

Aprendizajes específicos

6

Daniel Anaya Nieto[†]

ESQUEMA/CONTENIDOS

BREVE INTRODUCCIÓN

1. APRENDIZAJE DE LA LENGUA

- 1.1. Componentes del lenguaje
- 1.2. Períodos sensibles en el aprendizaje de la lengua
- 1.3. Procesos de lectura y escritura
 - 1.3.1. Procesos de lectura
 - 1.3.2. Procesos de la escritura
- 1.4. Estructuras y procedimientos subyacentes al aprendizaje de la Lectura
- 1.5. Dificultad de aprendizaje de la lectura

2. APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

- 2.1. Estructuras y procedimientos subyacentes al aprendizaje de las Matemáticas
- 2.2. Dificultad de aprendizaje de las matemáticas

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

BREVE INTRODUCCIÓN

En este Capítulo se abordan las peculiaridades del aprendizaje de la lengua y de las matemáticas. En relación con el aprendizaje de la lengua se tratan los componentes del lenguaje, los períodos sensibles en el aprendizaje de la lengua, los procesos de lectura y escritura, las estructuras y procedimientos subyacentes al aprendizaje de la lectura, y las dificultades de aprendizaje de la lectura. En relación con el aprendizaje de las matemáticas, se tratan las estructuras y procedimientos subyacentes al aprendizaje de las matemáticas, y las dificultades de aprendizaje de las matemáticas.

Con el estudio del mismo se pretende que los estudiantes sean capaces de:

- Identificar los componentes del lenguaje y los períodos sensibles en el aprendizaje de la lengua.
- Describir los procesos de la lectura y de la escritura.
- Describir las estructuras y procedimientos subyacentes al aprendizaje de la lectura y de las matemáticas.
- Explicar las dificultades en el aprendizaje de la lectura y de las matemáticas.

1. APRENDIZAJE DE LA LENGUA

1.1. Componentes del lenguaje

Se han dado multitud de definiciones sobre el lenguaje. Durante mucho tiempo, estas definiciones se centraron en la descripción de los diversos aspectos estructurales del lenguaje (por ejemplo, Bloomfield, 1933). Posteriormente, a esto le siguió un interés por los mecanismos de explicación (Osgoold, 1963) y una fragmentación del estu-

dio del lenguaje con un énfasis en los componentes dominantes específicos como, por ejemplo, la estructura de la oración (Chomsky, 1957). Más recientemente ha habido un retorno a los tipos descriptivos de análisis estructurales (Lahey, 1988).

En la actualidad, una definición básica, amplia e interdisciplinar, en la que parece haber un gran consenso entre los teóricos del área, es la que define al lenguaje como un código para comunicar (transmitir y recibir) información (Reich, 1996). Este consenso también se extiende a la caracterización de este código en función de las siguientes cinco dimensiones o componentes: Fonología, semántica, morfología, sintaxis y pragmática, que describiremos a continuación.

Este código, que es el lenguaje, forma parte del sistema cognitivo general del individuo en tanto que su aprendizaje y uso se explica en términos de complejos procesos mentales que subyacen a la actividad cognitiva general. Además, dada la finalidad de este código, la actividad lingüística (procesos cognitivos relacionados con la utilización del lenguaje) está estrechamente interrelacionada con otros procesos cognitivos responsables del procesamiento de la información (pensamiento, cognición).

Desde un punto de vista estructural se da entre ambos tipos de procesos un isomorfismo parcial y, desde una perspectiva funcional, los procesos de pensamiento determinan la actividad lingüística, tanto en tareas de comprensión de la información que llega al sistema como de producción de la información que sale del mismo, y, a la inversa, la actividad lingüística es un condicionante de los procesos de pensamiento (respecto de la representación y conocimiento del mundo, su categorización y conceptualización, organización y recuperación de la información, de la facilidad o dificultad para razonar).

Existe, en definitiva, una compleja colaboración entre aprendizajes y procesos lingüísticos y no lingüísticos, como no puede ser de otra manera dentro del sistema único que conforma el conjunto de aprendizajes de un individuo, que indica que la actividad lingüística, a pesar de poseer unas características específicas y, genéticamente, surgir de una forma diacrónica respecto de otros procesos cognitivos, como los de pensamiento, no se describe ni se explica basándose exclusivamente en los estrictos procesos lingüísticos sino que necesita ajustarse a un modelo de procesamiento que utilice todos los recursos cognitivos disponibles en el marco de una interdependencia progresiva entre los distintos tipos de procesos (Papafragou, Massey y Gleitman, 2006).

Fonología

La fonología hace referencia a los sonidos del habla. Estos se estructuran en *fonemas*, que son conjuntos de diferentes frecuencias acústicas, que constituyen los elementos o segmentos más pequeños del lenguaje que al cambiarse (sustituirse unos por otros) dan lugar a diferentes palabras. Cada idioma utiliza un conjunto definido de fonemas entre la variedad de sonidos articulados que puede emitir el ser humano. Estos se clasifican en vocálicos y consonánticos en función de que el aire procedente

de los pulmones encuentre o no vía libre en su salida al exterior. A su vez, los sonidos consonánticos se distinguen por su lugar de articulación (bilabial, labiodental, linguodental, linguointerdental, linguoalveolar, linguopalatal o linguovelar), por su modo de articulación (oclusivo, fricativo, africado, nasal, lateral, vibrante simple o vibrante múltiple) y por la posición de las cuerdas vocales durante el paso del aire (sordos o sonoros).

Cada fonema está constituido por un patrón de formantes. Cada *formante* es un sonido definido en el espectrograma en función de su frecuencia (en Hz), duración (en mseg) e intensidad. Ahora bien, este patrón no es invariante sino que se modifica en función de los fonemas adyacentes (contexto) debido a necesidades de articulación de los otros fonemas que le acompañan. No existe, por tanto, una correspondencia estricta entre una señal acústica y un fonema. De hecho, los efectos combinados de la modificación inducida por los fonemas que preceden o siguen (fonemas adyacentes) a un fonema dado, la variación en la velocidad del habla, la variación en la voz y pronunciación entre personas y de la misma persona en función del momento y situación, hacen muy probable que cada fonema nunca se articule dos veces exactamente del mismo modo. Cada fonema, desde el punto de vista de su reconocimiento por parte del receptor del lenguaje, por lo tanto, abarca una banda o categoría de sonidos (conjunto de formantes) entre cuyos límites se reconoce como tal.

Además, el reconocimiento de los fonemas se realiza en la vida cotidiana en contextos más amplios, como la sílaba y la palabra, mediante procesos no sólo de abajo-arriba (guiados por los datos entrantes), sino en interacción, también, de procesos arriba-abajo (guiados por los aprendizajes previos).

Semántica

La semántica hace referencia al significado de las palabras. Los fonemas que componen el lenguaje no se producen aisladamente sino que se combinan entre sí para formar palabras, que son las unidades fundamentales del lenguaje debido a que constituyen la base de la estructura de la información comunicada (o comunicable) mediante la actividad lingüística (en su doble vertiente de producción y comprensión).

En el marco de la actividad lingüística relacionada con las palabras hay que hacer mención a dos cuestiones importantes: El léxico mental y el acceso léxico.

El *léxico mental* se refiere al conjunto de aprendizajes correspondientes a las palabras y a su organización en nuestra mente. Estos aprendizajes tienen que ver con el conjunto fonemático asociado a cada palabra, con sus equivalencias gráficas, con su significado, con las reglas morfosintácticas que indican los afijos (sufijos, prefijos o ambos) que se le pueden añadir y las posibilidades de combinación con otras palabras para generar frases del lenguaje, etc.

El *acceso léxico* hace mención a los procesos de actualización de la información (memoria de trabajo) contenida en el léxico mental necesaria para la actividad lin-

güística (en su doble vertiente de producción y de comprensión del lenguaje). Dicha actualización se produce mediante la propagación de la actividad neuronal, que sigue los patrones de interconexión diferencial (en términos de activación e inhibición) que guardan entre sí los diferentes aprendizajes.

En relación con lo anterior, se ha observado que las palabras más frecuentes –que tienen patrones de representación más definidos– tienen tiempos de acceso más cortos que las palabras menos frecuentes (Bradley y Foster, 1987). Este resultado se ha encontrado tanto en tareas de nombrar palabras como en tareas de decisión léxica, que consisten en presentar al sujeto una serie de letras, generalmente de manera escrita, para que decida lo más rápido posible si constituye o no una palabra de su idioma. En relación con esto último, se ha encontrado que el tiempo de decisión aumenta conforme lo hace la semejanza entre una palabra y una no-palabra (en la medida en que exista una mayor coincidencia con el patrón de activación de una palabra determinada).

También se ha observado que, cuando la frecuencia de uso se mantiene constante, el tiempo de acceso léxico aumenta en función de la longitud de la palabra (las palabras más largas requieren, aunque sólo sea a nivel de número de fonemas y grafemas, una red de conexiones neuronales más extendida).

Igualmente, se ha encontrado que el acceso léxico es más ágil cuando la palabra ha sido recientemente utilizada y cuando, en lugar de sola, se presenta en un contexto familiar –en compañía de otras palabras con las que, habitualmente, aparece relacionada–. El contexto es, además, decisivo en la resolución de la *ambigüedad léxica*. De entre todos los significados que, en un idioma, pueden estar asociados a una palabra dada, el contexto de la oración en el que se inserta la palabra contribuye a descartar aquellas acepciones no congruentes con el sentido general de la frase. Los procesos cerebrales de arriba-abajo que tienen lugar en esta operación permiten la desambiguación en un intervalo de tiempo que suele estar entre los 200 milisegundos.

Morfología y sintaxis

La *morfología* hace mención a las diferentes formas que adoptan las palabras mediante los afijos (prefijos y/o sufijos) que las palabras pueden incorporar con el propósito, por un lado, de precisar su significado y, por otro, de facilitar su conexión con las demás palabras en la constitución de oraciones. La *sintaxis*, por su parte, se refiere al conjunto de reglas que regulan las combinaciones entre las palabras para producir oraciones. La estrecha relación que guardan entre sí estos dos aspectos del lenguaje ha hecho que, tradicionalmente, ambos hayan tenido una consideración conjunta bajo el nombre de *gramática*.

Aplicando las reglas gramaticales se puede generar, a partir del limitado número de palabras de un idioma, un número ilimitado de oraciones. La información transmitida a través de las oraciones tiene que ver no sólo con el significado particular de las palabras que la conforman sino, sobre todo, con la semántica global de la oración, que

viene definida en función de los roles temáticos que desempeñan las palabras dentro de la frase, de acuerdo con las relaciones gramaticales establecidas entre ellas. En la fijación de estas relaciones desempeñan un papel fundamental los verbos, que definen un marco que especifica los roles temáticos que pueden admitir y el sitio de la oración en que se han de ubicar.

Por otra parte, la estructura sintáctica influye en la mayor o menor facilidad para comprender el significado de las oraciones. Por ejemplo, se ha constatado que oraciones que transmiten el mismo tipo de información son más fácilmente comprensibles en su forma activa que en su forma pasiva (Fodor, Berer y Garrett, 1974).

Pero la información transmitida por las oraciones no sólo es dependiente de la semántica de las palabras y de la estructura sintáctica que las une sino, además, de los aspectos pragmáticos relacionados con el uso del lenguaje (Caplan, 1992; Garrett, 1990).

Pragmática

La *pragmática* designa los aspectos del lenguaje que tienen que ver con su utilización adaptativa en la interacción del individuo con su entorno. Ello quiere decir que toma en cuenta las intenciones comunicativas del hablante, el contexto y circunstancias en que se produce la actividad lingüística, la relación establecida entre el hablante y sus interlocutores, la relación del discurso con los conocimientos previos de uno y otros y con los conocimientos compartidos entre ellos, la globalidad del acto comunicativo, etc.; es decir, todos aquellos factores relacionados con el entendimiento de qué es lo que comunica el sujeto, para qué (la finalidad que persigue con ello) y cómo lo comunica (la forma como utiliza el lenguaje).

La pragmática proporciona, en definitiva, las claves últimas para comprender el significado del lenguaje. Una misma oración puede tener significados bien distintos del significado literal (exclusivamente definido a partir de claves semántico-gramaticales) en función de la intención con la que se dice, el contexto del discurso en que se inserta –en relación con esto es interesante distinguir entre la microestructura de un discurso, referida a la conexión entre las distintas oraciones que lo componen, y la macroestructura, que se corresponde con el significado general del mismo y cuya comprensión exige la integración de la información que proporciona con los conocimientos previos de las personas–, los interlocutores a quienes se dirige, los conocimientos previos de éstos, el contexto social y las circunstancias ambientales en que se produce, etc.

1.2. Períodos sensibles en el aprendizaje de la lengua

Como se expuso, existen períodos sensibles para ciertos aprendizajes; períodos o etapas del desarrollo individual en los que dichos aprendizajes tienen lugar de una

manera más rápida, más económica y más eficiente. Esto es lo que sucede con el aprendizaje de los componentes fonológico y gramatical (morfosintáctico) del lenguaje.

El período sensible para el aprendizaje de la fonética tiene lugar durante el primer año de vida extrauterina. Los recién nacidos son capaces de distinguir los diferentes sonidos de cualquier idioma, pero la experiencia con los sonidos particulares del idioma al que se hayan expuestos (el idioma materno) hará que sean esos los que se aprendan. Hasta los 10 ó 12 meses después del nacimiento, el cerebro está óptimamente preparado para adquirir la fonética de cualquier idioma y esto lo hace con una extraordinaria eficacia. Transcurrido ese período, el aprendizaje fonético va a continuar siendo posible (McClelland et al., 2002) pero, a medida que nos alejamos de él, va a ser más dificultoso y menos económico, en el sentido de requerir la participación de un número creciente de estructuras cerebrales y de intrincados procesos neuronales, y va a ser menos eficiente, hasta el punto de que quizás no llegue a lograrse la completa competencia fonética en la vertiente tanto receptiva como expresiva del uso del lenguaje.

También parece existir un período sensible para la adquisición del acento característico de un idioma, que se extiende, aproximadamente, hasta los 12 años de edad (Bailey et al., 2001). Hasta ese momento, el aprendizaje de este componente fonológico se realiza con gran facilidad y eficacia pero, transcurrido el mismo, se acrecientan con la edad las dificultades y el aprendizaje se torna cada vez menos efectivo.

Respecto de la gramática, ya se dijo en el Capítulo anterior que su aprendizaje se produce de manera más eficiente en el período que va desde el nacimiento a los 3 años de edad. Hasta esa edad, el aprendizaje gramatical se realiza con el concurso casi exclusivo de estructuras del hemisferio cerebral izquierdo con una gran rapidez, economía y eficiencia. Con posterioridad a este período sensible, el procesamiento de la información gramatical va a requerir la participación conjunta de zonas similares del hemisferio derecho cada vez más amplias, lo que indica que, conforme avanza la edad de los individuos, el aprendizaje gramatical requiere de un mayor esfuerzo (mayor actividad cerebral e implicación de más áreas del cerebro) y el uso de estrategias neuronales distintas, que son menos efectivas (Bailey et al., 2001). A partir de los 13 años de edad, aproximadamente, los patrones de activación neuronal implicados en el aprendizaje gramatical son realmente intrincados y complejos y resulta complicado que los aprendizajes adquiridos proporcionen unos niveles óptimos de agilidad y corrección en el uso expresivo y comprensivo de este componente del lenguaje.

Las consecuencias de todos estos hallazgos sobre el aprendizaje del idioma nativo (la lengua materna) son evidentes: Hay que facilitar suficientes y variadas experiencias lingüísticas durante los períodos sensibles para garantizar los aprendizajes convenientes a un correcto y eficiente uso del idioma. Respecto del aprendizaje de idiomas extranjeros las consecuencias son, igualmente, obvias: Cuanto más tempranamente se inicien los individuos en ellos, con más facilidad y eficiencia serán aprendidos.

No hay que olvidar, sin embargo, que, aunque el aprendizaje de los componentes fonológico y morfosintáctico de la lengua es más económico y eficiente en los períodos sensibles, su aprendizaje es posible a lo largo de toda la vida, aunque, eso sí, con mayor dificultad. Tampoco hay que olvidar que existen diferencias notables interindividuales tanto en la duración de los períodos sensibles como en la intensidad con la que la sensibilidad para el aprendizaje se manifiesta a lo largo de esos períodos. Así, por ejemplo, hay personas que, incluso en la adultez, mantienen habilidades extraordinarias para el aprendizaje de la mayoría de los aspectos incluidos en los componentes fonológico y morfosintáctico de un idioma extranjero.

Por último, hay que recordar que los componentes semántico y pragmático del lenguaje pueden adquirirse con la misma efectividad a lo largo de toda la vida. Los aprendizajes relativos al léxico mental y a la utilización adaptativa del lenguaje en la interacción del individuo con su entorno van incrementándose con la edad y la experiencia vital, incluso, de manera más eficiente, dado el papel facilitador que, en estos aspectos, juega un conjunto cada vez mayor de aprendizajes previos.

1.3. Procesos de lectura y escritura

El lenguaje escrito, tanto en su vertiente receptiva o de comprensión (lectura) como en su vertiente expresiva o de producción (escritura), tiene lugar a través de una gran complejidad de procesos mentales. Referiremos, en primer lugar, los procesos implicados en la lectura y, a continuación, los procesos implicados en la escritura.

1.3.1. Procesos de la lectura

La lectura consiste en la comprensión de información contenida en una clase de símbolos que constituyen expresiones en el intercambio comunicativo que ocurre a través del lenguaje. Esta comprensión supone un procesamiento de la información que implica la articulación de procesos orientados a la construcción de una representación integrada del contenido del texto y a la construcción de un modelo mental de referencia con el que poder contrastar la información contenida en dicha representación.

Los procesos que intervienen en la construcción de la representación mental integrada del texto tienen que ver con el procesamiento de los símbolos gráficos para su reconocimiento como palabras; con el procesamiento léxico, que permite interpretar una palabra en un contexto sintáctico y semántico según su estructura morfológica e interpretación semántica; con el procesamiento sintáctico, que facilita la organización de las palabras en frases y oraciones; con el procesamiento semántico, ligado a la interpretación de las oraciones y a la generación de proposiciones que especifican su contenido; y con el procesamiento textual, relacionado con la integración de las proposiciones en una representación coherente según su tópico o temática.

El procesamiento implicado en la construcción de un modelo mental de referencia, por su parte, incluye los procesos relativos al análisis de la referencia y a la construcción de un modelo integrado de la situación.

El procesamiento de información en el cerebro, que supone la lectura, tiene lugar en paralelo, aunque los diversos procesos que intervienen en el mismo puedan activarse de una manera discreta y asíncrona y, por tanto, ordenarse en el tiempo en cierto modo (Miller, 1995). Esto, en absoluto, significa que se produzca un ordenamiento secuencial definido ni que los diferentes procesos funcionen como módulos independientes. Muy al contrario, los procesos, por una parte, suelen superponerse temporalmente en mayor o menor grado y, por otra, se producen continuas realimentaciones entre unos y otros; así, a menudo, sucede que el procesamiento sintáctico realimenta al procesamiento léxico o éste al procesamiento perceptivo o que el procesamiento semántico realimenta al procesamiento sintáctico, etc., en el marco de un intercambio fluido en el que el procesamiento abajo-arriba de los datos se entremezcla con el que se produce en el sentido arriba-abajo.

Veamos algo más detenidamente estos procesos, dado que la comprensión detallada de cómo ocurre el funcionamiento lector de las personas es muy importante para fundamentar las actuaciones educativas convenientes a ayudar, con eficacia, al aprendizaje de la lectura:

Procesamiento de los símbolos gráficos

El procesamiento de los símbolos gráficos para su reconocimiento como palabras incluye el procesamiento perceptivo del patrón visual y la identificación perceptiva de este patrón como una palabra del léxico.

En relación al *procesamiento perceptivo*, sólo dos puntualizaciones. Por una parte, la información no es procesada durante la lectura de una forma totalmente homogénea y lineal sino que, en función de la competencia del lector, se producen una serie de avances y retrocesos, mediante los denominados movimientos sacádicos oculares, que fijan la atención, sucesivamente, en distintos segmentos informativos de la palabra (o frase) con el fin de captar de una manera global la totalidad de aquélla.

Por otra parte, las confusiones que, normalmente, se dan entre los aprendices de la lectura con aquellas letras que se distinguen entre sí por su orientación (izquierda-derecha, por lo general) no representan indicio de alteración lectora posterior alguna y, salvo cuando se presentan ligados a trastornos lectores graves de otro tipo, la desaparición de estos errores, al igual que los de secuenciación de letras, suele acontecer conforme el lector avanza en edad y entrenamiento. Sólo tendría una significación diagnóstica la persistencia de dificultades de deletreo en individuos con un suficiente entrenamiento lector y competencia en el reconocimiento de palabras (Bruck y Waters, 1988).

El *reconocimiento léxico* de las palabras, por su parte, se produce a partir de la identificación de la estructura grafémica de las mismas. Cada palabra está representa-

da en el lenguaje escrito por una serie de letras en un orden determinado. Conforme una serie de rasgos gráficos activan una letra determinada se activan determinadas conexiones de acceso al léxico, según la letra de que se trata y su posición serial en la palabra. Las distintas pautas de activación correspondientes a las distintas letras o conjuntos de ellas (sílabas) que conforman la palabra se integran, activándose la palabra que satisface las distintas restricciones.

El reconocimiento o acceso léxico a las palabras parece exigir que la activación de las diferentes letras que la componen acontezca de forma paralela –aparte de que se procesen en paralelo los distintos rasgos en la identificación de letras– en lugar de secuencial. Esto viene apoyado por el *efecto de superioridad de la palabra*, según el cual, las letras se procesan de forma más rápida y eficaz cuando se presentan en el contexto de una palabra que cuando se presentan de forma aislada, debido a que la palabra facilita el reconocimiento de sus letras constituyentes mediante la realimentación de la activación del nivel de percepto de palabra al nivel de letra (McClelland y Rumelhart, 1981). Así, también, cuando los niños están aprendiendo a leer, la activación de las distintas letras o conjuntos de ellas (sílabas) que conforman la palabra se realiza de forma secuencial, pero sucede que acabada de leer toda la secuencia gráfemica de la palabra el chico no sabe qué palabra ha leído; no se ha producido el acceso léxico a la palabra. Para que ello suceda debe releerla de nuevo las veces necesarias hasta que, en un momento determinado, consigue activar en paralelo la secuencia completa.

Procesamiento léxico

Mediante los procesos que se acaban de exponer se logra que una secuencia de caracteres gráficos sea reconocida como una palabra del léxico. Pero una misma palabra puede tener muy distintos significados en función del contexto (oración, frase, discurso) en que es utilizada. El procesamiento léxico hace referencia al acceso al significado concreto que una palabra tiene en un contexto determinado. En esta interpretación, que está en función de las relaciones que esa palabra mantiene con otras palabras en dicho contexto, intervienen dos tipos de procesos: *Procesos de descomposición léxica fonológica-ortográfica* y *procesos de descomposición interpretativa*.

El primer tipo de procesos incluye el análisis estructural de la palabra en sus monemas léxicos y funcionales. La mayoría de las palabras están constituidas por un lexema al que se pueden añadir, de forma opcional u obligatoria, distintos morfemas. Estos morfemas pueden ser de tres clases: Funcionales, inflexionales y derivacionales. Los morfemas funcionales e inflexionales proporcionan información sintáctica acerca del papel de las palabras en la oración y las clases a que pertenecen (nombres, verbos, adjetivos, etc.). Los morfemas derivacionales, representados por los afijos (prefijos, infijos y sufijos), proporcionan información acerca del tipo o clase de palabra, permitiendo la obtención de nuevas palabras a partir de un lexema raíz. Otras palabras, las palabras compuestas, incluyen distintos monemas léxicos (lexemas) y morfemas.

Los *procesos de descomposición interpretativa*, por su parte, se refieren a la interpretación de los distintos componentes (lexemas y morfemas) de la palabra en el contexto en el que ésta se integra, lo que permitirá la *desambiguación léxica* de la palabra o su *inferencia léxica*. La *desambiguación léxica* supone la adjudicación de un significado concreto entre todos aquellos posibles. Esto parece que tiene lugar mediante la restricción de la activación de las interpretaciones alternativas a la que es contextualmente apropiada (Just y Carpenter, 1987). La *inferencia léxica* hace mención a la adjudicación de un significado a una palabra desconocida a partir de las relaciones de esta palabra con las demás, derivadas del análisis de la estructura sintáctica, semántica y textual del texto en que se incluye.

Procesamiento sintáctico

El procesamiento sintáctico tiene que ver con la construcción de descripciones sintácticas interpretables a partir de la segmentación de una expresión lingüística en sus constituyentes gramaticales. Esta segmentación se realiza mediante el análisis de una serie de indicios aportados por las distintas palabras incluidas en dicha expresión (West y Stanovich, 1986). Estos indicios pueden ser de cuatro tipos: Léxicos, léxicos suprasegmentales, sintácticos y semánticos.

Los *indicios léxicos* hacen referencia al conjunto de lexemas y morfemas (estructura morfológica) que conforman la palabra. De acuerdo con esta composición, las palabras pueden clasificarse en palabras de contenido (nombres, verbos, adjetivos y adverbios) y en palabras de función (conjunciones, preposiciones, cuantificadores y determinantes). La interpretación léxica de cada palabra como nombre o verbo o conjunción, etc. se traduce en cierto tipo de restricciones para una descripción sintáctica determinada.

Los *indicios léxicos suprasegmentales* correspondientes a los rasgos prosódicos del lenguaje oral (la acentuación de las palabras y la entonación), que en el texto escrito vienen expresados mediante los signos de puntuación, proporcionan, también, información sobre la forma en que debe segmentarse una oración en sus distintos constituyentes.

Los *indicios sintácticos*, por su lado, se refieren al orden de las palabras en la oración que, por lo general, revelan el papel sintáctico que juegan las diferentes palabras.

Finalmente, los *indicios semánticos* tienen que ver con la interpretación semántica de las palabras y del contexto en que aparecen en una oración o en un texto.

La información proporcionada por los distintos indicios define las condiciones en que se activan las reglas de producción de oraciones, que permiten identificar sus constituyentes sintácticos. En el procesamiento de todos estos datos juega un papel central la memoria –en tanto que capacidad para hacer presentes los aprendizajes previos–, que interviene en el uso de estrategias de segmentación que asignan una descripción sintáctica a las oraciones, en la actualización de los indicios necesarios

para la segmentación de la oración y para su comprensión, y en el decaimiento de esta información a medida que se procesa más información. La importancia de la memoria es tal que la capacidad de actualización de información (aprendizajes previos) es un índice significativo del rendimiento en la lectura y de sus trastornos (Baddeley et al., 1985; Sipe y Engle, 1986). Igualmente, la capacidad de actualización de información constituye un criterio para la iniciación del entrenamiento en la lectura (cuándo comenzar con la enseñanza de la lectura) (Warren-Leubecker, 1987).

Procesamiento semántico

El procesamiento semántico está ligado a la interpretación semántica o extracción del significado de una oración. Este significado depende de su contenido proposicional, el cual, a su vez, es función del contenido conceptual de las expresiones que lo conforman. A partir de aquí, las teorías semánticas interpretativas consideran que todo el significado de la oración está en su contenido proposicional; es decir, sólo depende de la forma gramatical de la combinación de sus componentes. Por el contrario, las teorías semánticas constructivas proponen que el significado de una oración trasciende el significado literal de su contenido proposicional y depende, también, de las inferencias que el sistema cognitivo genera acerca de las relaciones de ese contenido con los conocimientos previos y con los derivados del análisis y evaluación del contexto de referencia en el que se inserta la oración (Johnson-Laird, 1983).

El establecimiento del contenido proposicional, que es función del contenido conceptual de las expresiones que lo conforman, requiere del análisis de estas últimas, lo que implica la identificación de los argumentos de la expresión –esto es, de los participantes, actores u objetos implicados en la expresión– que, por lo general, se presentan en términos o conjuntos nominales; del predicado de la expresión –esto es, de los estados y/o acciones descritas o que se desarrollan– que, habitualmente, se presentan en términos o conjuntos verbales; y de las circunstancias en que se describen o desarrollan dichos estados y/o acciones que, a menudo, se especifican en términos o conjuntos proposicionales.

Este análisis suele ser complejo porque, por lo general, las relaciones entre las distintas categorías suelen expresar lazos de muy diversa consideración. Así, por ejemplo, un estado puede ser caracterizado en términos nominales o un conjunto verbal determinar las circunstancias de una acción o una expresión compleja puede constituir el argumento de algún predicado en una expresión de nivel superior. Tras estos análisis, el contenido proposicional resultante queda definido en términos de una representación mental determinada.

Procesamiento textual

El procesamiento textual se refiere a la integración de las proposiciones relativas a las diferentes oraciones, que un texto contiene, en un todo sintáctica y semántica-

mente coherente. Un texto es coherente si sólo es posible construir un único modelo mental de él. Además, un texto debe ser plausible, es decir, posible de interpretar en un marco intencional, causal, temporal y espacial apropiado.

El modo como han de integrarse las diferentes proposiciones contenidas en un texto y el modo como han de inferirse las que se encuentran implícitas para la construcción de un modelo integrado y unitario viene sugerido por una serie de indicios aportados por el propio texto. Estos indicios pueden ser de distinto tipo: Léxicos, sintácticos, semánticos y textuales. Los *indicios léxicos* vienen expresados por las conectivas que relacionan entre sí las distintas oraciones del texto. Los *indicios sintácticos* se manifiestan cuando la estructura en que se ordenan las distintas oraciones expresa relaciones de contenido entre ellas. Los *indicios semánticos* tienen que ver con la repetición o enlace de los argumentos y predicados de las proposiciones. Los *textuales*, con el tipo de texto, la introducción del tópico en el título y en los encabezamientos y la segmentación del texto en unidades argumentales estructuradas en párrafos.

Estos últimos tienen una gran importancia para que el lector fije su atención en aquella información que puede proporcionarle una descripción del tema a partir de la cual sea posible interpretar las expresiones aisladas que se suceden. El conocimiento de la estructura del texto y la integración de sus proposiciones en un tópico permite, no sólo organizar la información durante la lectura, sino construir, también, un esquema que facilita la recuperación de la información mediante la restricción del proceso de búsqueda en la memoria (Ackerman, 1988). Ahora bien, este tópico o esquema no sólo surge del texto sino de su interacción con los conocimientos previos del lector. Como indica Kintsch (1988), un texto no resulta inteligible sino en el marco del conocimiento previo compartido por el autor del texto y el lector.

Además de la determinación del tópico, la comprensión del texto requiere la identificación de unidades argumentales, que son unidades de contenido definidas por la relación que guardan determinadas proposiciones entre sí. Por lo general, estas unidades argumentales quedan reflejadas en los distintos párrafos en que se suele estructurar un texto (Stark, 1998).

Procesamiento referencial

El procesamiento referencial incluye todos aquellos procesos relacionados con la construcción de un modelo mental de referencia con el que contrastar la información relativa a la representación integral del contenido del texto. Este modelo mental es un modelo del mundo surgido a partir de las referencias a entidades del mundo hechas por las expresiones del texto –bien de una forma directa, bien de una forma indirecta o anafórica a través de las relaciones que guardan con las expresiones de referencia directa-, del contexto en el que se inscribe el texto y de las relaciones que se establecen entre la representación del texto y la representación mental del contexto, y de los conocimientos previos del lector. Este modelo mental, que se va construyendo

conforme se va procesando la información que contiene el texto (Glenberg, Meyer y Linden, 1987), desempeña un papel fundamental en la comprensión. De hecho, los problemas de comprensión lectora se asocian, por lo general, a su inexistencia o a la dificultad para su elaboración debido a un desarrollo insuficiente de la capacidad de memoria activa. Por ejemplo, la presencia de inconsistencias en un texto se debe, en mayor medida, a la incapacidad para elaborar un modelo mental de referencia que a la incapacidad para comparar información inconsistente (Vosnadiou, Pearson y Roger, 1988).

1.3.2. Procesos de la escritura

La escritura consiste en la producción de información mediante una clase de símbolos que constituyen expresiones en el intercambio comunicativo que ocurre a través del lenguaje. Esta producción supone un procesamiento de la información que implica la articulación de procesos orientados a la elaboración del mensaje, en el contexto de un modelo mental de referencia, y a su traducción gráfica.

Este procesamiento en el cerebro, al igual que en la lectura, tiene lugar en paralelo, aunque los diversos procesos que intervienen en el mismo puedan activarse de manera discreta y asíncrona y, por tanto, ordenarse en el tiempo en cierto modo, en el sentido aludido a propósito de los procesos intervinientes en la lectura. Como allí se dijo, tampoco en la escritura esto significa que se produzca un ordenamiento secuencial definido ni que los diferentes procesos funcionen como módulos independientes. Muy al contrario, los procesos, por una parte, suelen superponerse temporalmente en mayor o menor grado y, por otra, se producen continuas realimentaciones entre unos y otros en el marco de un intercambio fluido en el que el procesamiento arriba-abajo de los datos se entremezcla con el que se produce en el sentido abajo-arriba.

El procesamiento escritor ocurre en el transcurso de varios procesos relativos a la generación del mensaje a transmitir y a su procesamiento semántico, sintáctico, léxico, gráfico y motor.

El *procesamiento del mensaje* se refiere a la elaboración de la información que se pretende transmitir. Esta elaboración depende de qué es lo que se quiere transmitir o comunicar, a quién va dirigido el mensaje y para qué.

El contenido del mensaje puede estar referido a la facilitación o a la petición de ciertos conocimientos relativos al entorno o a uno mismo, a la comunicación de sentimientos y de estados emocionales, de deseos, mandatos, etc. El contenido concreto depende del destinatario del mensaje. Así mismo, el contenido concreto del mensaje y el destinatario de éste están en función de la intencionalidad comunicativa del escritor, que está ligada a sus actividades de interacción con el medio. Son, precisamente, las necesidades adaptativas relacionadas con esta interacción, que proporciona un particular modelo mental de referencia, las que determinan lo que se va a comunicar y a quién.

El *procesamiento semántico* se refiere a la estructuración de la información a transmitir en proposiciones expresables mediante oraciones. El *procesamiento léxico* tiene que ver con la asociación de los contenidos proposicionales a palabras del léxico y el *procesamiento sintáctico* con la articulación de estos contenidos en estructuras oracionales gramaticalmente aceptables. Estos procesamientos, evidentemente, están en función de los conocimientos semánticos (capacidad para estructurar la información en proposiciones), léxicos (vocabulario) y gramaticales del escritor.

El *procesamiento gráfico* está relacionado con la asociación de las oraciones a símbolos gráficos, que incluye los símbolos correspondientes a cada palabra –y de las variantes de estos en función del lugar o significado de la palabra en la oración (mayúsculas o minúsculas), del tipo y tamaño de letra, etc.– y los correspondientes a los signos ortográficos –de admiración, interrogación, entrecomillado, pausación, separación, etc.–.

[Algunos autores suponen el procesamiento gráfico incluido en el procesamiento léxico; sin embargo, este último está referido al acceso léxico a las palabras como unidades de significado. La asociación de estas palabras con unos símbolos gráficos requiere de otro tipo de procesos responsables, además, de la selección de unos símbolos concretos de entre una gran variedad de símbolos equivalentes y de los signos ortográficos que especifican el significado de las proposiciones contenidas en las oraciones que se escriben. Así, por ejemplo, un individuo puede tener acceso léxico a una palabra y conocer su significado y, en cambio, desconocer su equivalencia gráfica –caso de los individuos no alfabetizados o insuficientemente alfabetizados que desconocen la expresión ortográfica exacta de esa palabra–].

El *procesamiento motor*, finalmente, es el responsable de traducir los símbolos gráficos resultantes del procesamiento anterior a los movimientos pertinentes a su reproducción sobre un soporte determinado. Estos movimientos pueden ser bien diferentes dependiendo de los instrumentos y soportes de grabación. Los movimientos a realizar para escribir manualmente con un lápiz sobre un papel son distintos de los movimientos para escribir mediante un teclado de ordenador o mediante un buril en una corteza de un árbol o mediante un aerógrafo sobre un muro, por ejemplo.

Estos son, a grandes rasgos, los procesos intervinientes en la escritura como dimensión productiva del lenguaje escrito. Otros usos de la escritura, como son el dictado o la copia, no constituyen producción del lenguaje y, por tanto, los procesos implicados en los mismos difieren de los que aquí acabamos de exponer.

El *dictado*, que consiste en la transcripción literal de un mensaje oral a su equivalencia gráfica, sólo requiere del procesamiento de los estímulos verbales para su reconocimiento como palabras y, a partir de ahí, el procesamiento gráfico y motor asociado a su transcripción escrita. [Puede darse, también, de una forma directa, el paso del procesamiento perceptivo al procesamiento gráfico de asociación de sonidos con símbolos escritos sin necesidad de un procesamiento léxico intermedio, como, a menudo, ocurre en quienes se inician en el aprendizaje lectoescritor].

La *copia*, consistente en la reproducción de un texto escrito, sólo requiere del procesamiento de los estímulos visuales para su reconocimiento como palabras y, a partir de ahí, el procesamiento gráfico y motor asociado a su reproducción. [Al igual que en el dictado, puede darse, también, de una forma directa, el paso desde el procesamiento perceptivo al procesamiento gráfico sin necesidad de un procesamiento léxico intermedio e, incluso, en el caso de la copia, una asociación directa entre procesamiento perceptivo y procesamiento motor, como, a menudo, sucede entre quienes se inician en el aprendizaje lectoescritor, que en este último supuesto lo que realizan es un dibujo de las letras que conforman las palabras].

Sin embargo, el tomar notas en el transcurso de una conferencia, por ejemplo, o el realizar un resumen escrito de un texto sí que constituyen, en cambio, actos de producción de lenguaje escrito en los que el contenido del mensaje se elabora, fundamentalmente, a partir de la información procedente del emisor (el conferenciante o el autor del escrito).

1.4. Estructuras y procedimientos subyacentes al aprendizaje de la lectura

La ejecución de la totalidad de los procesos de la lectura y de la escritura, que se acaban de describir, involucran muy diversas áreas cerebrales y, de hecho, cualquier aprendizaje incluido en el sistema de aprendizajes del individuo puede intervenir en algún punto de estos procesos. Sin embargo, las estructuras que soportan en mayor medida el lenguaje oral están, también, especialmente comprometidas con el lenguaje escrito. Este es el caso de las áreas de Broca y de Wernicke.

[El *área de Broca* es una región cerebral localizada en el lóbulo frontal del hemisferio izquierdo, próxima a la cisura de Rolando, que separa el lóbulo frontal del lóbulo parietal, y próxima, también, a la cisura de Silvio, que separa el lóbulo temporal, que queda por debajo de la misma, de los lóbulos frontal y parietal, que se sitúan por encima. Este área está involucrada en la producción del lenguaje. El *área de Wernicke* es una región cerebral situada en la parte posterior del lóbulo temporal izquierdo, próxima a la cisura de Silvio, y próxima, también, al lóbulo occipital. Esta región está involucrada en la comprensión del lenguaje y en la producción del habla significativa].

A día de hoy, la teoría de la *ruta dual* (Jobard et al., 2003) constituye el marco más comprensivo y mejor avalado con los datos disponibles para ofrecer una descripción cerebral de la lectura, al menos al nivel de la palabra. Los estímulos visuales de las palabras escritas se transmiten por los nervios ópticos desde los ojos hasta el córtex visual primario, situado en el lóbulo occipital, donde son procesados. Desde ahí, y tras seguir por áreas visuales secundarias, la información es enviada a una zona situada en la confluencia de los lóbulos occipital y temporal del hemisferio izquierdo, donde tiene lugar un procesamiento pre-léxico.

A partir de este punto, la teoría de la ruta dual establece que el procesamiento posterior de la información sigue dos vías complementarias:

Una de estas vías dirige la información hacia ciertas áreas de los lóbulos temporal y frontal izquierdo, incluida el área de Broca, en las que se produce una conversión grafo-fonológica; esto es, una conversión de las letras y palabras escritas en sonidos.

La otra vía dirige la información hacia el *área visual de la forma de la palabra*, una zona situada en la confluencia de los lóbulos temporal y occipital izquierdos en su parte ventral o inferior, donde tiene lugar el reconocimiento de la palabra como un todo y el acceso directo a su significado (procesamiento semántico).

Posteriormente, ambas vías dirigen la información hacia la parte inferior o basal del lóbulo temporal izquierdo; desde ahí, hacia la circunvolución inferior del lóbulo temporal izquierdo y, finalmente, hacia el área de Wernicke que, como anteriormente se dijo, está involucrada en la comprensión del lenguaje y en la producción del habla significativa y donde tiene lugar, también, el pleno acceso a la semántica de la palabra escrita (estímulos visuales de los signos gráficos).

Finalmente, la información pasa a través de un haz grueso de fibras desde el área de Wernicke al área de Broca, que es el centro motor (centro de producción) del lenguaje y, desde ahí, se dirige hacia las áreas motoras secundarias, en el lóbulo frontal, para, por último, alcanzar el área motora primaria, que se sitúa en el lóbulo frontal en la circunvolución que se extiende a lo largo de la cisura central o de Rolando, y desde la que se dirigen los órganos efectores del habla (diafragma, musculatura de la laringe, lengua, labios). Esta última fase, evidentemente, tiene lugar cuando la lectura se hace oral (en voz alta). Sin embargo, aunque se lea en silencio, también llega a activarse el área de Broca, con lo que el cerebro está listo para, si se precisa, pronunciar las palabras de manera inmediata. Los procesos cerebrales que tienen lugar en la lectura son, en consecuencia, básicamente los mismos independientemente de que se lea en silencio o en voz alta.

Todo este proceso, desde la estimulación de la retina por los estímulos visuales de los signos gráficos hasta la comprensión (recuperación semántica de la palabra), que es el propósito de la lectura, ocurre en un tiempo alrededor de los 600 milisegundos.

La ruta dual permite al cerebro hacer dos cosas al mismo tiempo: Convertir, secuencialmente, las letras en sonidos (procesamiento fonológico) y, a la vez, identificar la palabra entera como un todo con significado (procesamiento semántico). El uso preferente de una u otra vía está influenciado por la complejidad ortográfica de cada idioma concreto (Goswami y Ziegler, 2005). En idiomas como el español, en los que existe una correspondencia muy directa entre grafemas y fonemas, entre los símbolos escritos y su pronunciación, es preeminente el procesamiento fonológico. Por el contrario, en idiomas como el inglés, en los que la ortografía es compleja y no existe una correspondencia directa entre grafemas y fonemas, entre los símbolos escritos y su pronunciación, sino que esta asociación depende del contexto de la palabra, es preeminente la vía de identificación de la palabra completa.

El cerebro, por consiguiente, elabora distintas estrategias lectoras en función de la ortografía de cada lengua, y la experiencia con un particular tipo de características idiomáticas determina que ciertas estructuras y conexiones alcancen un mayor desarrollo en relación a otras. Así, por ejemplo, la experiencia lectora de los hablantes de español produce un mayor desarrollo de las zonas responsables de la transcripción letras-sonidos (determinadas áreas de los lóbulos temporal y frontal izquierdos), en tanto que la experiencia lectora de los hablantes del idioma inglés provoca un mayor desarrollo de las zonas responsables del reconocimiento de palabras enteras (área visual de la forma de la palabra), o la experiencia lectora de los hablantes del idioma chino, que tiene una escritura no alfabética, favorece un mayor crecimiento de áreas asociadas con el procesamiento de la información visual y la coordinación de recursos cognitivos (circunvoluciones parietal posterior y frontal media izquierdas) (Tan et al., 2003).

La teoría de la ruta dual, que es, fundamentalmente, aplicable a idiomas con sistemas de escritura alfabética como el español y el inglés, posibilita la superación de la vieja polémica entre procedimientos sintéticos –basados en la asociación entre letras y sonidos para desde ahí llegar al reconocimiento de la palabra entera y al acceso a su significado (procesos de abajo-arriba; esto es, procesos dirigidos a partir de la información entrante)– y procedimientos analíticos –basados en el reconocimiento inicial de la palabra entera y su acceso semántico para desde ahí llegar a su ortografía (procesos de arriba-abajo; esto es, procesos dirigidos a partir de los aprendizajes previos)– de enseñanza de la lectura.

En efecto, la ocurrencia en el cerebro de ambos tipos de procesos (procesos abajo-arriba y procesos arriba-abajo) durante la lectura sugiere que la mejor opción es la combinación de métodos de enseñanza analíticos y sintéticos, cuyo balance óptimo estará situado en algún punto del continuo extendido entre los polos analítico y sintético puros en función de la complejidad ortográfica del idioma en cuestión. Así, por ejemplo, en el caso del idioma español ese punto estará situado más hacia el polo sintético y, en el caso del idioma inglés, más hacia el polo analítico.

[Es, también, interesante señalar que, conforme aumenta la pericia lectora de los sujetos, se va produciendo un mayor equilibrio entre procesamiento fonológico y procesamiento semántico, independientemente del idioma. Así, los lectores españoles, cuanto más experimentados, más capaces son de captar de forma instantánea las palabras enteras y acceder rápidamente a su significado y, por su parte, los lectores ingleses, cuanto más experimentados, más capaces son de captar las letras componentes de la palabra y acceder rápidamente a su ortografía].

Finalmente, la estructura ortográfica de un idioma no sólo determina las estrategias lectoras que pueden ser más efectivas sino, también, el momento adecuado para iniciarse en el aprendizaje de la lectura y el tiempo requerido para adquirir un determinado nivel de dominio lector. En términos generales, a mayor complejidad ortográfica de un idioma, mayor es el retraso que se produce en la adquisición de la lectura.

Sin embargo, independientemente de la dificultad ortográfica de cualquier idioma, el éxito en el aprendizaje de la lectura se ha comprobado relacionado con el desarrollo de habilidades prelectoras, que se produce en el cerebro a partir de las experiencias tempranas con el lenguaje oral (Fisher et al., 2007). En esta línea, son esenciales la riqueza del lenguaje hablado en el contexto del hogar y las experiencias en actividades de procesamiento fonológico. En relación con estas últimas, la incidencia que tienen en el posterior aprendizaje de la lectura es tal que, cuando en educación infantil, ciertos alumnos han recibido entrenamiento específico en tareas de codificación/decodificación, éstos han exhibido, al finalizar el primer y el segundo cursos de educación primaria, un rendimiento en lectura y deletreo significativamente superior al resto de compañeros que no recibieron el entrenamiento (Feldon, 1993). El entrenamiento en nominación rápida de números y en coordinación bimanual en educación infantil también está asociado con un mayor rendimiento lector posterior (Badian et al., 1990).

1.5. Dificultad de aprendizaje de la lectura

La *dificultad de aprendizaje de la lectura*, también denominada *trastorno de la lectura* o *dislexia* evolutiva, se caracteriza por un déficit notable en el desarrollo de las habilidades para reconocer las palabras y comprender el texto que se lee, no explicable por un retraso mental o por una escolaridad insuficiente y que tampoco se debe a un defecto visual o auditivo. Los sujetos que lo padecen presentan una lectura oral lenta y con numerosas omisiones, distorsiones y sustituciones de palabras y con frecuentes claudicaciones o bloqueos, y una pobre comprensión lectora. Frecuentemente se asocia a dificultades de aprendizaje de la escritura y del cálculo.

Los criterios para su diagnóstico, según la *American Psychiatric Association* (1994), son los siguientes:

- A. El rendimiento en lectura, medido mediante pruebas de precisión y comprensión normalizadas y administradas individualmente, se sitúa sustancialmente por debajo de lo esperado dada la edad cronológica del sujeto, su cociente de inteligencia y la escolaridad propia de su edad.
- B. La alteración del Criterio A interfiere significativamente el rendimiento académico o las actividades de la vida cotidiana que exigen habilidades para la lectura.
- C. Si hay un déficit sensorial, las dificultades para la lectura exceden de las habitualmente asociadas a él.

La dislexia es el subtipo más común de dificultad de aprendizaje y afecta, aproximadamente, al 5 por ciento de la población. Tiene un origen neurológico y está causada por un funcionamiento atípico de las áreas del hemisferio izquierdo relacionadas con el procesamiento de los elementos sonoros del lenguaje, concretamente, las regiones parieto-temporal posterior y occipito-temporal posterior izquierdas (Shaywitz y Shaywitz, 2005). Las dificultades, sin embargo, parecen estar asociadas, más que

con daños o anomalías específicas de estas regiones, con un insuficiente cableado o conexión de estas estructuras entre sí y con el resto de centros del lenguaje del hemisferio cerebral izquierdo. De hecho, se ha encontrado que en los cerebros de los disléxicos los haces de fibras que conectan las áreas responsables del procesamiento de los sonidos del lenguaje son más delgados y están insuficientemente mielinizados. [Recordemos la importancia de la mielinización para la velocidad y eficacia en la transmisión de información].

Estas deficientes conexiones impiden que las señales acústicas se procesen con la rapidez con la que se producen y que, en consecuencia, los sonidos sean registrados de manera imprecisa y que existan problemas en la recuperación y la manipulación de los fonemas, con la consiguiente dificultad de comprensión del lenguaje hablado. Otros efectos sobre el lenguaje oral son la confusión de palabras con sonidos parecidos, las dificultades con la pronunciación, y los problemas para captar la entonación y el ritmo del habla. Las consecuencias para con el aprendizaje de la lectura tienen que ver con las dificultades para asociar sonidos fonéticos con símbolos ortográficos y con la dificultad, antes citada, para comprender bien el lenguaje oral, dado que si no se comprende bien el lenguaje difícilmente se podrá aprender bien a leer.

La comprensión de las bases neurobiológicas de la dislexia está posibilitando su tratamiento educativo con mayor eficacia. Así, se está comprobando que cuando se alarga artificialmente la duración de los fonemas componentes de las palabras, los niños disléxicos tienen el suficiente tiempo para procesar los sonidos. La mejora en el procesamiento fonológico se traduce en una mejor comprensión del lenguaje que, a su vez, tiene consecuencias positivas sobre el aprendizaje de la lectura al facilitar la conversión de los símbolos gráficos en sonidos (Merzenich, 2000; Tallal et al., 1996).

Las intervenciones dirigidas al desarrollo de habilidades fonológicas se están demostrando, en general, efectivas para ayudar a los niños con dislexia a aprender a leer y estas actuaciones, si son lo suficientemente tempranas y constantes, pueden estimular el desarrollo de circuitos neuronales en el hemisferio izquierdo capaces de soportar una lectura con unos adecuados niveles de precisión y fluidez o, alternativamente, circuitos compensatorios en el hemisferio derecho aptos para posibilitar una lectura precisa, aunque lenta (Schaywitz, 2003; Schaywitz et al., 2004).

La eficacia de las intervenciones educativas es mayor cuanto antes se produzcan y esto requiere, lógicamente, de un diagnóstico lo más temprano posible. Ya a la temprana edad de los 2 años es factible, mediante electroencefalograma, detectar si el individuo tiene dificultades con el procesamiento de señales acústicas rápidas y determinar, así, sobre la conveniencia de actuaciones preventivas. Y, como muy tarde, en el segundo ciclo de la educación infantil debería ser obligatorio, mediante tareas que exigen procesamiento fonológico, la detección de posibles candidatos a presentar dislexia. En definitiva, a la luz de los conocimientos actuales parece más correcto entender la dislexia como una vía de desarrollo alternativa que como una insuperable discapacidad para el aprendizaje.

2. APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

2.1. Estructuras y procedimientos subyacentes al aprendizaje de las matemáticas

El cerebro de los seres humanos, de la misma manera que ya al nacer viene equipado con las estructuras y procedimientos básicos para el lenguaje, que posteriormente constituirán la base para el aprendizaje de la lectoescritura, también viene equipado con las estructuras y procedimientos básicos para la cuantificación; esto es, para la utilización de los números como una herramienta perceptiva dirigida a entender y organizar el mundo en términos cuantitativos (Ferguson et al., 2004), que posteriormente constituirán la base para el aprendizaje de las matemáticas. Este equipamiento básico posibilita que, desde una temprana edad, los niños tengan el concepto de número –mucho antes de lo que creía Piaget–, que sean capaces de discriminar entre cantidades pequeñas y , de forma aproximada, entre cantidades mayores e , incluso, que puedan realizar operaciones matemáticas elementales, como sumar y restar con números pequeños (McCrink y Wynn, 2004).

El lóbulo parietal está especialmente implicado en el funcionamiento cuantitativo de las personas en su relación con el mundo y esta importancia se mantiene a lo largo del ciclo vital, especialmente en lo que respecta al procesamiento no simbólico de los números, que incluye la discriminación aproximativa entre cantidades y la realización de cálculos aproximados (Cantlon et al., 2006). Además, el lóbulo parietal está involucrado en la representación del espacio y se da una estrecha interconexión entre procesamiento numérico y procesamiento espacial, de modo que los números, la cuantificación, están en gran medida representados (y tratados) en términos espaciales y, a su vez, el espacio, las relaciones espaciales entre las cosas, está en gran medida representado (y tratado) en términos numéricos o de cantidad (Dehaene, 1997). Las consecuencias de esta asociación sobre la práctica educativa son evidentes: Los métodos de enseñanza de las matemáticas serán más efectivos si ligan número y espacio. Actividades, por ejemplo, que implican la manipulación espacial de objetos favorecen la representación de conceptos matemáticos intuitivos sobre cuya base poder construir, posteriormente, conceptos cada vez más abstractos.

El lóbulo parietal es preeminente, en definitiva, en la representación espacial (no verbal) de los números, en la realización de cálculos aproximados, en la comprensión intuitiva de las magnitudes y en la representación intuitiva de relaciones entre estas magnitudes. Todas estas funciones son esenciales en el razonamiento matemático. [No en vano, la autopsia del cerebro de Albert Einstein encontró un número de células gliales muy superior al promedio en el lóbulo parietal, indicativo de la gran actividad de esta zona. Una gran actividad neuronal requiere de un mayor aporte energético y, por lo tanto, de una mayor población glial para atenderlo. Además, la glía interviene en la formación de sinapsis y parece que desempeña, por consiguiente, un papel crítico en el aprendizaje (Fields, 2006)].

Aparte del procesamiento matemático característico del lóbulo parietal se produce, también, un tratamiento preciso y lingüístico de los números, que posibilita la realización de cálculos exactos, en el que están implicadas, en mayor medida, áreas cerebrales relacionadas con la actividad lingüística, como es el caso del lóbulo frontal inferior izquierdo (Dehaene et al., 1999). La existencia, en el cerebro, de estas dos formas de procesamiento matemático exige que una buena enseñanza de las matemáticas deba tener en cuenta la integración de ambas modalidades, procurando experiencias y oportunidades de desarrollo de estas dos vías complementarias (intuitivo-espacial y lingüístico-exacta) de comprensión y tratamiento numérico.

Además, las diferentes operaciones matemáticas tienen lugar con la participación preferente de diferentes áreas cerebrales. Así, en tanto que las redes neuronales responsables de la sustracción se circunscriben, fundamentalmente, al lóbulo parietal, las redes responsables de la adición y de la multiplicación se extienden, también, por zonas subcorticales que engloban, entre otras estructuras, a los ganglios basales del hemisferio izquierdo, y las redes responsables de operaciones matemáticas de alto nivel interesan a otras áreas como, por ejemplo, el córtex prefrontal (Dehaene, 1997).

Las habilidades matemáticas, por consiguiente, están distribuidas en diferentes partes del cerebro y cualquier operación matemática, por simple que sea, es producto de un patrón de activación entre millones de neuronas extensamente distribuidas por diferentes zonas cerebrales. Incluso la representación de un simple número requiere la participación de diferentes áreas cerebrales, como el córtex occipito-temporal, responsable de su representación visual, el córtex temporal izquierdo (alrededor de la cisura de Silvio), responsable de su representación verbal, y el córtex parietal, responsable de la representación de su magnitud (Dehaene, 1997).

Pero las redes y los patrones de activación responsables del procesamiento matemático pueden variar, también, en función del aprendizaje de nuevos conocimientos matemáticos, del entrenamiento y de los métodos de enseñanza (Delazer et al., 2005; Ischebeck et al., 2006). Así, la práctica con determinado tipo de operaciones va, progresivamente, eliminando la participación de estructuras ejecutivas (como el córtex frontal) y transfiriendo la actividad a otras estructuras que posibilitan un tratamiento más automático, ágil y eficiente. Por otra parte, distintos métodos de enseñanza pueden llevar al desarrollo de redes y patrones de activación neuronales bien distintos, aunque estén tratando con los mismos contenidos de aprendizaje (mismos contenidos matemáticos).

De este modo, se ha encontrado que los métodos de enseñanza centrados en el aprendizaje de estrategias y que, en esta línea, utilizan sistemas de evaluación dirigidos a describir en detalle el proceso seguido por el estudiante en la resolución de los problemas, desarrollan redes y patrones de activación más robustos y efectivos para la codificación de la información matemática (lo que les confiere una mayor seguridad de procesamiento y transferibilidad a otras situaciones problemáticas), que aquellos otros métodos centrados en el aprendizaje de instrucciones y que, en esa línea, utili-

zan sistemas de evaluación dirigidos sólo a la identificación de respuestas correctas o incorrectas (ibidem).

2.2. Dificultad de aprendizaje de las matemáticas

La *dificultad de aprendizaje de las matemáticas*, también denominada *trastorno del cálculo* o *discalculia*, se caracteriza por una capacidad aritmética (medida mediante pruebas normalizadas de cálculo o de razonamiento matemático administradas individualmente) que se sitúa sustancialmente por debajo de la esperada en función de la edad cronológica del sujeto, su nivel de inteligencia y su escolaridad.

Los criterios para su diagnóstico, según la *American Psychiatric Association* (1994), son los siguientes:

- A. La capacidad para el cálculo, evaluada mediante pruebas normalizadas administradas individualmente, se sitúa sustancialmente por debajo de la esperada dados la edad cronológica del sujeto, su cociente de inteligencia y la escolaridad propia de su edad.
- B. El trastorno del Criterio A interfiere significativamente el rendimiento académico y las actividades de la vida cotidiana que requieren capacidad para el cálculo.
- C. Si hay un déficit sensorial las dificultades para el rendimiento en cálculo exceden de las habitualmente asociadas a él.

La discalculia parece estar causada por la falta del sentido innato del número, debido a deficiencias en las estructuras y procedimientos básicos con los que los cerebros infantiles están dotados, normalmente, desde el nacimiento para la cuantificación; esto es, para la utilización de los números como una herramienta perceptiva dirigida a entender y organizar el mundo en términos cuantitativos. En concreto, se ha observado que los individuos con discalculia muestran un número de neuronas inferior a lo normal en el lóbulo parietal y, a menudo, también conexiones deficientes (axones pobremente mielinizados) entre el córtex parietal y los centros responsables del tratamiento preciso y lingüístico de los números (lóbulo frontal inferior izquierdo, principalmente) (Butterworth, 1999; Landerl et al., 2004).

Sin embargo, los individuos con discalculia pueden ser tratados y rehabilitados, dado que la plasticidad cerebral permite que el aprendizaje matemático sea posible mediante la formación de circuitos neuronales alternativos a partir del entrenamiento intensivo, con estrategias de repetición lenta y paciente, específicamente focalizado sobre las áreas deficitarias (Delazer et al., 2004).

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

1. Trate Vd. de identificar los componentes del lenguaje en relación con alguna de las frases pronunciadas por Vd. o por su interlocutor en el transcurso de una conversación reciente.
2. ¿Qué medidas de política y de práctica educativa propondría Vd. en relación con los conocimientos actuales sobre los períodos sensibles en el aprendizaje de la lengua? Arguméntelas en forma de ensayo.
3. Trate Vd. de identificar los procesos mentales que están ocurriendo en su cerebro en el transcurso de la lectura de esta actividad o en el transcurso de la lectura de este Capítulo.
4. Trate Vd. de identificar los procesos mentales que están ocurriendo en su cerebro en el transcurso de la escritura del ensayo propuesto en la segunda de estas actividades.
5. ¿Cree Vd. que un método de enseñanza de la lectura puede ser igual de bueno para cualquier idioma? Razone su respuesta.
6. ¿Cómo identificaría Vd. a un estudiante con dislexia?
7. ¿Cómo identificaría Vd. a un estudiante con discalculia?
8. A la luz de lo expuesto en el Capítulo, sugiera Vd. actividades que podrían favorecer el pensamiento matemático en alumnos de educación infantil.
9. Haga un listado con aquellas cuestiones tratadas en el Capítulo que más le han llamado la atención. Respecto de cada una de ellas responda: ¿Por qué le ha llamado la atención especialmente? ¿Qué conocimientos, creencias o ideas tenía al respecto?
10. Como profesional o futuro profesional de la educación, ¿Qué le ha aportado este Capítulo en orden a la mejora de la educación? Arguméntelo en forma de ensayo.

