

# Consistencia epistémica del síndrome de Dificultades del Aprendizaje: aportaciones de la magnetoencefalografía como técnica de neuroimagen funcional\*

## Epistemics for Learning Disabilities: Contributions from Magnetoencephalography, a Functional Neuroimaging Tool

Recibido: diciembre 10 de 2007 | Revisado: junio 14 de 2008 | Aceptado: julio 8 de 2008

VÍCTOR SANTIUSTE-BERMEJO\*\*  
MARTA SANTIUSTE-DÍAZ\*\*\*

Universidad Complutense, Madrid, España  
Centro Médico Teknon, Barcelona, España

### ABSTRACT

The syndrome known as Learning Disabilities (LD) was described by S. Kirk in 1963. From that point on, institutions from the US, Canada and Spain have engaged in refining the concept and classification of LDs. The Complutense University in Spain, has proposed a descriptive and all-embracing definition, and has studied the different manifestations of LD, pursuing the description of biological markers and neurological features of LD's main expressions: dyslexia, dyscalculia, dysorthographia, Attention Deficit and Hyperactivity Disorder –ADHD, and so forth. Findings in LD using functional neuroimaging techniques, namely Magnetoencephalography (MEG), are described. MEG is a non-invasive technique, which records magnetic fields naturally generated by the brain and their spatial distribution. It allows simultaneous functional and structural information. MEG is therefore used in the study of primary and superior cognitive functions, in surveillance of patterns of normal cognitive function and those specific to the different LD clinical manifestations.

### Key words author

Learning Disabilities, Learning, Functional neuroimaging, Magnetoencephalography, Dyslexia, Attention Deficit and Hyperactivity Disorder – ADHD, Language.

### Key words plus

Learning disabilities, Magnetoencephalography, Attention Deficit Disorder with Hyperactivity.

### RESUMEN

El síndrome Dificultades del Aprendizaje (DA) fue descrito en 1963 por S. Kirk. Desde entonces, diversas escuelas en EE.UU., Canadá y España han afinado su concepto y clasificación. La UCM en España ha propuesto una definición descriptiva y totalizadora, y ha estudiado empíricamente distintas manifestaciones, intentando descubrir sus marcadores biológicos y las características neurológicas de sus principales manifestaciones (dislexia, discalculia, disortografía, TDA, TDAH, etc.). Se describen los hallazgos en DA a partir de estudios como la magnetoencefalografía (MEG), técnica ino-cua que recoge campos magnéticos generados naturalmente por el cerebro y analiza su distribución espacial para localizar los generadores neuronales responsables, proporcionando información simultánea sobre la estructura y la función cerebral en patrones de normalidad en el procesamiento cognitivo y patrones aberrantes propios de las particulares manifestaciones clínicas del síndrome DA.

### Palabras clave autor

Dificultades del aprendizaje, aprendizaje, neuroimagen funcional, magnetoencefalografía, Trastorno por déficit de atención e hiperactividad – TDAH, lenguaje.

### Palabras clave descriptor

Trastornos del aprendizaje, magnetoencefalografía (DeSC), trastorno por déficit de atención con hiperactividad.

\* Artículo de revisión.

\*\* Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Madrid 28040, España. Correo electrónico: victorsantiuste@med.ucm.es

\*\*\*Unidad de Magnetoencefalografía. Correo electrónico: msantiuste@gmail.com

El aprendizaje es un proceso complejo que ha de estudiarse desde una dimensión biológica, antropológica y social. La pluridimensionalidad del proceso trasciende tanto el hecho individual psicológico, como el enfoque tripolar pedagógico (contenidos, alumno, profesor). De aquí que un sujeto con dificultades de aprendizaje no sólo suele presentar problemas psicológicos, sino también problemas biológicos y sociales asociados. Por lo tanto, la complejidad conceptual será uno de los factores con los cuales tengamos que contar para procurar un acercamiento descriptivo a una realidad que produce, individual y socialmente, graves problemas educativos.

### **El niño con Dificultades de Aprendizaje (DA)**

Las dificultades suelen hacer su aparición en el momento mismo del ingreso en la escolaridad, pero no es frecuente que en esta etapa sean ya diagnosticadas, porque se asume que todo niño necesita un determinado tiempo para aprender a leer y a escribir. Los errores que los niños disléxicos o disgráficos cometen al principio son los mismos que podemos observar en cualquier niño que inicia sus aprendizajes escolares. Sin embargo, ya durante su primer curso escolar empieza a singularizarse con respecto a sus compañeros, pues mientras ellos van progresando, él se queda detenido de una forma muy llamativa.

En algunos países del entorno científico y cultural europeo, y en España en particular, las dificultades de aprendizaje (DA) no tienen entidad por sí mismas, y dependen esencialmente de los otros dos factores del aprendizaje: los contenidos y la relación pedagógica que mantenga el niño con el profesor.

Por eso, se han producido propuestas e interpretaciones que conllevan el análisis de los factores que integran el aprendizaje y la personalidad del sujeto. Mira y López (1947) destacan como principales motivos del no aprendizaje, por una parte, la falta de interés o impulso para aprender, o por la retención conflictiva de todo el interés en problemas de tipo psíquico (conflictos mentales,

familiares, etc.). Además de este factor principal, estos autores mencionan la insuficiencia de integración motriz, la hiperactividad, la inhibición o indolencia, los problemas de desarrollo y los problemas de conducta y emocionales.

Además de estos síntomas aparecen otros relacionados con los aprendizajes que un niño está obligado a realizar: la lectura, la escritura y el cálculo. La dislexia –dificultad para leer–, la disgrafía –dificultad para escribir–, y la discalculia –dificultad en el manejo de los números– existen sólo en función de lo que el niño deberá aprender en la escuela.

Pero no todos los niños que encuentran problemas para leer, escribir y calcular experimentan el mismo tipo de dificultades. Unos niños disléxicos se limitan a confundir los grafemas análogos, otros omiten su lectura y unos terceros la reiteran. Junto a la dificultad de traducir los grafemas en fonemas, podemos encontrar también la de comprender lo leído. Aunque existen síntomas típicos de los niños disléxicos, cada uno experimenta sus propias dificultades. Las manifestaciones “típicas” de la dislexia no se presentan necesariamente en todos los niños con dificultades de lectura, aunque lo habitual es que encontremos una, varias o muchas de ellas. La tipicidad de los inconvenientes que experimenta el disléxico está poniendo de manifiesto que son la expresión de algo que funciona mal, ajeno a su voluntad y a sus intenciones.

En otro orden de cosas, muchos niños con dificultades de aprendizaje no parecen tener una personalidad conflictiva. Su comportamiento inestable, cuando existe, no aparenta ser una manifestación de ansiedad, propia de una disfunción cerebral mínima. Los desequilibrios emocionales constatados en los niños con dificultades de aprendizaje han de ser interpretados, bien como consecuencia de su deficiente organización neurológica, o como una respuesta ante el tipo de problemas que experimenta frente a sus compañeros. En realidad, ambos aspectos pueden darse juntos. También encontramos con mucha frecuencia niños de por sí conflictivos, que al experimentar dificultades de aprendizaje reaccionan ante ellas de una forma excesiva, inapropiada o patológica.

La presencia de signos neurológicos ha sido puesta de manifiesto en los niños con dificultades de aprendizaje. Por esa razón, la tendencia científica actual considera esta situación como una expresión del estado funcional del sistema nervioso.

Los niños con dificultades de aprendizaje escolar tienen significativamente más antecedentes de afecciones cerebrales o de situaciones en las que su cerebro pudo ser afectado. La variable sexo también supone un factor a considerar en los niños que se encuentran en tal circunstancia. La proporción de niños suele ser mucho mayor que la de niñas, estimándose una relación de 4 a 1. Este predominio de varones en las dificultades de aprendizaje puede ser debido a las mejores actitudes verbales de las niñas en el momento de su ingreso en la escolaridad, las cuales se explican por su específica dinámica evolutiva que se compensa posteriormente.

Las dificultades de aprendizaje suelen presentarse asociadas. No encontramos niños disgráficos, disléxicos o discalcúlicos exclusivamente; lo más frecuente es que ciertos aspectos de cada una de estas tres dificultades se presenten en el mismo sujeto.

El niño con dificultades de aprendizaje trata de evitar por todos los medios los trabajos escolares. Los padres y profesores deben estar continuamente encima de él para que haga lo que en realidad no puede hacer. Cuando los padres y profesores no son conscientes de la situación, pueden adoptar actitudes autoritarias contraproducentes. Lo que comenzó siendo una dificultad real de aprendizaje, se termina transformando en un rechazo total de las labores escolares, o, al menos, en una actitud de pasividad ante el trabajo que recaerá en los factores de ayuda, padres o tutores.

Las dificultades de aprendizaje han de ser consideradas como un factor de gran trascendencia en la escolaridad y al que no se le presta la atención debida, pese a su frecuencia. En Estados Unidos, según la Oficina de Educación, más de veinte millones de estudiantes presentan problemas de dislexia o alteraciones relacionadas con ella, y poseemos cifras de similar categoría relativas a la comunidad francesa (Tajan & Volard, 1971).

La mayor parte de los investigadores establecen como criterio fundamental el cociente intelectual de los presuntos niños con dificultades de aprendizaje. El diagnóstico de niños con DA que poseen un cociente intelectual alto es mínimo. Owen (1971), por ejemplo, detectó entre la población normal escolar un dos por cien de estos niños con un cociente intelectual medio de 107. Munsterberg-Koppitz (1971) cambió de criterio y seleccionó como afectados por DA a los niños que llevaban más de un año de retraso escolar sobre la edad mental.

Gaddes (1980) hizo una revisión de cifras ofrecidas en Canadá, Inglaterra, Francia y Estados Unidos sobre la proporción de niños con dificultades de aprendizaje en edad escolar, y encontró que oscilaban entre un 10% y un 15%. Estas proporciones son mucho mayores actualmente, ya que engloban a niños afectados en su aprendizaje por otros factores causales, entre ellos el perceptivo motórico. También el desarrollo del lenguaje está alterado o retardado. La dificultad de aprendizaje se relaciona con una disfunción cerebral, comprobada o no, adquirida o congénita, aunque se considera que no se debe primariamente a déficits sensitivos o motrices elementales. Tampoco se explica por un desequilibrio emocional o privación afectiva. La dificultad de aprendizaje aumenta con la falta de atención pedagógica y se reduce con su atención, por lo que estos niños deben ser objeto de reeducación mediante programas especiales.

Myklebust (1967) propuso el concepto de *cociente de aprendizaje*, para intentar hacer más preciso el diagnóstico de DA. El cociente de aprendizaje es el resultado de dividir la edad de lectura, multiplicada por 100, por la edad expectante, que se calcula sumando la edad mental, la edad cronológica y la edad de grado, y dividiéndolas entre tres. Un cociente de aprendizaje por debajo de 90, habitualmente produce un diagnóstico de niños con dificultades de aprendizaje.

Independientemente de los criterios utilizados, se trata de proporciones realmente llamativas. Dan razón por ellas mismas de la magnitud del problema. También explican ampliamente que la mayoría de los niños que son llevados al psicólogo

infantil lo sean por dificultad de aprendizaje o bajo rendimiento escolar. Sullivan Palincsar (1998, p. 370) afirma que:

Las dificultades de aprendizaje han llegado a ser una categoría singular más grande de la disfuncionalidad, siguiendo incluso las categorías de desórdenes lingüísticos y del habla. Un 80% +/- de sujetos que tienen servicios de Educación Especial se identifican como sujetos con problemas de lectura. El procedimiento clásico para determinar si un sujeto tiene dificultades de aprendizaje en lectura es la discrepancia entre la aptitud (determinada por medidas de la inteligencia) y la ejecución. Investigaciones recientes sobre problemas de lectura sugieren que la conceptualización de la capacidad e incapacidad se hace como un continuo y no categóricamente.

### **Definición del concepto Dificultades de Aprendizaje (DA)**

El concepto de Dificultades del Aprendizaje U, o DA, es confuso. A pesar del notable conjunto de estudios que han aparecido intentando esclarecerlo, no existe un acuerdo pleno sobre lo que se debería calificar como dificultad en el aprendizaje escolar, sino que, por el contrario, hay sólo definiciones descriptivas y reducciones del síndrome Dificultades de Aprendizaje a la individualidad de cada sujeto que la padece. La referencia científica internacional viene dada por la definición del DSM-IV y el Comité Conjunto para las Dificultades de Aprendizaje (N.J.C.L.D.).

El Comité Conjunto para las Dificultades de Aprendizaje las define como:

un concepto heterogéneo, que afecta a sujetos con problemas significativos en el aprendizaje de la lectura, escritura y cálculo; son intrínsecas al sujeto aunque puedan coexistir con otros problemas; son debidas a trastornos intrínsecos al individuo que pueden ocurrir a lo largo del ciclo vital. Además, coexisten con problemas de conductas de autorregulación, de percepción social y de interacción social. (p. 65).

De acuerdo con lo anteriormente expresado, estableceremos como principios de nuestra propia concepción de las dificultades de aprendizaje, los siguientes:

- La referencia a factores intrínsecos.
- La referencia a factores de desarrollo procesual cognitivo.
- La especificidad de los trastornos lingüísticos como fundamento.
- La ocurrencia a lo largo del ciclo vital.
- La coexistencia con problemas de conducta y de entorno socioeconómico.
- La no esencialidad conceptual de los factores de personalidad, autoconcepto y motivación.

En síntesis, las DA no son causadas por los resultados de déficits concretos psicoperceptivos o motores, ni de los factores ambientales, sino de los factores intrínsecos, bien neurológicos (disfunción cerebral mínima), o de déficit de procesamiento de las capacidades cognitivas.

La primera definición descriptiva expuesta procede del ámbito de la teoría del aprendizaje. Del análisis de la interrelación contenidos-alumno / profesor se puede establecer que existen dificultades de aprendizaje cuando el rendimiento obtenido por el sujeto es más bajo de lo que hacían prever los otros factores (contenidos adecuados o expectativas del profesor). Sin embargo, esta primera definición tiene defectos insalvables debido al mismo concepto de rendimiento académico, que es una medida inexacta y subjetiva.

Desde el enfoque radicalmente opuesto, y ante la imprecisión conceptual, se opta por definir lo que no es dificultad de aprendizaje y, para ello, se han propuesto los denominados “criterios de exclusión”, eliminando así a los sujetos que presentan síndromes genéricos de falta de adaptación, rendimiento o fracaso escolar a través de deficiencias intelectivas e incapacidades físicas o neurológicas. Los autores coinciden en cinco grandes criterios de exclusión: a) El cociente intelectual. En las DA no todos los niños que rinden poco en la escuela tienen un C.I. bajo; por el contrario, se produce una tendencia a la normalidad, combinada con

unos rendimientos escolares anormales. b) Las deficiencias sensorio-motoras. No se incluyen en el grupo de sujetos con DA los afectados por deficiencias sensoriales evidentes (audición y visión). De igual manera acontece con las deficiencias motoras, e incluso con los déficits neurológicos. Estos grupos de sujetos explican, a partir de sus deficiencias, los bajos rendimientos en la escuela. Pero no se ha de excluir a los sujetos afectados de Disfunción Cerebral Mínima (DCM), causa que constituye, como veremos, una de las explicaciones más fundamentadas de las dificultades de aprendizaje. c) Las deficiencias de adquisición del lenguaje. Hay sujetos que manifiestan síntomas de DA y, a la vez, presentan alteraciones en el desarrollo del lenguaje. A su vez, estos déficits lingüísticos proceden de dos diferentes fuentes. Por una parte, de una deficiente capacidad de procesamiento lingüístico (Mann, 1985), que produce una incapacidad para seguir el aprendizaje normalizado de la lectura; las deficiencias de procesamiento pueden proceder de los aspectos fonológico, léxico, sintáctico y semántico. Por otra parte, se derivan de una influencia ambiental caracterizada por estímulos empobrecidos que conducen a déficits lingüísticos instrumentales, según las teorías de Bernstein. d) Los trastornos afectivos constituyen otro de los ámbitos que correlacionan con las DA. Sin embargo, autores como Brueckner (1978) o Monedero y Agüero (1986) establecen una línea divisoria bastante clara entre las dificultades de aprendizaje y la admisión de algún desequilibrio como parte integrante de la personalidad de los niños con DA; es decir, que los trastornos emocionales son consecuencia de sus dificultades de aprendizaje.

En resumen, teniendo en cuenta los datos aportados, concluimos en la definición científica-diagnóstica de DA. En 1981, el Comité de Dificultades de Aprendizaje, propone la siguiente definición:

Dificultades de Aprendizaje representa un término genérico que se refiere a un grupo heterogéneo de alteraciones que se manifiestan en dificultades importantes en la adquisición y utilización del lenguaje, la lectura, la escritura, razonamiento o habilidades matemáticas. Son intrínsecas al individuo y

se considera que se deben a una disfunción del Sistema Nervioso Central (SNC). Aun cuando pueda manifestarse junto con otras condiciones deficitarias (déficit sensorial, retraso mental, alteraciones emocionales o influencias ambientales) no es el resultado directo de estas condiciones o influencias (Osman, 1988, p. 175)

Muchas veces el síndrome de disfunción cerebral mínima – DCM se utiliza como sinónimo de DA, pero existen diferencias. El síndrome DCM debe su origen a un mínimo daño cerebral o a un retardo madurativo. En su forma completa, se muestra con muchos signos neurológicos menores, (*softs signs*): trastornos de lateralidad, alteraciones en el electroencefalograma, deficiencias perceptivas visuales, deficiencias perceptivas auditivas, déficit en la percepción somestésica (grafoanestesia, agnosia digital, etc.), trastornos en los reflejos y trastorno del lenguaje oral, junto a trastornos en el aprendizaje.

### **Definición totalizadora de las Dificultades de Aprendizaje**

Las definiciones que hemos mencionado suponen la aportación de un conjunto muy valioso de datos para consignar y comparar, que intentan aclarar el “contenido complejo y misterioso” que Farham-Diggory (1980) atribuye a este constructo. Coincidimos con Cruickshank (1971) en que hay “demasiadas definiciones” y con Hammill (1990), quien, tras efectuar una revisión crítica de la pléyade de definiciones de los principales autores e instituciones, concluye que en la actualidad sólo cuatro definiciones tienen viabilidad profesional, las de USOE de 1977, la del NJCLD de 1988, la de LDA de 1995 y la del CLD de 1986, teniendo el resto un mero sentido histórico.

Por nuestra parte, estimamos que una definición de síntesis será la siguiente:

Las dificultades de aprendizaje están constituidas por un conjunto de deficiencias cuyo origen es, probablemente, una disfunción cerebral mínima y

que se manifiesta primariamente en problemas en el ámbito lingüístico y en defectos de procesamientos en los principales factores cognitivos (atención, percepción, memoria, inteligencia y pensamiento) y derivadamente en el ámbito de las principales disciplinas instrumentales (lectura, escritura, matemáticas) y secundariamente en las diversas áreas curriculares (ciencias experimentales, ciencias sociales, segundo idioma (L2)). Cursan, además, con problemas de personalidad, autoconcepto y sociabilidad, y permanecen a lo largo de todo el ciclo vital del sujeto. (Santiuste, 2005, p. 111)

En esta definición se contemplan, básicamente, los factores neurológicos, biológicos y genéticos; se manifiestan las DA en trastornos lingüísticos de comprensión y producción lingüística, y referidos a todos los componentes del lenguaje. Se hace una doble referencia curricular, primero con respecto a las disciplinas instrumentales (lectura, escritura, matemáticas) y, después, a las demás áreas curriculares. Se concluye con la idea clave de que las DA no son efecto sino causa de problemas de personalidad, socioeconómicos, culturales.

Con frecuencia, estos trastornos neurológicos menores aparecen como sinónimos de disfunción cerebral y de trastornos de aprendizaje, ya que en estos últimos suelen aparecer muchos signos neurológicos menores, como expresión del trastorno en el sistema nervioso del niño. Puede existir déficit de aprendizaje sin que haya déficits neurológicos; en estos casos no se debe hablar de dificultades de aprendizaje, sino de fracaso escolar secundario debido a trastornos exógenos. La inseguridad de las definiciones, su proliferación (Farham-Diggory, 1980), hacen difícil seleccionar un modelo que represente todas las tendencias científicas.

### **Causas de las Deficiencias de Aprendizaje**

En consonancia con las teorías del aprendizaje reseñadas, así como con las teorías sobre las dificultades, cualquier esbozo de elaboración de una

clasificación necesariamente ha de ser efectuada en grandes categorías. Beltrán, Santiuste, García-Alcañiz, Moraleda y González (1987) proponen cuatro grupos de causas: a) causas biológicas, dentro de las que se contemplan los factores genéticos, la alteración de factores fisiológicos de tipo bioquímico (nacimiento prematuro, crecimiento o evolución deficiente), trastornos endocrinos y disfunción cerebral mínima (DCM), producida por anoxia o hemorragia cerebral; b) causas psicógenas, caracterizadas por ser trastornos afectivo-emocionales producidos por situaciones de conflicto emocional que el sujeto experimenta, o bien por trastorno de personalidad psicótico, o, finalmente, por deficiencias intelectuales; c) causas ambientales, o conjunto de factores sociales, culturales y económicos que inciden en una concreta situación de privación de estímulos sensoriales o de lenguaje; y d) causas institucionales, entendiéndose por ellas las deficiencias de condiciones materiales o el planteamiento incorrecto de todo el sistema escolar. Portellano (1991) coincide en lo fundamental en la clasificación descrita. Brueckner (1978) describe una concepción multifactorial en la que tienen cabida cinco tipos de factores: 1. factores cognitivos y verbales, dentro de los cuales han de reseñarse la percepción, la atención y la memoria. Se han efectuado numerosos trabajos que expresan, sin ninguna, duda la correlación que hay entre alteraciones de los registros sensoriales y las DA, y lo mismo cabe decir con respecto a los distintos almacenes de la memoria. Por otra parte, las alteraciones de la percepción, atención y memoria son uno de los síntomas que aparecen continuamente en los niños afectados por DA, que poseen una escasa capacidad para fijar la atención y que carecen de memoria. En lo que respecta a los factores verbales, ya hemos dicho anteriormente el conjunto de dificultades que presentan estos niños: de expresión oral y de construcción sintáctica, a veces de lectura, las cuales generan una enorme dificultad de comunicación oral y escrita; 2. factores emocionales y de personalidad; 3. factores socioculturales; 4. factores pedagógicos, que coinciden básicamente con los enfoques anteriormente dichos; y 5. factores biológicos.

Dentro de este conjunto de factores ha de considerarse la evaluación del sistema nervioso. La interpretación neuropsicológica de las dificultades de aprendizaje tiene su apoyo teórico en la neuro-lingüística (Chomsky, 1972), y en la actual teoría de la imaginaria cerebral. El apoyo experimental lo encontró en los estudios sobre el cerebro de adultos que habían padecido el síndrome de DA, y la hipótesis a comprobar ha sido la consideración de las DA como consecuencias de una lesión cerebral que produce una disfunción la cual se manifiesta en una falta de organización o deficiencias de la corteza asociativa. El niño con DA presenta deficiencias en sus funciones neuropsicológicas (lenguaje, organización visuoespacial). Se suele hablar de déficit instrumental para nombrar tales deficiencias neurales. El déficit instrumental es la expresión del estado funcional del sistema nervioso central – SNC; por lo tanto, se puede decir, desde este enfoque, que existirán tantas dificultades de aprendizaje como deficiencias instrumentales se hayan podido precisar. Los intentos de medida y de localización de estos déficits son complicados, pero hoy contamos con la batería neuropsicológica de Rourke (1981) y con la propuesta de Monedero y Agüero (1986) de una batería neuropsicológica para niños con dificultades de aprendizaje escolar. De gran importancia, por su aplicabilidad, es la prueba neuropsicológica de Luria (como se cita en Quirós & Schrager, 1980) y por la adaptación de la misma –prueba Luria-Nebraska–, realizada por Manga y Ramos (1991). La perspectiva neurológica.

Nos enseña que las llamadas aptitudes psicológicas no son otra cosa que instrumentos neuropsicológicos puesto que cuando una persona es apta para algo lo que nos está indicando es que su cerebro, tanto por su grado de maduración como por los aprendizajes realizados está en condiciones de llevar a cabo determinadas conductas. Las conductas o aprendizajes escolares no son una excepción. (p. 7).

Para este modelo, las dificultades de aprendizaje son la manifestación de una imperfecta organización del sistema nervioso.

## **Estatuto epistemológico de la psicología de las Dificultades de Aprendizaje**

La ciencia se estudia desde diversos ángulos. Tratan de ella la filosofía de la ciencia, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia. Thuillier (1988), en su consideración de la epistemología como una filosofía de la ciencia, le atribuye la finalidad de estudiar la génesis y la estructura de las ciencias, desde un punto de vista lógico y también histórico y sociológico. Para Wartofsky (1979), la epistemología, en cuanto teoría del conocimiento, gira en torno a una serie de preguntas básicas referentes al estatus de conocimientos y presunciones de conocimiento, y su importancia específica con respecto a la filosofía de la ciencia se refiere a los instrumentos para la adquisición y convalidación del conocimiento científico, a los aspectos especiales que presentan los medios de que el científico se vale para llegar a conocer.

Si la finalidad de la epistemología se centra en el análisis de la génesis y de la estructura de los conocimientos científicos, es preciso hacer un recorrido desde el concepto mismo de ciencia hasta la disciplina denominada Dificultades de Aprendizaje, en busca de su consistencia epistemológica.

Desde que, en el siglo XIX, aparecieron diversas disciplinas, llamadas ciencias humanas y sociales (historia, psicología, sociología, economía, derecho, pedagogía, etc.), no ha cesado la polémica sobre su estatuto epistemológico. Mientras unos defendían la acomodación de las nuevas ciencias al modelo de las ciencias físico-naturales, otros reclamaban el carácter autónomo de las ciencias que se acogen al sobrenombre de ciencias del espíritu o, actualmente, humanidades. Pero, más allá de la disputa desatada con relación a la científicidad o no de las ciencias humanas o sociales, se constata, por otra parte, que tampoco existe uniformidad de criterios sobre el concepto mismo de ciencia, cuestión ésta, si cabe, aún más problemática que la primera por su profundidad y por su amplitud.

En contraste con la visión popperiana que reconstruye la ciencia sobre la base de la falsabilidad de las teorías y del principio acumulativo, Kuhn (1972) sostiene que el progreso histórico de la

ciencia no se logra añadiendo ulteriores teorías a las de la época anterior, de tal manera que las amplíen o generalicen. La evolución de la ciencia es semejante a la de la biología que presenta momentos de discontinuidad, callejones sin salida, o verdaderas revoluciones, en las cuales, a la luz de un nuevo descubrimiento o de una nueva teoría, parece desplomarse el edificio de la ciencia hasta entonces vigente para dar paso, tras una crisis, a una nueva matriz disciplinar.

Kuhn fue, sin duda, más allá que Popper, porque el paradigma que introduce para explicar la ciencia y su desarrollo es una unidad conceptual mucho más amplia que la de conjetura / refutación, en el sentido en que es un proceso complejo donde juegan un papel importante muchos factores psicosociales, como la estructura de la comunidad científica, y no solamente la fuerza de los argumentos y los intentos fracasados de refutación (racionalismo crítico).

Lakatos (1975) destaca la función que la historia de la ciencia desempeña en la filosofía de la ciencia y analiza las diversas metodologías de la ciencia en la filosofía contemporánea, concretamente, el inductivismo, el convencionalismo y el falsacionismo. Propone para la evaluación y superación de esas teorías aisladas y metodologías rivales una nueva teoría: la de los programas de investigación historiográfica.

De acuerdo con las diversas perspectivas epistemológicas, concluimos que, en la investigación educativa, resultan consistentes tres cuestiones metodológicas: a) la falta de consenso acerca de la fundamentación científica; b) la necesidad de complementariedad; y, c) la desmitologización de la ciencia.

Teniendo en cuenta estos aspectos hemos de preguntarnos: ¿Es la psicología de las DA una ciencia? Si la respuesta fuera afirmativa, ¿Qué estatuto epistemológico cumple? Desde una perspectiva amplia, habríamos de contestar afirmativamente, ya que tiene un objeto propio y una metodología de investigación consecuente con sus fines. Participaría de los problemas de las disciplinas de las que se ha desgajado e independizado: la psicología, la pedagogía, la psicología evolutiva y de la edu-

cación, la psicología de la instrucción y, por otra parte, de las disciplinas que han contribuido a su constitución: la psicolingüística, la neurología y la neuropsicología. Compartirá, pues, la problemática epistémica de todas las disciplinas señaladas, y participará de los argumentos científicos y metodológicos de sus modelos. En concreto, y desde la perspectiva kuhniana, hemos de preguntarnos si la nueva teoría cumple con las características de precisión, coherencia, amplitud, simplicidad y fecundidad. Podríamos estimar que algunas de éstas sí podríamos se cumplen. No cabe duda sobre la amplitud del campo ni de su fecundidad. La primera de estas características se corresponde con la referencia paradigmática de las distintas teorías sobre el aprendizaje; la fecundidad está justificada por el conjunto numerosísimo de aportaciones en manuales, artículos y comunicaciones que se recogen en las referencias bibliométricas disponibles. Las características de precisión, coherencia y simplicidad que especifican fuertemente algunas ciencias no se cumplen en nuestra disciplina, o al menos deberíamos decir que no se cumplen completa y plenamente. La falta de precisión se fundamenta en la dificultad de distinción de los sujetos DA, por contraste de los no-DA, bien normales, bien afectados por otras deficiencias. Descartadas las formas de discrepancia, hemos de establecer criterios diferenciales que nos conduzcan a una claridad conductual plena: a esta característica hay que unir la subjetividad de casos, que deriva de la conceptualización de las ciencias psicológicas y pedagógicas, de su diversa metodología y de la falta de seguimiento de los casos detectados, medidos y tratados.

Estas características afectan la coherencia doctrinal. Swanson (1992) coincide en este juicio: “el desarrollo de la investigación básica y de la teoría en el campo de las discapacidades del aprendizaje están subordinadas a la influencia de los individuos y, en algunos casos, incluso al ‘zeitgeist’” (p. 18).

Así pues, como resumen, la disciplina DA habrá de encuadrarse en el concepto de lo que se ha denominado una “ciencia normal”, con su referencia básica al contexto sociológico que establece su aceptación o su no aceptación. En este caso, las



circunstancias no nos conducen a una conclusión demasiado favorable ya que el constructo DA, como una parte constituyente de la educación especial, no se contempla en un gran número de sociedades que cuentan con una ciencia elaborada y de calidad (Suppe, 1979).

Superada la teoría paradigmática por aplicación de la complementariedad y desmitologización, debemos buscar el cientifismo de nuestra disciplina en los modelos de programas de investigación (Lakatos, 1975), las tradiciones de investigación (Laudan, 1986) y los dominios de investigación (Suppe, 1979). Tales modelos explicitan la conformación de un campo científico a través de las disciplinas fundamentales ya mencionadas. Este campo disciplinar y de investigación está representado por las revistas especializadas, las secciones o áreas de investigación y docencia en las universidades, los congresos, las aportaciones de tesis doctorales, etc. A partir de esta concepción, serán los distintos especialistas los que investiguen los aspectos básicos que funden la cientificidad de las DA.

### **Interpretación biológica de las Dificultades de Aprendizaje**

Dotar de consistencia epistemológica las DA supone fundamentarlas en la ciencia biológica y, más específicamente, en la biología del lenguaje. Resulta muy compleja la tarea de comprobar biológicamente los principios universales innatos del lenguaje. Pero existen tres ensayos científicos de probada consistencia que aportan unos resultados apreciables. El primero consiste en un conjunto de investigaciones neurológicas cerebrales: la sinaptogénesis, los periodos críticos y los estudios sobre la regeneración sináptica a partir de ambientes enriquecidos (Bruer, 1997). Con respecto a la sinaptogénesis, se ha comprobado el incremento de conexiones sinápticas cerebrales en la edad infantil, produciéndose la máxima conexión a los diez años, el afianzamiento de las conexiones que se usan y el decaimiento de las que no se usan.

El periodo crítico es el de máximo incremento sináptico en el desarrollo neurológico-cognitivo de

un sujeto. En esta etapa se es máximamente eficaz en la adquisición y el aprendizaje de un amplio rango de capacidades, beneficiándose, además, de la influencia ambiental. De acuerdo con esta teoría, resulta explicable que un sujeto sea capaz de adquirir o aprender el lenguaje, la matemática, la lógica o la música. Así, pues, en sentido contrario, toda dificultad de aprendizaje habrá de ser atribuida a un déficit de conexión sináptico. Este concepto se constituye en la base fundamental de la consistencia de la disfunción cerebral mínima en las dificultades del aprendizaje.

Desde la perspectiva psicopedagógica, es trascendente la posibilidad abierta de producir nuevas conexiones sinápticas creando ambientes enriquecidos. Este aspecto abre posibilidades en el tratamiento y en la intervención de los niños afectados con el síndrome de DA.

El segundo ensayo lo constituyen las teorías acerca de las localizaciones cerebrales del lenguaje. Damasio y Damasio (1992) han propuesto nuevas y específicas áreas de localización lingüística; Caramazza (1990) establece la forma de organización del conocimiento de las palabras en el cerebro. Esta teoría completa las tesis localizacionistas biológicas del lenguaje (Bastian; Broca; Wernicke) con el enfoque funcionalista inaugurado por A. Luria. La teoría de Geschwind (1974) ha establecido un aspecto más amplio y ecléctico al estudiar la dominancia cerebral.

El tercer ensayo científico se refiere a la interpretación biológica-cerebral de las dificultades genéricas y específicas del lenguaje para la explicación e interpretación del síndrome DA. A este respecto, Kirk, el padre de las dificultades de aprendizaje, se refiere a ellas como "brain injury"; Clements habla de "minimal brain injury", y Johnson y Myklebust (1967) de "psychoneurological learning disabilities". Sin embargo, fueron Strauss y Werner (1943) los primeros en describir los síntomas de los niños que presentaban lesiones cerebrales. Strauss trocó la expresión "niños con lesión cerebral", en la de "niños con lesión cerebral mínima", intentando explicar un problema cerebral tan sutil que pasaba inadvertido a la aplicación de las pruebas neuropsicológicas usuales. Cruickshank (1971) propuso el

término “hiperactividad”, ya que éste es el síntoma principal de la DCM. A partir de la obra de S. Kirk, se admitió la denominación enfatizando la disfunción y describiendo los signos motores, sensorios, perceptivos y cognitivos más comunes.

La aparición de las técnicas de imagen cerebral han supuesto, como veremos más adelante, un gran avance en la localización de las DA, ya que podremos trazar los circuitos neurales que emplean los niños que comienzan a leer, así como documentar el desarrollo de esos circuitos en niños que presenten problemas de aprendizaje. Cuando comencemos a aplicar la neurociencia cognitiva en contextos instructivos, se producirá una gran ayuda en la detección de las necesidades educativas de las poblaciones especiales.

### **Neuroimagen funcional cerebral en las Dificultades del Aprendizaje: aportaciones de la magnetoencefalografía**

Como ya se ha mencionado anteriormente, las DA están contempladas como trastornos del aprendizaje, un sector de los trastornos neurológicos de inicio en la infancia y adolescencia (DSM-IV). El proceso de aprendizaje implica funciones cognitivas como la memoria, la atención, las capacidades lingüísticas y visuoespaciales, y las funciones ejecutivas frontales (Etchepareborda, 1999). En función de las áreas cerebrales involucradas en estos trastornos, se han clasificado como (Mulas, Etchepareborda, Díaz-Lucero & Ruiz-Andrés, 2006): 1) Trastornos de *input* (de entrada), aquellos relacionados con déficit en la percepción y descodificación del estímulo. Están implicadas áreas cerebrales sensoriales primarias, como las auditivas y visuales primarias. Se caracterizan por una comprensión pobre que contrasta con una expresión dentro de la normalidad. 2) Trastornos de *performance* (de desarrollo), aquellos que cursan con alteraciones del procesamiento asociativo del estímulo descodificado, otros estímulos acompañantes y la relación con la memoria. Están implicadas áreas cerebrales de asociación multisensorial. Se manifiestan con alteración, tanto de la comprensión como de la

expresión. 3) Trastornos de *output* (de salida), en los que las estructuras cerebrales relacionadas con la ejecución del lenguaje están alteradas. Son las áreas ejecutivas de la corteza cerebral las que sufren disfunción. Como consecuencia, existen déficits expresivos en una situación de comprensión conservada.

Ya hemos visto como, en la práctica clínica, no es infrecuente encontrar múltiples variables de estas tipologías en lo que se conoce como *trastornos mixtos* del lenguaje.

Los sistemas neuronales cerebrales, y su relación con la conducta, se estudian en la disciplina conocida como Neurociencia. La mayor parte de las operaciones cerebrales dependen de interconexiones precisas entre sus millones de células, formando circuitos neuronales. Estas conexiones se establecen ya desde el desarrollo embrionario. Sin entrar en detalles, recordemos que en la neurofisiología del SNC participan neurotransmisores químicos que, en muchos casos, definen el sistema y mantienen la homeostasia cerebral regulando los procesos. Los acontecimientos se desencadenan por una variación de la actividad eléctrica del cerebro que propicia la liberación de los neurotransmisores químicos entre las células neuronales.

La memoria, la atención, el lenguaje y el aprendizaje no están confinados a un único lugar del cerebro. Las distintas áreas cerebrales implicadas en las redes neuronales cognitivas se han ido desvelando gracias al estudio de patologías o lesiones cerebrales que cursan con déficit en alguna de estas habilidades. Estas primeras constataciones, casi anecdóticas, de siglos pasados han sido continuadas por estudios experimentales dirigidos. Los métodos tradicionales de evaluación de procesos cognitivos (métodos conductuales y medidas de tiempo de reacción) han sido complementados en los últimos años por las nuevas tecnologías, que permiten registrar, cuantificar y localizar actividad cerebral relacionada con estos procesos. Estos procedimientos de registro mejorados han permitido desarrollar nuevas tendencias conceptuales sobre la organización del sistema cognitivo.

El advenimiento de técnicas neurofisiológicas derivadas de la electroencefalografía (EEG) han

permitido, desde el siglo XIX, la realización de exploraciones cruentas aprovechando trepanaciones craneales indefectiblemente indicadas en el tratamiento de otros trastornos neurológicos (tumores, epilepsia, etc.), y han servido para esclarecer el comportamiento electrofisiológico cerebral ante la estimulación directa de áreas cerebrales. Es claro que el estudio del comportamiento neurofisiológico del cerebro requiere de sistemas tecnológicos inocuos, reproducibles y con alta resolución en tiempo y espacio. En concreto, las DA se manifiestan en la edad pediátrica y no comportan un riesgo vital que justifique un procedimiento invasivo en su detección o tratamiento. Aunque son útiles las informaciones proporcionadas por las señales eléctricas derivadas de exploraciones de potenciales evocados en lo que respecta a los tiempos de reacción, en estos niños, la base de un intervención adecuada en las DA es el entendimiento del fundamento neurofisiológico del trastorno, de la misma manera que un antibiótico sólo será efectivo cuando esté implicado un determinado agente patógeno.

Los procedimientos de neuroimagen funcional no cruentos están especialmente indicados para el estudio de los mecanismos cerebrales implicados en los procesos cognitivos. Particularmente, sólo las técnicas capaces de abarcar la función cerebral como una suma de actividades que transcurren simultáneamente, pero en diferentes regiones en el cerebro, podrán contribuir a la definición neurocientífica de los procesos cognitivos. Las técnicas que han sido empleadas en este sentido se pueden clasificar en función de los parámetros biológicos que definen en: a) *técnicas electromagnéticas*: electroencefalografía (EEG) y magnetoencefalografía (MEG); y, b) *técnicas hemodinámicas*: tomografía por emisión de positrones (PET), tomografía por emisión de fotón único (SPECT), resonancia magnética funcional (fMRI).

Como su nombre indica, las técnicas hemodinámicas dependen de procesos metabólicos generados inmediata, pero consecuentemente, a la activación eléctrica inicial de las células cerebrales implicadas en un proceso cognitivo. No sólo la respuesta que estas técnicas nos aportan es dife-

rida en el tiempo, sino que las áreas funcionales implicadas pueden estar difundidas, ya que reflejan tejido demandante de sustancias necesarias para su metabolismo. Independientemente, estas técnicas hemodinámicas no están exentas de cierto intrusismo, ya que, para su visualización, se requiere la inyección de metabolitos o marcadores.

Sólo las técnicas electromagnéticas reflejan la actividad cerebral directa en tiempo real. Las técnicas electrofisiológicas son totalmente inocuas y registran señal electromagnética neuronal. El EEG registra actividad eléctrica en tiempo real, pero aporta una pobre resolución espacial en la localización de los generadores de la misma. La MEG, especialmente desde la creación de los sistemas holocraneales (*whole-head*), capaces de medir simultáneamente los campos cerebrales a lo largo de toda la convexidad craneal, aporta una medida de la actividad magnética concomitante a la actividad eléctrica neuronal (es decir, mide actividad cerebral directa en tiempo real) y combina una excelente resolución espacial, porque permite localizar sobre el cerebro de cada individuo los generadores neuronales implicados en dicha actividad en un instante de tiempo.

La MEG es la técnica de neuroimagen funcional más prometedora para el estudio de las funciones cognitivas. De manera no invasiva, permite identificar las regiones anatómicas implicadas en los procesos cognitivos en cada instante de tiempo, gracias a que existe una mayor actividad electromagnética de sus redes neuronales que se puede analizar sobre la actividad neurofisiológica de fondo. La MEG indica no sólo qué áreas participan en una función, sino en qué momento lo hacen con relación a otras áreas.

En otras palabras, los estímulos aplicados desde el exterior (por ejemplo, la lectura de una palabra) producirán una respuesta neuronal sensorial en una o más regiones cerebrales, que se traducirá en corrientes electromagnéticas dirigidas a generar la percepción y procesamiento del estímulo que la MEG puede recoger. La presentación repetitiva de un mismo tipo de estímulo (por ejemplo, listas de palabras) permite evocar campos electromagnéticos semejantes a los grupos neuronales sensibles

a ellos (campos evocados magnéticos). Estos campos magnéticos pueden ser promediados para eliminar virtualmente la actividad electromagnética “de fondo” no implicada en la percepción del estímulo.

En los campos evocados magnéticos se pueden distinguir componentes asociados a las tareas experimentales. Esencialmente se distinguen dos tipos de componentes:

- 1) componentes *tempranos*, que pertenecen a los primeros 150-200 milisegundos (ms) tras la percepción del estímulo, y que reflejan la activación de las áreas sensoriales primarias (Nakasato et al., 1997; Ruohonen et al., 1996; Sobel et al., 1993);
- 2) componentes *tardíos*, que suceden a los anteriores y duran varios cientos de ms. Están relacionados con activación de la corteza de asociación (Simos, Basile & Papanicolaou, 1997).

La MEG ya es una técnica validada en la cartografía de áreas corticales sensoriales primarias, como la auditiva y la visual, implicadas directamente en los procesos cognitivos.

En el entorno educativo, hay que destacar la importancia de la detección precoz de las DA para una mayor efectividad de la intervención temprana. En este sentido, se han dirigido en los últimos años algunos de los proyectos de investigación llevados a cabo con la MEG.

### *Lenguaje*

Las respuestas más buscadas en el estudio del lenguaje con MEG han sido la dominancia hemisférica para el lenguaje, cuáles son las áreas cerebrales implicadas en la comprensión y expresión del lenguaje, cuál es la cadencia espacio-temporal del procesamiento lingüístico y las diferencias que pudiera haber entre sujetos (bilingüismo, patologías de lóbulo temporal, etc.).

El equipo científico MEG liderado por Papanicolaou ha contribuido especialmente en este tema, estableciendo los patrones de activación cerebral específicos en tareas de reconocimiento

nominal, tanto auditivo como verbal, en sujetos diestros adultos con y sin alteraciones neurológicas (ver Papanicolaou et al., 2003, para revisión). El grupo concluye que la comprensión del lenguaje oral y visual activa algunos mecanismos cerebrales comunes. Los componentes primarios de ambas tareas implican generadores neuronales localizados en áreas corticales primarias: el suelo de la cisura silviana en ambos hemisferios (presentación aural) y la corteza primaria occipital (presentación visual), durante los primeros 100-150 ms desde la presentación del estímulo. Dicha activación viene seguida de implicación del lóbulo temporal superior posterior (presentación aural), o de la corteza basal temporal (giro fusiforme y lingual, en presentación visual) del hemisferio izquierdo hasta los 250 ms. En latencias tardías hasta los 800 ms, se hace predominante la activación de regiones temporales superiores posteriores, parietales inferiores (supramarginal y angular), hipocampo y lóbulo temporal medio y, particularmente durante tareas de lectura, de la corteza frontal inferior del hemisferio izquierdo.

En lectura de pseudopalabras, sin embargo, no se encuentra activación de lóbulo temporal medio ni áreas mesiales (Simos, Breier et al., 2002), aunque sí parece que las regiones parieto-temporal posterior y frontal inferior del hemisferio izquierdo son claves en el procesamiento de pseudopalabras. Recientes hallazgos revelados por Simos, Pugh et al. (en prensa), describen el circuito neuronal implicado en el reconocimiento nominal tras la aplicación de una tarea de decisión léxica en adultos y análisis con MEG. Parece que es crítica la activación secuencial de áreas occipitales mesiales previamente a la activación de áreas temporo-occipitales laterales; sin embargo, la implicación de regiones temporales superiores no parece determinante en la decisión léxica.

En lo que se refiere a la lateralización del lenguaje, la MEG ha demostrado proporcionar resultados semejantes a los procedimientos invasivos tradicionales, como el test de Wada o la estimulación cortical intraoperatoria (Breier, Simos, Zouridakis & Papanicolaou, 1999, Maestú et al., 2002; Papanicolaou et al. 2004; Simos et al., 1999).

Estos estudios de lateralización o dominancia hemisférica del lenguaje se han extendido a sujetos bilingües, con interesantes resultados en función, por ejemplo, de la edad de inicio en el aprendizaje del segundo idioma.

### *Dislexia*

La dificultad persistente para la adquisición de habilidades lectoras es la forma más común de DA. Hasta un 80% de las personas DA que se diagnostican con DA están afectadas de dislexia (Shaywitz, Gruen & Shaywitz, 2007). Sólo en EEUU, se estima que hay hasta un 8% de niños en edad escolar a los que se les diagnostica este desorden (Stein, 1993). La dislexia es, pues, una disfunción específica que se manifiesta como una incapacidad de progreso en el proceso de aprendizaje de la lectura en un entorno coetáneo, a pesar de una correcta instrucción y de la ausencia de alteraciones neurológicas y de motivación.

El mayor reto al que se enfrentan los clínicos en este trastorno es la ausencia de signos neurológicos claros. Su heterogeneidad fenotípica (suele manifestarse como un desorden de lectura, combinado o no, con otras dificultades en el área lingüística, como la discriminación fonológica, la segmentación y producción de sonidos, la nominación, la fluidez verbal, el vocabulario receptivo, los conocimientos semánticos y el análisis gramatical y sintáctico) dificulta la posibilidad de asociar este fenómeno con la alteración de una única función cerebral. El consenso más actual incorpora el concepto de perfiles de activación cerebral aberrantes en la justificación de disfunciones lectoras del niño y del adulto (Simos, Breier et al., 2002). En este sentido, existe abundante evidencia científica que centra la mayor parte de las dificultades lectoras en un problema para incorporar el sonido estructural del lenguaje, lo que se conoce como *conciencia fonológica* (del inglés, *phonological awareness*).

Como herramienta de exploración de la vía fonológica, la MEG ha sido validada por los trabajos de Simos, Breier et al. (2002), en los que los

resultados de las exploraciones con MEG en sujetos disléxicos han revelado mapas de activación aberrantes consistentes en la falta o reducción de la activación de las regiones parieto-temporales en el hemisferio izquierdo, con incremento de la actividad en regiones homólogas derechas, durante una tarea de lectura de pseudopalabras (Simos, Breier, Fletcher, Bergman & Papanicolaou, 2000). Más interesante aún, este patrón aberrante parece estar presente ya en la edad preescolar. En niños de temprana edad, en pleno proceso de adquisición de habilidades lectoras, pero con factores de riesgo para desarrollar una dislexia (niños que en la edad preescolar no alcanzan a dominar la fonética de las letras), la pronunciación de letras muestra ya un patrón de actividad cerebral aberrante, manifiesto por una ausencia de activación de la región temporal superior izquierda y activación derecha homóloga (Simos, Breier et al., 2002). Es más, este mismo equipo (Simos, Fletcher et al., 2002b; Simos, Fletcher et al., 2007) ha demostrado que la intervención en niños disléxicos, dirigida al desarrollo de habilidades de decodificación fonológica, consigue cambiar este patrón de activación aberrante y devolver la secuencia característica de los niños normolectores, consistente en a) una mayor activación izquierda en detrimento de la derecha; b) incremento de actividad en la región temporal media posterior; c) activación más temprana de áreas occipito-temporales en detrimento de las áreas frontales, todo ello acompañado de un progreso notorio en las habilidades fonológicas.

Aunque no todas las variantes de dislexia pueden ser atribuidas a una disfunción de la conciencia fonológica, la importancia de incorporar programas fonológicos de intervención en el sistema educativo es clave para la reinserción de niños con dificultades lectoras en el ritmo de aprendizaje de la clase. Así, la disfunción de la región temporal posterior izquierda en estos niños otorga un objetivo neurobiológico para los terapeutas, clave a fin de obtener un resultado clínico satisfactorio (Shaywitz et al. 2004).

### *Trastorno por déficit de atención / hiperactividad*

El trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDA/TDAH) constituye una problemática frecuente en la clínica neuropsiquiátrica, afectando a un 5% de la población infantil, lo que supone un niño con TDAH en cada aula escolar (Mulas, Mattos, Hernández & Gandía, 2005). Se manifiesta por un conjunto de síntomas de hiperactividad, impulsividad e inatención, combinados en grado variable, causando inadaptación e incoherencia en el grado de desarrollo atribuible a la edad del niño.

La MEG ha contribuido a esclarecer las bases neurobiológicas del trastorno madurativo cerebral subyacente al síndrome TDAH. En concreto, de la misma manera que las áreas parieto-temporales cerebrales se han asociado al lenguaje, la corteza prefrontal alberga el control cognitivo. La corteza frontoestriatal ha sido señalada en múltiples investigaciones como la responsable de las funciones ejecutivas (integración temporal, memoria de trabajo e inhibición). Se trata de áreas corticales a las que se atribuyen funciones de regulación de la habilidad para identificar, extraer e interpretar aquello que es relevante para la ejecución de la respuesta, así como la monitorización, inhibición y cambio de la respuesta según sea requerido. La MEG ha revelado, efectivamente, una reducción de la activación cerebral en corteza prefrontal dorsolateral y cingular anterior en niños con TDAH, con respecto al grupo control durante una tarea de funcionamiento ejecutivo (Capilla et al., 2004).

Un aspecto clave es la diferenciación de subtipos en TDAH, que permita afinar el diagnóstico clínico y aplicar la terapéutica de apoyo más adecuada. En este sentido, Mulas et al. (2006) mostraron que el patrón de actividad de los niños con TDAH presentaba diferencias con el observado en niños control en latencias tempranas, antes de la activación del circuito frontoestriatal. En concreto, niños con TDAH de subtipo predominantemente inatento, parecen mostrar una activación predominante de corteza parietal inferior y temporal superior en los primeros 100 ms de respuesta. A la vista de estos resultados, cabría establecer relación

con otros estudios que refieren un incremento de recursos atencionales en estos niños para la óptima ejecución de tareas (Durston et al., 2003). Se han establecido, de esta manera, las conexiones entre regiones cerebrales anteriores y posteriores en la ejecución de funciones cognitivas. El modelo de atención de Mirsky (1996) implica ambas regiones en la capacidad de centrar la atención en tareas o capacidad de atención selectiva que, según Barkley (2003), podría constituir una de las bases neurofisiológicas del subtipo predominantemente inatento del TDAH.

A pesar de que en muchos casos de TDAH concurren trastornos de funciones ejecutivas, algunos déficits que estas personas muestran están relacionados con el procesamiento y la respuesta a estímulos sensoriales simples impredecibles. Ello sugiere que la existencia de alteraciones en funciones relacionadas con la percepción de estímulos simples y la anticipación a los mismos influye en la disfunción a más alta escala. Recientemente, Dockstader et al. (2008) han publicado unos datos recogidos con MEG referentes a la diferencia de percepción de estímulos somatosensoriales predecibles frente a estímulos no predecibles en adultos con TDAH, concluyendo que existe una alteración en el procesamiento somatosensorial en los casos con TDAH frente a los controles. Con estas investigaciones se ahonda no sólo en las múltiples formas de disfunción, sino en las múltiples fuentes de disfunción del TDAH.

### Referencias

- American Psychiatric Association. (1995). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales – DSM-IV*. Barcelona: Masson.
- Barkley, R.A. (2003). Issues in the Diagnosis of Attention-deficit/hyperactivity Disorder in Children. *Brain Development*, 25, 77-83.
- Beltrán, J.V., Santiuste, V., García-Alcañiz, E., Moraleda, M., & González, F. (1987). *Psicología de la Educación*. Madrid: Eudema Universidad.
- Breier, J.I., Simos, P.G., Zouridakis, G. & Papanicolaou, A.C. (1999). Lateralization of Cerebral Activation

- in Auditory Verbal and Non-verbal Memory Tasks Using Magnetoencephalography. *Brain Topography* 12 (2), 89-97.
- Brueckner, L. (1978). *My Diagnosis and Treatment of Learning Difficulties*. New York: Appleton.
- Bruer, J.T. (1997). Education and Brain: A Bridge Too Far? *Educational Research*, 26, 4-16.
- Capilla, A., Etchepareborda, M.C., Fernández-González, S., Mulas, F., Campo, P., Maestú, F. et al. (2004). Sustrato neurofuncional de la rigidez cognitiva en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad: resultados preliminares. *Revista de Neurología*, 38 (supl. 1), S145-S148.
- Caramazza, A. (1990). *Cognitive Neuropsychology and Neurolinguistics*. New Jersey: Hillsdale, LEA.
- Chomsky, N. (1972). *Studies on Semantics in Generative Grammar*. La Haya: Mouton.
- Cruickshank, W. M. (1971). *El niño con daño cerebral en la escuela, en casa y en la comunidad*. México: Trillas.
- Damasio, A. & Damasio, H. (1992). Cerebro y lenguaje. *Investigación y Ciencia*, 194, 59-66.
- Dockstader, C., Gaetz, W., Cheyne, D., Wang, F., Castellanos, F.X., & Tannock, R. (2008). MEG Event-related Desynchronization and Synchronization Deficits during Basic Somatosensory Processing in Individuals with ADHD. *Behavioral and Brain Functions*, 12, 4-8.
- Durston, S., Tottenham, N.T., Thomas, K.M., Davidson, M.C., Eigsti, I.M. & Yang, Y. (2003). Differential Patterns of Striatal Activation in Young Children with and without ADHD. *Biological Psychiatry*, 53, 871-878.
- Etchepareborda, M.C. (1999). Epilepsia y aprendizaje: enfoque neuropsicológico. *Revista de Neurología*, 28 (supl. 2), S142-S149.
- Farham-Diggory, S. (1980). *Dificultades de aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Gaddes, W. (1980). *Learning Disabilities and Brain Function. A Neuropsychological Approach*. New York: Springer-Verlag.
- Geschwind, N. (1974). *Selected Papers on Brain Language*. Boston: Riedel.
- Hammill, D. (1990). On Defining Learning Disabilities: An Emerging Consensus. *Journal of Learning Disabilities*, 23, 74-85.
- Johnson, D. & Myklebust, H. (1967). *Learning Disabilities. Educational Principles and Practices*. New York: Grune & Stratton Inc.
- Kuhn, T. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1975). *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Barcelona: Grijalbo.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas*. Madrid: Encuentro.
- Maestú, F., Ortiz, T., Fernández, A., Amo, C., Martín, P., Fernández, S. et al. (2002). Spanish Language Mapping Using MEG: A Validation Study. *Neuroimage* 17 (3), 1579-1586.
- Manga, D. & Ramos, F. (1991). *Neuropsicología de la edad escolar. Aplicaciones de la teoría de A. R. Luria a niños a través de la batería LURIA-DNI*. Madrid: Visor.
- Mann, V. (1985). Why Some Children Encounter Reading Problems: The Contribution of Difficulties with Language Processing and Phonological Sophistication to Early Reading Disability. En J. Torgesen & B.Y.L. Wong (Eds.), *Psychology and Educational Perspectives on Learning Disabilities* (pp. 133-159). Orlando, FL: Academic Press
- Mira y López, E. (1947). *El niño que no aprende*. Buenos Aires: Kapeluz.
- Mirsky, A.F. (1996). Disorders of Attention: A Neuropsychological Perspective. En G.R. Lyon & N.A. Krasnegor (Eds.), *Attention, Memory and Executive Functions* (pp. 71-96). Baltimore: Paul H. Brookes.
- Monedero, C. & Agüero, J. (1986). Diagnóstico neuropsicológico de las dificultades de aprendizaje escolar. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 41 (3), 425-461.
- Mulas, F., Capilla, A., Fernández, S., Etchepareborda, M., Campo, P., Maestú, F. et al. (2006). Shifting-related Brain Magnetic Activity in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry*, 59, 373-379.
- Mulas, F., Etchepareborda, M.C., Díaz-Lucero, A. & Ruiz-Andrés R. (2006). El lenguaje y los trastornos del neurodesarrollo: revisión de características clínicas. *Revista de Neurología*, 42 (supl. 2), S103-S109.

- Mulas, F., Mattos, L., Hernández S. & Gandía, R. (2005). Actualización terapéutica en el trastorno por déficit de atención e hiperactividad: metilfenidato de liberación prolongada. *Revista de Neurología*, 40 (supl 1), S49-S55.
- Munsterberg-Koppitz, E. (1971). *Test gestáltico visomotor para niños*. Buenos Aires: Paidós.
- Myklebust, H.R. (1967). *Progress in Learning Disabilities*. New York: Gune Stratton.
- Nakasato, N., Kumabe, T., Kanno, A., Ohtomo, S., Mizoi, K. & Yoshimoto T. (1997). Neuromagnetic Evaluation of Cortical Auditory Function in Patients with Temporal Lobe Tumors. *Journal of Neurosurgery*, 86 (4), 610-618.
- Osman, B. (1988). *Problemas de aprendizaje*. México: Trillas.
- Owen, F. (1971). *Learning Disorders in Children: Sibling Studies*. Chicago: University of Illinois Press.
- Palincsar, S. (1998). Keeping the metaphor of scaffolding fresh – a response to C. Addison Stone’s “The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities.” *Journal of Learning Disabilities*, 31: 370-373.
- Papanicolaou, A.C., Simos, P.G., Breier, J.I., Fletcher, J.M., Foorman, B.R., Francis, D. et al. (2003). Brain Mechanisms for Reading in Children with and without Dyslexia: A Review of Studies of Normal Development and Plasticity. *Developmental Neuropsychology*, 24 (2-3), 593-612.
- Papanicolaou, A.C., Simos, P.G., Castillo, E.M., Breier, J.I., Sarkari, S., Patarai, E. et al. (2004). Magnetocephalography: A Noninvasive Alternative to the Wada Procedure. *Journal of Neurosurgery*, 100 (5), 867-876.
- Portellano, J.A. (1991). *Dificultades de aprendizaje*. Madrid: Polibea.
- Quirós, J. & Schrager, O.C. (1980). *Fundamentos neuropsicológicos en las discapacidades de aprendizaje*. Buenos Aires: Panamericana.
- Rourke, B. (1981). *Neuropsychological Assessment of Children with Learning Disabilities*. New York: J.Wiley and Sons.
- Ruohonen, J.O., Ravazzani, P., Ilmoniemi, R.J., Galardi, G., Nilsson, J., Panizza, M. et al. (1996). Motor Cortex Mapping with Combined MEG and Magnetic Stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement*, 46, 317-22.
- Santiuste, V. (2005). *Dificultades de aprendizaje e intervención psicopedagógica*. Madrid: CCS.
- Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Blachman, B.A., Pugh, K.R., Fulbright, R.K., Skudlarski, P. et al. (2004). Development of Left Occipitotemporal Systems for Skilled Reading in Children after a Phonologically-based Intervention. *Biological Psychiatry*, 55 (9), 926-33.
- Shaywitz, S.E., Gruen, J.R. & Shaywitz B.A. (2007). Management of Dyslexia, Its Rationale, and Underlying Neurobiology. *Pediatric Clinics of North America*, 54 (3), 609-623.
- Simos, P.G., Basile, L.F. & Papanicolaou, A.C. (1997). Source Localization of the N400 Response in a Sentence-reading Paradigm Using Evoked Magnetic Fields and Magnetic Resonance Imaging. *Brain Research*, 762 (1-2), 29-39.
- Simos, P.G., Breier, J.I., Fletcher, J.M., Bergman, E. & Papanicolaou, A.C. (2000) Cerebral Mechanisms Involved in Word Reading in Dyslexic Children: A Magnetic Source Imaging Approach. *Cerebral Cortex*, 10, 809-816.
- Simos, P.G., Breier, J.I., Fletcher, J.M., Foorman, B.R., Castillo, E.M. & Papanicolaou, A.C. (2002). Brain Mechanisms for Reading Words and Pseudowords: An Integrated Approach. *Cerebral Cortex*, 12 (3), 297-305.
- Simos, P.G., Fletcher, J.M., Bergman, E., Breier, J.I., Foorman, B.R., Castillo, E.M. et al. (2002). Dyslexia-specific Brain Activation Profile becomes Normal Following Successful Remedial Training. *Neurology*, 58 (8), 1203-1213.
- Simos, P.G., Papanicolaou, A.C., Breier, J.I., Wheless, J.W., Constantinou, J.E., Gormley, W.B. et al. (1999). Localization of Language-specific Cortex by Using Magnetic Source Imaging and Electrical Stimulation Mapping. *Journal of Neurosurgery*, 91 (5), 787-796.
- Simos, P.G., Fletcher, J.M., Sarkari, S., Billingsley-Marshall, R., Denton, C.A. & Papanicolaou, A.C. (2007). Intensive Instruction Affects Brain Magnetic Activity Associated with Oral Word Reading in Children with Persistent Reading Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 40, 37-48.



- Simos, P.G., Pugh, K., Mencl, E., Frost, S., Fletcher, J.M., Sarkari, S., Papanicolaou, A.C. (en prensa). Temporal Course of Word Recognition in Skilled Readers: A Magnetoencephalography Study. *Behavioral Brain Research*.
- Sobel, D.F., Gallen, C.C., Schwartz, B.J., Waltz, T.A., Copeland, B., Yamada, S. et al. (1993). Locating the Central Sulcus: Comparison of MR Anatomic and Magnetoencephalographic Functional Methods. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, 14 (4), 915-925.
- Stein, J. (1993). Dislexia-Impaired Temporal Information Processing? *Annals of the New York Academy of Science*, 682, 83-86.
- Strauss, A. A. & Werner, H. (1943). Comparative Psychopathology of the Brain Injured Child and the Traumatic Brain-injured Adult. *American Journal of Psychiatry*, 99, 835-838.
- Suppe, F. (1979). *La estructura de las teorías científicas*. Madrid: Editora Nacional.
- Swanson, H.L. (1992). Hacia una teoría de las discapacidades en el aprendizaje. *Journal of Learning Disabilities*, 21, 186-193
- Tajan, A., Volard, R. (1971). *Pourquoi des Dyslexiques? Dyslexie et Rééducation*. Lausanne: Payot.
- Thuiller, P. (1988). *“Les passions du savoir”. Essais sur les dimensions culturelles de la science*. Paris: Fayard.
- Wartofsky, M.W. (1979). *Representation and Scientific Understanding*. Dordrecht: Reidel.

