitos, hasta llegar finalmente a su codificación *procedimental*. Anderson³⁰ describe en detalle y con algunos ejemplos la **procedimentalización** (*proceduralization*), proceso a través del cual las personas cambian o se conectan desde el uso explícito del conocimiento declarativo a la aplicación directa del conocimiento procedimental. Lo analiza en un capítulo dedicado a la naturaleza de la *pericia* (*expertise*). Hace ver cómo a través de una práctica extensiva podemos desarrollar altos niveles de pericia, que resultan de gran ayuda al tener que enfrentar problemas o desafíos en determinado dominio. En el desarrollo de las habilidades describe tres estadios, que recomendamos al lector interesado revisar en la fuente original ya que los ilustra con

ejemplo de diferentes dominios. El primero es el estadio *cognitivo*: el sujeto desarrolla una codificación declarativa de la habilidad que tiene que adquirir. Debe registrar en su memoria una serie de hechos y elementos relevantes para la tarea, como ocurre con quien está aprendiendo a manejar o quien debe resolver determinado tipo de problemas en geometría. El segundo estadio es el *asociativo*, en el cual la persona gradualmente va tomando conciencia de los errores en su comprensión y práctica inicial, y los va eliminando, generando al mismo tiempo reglas para enfrentar de mejor manera las dificultades que surgen. El tercer estadio es el *autónomo*: el procedimiento se ha ido haciendo más y más automatizado y rápido. Habilidades complejas (manejar un automóvil, jugar ajedrez, etc.) se desarrollan gradualmente en la dirección de hacerse cada vez más autónomas exigiendo menos recursos atencionales y de procesamiento. Anderson dedica un apartado especial en su capítulo a las relaciones memoria de largo plazo y pericia. Distingue entre aprendizaje *táctico*, que tiene que ver con el proceso por el cual las personas aprenden reglas específicas para solucionar problemas específicos, y *estratégico*, que supone la adquisición de una manera de organizar la propia habilidad de solución de problemas optimizándola para resolver de manera altamente apropiada los desafíos en ese dominio.

Memoria procedimental y dificultades del aprendizaje y del lenguaje.

Las habilidades complejas se desarrollan gradualmente haciéndose más y más automatizadas, exigiendo menos recursos atencionales y de

procesamiento: la *automatización* supone un nivel de logros en el desarrollo de alguna habilidad (como la sintáctica, a la base de la comunicación lingüística) que se caracteriza por velocidad, precisión y que permite llevarla a cabo de manera inconsciente. Es difícil de suprimir o ignorar. Ullman y Pierpont² explican esto diciendo que el aprendizaje de habilidades “suele ser gradual, ocurre de manera continua a través de múltiples ensayos. En cambio, los procedimientos ya aprendidos se aplican por lo general rápida y automáticamente”. La literatura especializada ha puesto en evidencia que, por ejemplo, en la dislexia claramente no se logra esta automatización y fluidez, con un retraso en lectura y escritura persistente que no responde a los procedimientos metodológicos habituales y a muchos esfuerzos remediales, a diferencia de otras dificultades en el aprendizaje de la lectura que no constituyen una dislexia. Resulta esclarecedora en este sentido la definición propuesta por el Comité de Dislexia del Consejo para la Salud de los Países Bajos³¹ en que se afirma:

Hay dislexia, cuando la **automatización** de la identificación de palabras (lectura) y / o su representación escrita (ortografía) **no se desarrolla o se hace de manera muy incompleta o con gran dificultad.**

Entre los factores de riesgo identificables se suelen citar una gran dificultad en el desarrollo de habilidades fonológicas, *problemas con la automatización de asociaciones arbitrarias* y una historia familiar de severos problemas en lectura. Un grupo de investigadores británicos de la Universidad de Sheffield³² desafió la hipótesis de que la dislexia es

esencialmente un problema de base lingüística y consideran que se trata de la manifestación de un déficit más generalizado en la adquisición y automatización de habilidades. Las dificultades en el aprendizaje memorístico (alfabeto, tablas de multiplicar...) y de asociaciones arbitrarias encontradas en los disléxicos, con un importante fracaso en su automatización, pese a reiteradas ejercitaciones y en el contexto muy frecuente de una buena capacidad intelectual, los llevó a investigar habilidades muy simples, algunas de ellas motrices. Encontraron que los disléxicos se desempeñaban tan bien como los niños de su edad sin problemas en pruebas de equilibrio en condiciones normales, sin embargo, lo hacían significativamente peor cuando se les hacía ocuparse de una tarea concurrente mientras se equilibraban, o tenían que ejecutar las pruebas de equilibrio con la vista vendada. En condiciones normales enfrentaban bien su tarea, lo que, de acuerdo a la interpretación de los investigadores, obedecía a un *esfuerzo especial de compensación consciente* (esto hace referencia clara a lo que examinamos sobre *memoria de trabajo* en el apartado anterior). En tareas de aprendizaje de habilidades utilizando un teclado y con exigencias de velocidad de respuesta, los sujetos disléxicos mostraban una notable torpeza inicial y sus dificultades persistían, incluso después de varias horas de práctica.

Esta torpeza en la automatización y fluidez, que supone un tropiezo en una de las características esenciales de toda habilidad, fue estudiada también con mucha rigurosidad por un equipo holandés, comparando niños disléxicos y controles normales de

la misma edad, y niños del mismo nivel lector, pero de menor edad cronológica. Se estudió la automatización de lectura de palabras y pseudopalabras y, además, se utilizó un intenso programa de entrenamiento de fluidez en lectura empleando audífonos y computadores³³. Los niños disléxicos evidenciaron mayor dificultad que los grupos lectores normales para reconocer palabras presentadas con un período muy breve de exposición y para lograr fluidez en habilidades relacionadas con la lectura. Además de reconocer estos estudiosos que en los disléxicos hay un evidente problema a nivel fonológico, éste se agravó en condiciones en que se hacían fuertes exigencias de efectuar un procesamiento automático. Concluyen afirmando: "Todo esto sugiere que los disléxicos presentan, al menos, algún otro déficit junto al fonológico".

Existe una estrecha relación entre las **dificultades específicas del aprendizaje** (*specific learning disabilities*) en el dominio de la **lengua escrita** y de la **lengua oral**. A diferencia de numerosas dificultades que experimentan los niños en su aprendizaje, por las más variadas circunstancias, en las *dificultades específicas* mencionadas existe algún tipo de compromiso biológico, lo que ha sido puesto en evidencia por la investigación desde hace muchos años. Las definiciones de *specific learning disabilities*¹ más utilizadas -entre ellas la del NJCLD (*National Joint Committee on Learning Disabilities*)³⁴, que cuenta con amplia aceptación- aclaran que tales alteraciones

¹ En Chile se suele utilizar la denominación **TEA** *Trastorno específico del aprendizaje*. Aparte de que TEA actualmente se confunde con *Trastorno del espectro autista*, preferimos hablar de *dificultad específica del aprendizaje*, descartando el término médico "trastorno".

son *intrínsecas* al individuo, se presume *obedecen a disfunción del SNC*, y pueden darse a lo largo de toda la vida. Se incluyen las alteraciones del desarrollo de la lengua oral (los TEL) dentro de la noción de *learning disability*, que es definida como:

Un término genérico que alude a un heterogéneo grupo de alteraciones que se manifiestan en significativas dificultades en la *adquisición* y el uso de la **escucha**, el **habla**, la **lectura**, la **escritura**, el razonamiento, o las habilidades matemáticas.

Algunos investigadores^{35,36} han propuesto un nuevo marco conceptual remplazando la noción de *disfunción cerebral mínima* y de *disfunción cerebral* por la de **desarrollo atípico del cerebro** (*atypical brain development*), lo que resulta de interés para lo que se expone más adelante.

La legislación vigente en USA (la versión actual de *The Individuals with Disabilities Education Act IDEA*)² incluye dentro de las áreas que pueden verse afectadas por learning disabilities la *expresión oral*, la *comprensión oral*, la *expresión escrita*, las *destrezas básicas lectoras*, las *habilidades de fluidez lectora*, la *comprensión lectora*, el cálculo matemático y la solución de problemas matemáticos. Para una visión acabada de los TEL en sus manifestaciones más características y niveles de severidad, remitimos al lector al trabajo de Pavez³⁷, quien llevó a cabo una puesta al día de la influyente clasificación de Ingram "precisando la semiología con criterios lingüísticos" y además complementando el trabajo del neurólogo de la Universidad de

Edimburgo con "la experiencia obtenida tras varios años de investigación en niños con TEL en la Escuela de Fonoaudiología de la Universidad de Chile". Se trata de un aporte fundacional para el área, que la autora ha complementado con investigaciones, desarrollo de instrumentos y publicaciones de reconocido prestigio.

A continuación, en la parte final de este trabajo, entregamos los aportes de un equipo investigador que aclara y da sentido a lo que hemos expuesto en los párrafos anteriores en relación al eventual compromiso biológico, *disfunción o desarrollo atípico del cerebro*, a la base de los problemas en automatización y fluidez que se observan en niños con dificultades específicas del aprendizaje y del lenguaje. Si bien los investigadores se centran en los TEL, sus hallazgos también pueden dar cuenta de las dificultades que experimentan los niños disléxicos en el aprendizaje de la lectura y escritura. Ullman y Pierpont², integrantes de los Departamentos de Neurociencias, Neurología, Lingüística y Psicología de la U. Georgetown USA, han postulado a la base de los TEL (SLI) la **hipótesis del déficit procedimental** (*PDH Procedural Deficit Hypothesis*), afirmando que *el trastorno específico del lenguaje no es específico del lenguaje*. Los TEL pueden ser explicados en gran parte a causa del desarrollo anormal de estructuras cerebrales que constituyen el sistema de memoria procedimental. Dicho sistema, compuesto de una red de estructuras interconectadas con raíces en circuitos fronto-ganglio basales, favorecen el aprendizaje y la ejecución de habilidades motoras y cognitivas. Los autores hacen especial mención a la participación del área de Broca

² <http://idea.ed.gov/>

en el córtex frontal y el núcleo caudado dentro de los ganglios basales. La evidencia reciente, explican los autores, implica a este sistema en importantes aspectos de la gramática. La hipótesis del déficit procedimental (PDH - HDP) postula que una proporción significativa de sujetos diagnosticados con TEL adolece de anormalidades en esta red cerebral, generando alteraciones en las funciones *tanto lingüísticas como no lingüísticas* que dependen de ella. “El sistema subyace a aspectos del aprendizaje de reglas y resulta particularmente importante en la adquisición y ejecución de habilidades que implican secuencias, trátase de secuencias motoras o abstractas, sensorio-motrices o cognitivas”.

Analizan estos estudiosos las dos amplias perspectivas teóricas, en buena parte antagónicas, que han tratado de dar cuenta de los TEL. Una de ellas postula que la población afectada, o al menos un grupo importante de sujetos, presenta un déficit o retraso específico en el *área del lenguaje verbal*, más puntualmente, la *gramática*, esto es, la capacidad mental que subyace a la combinación de palabras, regida por reglas, posibilitando formar estructuras complejas. Este punto de vista ha sido expuesto con diferentes matices explicativos por equipos de investigación que han identificado las operaciones, mecanismos o tipos de conocimiento que a su juicio son los problemáticos. Se propone entonces que un amplio rango de alteraciones en el lenguaje verbal pueden explicarse por un *déficit que afecta los mecanismos subyacentes al aprendizaje y/o el cómputo de reglas gramaticales implícitas*.

De acuerdo a la otra gran perspectiva teórica, los TEL obedecen a un déficit de

procesamiento de naturaleza *no lingüística*. Algunas de estas hipótesis son de tipo muy general, como *una reducida velocidad de procesamiento o limitaciones en la capacidad de procesamiento*. Pueden explicar bastante bien porqué los niños con TEL presentan problemas para procesar estímulos verbales y no verbales presentados rápidamente o en breve duración, y problemas con demandas cognitivas tales como recuperación de palabras, ejecución simultánea de tareas y discriminación fonológica. Ullman y Pierpont² destacan, sin embargo, las limitaciones de estas hipótesis tan amplias y describen otras que atribuyen las dificultades a cuestiones más específicas, tales como disfunción de la *memoria de trabajo fonológica*, alteración de procesamiento *perceptual* o de procesamiento *temporal* frente a estímulos presentados rápidamente o frente a secuencias de estímulos presentados en rápida sucesión. Este tipo de hipótesis, observan, parecen explicar bien ciertas deficiencias específicas encontradas en niños con TEL, pero parece ser que *no todos* los niños adolecen de ellas.

Después de una bien documentada revisión de varias de las teorías vigentes, sostienen que la hipótesis que ellos postulan del **déficit procedimental** puede explicar las anormalidades neurológicas encontradas en los TEL y puede dar cuenta *—en apariencia paradójicamente— de gran parte de la consistencia y heterogeneidad de los déficit lingüísticos y no lingüísticos encontrados en el trastorno*. En su extenso artículo los autores dedican un completo apartado a explicar en detalle la neuroanatomía y las funciones del sistema de memoria procedimental -que contrastan con el

sistema de memoria declarativa- y sus relaciones con el lenguaje verbal y con imágenes mentales no verbales (dinámicas y estáticas). Examinan las sofisticadas técnicas de observación de la anatomía y funcionamiento cerebral, y comparan sus hallazgos con la evidencia encontrada por una gran cantidad de estudios dedicados a los correlatos neurales de los TEL. Una tabla enumera más de veinte de ellos, especificando para cada uno la muestra utilizada, la metodología y la información relativa a las anomalías encontradas en diferentes estructuras. Revisan también la evidencia *comportamental* relativa a los TEL, definiendo el *perfil gramatical* que los caracteriza, con hallazgos que involucran diferentes aspectos de la *sintaxis* y la *fonología*, distinguiendo entre los aspectos que suelen verse afectados y cuáles no. El trabajo es rico en ejemplos y datos de observación clínica.

Destacan, además, cómo la *memoria de trabajo* está estrechamente relacionada con las estructuras cerebrales subyacentes al sistema procedimental, aunque está también funcionalmente relacionada con la recuperación del conocimiento declarativo. “Los TEL están fuertemente ligados, expresan, a deterioros de la memoria de trabajo”. Entregan antecedentes y ejemplos concretos en diferentes aspectos del funcionamiento gramatical –y esto resulta de gran interés para fonoaudiólogos y otros profesionales– sobre cómo los niños utilizan sistemas *compensatorios* de sus falencias procedimentales apoyándose fuertemente en estrategias del sistema declarativo que no se ve mayormente afectado. Sin embargo, este sistema no opera aisladamente: “una cantidad de funciones y

tareas que implican memoria lexical/declarativa dependen también de estructuras cerebrales subyacentes al sistema procedimental”. Afirman además que, dada la notable plasticidad del cerebro en desarrollo, es muy posible que ocurran tales compensaciones. Hacen referencia a anomalías en porciones de estructuras cerebrales que pueden ser compensadas por otras porciones de esas mismas estructuras. “Esto puede explicar en parte la gradual mejoría en habilidades lingüísticas que se observan frecuentemente en niños con TEL a medida que el niño madura”. Al contrastar la **HDP (PDH)** con las dos amplias perspectivas teóricas en competencia arriba mencionadas, destacan las diferencias y los traslapes y coincidencias con ellas. Entre las ventajas de la **HDP** está el hecho de que ofrecen un *único marco teórico* para dar cuenta de una gran cantidad de datos relativos a los TEL, tanto *intra* como *inter* sujetos, así como de la heterogeneidad encontrada en las alteraciones. Lo más importante para el equipo es que la **HDP** es esencialmente una hipótesis **tanto sobre el cerebro como sobre la conducta**. No se basa exclusivamente en funciones lingüísticas o cognitivas:

“Dado que necesariamente subyacen a los TEL anomalías cerebrales, creemos que cualquier teoría sobre el trastorno debe considerar seriamente no solo el **comportamiento**, sino también sus **correlatos neurales** subyacentes”.

Los investigadores, en suma, estiman que la HDP constituye una **alternativa novedosa** a las explicaciones previamente propuestas para dar cuenta de los TEL. De hecho, explica una cantidad sustancial de datos acumulados tanto sobre el cerebro, como la conducta. Además, se traduce en

una serie de implicaciones para la acción y permite una cantidad importante de predicciones que pueden ser confirmadas, rechazadas o mejor especificadas. En otras palabras, proporciona un útil paradigma para el estudio de los TEL.

Conclusiones

En este artículo hemos revisado algunos hallazgos acerca de deficiencias que se observan en la **memoria de trabajo** y de la **memoria procedimental** de largo plazo en las dificultades específicas del aprendizaje y del lenguaje. Hemos señalado que la memoria de trabajo funciona como “cuello de botella” para el aprendizaje de tareas académicas en estos niños, por una serie de variables que la afectan. El educador -el psicopedagogo, o el fonoaudiólogo, según corresponda- deberá dosificar las actividades a realizar por el niño, no exigiendo más de una al mismo tiempo, o descomponiendo tareas complejas a fin de facilitar el procesamiento de cada parte. Hemos relacionado también las dificultades con la *hipótesis del déficit procedimental*. Los investigadores que la defienden sostienen que las funciones que dependen del sistema de memoria declarativa permanecen relativamente intactas, tanto para tareas verbales como no verbales. Ullman y Pierpont informan que, por ejemplo, los niños con TEL trabajan mejor con imágenes mentales estáticas que dinámicas: estas últimas, a diferencia de aquellas, dependen fuertemente del sistema procedimental. También son relativamente normales en el aprendizaje de nueva información en su memoria declarativa. No tienen problemas, de acuerdo a lo que informan algunos investigadores, en aprender

nueva información conceptual o fáctica en su memoria de largo plazo, fortalezas a ser tenidas en cuenta. Pueden detectar anomalías semánticas y son bastante eficientes en el aprendizaje de palabras, y su organización léxico-semántica impresiona como normal. También se ha observado que se mantiene en buena parte intacta su memoria verbal episódica, así como su memoria visual episódica.

La hipótesis del déficit procedimental HDP (PDH) tiene implicaciones clínicas: la detección muy temprana o confirmación de TEL se hace posible examinando las estructuras neuroanatómicas que se sabe le subyacen. Además, los TEL podrían ser tratados farmacológicamente además del comportamental. Citando a Curran³⁸ y otros estudiosos, expresan:

La neurofarmacología de la memoria declarativa y sus sustratos neurales sería pertinente también para el lenguaje...

Así, resulta plausible que las intervenciones colinérgicas que pueden fortalecer la memoria declarativa, puedan facilitar los cambios compensatorios a este sistema. Por su parte, las intervenciones dopaminérgicas, que han resultado exitosas para tratar otros trastornos del desarrollo y trastornos de adquisición adulta que afectan los sustratos neurales del sistema procedimental (TDAH, con el cual los TEL presentan alta comorbilidad; enfermedad de Parkinson) resultarían efectivos para fortalecer directamente funciones procedimentales gramaticales y no lingüísticas.

Haciendo referencia al plano conductual, expresan que las terapias basadas en él también pueden inspirarse en las predicciones de la HDP:

Uno debiera estar en condiciones de sacar partido de las características funcionales de la memoria declarativa, y como tal promover el aprendizaje en ricos contextos semánticos. Adicionalmente, los ambientes de aprendizaje pueden ser manipulados para reducir las demandas sobre el sistema de memoria procedimental. De esta manera, subdividiendo las secuencias complejas en las partes que las componen, y presentado con frecuencia la nueva información, resultaría facilitador para la adquisición del lenguaje.

Como conclusión final, es importante saber que en algunos niños hay claras explicaciones de naturaleza biológica en la base de sus problemas de aprendizaje y de lenguaje. La participación de profesionales especializados, de acuerdo al caso particular, se hace muchas veces necesaria en el trabajo con la familia y el niño afectado, así como en la labor colaborativa con el educador de aula, quien debe tener una buena información de estas condiciones que afectan a algunos de sus alumnos para saber atender debidamente a la diversidad. El tratamiento médico farmacológico, si se hace aconsejable, como ocurre con el TDAH, no sustituye, pero sí puede facilitar la labor pedagógica, psicopedagógica o fonoaudiológica, que corresponda, que resultan indispensables para garantizar el aprendizaje de los niños y su crecimiento como personas en sociedad.

Referencias

1. Bermeosolo, J. (2010). Psicopedagogía de la diversidad en el aula: desafío a las barreras en el aprendizaje y la participación. México: Alfaomega.
2. Ullman, M.T. & Pierpont E.I. (2005). Specific language impairment is not specific to language: The Procedural Deficit Hypothesis. *Cortex* 41, 399-433.
3. Baddeley, A. (1981). The concept of working memory: a view of its current state and probable future development. *Cognition*, 10, 17-23.
4. Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
5. Baddeley, A. (1999). *Memoria humana. Teoría y práctica*. Madrid: McGraw-Hill.
6. Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
7. Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. En G. Bower (Ed.) *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-90). New York: Academic Press.
8. Baddeley, A. D., & 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.
9. Bermeosolo, J. (2007 a). *Cómo aprenden los seres humanos: mecanismos psicológicos del aprendizaje*. 2ª ed. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
10. Bermeosolo, J. (2007 b). *Psicología del lenguaje: fundamentos para educadores y estudiantes de pedagogía*. 3ª ed. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
11. Ellis, A.W. (1979). Speech production and short term memory. En J. Morton & J. Marshall (eds.), *Psycholinguistics 2: structures and processes*. The MIT Press.
12. Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C. S., & Adams, A. M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 265-281.
13. Swanson, H. (2003). Age-related differences in learning disabled and skilled readers' working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 85, 1-31.
14. Swanson, H. & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for math disabilities. *Journal of Education Psychology*, 96, 471-491.
15. Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Shifting, inhibition and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.
16. Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 293-304.
17. Alloway, T.P, Rajendran, G. & Archibald, L. M. (2009). Working memory in children with developmental disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 42, 4, 372-382.
18. Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Pearson Assessment.
19. Leonard, L. B. (1998). *Children with Specific Language Impairment*. Cambridge, MA: MIT Press.
20. Mandich, A., & Polatajko, H. J. (2003). Developmental coordination disorder: Mechanisms, measurement and management. *Human Movement Science*, 22, 407-411.
21. Mehta, M. A., Goodyear, I. M., & Sahakian, B. J. (2004). Methylphenidate improves working memory function and setshifting AD/HD: Relationships to baseline memory capacity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45, 293-305.
22. Gershon, J. (2002). A meta-analytic review of gender differences in ADHD. *Journal of Attentional Disorders*, 5, 143-154.
23. Baird, G., Simonoff, E., Pickles, A., Chandler, S., Loucas, T., Meldrum, D., et al. (2006). Prevalence of disorders of the autism spectrum in a population cohort of children in South Thames: The Special Needs and Autism Project (SNAP). *Lancet*, 368, 210-215.

24. Pickering, S. J., & Gathercole, S. E. (2001). *Working Memory Test Battery for Children*. London: Pearson Assessment.
25. Alper, J. (1986). Our dual memory. *Science*, 86, 44-49.
26. Squire, L. (1986). Mechanisms of memory. *Science*, 232, 1612-19.
27. Squire, L. (1987). *Memory and brain*. N.Y.: Oxford University Press.
28. Bermeosolo, J. (2012). *Psicología del lenguaje: una aproximación psicopedagógica*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
29. Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. London: Oxford University Press.
30. Anderson, J.R. (1995). *Cognitive psychology and its implications*. 4th ed. USA: W.H. Freeman & Co.
31. Gersons-Wolfensberger, D. & Ruijsenaars, W. (1997). Definition and treatment of dyslexia: a report by the Committee on Dyslexia of the Health Council of the Netherlands. *J. of Learning Disabilities*, Vol. 30, N 2, 209- 213.
32. Fawcett, A. & Nicolson, R. (1994). Speed of processing, motor skill, automaticity and dyslexia. En Fawcett, A. & Nicolson, R. (eds.): *Dyslexia in children. Multidisciplinary perspectives*. Harvester Wheatsheaf, G.Britain.
33. Yap, R. & van der Leij, A. (1994). Automaticity deficits in word reading. En Fawcett, A. & Nicolson, R. (eds.): *Dyslexia in children. Multidisciplinary perspectives*. Harvester Wheatsheaf, G.Britain.
34. Kavanagh, J.F. & Truss, T.J. (1988). Learning disabilities: Proceedings on the national conference. Pennsylvania. Maple Press, York.
35. Gilger, J.W. (2002). Current issues in the neurology and genetics of learning related traits and disorders. Introduction to the special issue. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 490-491.
36. Gilger, J.W. & Kaplan, B.J. (2002). Atypical brain development: a conceptual framework for understanding developmental learning disabilities. *Developmental Neuropsychology*, 20, 465-482.
37. Pavez, M.M. (2001). Semiología lingüística de los trastornos específicos del lenguaje en el niño: la clasificación de Ingram. *Rev Chilena de Fonoaudiología*, nº4, 45-63.
38. Curran, H.V. (2000). Psychopharmacological approaches to human memory. En M.S. Gazzaniga (Ed.) *The new cognitive neurosciences*. 797-804. Cambridge MA: MIT Press.
39. Bermeosolo, J. (2006). El proceso lector normal y alteraciones en su desarrollo, según el modelo propuesto por M. Coltheart. *Revista Chilena de Fonoaudiología*. Universidad de Chile. Facultad de Medicina. Vol.7, N° 2, 29-56.
40. Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C. S., & Adams, A. M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 265–281.