

EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION VISUAL COMO FACTOR ETIOLOGICO EN LA DISLEXIA

Francisco J. Martos

Universidad de Granada.

RESUMEN

En el presente estudio se realiza una revisión de la literatura que, en los últimos años, ha relacionado la etiología disléxica con un trastorno perceptivo. El conjunto de las investigaciones han sido agrupadas en cinco áreas: 1) dominancia ocular; 2) movimientos oculares; 3) visión parafoveal; 4) persistencia visual; y 5) velocidad de codificación y de procesamiento de la información visual. El autor concluye que existen datos suficientemente convincentes como para poder relacionar la dislexia con una alteración en estas etapas, si bien, también se constata la existencia de un gran número de inconsistencias entre los resultados de las distintas investigaciones. Por último, se afirma que existen suficientes indicios como para afirmar que las inconsistencias pueden deberse al hecho de que bajo la denominación de dislexia de desarrollo se estén escondiendo un amplio número de diversos síndromes.

Palabras Clave: *Dislexia de desarrollo, trastorno perceptivo, procesamiento de la información visual.*

SUMMARY

In this paper we have discussed the literature which has recently related dyslexic etiology to perceptual disorders. We have divided our research into the following five categories: 1) eye dominance; 2) eye movements; 3) parafoveal vision; 4) visible persistence; and 5) the rate of visual information processing. In conclusion, the author believes that there is sufficient, convincing, data to be able to relate dyslexia to alterations of the above. In addition reference has been made to the inconsistencies

between the different researches. Lastly, there is evidence leading us to affirm that the inconsistencies have been produced because developing dyslexia is used to define a vast number of different syndromes.

Key Words: *Developing dyslexia, perceptual disorders, visual information processing.*

Aunque recientemente han sido publicadas diversas obras como las de Vellutino (1980, 1987); Aaron (1989) o Aaron y Joshi (1989) en las que fundamentalmente se defiende la tesis de que la dislexia es un trastorno predominantemente ligado a alteraciones del lenguaje. Quizás sea conveniente recordar que las primeras descripciones del síndrome disléxico fueron realizadas en 1887 por un oftalmólogo escocés apellidado Hinshelwood, quien distinguió la ceguera verbal completa o alexia de la ceguera verbal parcial o dislexia. Tal definición fue posteriormente revisada por Orton en 1925, quien realizó una descripción clínica del síndrome distinguiéndolo de las afasias y afirmando que la dislexia no conlleva un trastorno intelectual. Anticipándose, de esta manera, a las definiciones modernas (Crichtley y Crichtley, 1978; Shaywitz y Waxman, 1987). Estos hechos muestran que ya en los inicios se atribuyó una especial importancia a los procesos perceptivo-visuales como factores etiológicos en la dislexia.

Sería imposible aprender a leer si se es incapaz de extraer la información visual del texto, analizar sus características y retenerlas. De otro lado la sintomatología más característica del sujeto disléxico hace referencia a inversión de letras, rotación de sílabas y diversos tipos de confusiones en la identificación del signo escrito. Resulta lógico, por tanto, que existan formulaciones etiológicas que identifiquen la dislexia con un trastorno perceptivo. El propósito de este artículo es revisar un amplio número de investigaciones publicadas en los últimos años y en las que, desde diversas posiciones, se pretende demostrar la existencia de un trastorno perceptivo visual en el origen del síndrome disléxico.

1. DISLEXIA Y DOMINANCIA OCULAR

La existencia de una posible relación entre la dislexia y los problemas en la definición de la dominancia ocular es algo que ha venido siendo estudiado a lo largo de los años, como ha puesto de manifiesto la revisión efectuada por Porac y Coren (1976). Tradicionalmente se ha defendido la hipótesis de que un problema de dominancia cruzada podría ser la base de la alteración (Zangwill, 1962). Sin embargo, investigaciones como las de Grinberg y Stark (1978) no han encontrado tales diferencias en los sujetos disléxicos.

Más recientemente se ha manifestado que el problema de la relación entre dominancia ocular y dislexia no residiría tanto en un problema de dominancia cruzada como en un problema de falta de definición de la dominancia ocular. Tal suposición se basa en la consideración de que en la lectura un ojo actúa como dominante con la función de reconocimiento visual mientras que la imagen proyectada sobre el otro ojo actuaría como mera imagen reforzadora de la anterior. Se supone que para que el lector determine la posición y secuencia espacial de las letras necesita conocer con gran precisión cual es la posición de su ojo, y esta información le vendría dada por las señales del sistema motor ocular.

Según Stein y Fowler (1982; 1984) cuando los ojos convergen para la visión cercana, como ocurre en la lectura, la posición de cada ojo es diferente y, por tanto, cada ojo puede enviar diferentes señales del sistema oculomotor haciendo muy difícil determinar la posición exacta del objeto. Estos autores opinan que para evitar esta confusión, probablemente aprendemos a atender sólo a las señales extraretinales de posición del ojo dominante, y que el éxito en el desarrollo de este hábito es particularmente importante en la lectura. La representación duplicada de la forma visualizada y probablemente la de los movimientos oculares que intentan focalizar la imagen en ambas cortezas visuales, aumentan la posibilidad de que se produzcan confusas asociaciones entre las señales retinales y las oculomotoras. Por ello la dislexia podría estar, algunas veces, asociada a un fracaso en la consistente dominancia de las señales oculomotoras de un sólo ojo.

Brod y Hamilton (1973) realizaron un estudio en el que se aplicaron a los niños un tipo de lentes cuya funcionalidad era aumentar el tamaño de la imagen proyectada en un ojo, mientras que la imagen del otro ojo permanecía inalterada. Se suponía que tal alteración perturbaría la relación entre las imágenes de uno y otro ojo y que por ello tendría un efecto perjudicial sobre el rendimiento lector. Posteriores informes, elaborados sobre las evaluaciones que los profesores realizaron de la lectura de estos niños, confirmaban tal hipótesis.

Porac y Coren (1976) nos informan del caso de un paciente disléxico que regularmente solía cerrar un ojo, normalmente su ojo preferente, cuando se producía un movimiento convergente de sus ojos para iniciar la lectura.

De todos modos, ha sido más recientemente con las investigaciones de Stein y Fowler (1981; 1982; 1984; 1985) cuando se ha estudiado más a fondo este problema. Los mencionados autores han argumentado que muchas de las inconsistencias en los resultados de aquellas investigaciones que han intentado poner a prueba esta variable, provienen del intento de determinar la existencia de dominancia cruzada, cuando realmente el problema radica en la falta de definición de la dominancia ocular. Otra fuente de inconsistencia habría sido la falta de fiabilidad de las medidas que han pretendido detectar la existencia, o no, de esta dominancia. Tales problemas han sido resueltos por estos autores (Stein y Fowler, 1981; 1982) mediante la utilización de una modificación de la prueba de Dunlop.

Este método consiste en hacer mirar al sujeto a través de un sinotóforo (instrumento para diagnosticar el estrabismo), por medio del cual se le presenta al sujeto una fusión de dos diapositivas, proyectadas una a cada ojo. En las proyecciones aparecen dos estímulos a los que se les hace variar su relación en ángulo visual, mientras que el sinotóforo va variando la divergencia ocular, produciendo así una fuerte impresión de movimiento de un estímulo hacia el otro, a pesar de que la relación entre ambos permanece constante. Posteriormente se determina si ha sido de las señales de uno u otro ojo de las que se ha dejado llevar el sujeto para que se produjese la impresión de movimiento. Repitiendo la experiencia un número suficiente de veces se puede constatar si el sujeto tiene una dominancia fija y estable o si, por el contrario, no existe tal definición de dominancia y esta es inestable. Obsérvese que la dominancia cruzada también puede ser estable, ya que ello sólo significa que el ojo dominante no coincide en lateralidad con la mano o pié dominante.

Utilizando esta metodología, estos autores han realizado diversas investigaciones (1981; 1982) en las que se probaba la definición de dominancia ocular en diversas poblaciones de disléxicos, encontrando que de un 63 a un 68 por ciento de la población disléxica manifestaba una dominancia ocular inestable. Una vez detectado este tipo de disléxicos, les era tapado un ojo durante períodos comprendidos entre seis y doce meses y mientras tanto los sujetos mantenían sus clases normales de lectura. Tras este tiempo, se constataba que aquellos disléxicos que habían tenido un ojo tapado habían avanzado 13.5 meses en edad lectora en este período, mientras que los sujetos normales sólo habían avanzado 11.8 meses. Estos resultados contrastaban aún más cuando se comparaban con los del grupo de disléxicos a los que no se les había tapado el ojo, los cuales sólo habían aumentado su edad lectora en 3.94 meses.

En una investigación más reciente (Stein y Fowler, 1985), 101 de 148 niños disléxicos mostraron dominancia inestable en la prueba del sinotóforo. Estos niños solían cometer más errores de tipo visual que errores de tipo fonémico, siendo verdad lo opuesto en el caso de los niños que mostraban una dominancia fija y definida.

A los 148 niños se les mandó que llevaran lentes durante seis meses, pero habían sido divididos aleatoriamente en dos grupos, uno recibía gafas en las que un ojo permanecía tapado y el otro grupo recibía lentes sin ninguna graduación. Tras estos seis meses, un 51% de los sujetos que llevaban gafas con un ojo tapado habían definido una dominancia fija, mientras que sólo lo había hecho un 24% de los que llevaban lentes inocuas. En el grupo de los que habían logrado definir la dominancia ocular se había manifestado una mejora en la habilidad lectora de seis meses en relación al cambio producido en su edad. En aquellos que permanecían con una dominancia inestable la mejora sólo había sido de 0.4 meses.

Los autores acaban concluyendo que la oclusión de un ojo puede ayudar a uno de cada seis niños disléxicos a desarrollar una adecuada dominancia ocular y, por lo tanto, a aprender a leer.

2. DISLEXIA Y MOVIMIENTOS OCULARES

De todas las investigaciones que se han destinado al estudio de los movimientos oculares y su relación con la lectura, quizás las que hayan despertado mayor interés han sido aquellas que relacionan determinadas alteraciones en las pautas de los movimientos oculares con la dislexia. También es verdad que ninguna otra ha generado mayor cantidad de confusión y polémica. Una de las razones que probablemente han provocado esta confusión reside en el hecho de que no existe un criterio comúnmente aceptado para definir la dislexia. Algunos estudios han mezclado dentro de este concepto desde lectores con puntuaciones normales en inteligencia y sin problemas de tipo emocional o físico hasta lectores con uno o más años de retraso escolar y otros problemas diferentes.

Se ha demostrado que los lectores deficientes presentan distancias sacádicas más cortas, pausas de fijación más largas, y mayor cantidad de movimientos regresivos (Haber y Herschenson, 1980). Otros estudios han propuesto que un determinado entrenamiento en el control de los movimientos oculares puede mejorar la lectura de quienes tienen problemas con ella. Esta opinión se basa en la creencia de que los buenos lectores realizan movimientos sacádicos regulares y de aproximadamente igual tamaño, y pausas de fijación regulares en cuanto a su duración.

Dossertor y Papaianov (1975) han comparado latencias sacádicas en sujetos normales y disléxicos, encontrando latencias más largas hacia puntos que aparecían en el campo visual derecho de los sujetos normales, mientras que en los disléxicos las latencias más largas se manifestaban cuando se trataba de estímulos que aparecían en el campo visual izquierdo. Los estímulos eran luces de xenón que se encendían a 48 grados, aproximadamente, a la derecha o a la izquierda del punto de fijación del sujeto. Estos autores no describen las características de sus disléxicos ni ofrecen razones convincentes que expliquen sus resultados, simplemente sugieren que los movimientos oculares pueden ser causa de dislexia y que el entrenamiento en el control de los movimientos oculares puede ayudar a tratar este trastorno.

Tales afirmaciones están en clara contradicción con los resultados obtenidos por Lesevre (1968) y Rayner (1978). Estos autores encontraron que las latencias variaban entre sujetos normales y disléxicos, pero las variaciones encontradas iban en el sentido opuesto al descrito por Dossertor y Papaianov.

Zangwell y Blakemore (1972) informaron de un estudio con un disléxico adulto que era capaz de identificar palabras presentadas taquistoscópicamente a un nivel

de umbral muy bajo, pero que cuando leía normalmente, producía en sus movimientos oculares una gran cantidad de movimientos regresivos. Pirozzolo y Rayner (1978) han encontrado datos similares.

Sin embargo, no ha sido hasta la publicación de los trabajos de Pavlidis (1981a; 1981b y 1983) que el papel de los movimientos oculares en el procesamiento lector, y sobre todo su consideración como factor etiológico de la dislexia, ha conocido su definitiva importancia.

Pavlidis (1981a) comparó a 12 sujetos normales y 12 disléxicos en la ejecución de una tarea de rastreo ocular en la que se les pedía que siguieran con la vista la secuencia de encendido de cinco luces que se encendían sucesivamente. Las luces eran emitidas por diodos separados 4 grados uno de otro y situados en un continuo horizontal. Se encendían secuencialmente de una en una, tanto en dirección derecha izquierda como en la opuesta. Cada luz era presentada durante un segundo, excepto las de inicio y final de secuencia que permanecían encendidas durante dos segundos. La tarea de los sujetos consistía en seguir con su vista, tan agudamente como fueran capaces, la secuencia de movimiento de las luces. Los resultados demostraron que los sujetos disléxicos eran incapaces de realizar esta tarea. El tamaño de sus movimientos sacádicos era significativamente mayor que el de los sujetos normales, y lo mismo ocurría en cuanto al número de movimientos sacádicos. Sin embargo, la mayor diferencia entre uno y otro grupo aparecía en el número de movimientos regresivos, hasta el punto de que no existía solapamiento entre los datos de un grupo y otro.

En otra investigación realizada posteriormente, en la que se incluía además un grupo de lectores retrasados, los resultados replicaron los datos de su anterior investigación (Pavlidis, 1983). Este autor ha indicado que sea cual fuere la causa de la dislexia, una alteración en los movimientos oculares de los disléxicos parece estar inequívocamente ligada a este trastorno (Pavlidis, 1987). Estos datos han llevado a Pavlidis (1981b, 1985, 1987) a proponer el registro de los movimientos oculares de los sujetos disléxicos en este tipo de tarea como una forma objetiva del diagnóstico de la dislexia.

Brown y cols (1983) realizaron una investigación con 67 sujetos, 34 disléxicos y 33 normales, en la que utilizando una metodología similar a la de Pavlidis intentaron replicar sus resultados. Los datos demostraron que, contrariamente a lo expuesto por este autor, no se encontraban diferencias en ninguno de los parámetros de movimientos oculares entre uno y otro grupo.

Olson, Klieg y Davidson (1983) también realizaron otra investigación en el intento de replicar los datos obtenidos por Pavlidis. En este caso fueron 70 los niños que divididos entre normales y disléxicos fueron sometidos a estudio en la tarea de rastreo ocular. La tarea empleada por estos investigadores era similar a la utilizada por Pavlidis excepto en el hecho de que la presentación de estímulos se realizaba en la pantalla de un ordenador. De nuevo, los resultados fueron contrarios a la

hipótesis de una alteración oculomotora en la dislexia. Los sujetos disléxicos y normales no diferían en cuanto al número de sacádicos, porcentaje de regresivos o la estabilidad de sus fijaciones. Sin embargo, en un estudio en el que se hallaba la correlación entre la eficiencia oculomotora y el nivel lector, se encontraron correlaciones significativas entre estas dos variables, independientemente del hecho de que el sujeto perteneciera al grupo de disléxicos o al de lectores normales.

No obstante, para una adecuada valoración de lo que puedan representar los resultados obtenidos por las investigaciones de Brown y cols (1983) y Olson, Kliegl y Davidson (1983), es conveniente señalar que sus muestras de disléxicos y normales no estaban igualadas en cuanto a nivel intelectual, sino que existían diferencias de 13 y 15 puntos de CI, en una investigación y otra, entre el promedio de ambos grupos.

Jones y Stark (1983) utilizando otro tipo de tareas han encontrado la existencia de diferencias en las pautas de movimientos oculares entre algunos tipos de disléxicos y los lectores normales.

Pavlidis (1983) ha argumentado en contra de las investigaciones realizadas que no confirman sus resultados, indicando que tales inconsistencias probablemente estén motivadas por las diferencias en el rigor exigido en la selección de disléxicos. Una selección poco rigurosa llevaría a que se produjeran solapamientos entre las muestras de sujetos y, por tanto, producirían resultados contradictorios entre las investigaciones.

En revisiones realizadas sobre este tema por Rayner (1987) y Pirozzolo y Rayner (1988) se manifiesta la existencia de dos tipos de disléxicos: los auditivo-lingüísticos, que se caracterizarían por cometer errores relacionados con aspectos de decodificación fonológica y correspondencia grafema-fonema, y los visoespaciales, entre los que predominan errores del tipo de reversión de letras y sílabas, omisión, inversión de letras, etc. Las investigaciones de estos autores han demostrado que sólo se encuentran pautas alteradas de los movimientos oculares en los disléxicos de tipo viso-espacial. Estos datos conceden una especial importancia a la selección de la muestra de sujetos como factor explicativo de la inconsistencia en cuanto a los resultados obtenidos en esta área de investigación.

Martos y Vila (1990) compararon los registros electrooculográficos de tres grupos de sujetos, lectores normales, lectores retrasados y disléxicos, tanto en tareas de lectura de textos de diverso nivel de dificultad como en una tarea de seguimiento ocular. Los resultados mostraron la existencia de diferencias significativas entre los disléxicos y los lectores normales en todas las tareas experimentales. Sin embargo no se encontraban diferencias entre lectores retrasados y disléxicos en las tareas de lectura aunque sí existían diferencias significativas entre estos dos grupos de sujetos en la tarea de seguimiento ocular. No se encontraron diferencias entre lectores retrasados y normales en esta última tarea. Estos resultados parecen indicar que la presencia de movimientos oculares alterados en

los lectores retrasados durante las tareas de lectura son claramente explicables por su falta de eficacia en la lectura, dado que tales alteraciones desaparecen cuando la tarea, como es el caso de la de seguimiento ocular, no exige el uso de tal destreza. La presencia de movimientos oculares alterados en los lectores retrasados son, por tanto, un efecto y no una causa de la deficiencia lectora. Sin embargo, no es esto lo que ocurre con los disléxicos. En este grupo de sujetos las pautas alteradas de los movimientos oculares se mantienen tanto en tareas de lectura como en aquellas que no implican tal destreza.

3. VISION PARAFOVEAL Y DISLEXIA

Un área de interés reciente en el estudio del procesamiento de la información visual ha sido aquella que se ha dedicado a investigar el papel desempeñado por las áreas parafoveales en la visión y más concretamente en la lectura. Investigaciones como las de Stewar-Lester y Lefton (1981), Rayner y Slowiasek (1981), McClelland y O'Regan (1981), Balota y Rayner (1983) o Inhoff, Pollatsek, Posner y Rayner (1989) lo han puesto de manifiesto.

Las investigaciones sobre la dislexia no podían ser ajenas a este interés, de ahí la serie de investigaciones que muy recientemente han desarrollado Geiger y Lettvin (1986, 1987). Estos autores parten de la hipótesis de la existencia de diferencias entre lectores normales y disléxicos en relación a su visión foveal o periférica, y sugieren que ambos grupos de sujetos no mantienen la misma estrategia perceptiva. Para probar tal afirmación han realizado una serie de experimentos que a continuación revisamos.

En un primer experimento cinco estudiantes normales fueron comparados con cinco estudiantes con dislexia residual, que años antes habían sido diagnosticados como disléxicos graves. Se les denominaba estudiantes disléxicos residuales porque, a pesar de que mantenían deficiencias en la lectura, su puntuación en tests de lectura era ya relativamente alta.

A los sujetos se les presentaban taquistoscópicamente dos letras, una sobre el punto de fijación y otra en la periferia, manipulando diversos niveles de excentricidad en la presentación de este segundo estímulo. La tarea del sujeto consistía en identificar el estímulo presentado fuera de la fovea. El tiempo de presentación que era de siete milisegundos había sido ajustado de forma que el nivel de respuestas correctas no fuera del cien por cien a ningún nivel de excentricidad. El número de respuestas correctas era determinado para cada sujeto y en cada nivel de excentricidad. Los resultados demostraron que el número de aciertos decrecía conforme aumentaba la excentricidad del estímulo, pero que esta caída era significativamente diferente en normales y disléxicos.

Cuando los estímulos se proyectaban en áreas periféricas, las puntuaciones de los sujetos disléxicos eran significativamente más altas que las de los normales, tanto

a 7.5 grados, 10 grados, o 12.5 grados de excentricidad. Sin embargo, cuando el estímulo crítico era presentado más cercano al punto de fijación, a 2.5 grados, la puntuación de los sujetos normales era significativamente más alta que la de los disléxicos. A cinco grados no existían diferencias entre ambos grupos. La mayor diferencia entre uno y otro grupo se encontraba en el intervalo que va desde 5 a 7.5 grados. A este nivel de excentricidad la tasa de aciertos de los sujetos normales disminuía drásticamente, mientras que la disminución en los disléxicos era muy poco marcada.

En un segundo experimento se modificó la tarea de presentación de estímulos, en este caso, en vez de presentar una letra en el punto de fijación y otra, el estímulo crítico, en la periferia, les eran presentadas a nivel periférico series de tres letras, todas ellas desiguales. También se aumentó el tiempo de presentación de los estímulos hasta 61 milisegundos. Los resultados de este segundo experimento demostraron que el número de reconocimientos para las tres letras seguía un patrón monótono en los sujetos normales. La última letra era identificada siempre más frecuentemente que la primera, y esta a su vez más que la que ocupaba la posición central. En los disléxicos, sin embargo, no se daba este patrón monótono en lo que respecta a la letra que ocupaba la posición central, sino que a diez grados de excentricidad el reconocimiento mejoraba. De otra parte, también se demostraba que el reconocimiento de esta letra era, en todos los casos, mejor que el de los sujetos normales.

Estos resultados los llevaron a realizar una tercera investigación. En este caso, un sujeto profundamente disléxico, de 25 años, y en el cual también se había probado que la agudeza de su visión periférica era significativamente mejor en presentaciones de 7.5 grados de excentricidad que en las cercanas a la fovea, fué sometido a una "extraña" estrategia de aprendizaje de la lectura. Tal tarea consistía en que el sujeto era entrenado para leer, rodeando el texto con un rectángulo de cartón que sólo lo dejaba ver una línea y en el que a 35 milímetros a la derecha del hueco del cartón se había dibujado un punto de fijación. De acuerdo con el tamaño de las letras, 35 milímetros aproximadamente correspondían a 7.5 grados de excentricidad, que era justamente el punto en el que el sujeto había mostrado una mayor agudeza visual.

El sujeto al leer debía mirar al punto de fijación, y arreglárselas para leer el texto mientras movía el cartón a la velocidad adecuada. Meses más tarde, el sujeto había mejorado significativamente su lectura y además manifestaba que "al fin podía ver bien las letras".

Otra investigación (Geiger y Lettvin, 1986) ha demostrado que, tanto en lectores normales como en disléxicos, si la letra presentada en el punto de fijación es la misma que las presentadas en la parafovea, el número de identificaciones de las letras presentadas parafovealmente aumenta considerablemente. Este autor denominó a tal efecto desenmascaramiento (demasking) refiriéndose al hecho de que la información así presentada es siempre detectada.

Del resultado de estas investigaciones se concluye que la estrategia visual, tanto de lectores normales como disléxicos, consiste en suprimir la información que no es reforzada por la proyectada en el centro de la mirada. Es como si el individuo siguiera una estrategia de resolución visual que reduce la información transmitida a sólo aquella que ha sido percibida con una mayor agudeza visual.

De otro lado, se ha comprobado que la reducción visual se degrada monotónicamente desde la fovea a la periferia. Sobre estas bases, el sujeto disléxico tendría una más alta tasa de enmascaramiento visual para aquellos estímulos cercanos a la fovea, justo lo contrario de lo que ocurre en los normales. Dado que comúnmente se asume en la práctica educativa que la lectura, lógicamente, debe ser foveal, tal práctica actuaría reforzando el trastorno de los sujetos disléxicos.

4. DISLEXIA Y PERSISTENCIA VISUAL

Como ya hemos dicho anteriormente, dada la específica sintomatología del trastorno disléxico, inversión de letras, rotación de sílabas y lectura en espejo, una de las áreas en las que tradicionalmente se ha investigado con mayor profusión es aquella que relaciona el trastorno con el procesamiento de la información visual. Sin embargo, en los últimos años ha vuelto a renacer un inusitado interés por este tipo de estudios.

Badcock y Lovegrove (1981) sometieron a un grupo de 24 sujetos, 12 disléxicos y 12 normales con una media de edad de catorce años, a una serie experimental en la que se pretendía evaluar los efectos del contraste, la duración del estímulo y la frecuencia espacial, sobre la persistencia visual de ambos grupos de niños.

En un primer experimento la duración de la persistencia visual era determinada mediante la medida de la separación temporal entre dos estímulos presentados sucesivamente. Los estímulos consistían en dos enrejados de ondas sinusoidales que eran presentados durante 75 milisegundos. El intervalo entre ambos era variable y el sujeto debía responder si había, o no, un intervalo entre ambas presentaciones. La frecuencia espacial de estos enrejados sinusoidales era variada a varios niveles: 1, 2, 4, 8 y 12 ciclos por grado de ángulo visual.

Los resultados demostraban que los sujetos disléxicos tenían una mayor duración de su persistencia visual para las bajas frecuencias espaciales mientras que su persistencia visual era más corta para las altas frecuencias espaciales.

Fue realizado un segundo experimento en el que se manipulaba la frecuencia espacial y además los niveles de contraste y la duración del estímulo. Los resultados demostraron que en los sujetos disléxicos la reducción del contraste aumenta la duración de la persistencia visual cuando se trata de bajas frecuencias espaciales, pero la disminuye cuando se trata de altas frecuencias. Sin embargo, en sujetos normales las variaciones en contraste no producen ningún cambio significativo. El

aumento en la duración del estímulo producía un efecto consistente en ambos grupos, conforme aumentaba la duración disminuía la persistencia

Los autores terminan concluyendo que tales resultados son una fuerte evidencia de que existen diferencias en los procesos visuales básicos entre normales y disléxicos, y que tal diferencia puede estar relacionada con el funcionamiento y la dominancia de los canales de baja frecuencia espacial de la visión periférica.

Breitmeyer y Ganz (1976) y Breitmeyer (1983) han argumentado que la mayor rapidez de actuación de los canales de baja frecuencia sirve para transmitir la información desde la periferia, facilitando la identificación parcial de la información periférica y sirviendo de guía y ayuda en el control de los movimientos oculares. Un trastorno a este nivel podría explicar los resultados encontrados en algunas investigaciones sobre movimientos oculares. Desde este nuevo punto de vista, la alteración de los movimientos oculares en los disléxicos podrían justificarse por un deficiente funcionamiento de estos canales de baja frecuencia lo que dificultaría al disléxico la necesaria anticipación del movimiento ocular subsiguiente y la aparición por tanto de movimientos regresivos que pretenden refocalizar el objeto o texto.

Lovegrove y cols (1982) realizaron un estudio en el que también se intentaban determinar las diferencias que en cuanto a la función de sensibilidad al contraste podían existir entre disléxicos y normales. En este experimento sometieron a dos grupos de cinco sujetos a una tarea en la que se intentaba determinar para cada uno de los niños la función de sensibilidad al contraste en función de la frecuencia, mediante un método en el que variando la duración de la exposición se le permitía al sujeto variar la posición de un filtro montado sobre el taquistoscopio, que al rotar modificaba el contraste. Los resultados manifestaron que existían diferencias entre uno y otro grupo en la sensibilidad al contraste a través de todas las frecuencias espaciales.

Di Lollo, Hanson y McIntire (1983) realizaron una investigación en la que dos grupos de diez niños cada uno, disléxicos y normales, fueron sometidos a una doble tarea en la que se intentaba establecer la existencia de diferencias en la persistencia visual de estos dos grupos.

Una primera tarea consistió en medir la persistencia visual de los sujetos mediante un método de detección del intervalo temporal entre dos secuencias. Al sujeto le era presentada dos veces, en un taquistoscopio, una línea vertical. Ambas presentaciones estaban separadas por un intervalo de duración variable (ISI). La duración de cada presentación era de 20 milisegundos. Posteriormente la línea era presentada sin interrupción durante 40 milisegundos más el tiempo de duración del ISI. El sujeto debía contestar si era en la primera o en la segunda de las presentaciones cuando se había producido un intervalo. El ISI crítico era determinado en el punto en el que el sujeto era capaz de responder acertadamente en el 75% de los casos. Los autores suponen que el intervalo mayor en el que el sujeto

estima las dos presentaciones como si se tratara de sólo una, nos indica la medida de la persistencia visual del sujeto.

Los resultados confirmaron que los sujetos disléxicos necesitaban consistentemente un ISI más largo para poder distinguir entre los dos estímulos sucesivos. Los valores de ISI en los disléxicos eran aproximadamente el doble de los hallados en los sujetos normales.

Una segunda tarea experimental consistió también en medir la persistencia visual en ambos grupos, pero en este caso utilizando un procedimiento diferente, una tarea de integración de matrices. El estímulo consistía en dos matrices de cinco por cinco puntos en una de las cuales se omitía un punto, cuya localización variaba de ensayo a ensayo. Todos los puntos que componen las matrices eran proyectados sucesivamente a intervalos de 1.5 microsegundos. La tarea del sujeto consistía en contestar si era en la matriz de la izquierda o en la de la derecha en la que faltaba un punto. Según los autores, la ejecución con éxito de tal tarea depende de la capacidad del sujeto para percibir simultáneamente los 49 puntos. Dado que entre el punto 1 y el 49 transcurría un tiempo que era manipulado por el investigador, el intervalo correspondiente entre estos dos eventos, que permita al sujeto contestar acertadamente en el 75% de los casos, nos dará una medida de la persistencia visual del sujeto.

Este procedimiento difiere del anterior en que la tarea del observador es, en este caso, integrar más que segregar y además en el hecho de que con esta técnica los estímulos sucesivos son proyectados en diferentes áreas retinales. Con este segundo procedimiento, los resultados no confirmaron la hipótesis y no se encontraron diferencias entre ambos grupos. Los investigadores han sugerido que los resultados contradictorios entre uno y otro procedimiento pueden estar motivados por las diferentes formas de estimulación retinal empleada en uno y otro caso, y proponen que tal vez el sistema visual de los disléxicos pudiera ser más lento, y que ello les llevaría a requerir periodos más largos para recuperarse de los posefectos de la estimulación.

Con el fin de conocer las diferencias en persistencia visual entre sujetos disléxicos, lectores retrasados y normales, Martos (1987) realizó una investigación empleando dos métodos de medida de la persistencia visual: la determinación del umbral de integración temporal de formas y el de determinación del umbral de separación. La principal diferencia entre uno y otro método radica en el hecho de que en el caso de la determinación del umbral de separación, son los mismos receptores retinales los que son estimulados repetidamente. Los resultados demostraron la existencia de diferencias significativas entre disléxicos y lectores normales y entre lectores retrasados y normales. No se encontraron diferencias entre disléxicos y lectores retrasados. Igualmente se constató que el método de medida empleado no producía ninguna alteración en el patrón de resultados citado.

5. DIFERENCIAS EN LA VELOCIDAD DE CODIFICACION Y PROCESAMIENTO

En relación con la diferencia en la velocidad de codificación entre disléxicos y normales, Stanovich (1981) se preguntó si existirían diferencias en cuanto a la velocidad de respuesta a estímulos simbólicos. Para responder a esta interrogante, comparó a dos grupos de niños en su rapidez para nombrar estímulos presentados visualmente: números, figuras, letras y palabras. Los resultados no demostraron la existencia de diferencias entre ambos grupos en cuanto a la velocidad para nombrar los colores, las figuras, las letras y los números. En cambio sí se encontraron diferencias significativas en la velocidad para codificar las palabras. El autor concluyó que el hecho de que no haya habido diferencias para nombrar letras y otras figuras, y sí en cambio para nombrar las palabras, va en contra de la hipótesis que sostiene la existencia de deficiencias perceptivo-visuales en disléxicos. El hecho de que les haya tomado más tiempo nombrar las palabras puede ser interpretado en el sentido de una menor destreza en el procesamiento fonológico.

Estos resultados son coherentes con lo manifestado anteriormente por Ellis y Miles (1981), quienes tampoco encontraron diferencias al comparar niños normales y disléxicos en cuanto a la velocidad con la cual juzgaban si un par de letras eran iguales o diferentes.

Arnett y Di Lollo (1979) compararon a normales y disléxicos en la ejecución de una tarea de enmascaramiento retroactivo (*backward masking*), intentando comprobar si los disléxicos requerían un mayor intervalo entre el estímulo y la máscara para evadir el enmascaramiento. El estímulo consistía en un carácter alfabético al que se le superpondría un estímulo enmascarador formado por un compuesto de letras distribuidas aleatoriamente, que se proyectaban en el mismo campo visual que en el que había aparecido el estímulo crítico. Los resultados no demostraron la existencia de diferencias significativas entre los grupos.

En una investigación realizada años más tarde (Di Lollo, Hanson y McIntire, 1983), y que será comentada líneas más abajo, se explica que quizás esta ausencia de diferencias pueda justificarse en el hecho de que la muestra de lectores disléxicos tenía un retraso de sólo un año de edad lectora y que probablemente, tan corta diferencia entre una y otra población no era suficiente para poder aprehender el efecto de la variable.

Bouma y Legein (1980) sometieron a 20 niños disléxicos y 20 normales a una tarea de reconocimiento de letras y palabras que eran presentadas tanto foveal como parafovealmente. Fueron registrados el número de aciertos y la latencia de las respuestas. Los resultados demostraron que no había diferencias en cuanto al número de respuestas correctas, pero que, sin embargo, el tamaño de las latencias para las respuestas correctas era significativamente mayor en disléxicos que en normales. Este período más prolongado en la latencia de respuesta que presenta-

ban los disléxicos se mantenía tanto cuando se presentaban letras, como cuando se presentaban palabras.

Di Lollo, Hanson y McIntire (1983) compararon a dos grupos de niños, disléxicos y normales, en una tarea de enmascaramiento retroactivo. En un primer experimento el estímulo consistía en una letra que se presentaba durante 1 milisegundo y que, tras un intervalo de duración variable, iba seguida de una máscara formada por caracteres alfabéticos. Posteriormente le era presentada al sujeto una letra y este debía decidir si era igual o diferente a la presentada inicialmente.

En un segundo experimento en vez de presentar una letra se les presentaban dos matrices de cinco por cinco puntos, a ambos lados del punto de fijación. A una de ellas le faltaba el punto del centro. Tras un ISI de duración variable era presentada una máscara consistente en 50 puntos distribuidos al azar dentro de la misma área que el estímulo. El sujeto debía responder si era a la matriz de la derecha o a la de la izquierda, aquella a la que le faltaba el punto. Se determinaba como ISI crítico aquel en el que el sujeto obtenía una tasa del 75% de aciertos.

Los resultados confirmaron la hipótesis, en el sentido de que se encontraron diferencias en cuanto al valor de los ISIs que uno y otro grupo de sujetos necesitaban para evadir el efecto de la máscara. Los resultados fueron consistentes en ambos experimentos. Los autores han interpretado estos datos indicando que los mismos demuestran que los disléxicos tienen una tasa más lenta de procesamiento de la información visual, y que por tanto necesitan más tiempo para evadir el enmascaramiento. Bien se produzca el enmascaramiento por integración o bien por interrupción, el resultado es que el estímulo aún está siendo procesado cuando llega la máscara. La necesidad de mayores valores de ISIs para poder evadirla, en definitiva, evidencia una mayor lentitud en el procesamiento visual de la información. Esto es lo que se observa en los disléxicos. Por tanto, bien podría suponerse que la naturaleza secuencial de los procesos de lectura puedan producir una sobretasa de estimulación en el sistema visual del disléxico produciéndose una aglomeración o una degradación de la información a uno o más niveles de procesamiento.

En una investigación realizada por Martos (1987), se reprodujo la tarea experimental de la investigación de Di Lollo, Hanson y McIntire (1983) pero además, se incluyó un grupo de lectores retrasados. Al igual que en aquella investigación los resultados demostraron que el intervalo temporal requerido para poder evadir el efecto de la máscara era significativamente más largo en el grupo de disléxicos que en el de normales. No obstante, se encontró un resultado aún más interesante. El intervalo requerido por los lectores retrasados era significativamente aún más largo que el de los disléxicos. Como comentaremos más tarde este dato resulta especialmente significativo de cara a establecer cualquier relación entre la velocidad de procesamiento de la información y la etiología disléxica.

6. CONCLUSIONES

La revisión de las investigaciones mencionadas pone de manifiesto la existencia de un alto nivel de controversia al respecto del origen etiológico del síndrome disléxico, si bien a la luz de los datos ofertados por unos y otros estudios y en consonancia con los objetivos marcados en esta revisión, creemos que podrían extraerse un conjunto de consideraciones.

Existen suficientes datos como para afirmar que no es posible descartar la existencia de trastornos de carácter perceptivo-visual en la etiología de la dislexia. Concretamente son bastantes los estudios que de forma consistente presentan resultados en los que se aprecian tasas más largas de persistencia visual en los sujetos disléxicos. Di Lollo, Hanson y McIntire (1983) han propuesto que dada la naturaleza secuencial de los procesos de lectura una mayor lentitud en el procesamiento de la información visual puede producir una sobretasa de estimulación en el sistema visual del disléxico produciéndose una aglomeración o degradación de la información estimular a uno o más niveles de procesamiento. Una etiología basada en este proceso podría explicar con facilidad la clásica sintomatología de algunas formas de dislexia en o que hace referencia a la inversión y rotación de letras y sílabas, etc.

No obstante, otras investigaciones (Martos, 1987) señalan que la velocidad de procesamiento, tanto en la medida de la persistencia visual, como en una tarea de enmascaramiento retroactivo, es menor aún en los lectores retrasados que en los disléxicos. Desde este punto de vista, una teoría que hiciera responsable de la dislexia a la lentitud del procesamiento de la información visual, tendría que admitir que la única diferencia entre disléxicos y lectores retrasados reside en que en el caso de estos la dislexia va acompañada de un déficit intelectual. De esta manera la dislexia no sería un trastorno específico con una etiología diferencial sino que su característica distintiva frente a otros trastornos de la lectura radicaría sólo en el hecho de no ir acompañada de otras alteraciones. Como piensan otros autores (Rudel, 1980), la dislexia sería tan sólo una etiqueta que se aplica cuando no conocemos cuales son los factores asociados al fracaso en la lectura.

Por otra parte, los datos relativos a la mayor lentitud en el procesamiento de la información han sido relacionados con la presencia de movimientos oculares alterados. Breitmeyer y Gantz (1976) y Breitmeyer (1983) han defendido que la lentitud en el procesamiento de la información visual afectaría al control y guía de los sacádicos y sería esto lo que explicaría la presencia de movimientos oculares alterados en los sujetos disléxicos. Sin embargo investigaciones como las de Pavlidis (1985) y Martos y Vila (1990) han puesto de manifiesto la inexistencia de tales pautas de alteración en los movimientos oculares de los lectores retrasados, a pesar de que su velocidad en el procesamiento de la información visual es aún menor que en los disléxicos.

En definitiva, parecen existir datos suficientes como para ligar factores tales como los movimientos oculares, la persistencia visual o la velocidad de procesamiento al síndrome disléxico. Sin embargo, no parece estar claro el proceso o la estructura a la que afectan estas anomalías ni sus mecanismos de acción. Serían de gran interés las investigaciones que se realizaran en la intención de aclarar estos puntos.

Existen suficientes datos como para poder decir que no son ajenos al trastorno disléxico los problemas en la falta de definición de la dominancia ocular ni las diferencias en visión foveal y parafoveal. Investigaciones como las de Stein y Fowler (1982, 1984 y 1985) y (Geiger y Lettvin, 1986 y 1987) así lo han puesto de manifiesto.

No se puede estar de acuerdo con Vellutino (1987) en la opinión de que todas las dislexias puedan explicarse por alteraciones de la codificación fonológica, problemas de segmentación fonémica o pobreza de vocabulario. Aún existiendo datos suficientes para relacionar la dislexia con alteraciones del lenguaje, las investigaciones arriba reseñadas ofrecen datos suficientes convincentes como para afirmar que en la base de la dislexia puede radicar un problema de carácter perceptivo-visual.

Puede resultar altamente fructífera la realización de investigaciones al modo de lo realizado por Stein y Fowler (1985) o Pirozzolo y Rayner (1988) que más allá de intentar determinar una posible etiología disléxica, procuren diferenciar las diversas formas que puedan darse en el síndrome. Existen datos como para poder pensar que buena parte de las inconsistencias entre las distintas investigaciones en este área pudieran encontrar su justificación en el hecho de denominar con un sólo apelativo lo que pudieran ser alteraciones distintas con una sintomatología común: dificultades en la lectura.

BIBLIOGRAFÍA

- AARON, P.G. (1989): *Dyslexia and Hiperlexia*. Kluwer Academic publisher. The Netherlands.
- AARON P.G. Y JOSHI R. M. (1989): *Reading and Writing disorders in different orthographic systems*. Kluwer Academic Publisher. The Netherlands.
- ARNETT, J.L. Y DI LOLLO, V. (1979): "Visual information processing in relation to age and to reading ability". *Journal of Experimental Child Psychology*, 27, 143-152.
- BADCOCK, D. Y LOVEGROVE, W. (1981): "The effects of contrast, stimulus duration, and spatial frequency of visible persistence in normal and specifically disabled readers". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 495-505.
- BALOTA, D.A. Y RAYNER, K. (1983): "Parafoveal visual information and semantic contextual constraints". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 726-738.
- BOUMA, H. Y LEGEIN, CH.P. (1980): "Dyslexia: A specific recoding deficit?. An analysis of response latencies for letters and words in dyslectics and in average readers". *Neuropsychologia*, 18, 285-298, 1980.
- BREITMEYER, B.G. (1983): "Sensory masking, persistence, and enhancement in visual exploration and reading". En Rayner, K. (Ed): *Eye movements in Reading*. Academic Press. Nueva York.
- BREITMEYER, B.G. Y GANZ (1976): "Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression and information processing". *Psychological Review*, 83, 1-36.
- BROD, N. Y HAMILTON, D. (1973): "Monocular-binocular coordination vs. hand-eye dominance as a factor in reading performance". *American J. Optometry and Arch. Amer. Acad. Optometry*, 48, 123-129.
- BROWN, B., HAEGERSTROM-PORTNOY, G., ADAMS A.J., YINGLING, CH.D., GALIN, D., HERRON, J. Y MARCUS, M. (1983): "Predictive eye movements do not discriminate between dyslexic and control children". *Neuropsychologia*, 21, 121-128.
- CRITCHLEY, M. (1970): *The dyslexic child*. Heinemann Medical Books. Londres.
- CRITCHLEY, M. Y CRITCHLEY, R.G. (1978): *Dyslexia defined*. Heinemann Medical Books. Ltd. Londres.
- DI LOLLO, V., HANSON, D. Y MCINTIRE J.S. (1983): "Initial stages of visual information processing in dyslexia". *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 9, 923-935.
- DOSSERTOR, D.R. Y PAPAIAANNOV, J. (1975): "Dyslexia and eye movements". *Language and Speech*, 18, 312-317.
- ELLIS, N.C. Y MILES, T.R. (1981): "A lexical encoding deficiency I: Experimental

- evidence". En Pavlidis, G.Th. y Miles, T.R. (Eds). *Dyslexia research and its applications to education*. John Wiley & Sons. Chichester.
- GEIGER, G. Y LETTVIN, J.Y. (1986): "Enhancing the perception of form in peripheral vision". *Perception*, 15, 119-130.
- GEIGER, G. Y LETTVIN, J.Y. (1987): "Peripheral vision in persons with dyslexia". *The New England Journal of Medicine*, 316, 1238-1243.
- GRINBERG, D.A. Y STARK, L. (1978): "Eye movements scan paths and dyslexia". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 55, 557-570.
- HABER, R. Y HERSCHENSON, M. (1980): *The Psychology of visual perception*. Holt, Rinehart & Winston. Nueva York.
- INHOFF, A.W; POLLATSEK, A; POSNER, M.I. Y RAYNER, K. (1990): "Covert attention and eye movements during reading". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41, 63-89.
- JONES, A. Y STARK, L. (1983): "Abnormal patterns of normal eye movements in specific dyslexia". En Rayner (Ed): *Eye movements in Reading*. Academic Press. Nueva York.
- LESEVRE, N. (1968): "L'organisation du regard chez des enfants d'age scolaire lecteurs normaux et dyxlesiques". *Revue de Neuropsychiatrie Infantile*, 16, 323-349.
- LOVEGROVE, W., MARTIN, F., BOWLING, A., BLACKWOOD, M., BADCOCK, D. Y PAXTON, S. (1982): "Contrast sensitivity functions and specific reading disability". *Neuropsychologia*, 20, 309-315.
- MARTOS, F. J. (1987): *Movimientos oculares y etapas iniciales del procesamiento de la información visual en lectores normales, retrasados y disléxicos*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.
- MARTOS, F.J. Y VILA, J. (1990): "Differences in eye movements control between dyslexic, retarded and normal readers of the spanish population". *Reading and Writing*. En prensa.
- OLSON, R.K, KLIEDL, R. Y DAVIDSON, B.J. (1983): "Dyslexic and normal reader's eye movements". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 816-825.
- PAVLIDIS, G.TH. (1981a): "Do eye movements hold the key to dyslexia?" *Neuropsychologia* 19, 57-64.
- PAVLIDIS, G.TH. (1981b): "Sequencing, eye movements and the early objective diagnosis of dyslexia". En Pavlidis, G.Th. y Miles, T.R. (Eds). *Dyslexia research and its applications to education*. John Wiley & Sons. Chichester.
- PAVLIDIS, G.TH. (1983): "The "dyslexia syndrome" and its objective diagnosis by erratic eye movements". En Rayner, K (Ed). *Eye movements in reading*. Academic Press. Nueva York.
- PAVLIDIS, G.TH. (1985): "Eye movements differences between dyslexics, normal and retarded readers while sequentially fixating digits". *American Journal*

of *Optometry and Physiological Optics*. 162, 820-832.

- PAVLIDIS, G.TH. (1987): "The role of eye movements in the diagnosis of dyslexia". En Pavlidis, G.Th y Fisher, D.F. (Eds): *Dyslexia: Its neuropsychology and treatment*. John Wiley and Sons.
- PIROZZOLO, F.J. Y RAYNER, K. (1988): "Dyslexia: The role of eye movements in developmental reading disabilities". En Johnston, C.W. y Pirozzolo, F.J. (Eds): *Neuropsychology of eye movements*. L.E.A. Hillsdale.
- PORAC, C. Y COREN, S. (1976): "The dominant eye". *Psychological Bulletin*. 83, 880-897.
- RAYNER, K. (1978): "Eye movements in reading and information processing". *Psychological Bulletin*, 85, 618-660.
- RAYNER, K. (1987): "Eye movements and the perceptual span: Evidence for dyslexic tipology". En Pavlidis, G. Th. y Fisher, D.F. (Eds): *Dyslexia: Its neuropsychology and Treatment*. John Wiley and Sons.
- RAYNER, K. Y SLOWIACZEK, M.L. (1981): "Expectations and parafoveal information in reading: Comments on McClelland and O'Regan". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 645-653.
- RUDEL, R.G. (1980): "Learning disability: Diagnosis by exclusion and discrepancy". *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*, 53, 547-569.
- SHAYWITZ, B.A. Y WAXMAN, S.G. (1987): "Dyslexia" *The New England Journal of Medicine*, 316, 1268-1270.
- STANOVICH, K.E. (1981): "Individual differences in the cognitive processes of reading. II. Text level Processes". *Journal of Learning Disabilities*, 15, 485-493.
- STEIN, J. Y FOWLER, S. (1981): "Visual dyslexia". *Trends in Neuroscience*. 77-80.
- STEIN, J.F. Y FOWLER, S. (1982): "Diagnosis of dyslexia by means of a new indicator of eye dominance". *British Journal of Ophthalmology*, 66, 332-336.
- STEIN, J.F. Y FOWLER, S. (1984): "Ocular motor problems of learning to read". En Gale, A.G. y Johnson, F. (Eds). *Theoretical and applied aspects of eye movement research*. North-Holland, Amsterdam.
- STEIN, J.F. Y FOWLER, S. (1985): "Effect of monocular occlusion on visuomotor perception and reading in dyslexic children". *The Lancet*, 13, 69-73.
- STEWART-LESTER, K.J. Y LEFTON, L.A. (1981): "Information extraction from the parafovea: a developmental study". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 7, 624-633.
- VELLUTINO, F.R. (1980): *Dyslexia: Theory and Research*. The MIT Press. Cambridge.
- VELLUTINO, F.R. (1987): "Dislexia". *Investigación y Ciencia*, 128, 12-20.
- ZANGWELL, O Y BLAKEMORE, C. (1972): "Dyslexia: Reversal of eye movements during reading". *Neuropsychologia*, 10, 371-373.
- ZANGWILL, O.L. (1962): "Dyslexia in relation to cerebral dominance". En *Reading Disability*. Johns Hopkins Press. Baltimore.