

3. Dislexia Visoespacial

Autor: Jorge Rubén Lorenzo

Profesor Auxiliar

Cátedra de Estadística y Sistemas de Información

Escuela de Ciencias de la Educación

Facultad de Filosofía y Humanidades

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen:

En esta monografía presentamos algunas cuestiones fundamentales relacionadas a un subtipo de dislexia, llamada dislexia visoespacial. Se muestran los principales aspectos sintomáticos de este trastorno junto con la manera en que el sistema cognitivo opera visualmente sobre el texto, por ejemplo, mediante la programación y el control de los movimientos oculares. Se repasa también la manera en que el sistema visual se programa durante el aprendizaje de la lectura y cómo las dificultades en esa programación inciden en los síntomas observados en este tipo de dislexia.

Palabras Claves: dislexia visoespacial, paradigma cognitivo, control de los movimientos oculares, aprendizaje de la lectura.

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

Destinatario: se consideran posibles destinatarios de esta obra principalmente aquellas personas que actualmente están investigando en la temática. Sin embargo, también puede ser de utilidad para docentes de nivel inicial, especialmente aquellos interesados en ampliar

su conocimiento sobre trastornos de aprendizaje en general y de lectura en particular. Otros destinatarios posibles son alumnos interesados en encontrar tema de investigación para su trabajo final en carreras de grado como psicología o ciencias de la educación.

Nivel educativo: nivel inicial y superior, educación especial.

Introducción

Se llama dislexia visoespacial al trastorno de lectura cuya principal manifestación es la confusión en la orientación de las letras y sílabas, y la imposibilidad de procesar globalmente las palabras. El tipo de error frecuentemente observado es la lectura en espejo, tendencia que se define como una lectura inversa de las sílabas o las palabras, v.g. confundir **los** por **sol**, **tapa** por **pata**, etc. Estos errores de lectura conducen a la activación de significados incongruentes, lo cual torna inconsistente la integración de las palabras en oraciones, y en consecuencia la comprensión de textos se halla notoriamente empobrecida.

Otro tipo de error frecuentemente asociado a este tipo de dislexia, se conoce con el nombre de *paralexia*, en donde se yerra en la identidad de un vocablo por desplazamiento o confusión en el reconocimiento de los grafemas. Por ejemplo, el lector puede confundir **labrar** por **ladrar**; **madrina** por **mandarina**, etc. Coltheart (1981), explica esos errores a través de la teoría del acceso visual aproximado, que puede definirse como una tendencia a aceptar como correcto un término que solo se aproxima a la estructura de aquel que se presenta verdaderamente.

Junto con los errores de lectura, las personas que padecen este tipo de dislexia frecuentemente se quejan de tener la sensación de que el texto se mueve y las palabras fluctúan en su posición. Según lo señala Eden y colaboradores (1996), esta sensación de movimiento aparente, obedece a la imposibilidad de mantener estable la imagen visual del texto producto de disminuciones en los mecanismos oculomotores que ayudan a mantener estable el punto de fijación en un renglón y en desplazarlo eficazmente dentro y entre renglones.

Procesamiento visoespacial del texto

El sistema visual debe realizar una serie diversa de operaciones durante la lectura, algunas de las cuales están altamente programadas y su ejecución pasa enteramente desapercibida para el lector. En primer lugar, los ojos deben moverse por los distintos renglones y en varios puntos deben detenerse para procesar las palabras contenidas en ellos. La alternancia entre movimientos y fijaciones está lejos de ser azarosa; existen una serie de movimientos que, en concordancia con las fijaciones visuales, permiten al lector una gran eficacia en la captación de información. Los movimientos y las fijaciones transcurren en un orden temporal muy pequeño (milisegundos), lo que hace que el lector no se percate de su complejidad.

Por otra parte, y más allá de la programación y ejecución de movimientos y fijaciones, el sistema visual es el encargado de iniciar el procesamiento de los símbolos o grafemas que componen las palabras. Como puede apreciarse, los grafemas tienen una configuración y orientación precisa en el espacio, además de una relación estricta con los sonidos que representan. Su procesamiento requiere de refinados mecanismos que permitan la discriminación de la forma y orientación, para lo cual el sistema visual cuenta con mecanismos altamente programados que funcionan en un orden temporal muy estrecho. De este modo, el trabajo realizado por el sistema cognitivo no es objeto de análisis consciente por parte del lector.

El movimiento ocular durante la lectura

El principal propósito de los movimientos oculares es posicionar a las palabras lo más cerca posible de la fovea, y en un texto la mayoría de las palabras son fijadas al menos una vez; pero en rigor de verdad algunas palabras pueden ser salteadas mientras que otras pueden ser fijadas dos y hasta tres veces dependiendo de la función que cumplan en el texto.

Durante la lectura se alternan periodos de quietud y rápidos movimientos que simulan saltos de un punto de fijación al siguiente. En las fijaciones los ojos permanecen quietos durante fracciones que oscilan entre los 150-500 milisegundos; luego se produce un desplazamiento del punto de fijación mediante un movimiento denominado *sacade*. Sacade literalmente significa salto (por *saccade* en francés), y en la literatura es común encontrar referencias a estos como *sacades* o *movimientos sacádicos*. Los *sacades* son movimientos

balísticos, que una vez iniciados no pueden ser alterados. En cada movimiento sacádico, los ojos se mueven una distancia equivalente a 7-9 caracteres en el texto. Su duración depende de la amplitud, pero en promedio oscilan entre 20 y 35 milisegundos.

La información recogida de la página impresa ocurre durante las fijaciones, ya que durante el movimiento no habría información disponible para el sistema visual. Al mover los ojos tan rápidamente entre una palabra y otra, la imagen captada durante un sacade se asemeja a una mancha borrosa, ininteligible para el lector. Sin embargo, esta escena visual no es captada conscientemente, dado que de ser este el caso, la persona tendría una secuencia de imágenes borrosas alternadas con palabras captadas durante las fijaciones. Ciertamente, el lector experto ni siquiera es consciente de que los ojos se mueven durante la lectura, y esto es posible gracias a un mecanismo de supresión central. Cuando el sistema de movimiento ocular ejecuta o está próximo a ejecutar un movimiento, envía una señal al sistema visual para que suprima o atenúe la señal generada durante el movimiento; en consecuencia se produce un efecto de borrado de la imagen visual producida durante un sacade. Campbell y Wurtz (1978), demostraron que durante un sacade se produce una imposición de la imagen anterior al movimiento, que desplaza a aquella captada durante el mismo. Es decir, cuando los ojos están fijos en una palabra, su imagen es retenida en la memoria icónica y esa información es la que tiene preeminencia para captar la atención. De este modo, la imagen surgida en la ejecución del movimiento sacádico queda a un nivel subumbral y no es detectada por el lector. Este mismo mecanismo, serviría para mitigar los efectos de saltos entre palabras, generando la sensación de que la lectura transcurre de manera continua y pausada a lo largo de una línea. Como se verá más adelante, estos mecanismos pueden alterarse en el caso de la dislexia.

Aunque la mayoría de los movimientos sacádicos son hacia adelante en el texto, algunos sirven para situar la fijación en puntos anteriores. Los *movimientos sacádicos regresivos* posicionan el punto de fijación uno o dos caracteres hacia atrás en el texto. El *barrido de retorno* es otro tipo de sacade regresivo más amplio que el anterior, y ocurre cuando la vista se acerca al final del un renglón, y mediante ellos los ojos se posicionan en el comienzo de la línea inferior. Estos movimientos son complejos, comienzan cuando restan unos 5 a 7 caracteres para finalizar una línea y posicionan los ojos ente el tercer y séptimo carácter del comienzo de la línea inferior. Por ser movimientos extensos, los ojos

suelen caer descentrados en la línea a la cual van dirigidos; en esos casos se produce un pequeño movimiento sacádico para corregir la posición de los ojos sobre el texto. La longitud promedio de un movimiento sacádico es de unos 8,5 caracteres. Sin embargo, el rango en el que pueden oscilar éstos está ente 1 y 18 caracteres. El tiempo promedio que dura una fijación es de 218 milisegundos y al igual que en los movimientos, existe una considerable variación, siendo el rango estimado para ese promedio de 66 a 416 milisegundos.

Durante las fijaciones se producen pequeños movimientos oculares muy cortos y rápidos llamados *nistagmos* cuya finalidad es crear discrepancias sutiles en las imágenes sobre las retinas, para mantener en actividad las células del sistema visual. Otros movimientos no tan comunes durante las fijaciones son los *microsacades* o sacades de arrastre (*drifts saccades*). Estos son de tipo correctivo y se ejecutan cuando se detecta una falla en la fijación ocular; mediante ellos se corrige la fijación y en raras ocasiones abarcan más de dos caracteres.

La variabilidad temporal que presentan tanto los movimientos oculares como las fijaciones, pueden atribuirse a diferentes factores. Uno de ellos es la complejidad de los textos: mientras más complejo sea éste más prolongadas las fijaciones, más cortos los sacades, mayor el número de regresiones y menor la velocidad de lectura. Por ejemplo, se ha estimado que durante la lectura del género novelas, la duración de la fijación es de 202 ms., la amplitud del movimiento sacádico es de 9 caracteres y se procesan 365 palabras por minuto. La lectura de un texto de biología requiere un tiempo de fijación de 264 ms., la amplitud del sacade es de 7 caracteres, y se procesan 233 palabras por minuto (las estimaciones son los promedios para un lector normal; Crowder, 1982).

El tipo de letra puede afectar el ritmo de la lectura solo en los casos en que éstas difieran considerablemente de las de uso común. En cambio, la cantidad de caracteres en una línea afecta los movimientos oculares y se ha demostrado que el número óptimo por línea es aproximadamente 52. Un número mayor dificulta los barridos de retorno y la persona puede comenzar en una línea equivocada en el texto. Por otro lado, se puede procesar más de una palabra en cada fijación y si las líneas son muy cortas esta facilidad no puede ser consistentemente aprovechada. Cabe destacar que tanto la tipografía como el largo de la línea son variables que inciden solo marginalmente en la lectura.

Amplitud perceptiva, programación del movimiento y control cognitivo

La amplitud perceptiva se refiere al número de caracteres percibidos cada vez que los ojos están en un punto de fijación. Rayner y otros (McConkie y Rayner, 1975; Rayner y Bertera, 1979; Rayner y Pollatsek, 1989), determinaron que esa amplitud perceptiva corresponde aproximadamente a 30 caracteres, que se distribuyen de manera proporcional hacia la derecha y la izquierda del punto de fijación. La información procesada en las vecindades de la amplitud perceptual corresponde a la identidad de la palabra (margen derecha), e identidad de los grafemas (margen izquierda). Según Rayner y colaboradores (1982), la margen derecha de la ventana perceptual ocupa la región foveal y la izquierda ocupa la parafovea, y aunque la agudeza visual es menor en esta última, existirían sofisticados mecanismos de procesamiento de la información que ocupa esa región, los cuales estarían vinculados al salteo entre palabras.

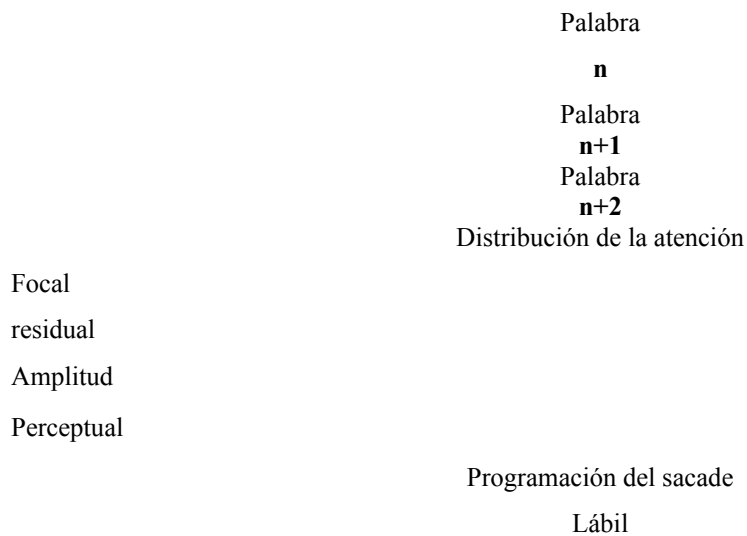
Tal como se mencionó, el punto de fijación se ubica en la región de la fovea, y una vez que la palabra ha sido procesada se produce un desplazamiento del punto de fijación a la palabra siguiente, mediante la ejecución de una serie de programas motores. Según Rayner y Pollatsek (1989), la atención se reparte entre las palabras que ocupan simultáneamente la región de la fovea y la parafovea. Sin embargo, por su escasa visibilidad, la palabra en la parafovea solo es procesada en un nivel superficial, esto es, en términos de la identidad de los caracteres.

Cuando la identidad de la palabra que está en el punto de fijación ha sido establecida por la información extraída del léxico, se preparan los procesos atencionales, los cuales envían un mensaje a los centros de control del movimiento ocular, para que preparen el movimiento sacádico hacia la palabra siguiente (allí donde se ubicará el nuevo punto de fijación). Se desprende, que ese nuevo punto de fijación es la palabra que un momento antes ocupaba la parafovea. Puesto que esta palabra ha sido objeto de un procesamiento previo, el tiempo de fijación sobre la misma es menor, y puede ser saltada, dependiendo de su función en la estructura gramatical.

Existen dos tipos de programas motores que se planifican conjuntamente con el acceso al léxico, uno lábil y otro estable. La ejecución de esos programas depende de la distribución temporal de la atención sobre las palabras que ocupan la fovea y la parafovea.

La atención abarca tres unidades (palabras) que se designan como n , $n+1$ y $n+2$. n es la palabra sobre la cual los ojos están fijados, $n+1$ es la palabra que sigue y $n+2$ es la palabra siguiente a $n+1$. n es la unidad que cae dentro de la región foveal y es la que se procesa en primera instancia, pero en el mismo momento la unidad $n+1$ se halla en la región parafoveal. Sobre esta última operan procesos cognitivos que determinan el grado de familiaridad con dicha unidad. Si los montos de atención residual alcanzan para completar la identidad de esa palabra, la atención se desvía hacia la unidad $n+2$. Cuando el punto de fijación se halla en la unidad n , se programa un movimiento lábil hacia la unidad $n+1$. Si no se completa el acceso al léxico en esta última unidad, el programa motor se ejecuta hacia esa unidad. Pero si se logra el acceso al léxico de la unidad $n+1$ en la parafovea, se cancela el programa lábil y se ejecuta un programa estable hacia la unidad $n+2$ (para una revisión ver Rayner y Pollatsek, 1989).

Existen varias condiciones para que un programa motor lábil sea cancelado (lo cual implica el salto de palabras), de las cuales las más importante es que se complete el acceso al léxico de la unidad $n+1$ (aquella que ocupa la margen derecha de la amplitud perceptual y que cae en la región de la parafovea). Puesto que el monto de atención dedicado a esa palabra es un residuo de la atención puesta sobre la que ocupa la región de la fovea, es imprescindible que la misma sea corta, de alta frecuencia y predecible, para que pueda ser procesada con éxito antes que se ejecute el movimiento sacádico que posicionará el punto de fijación sobre la misma (Rayner y Pollatsek, 1989). Lo dicho se puede resumir en el esquema que se presenta en la figura 1.



estable

Punto de fijación

Figura 1: En el esquema puede verse el margen de la amplitud perceptual que abarca tres palabras, designadas como n , $n+1$ y $n+2$. El punto de fijación se halla en n donde se hace el foco de atención mientras se completa el acceso al léxico para esa palabra. Al mismo tiempo se destina un monto de atención residual a la palabra en la posición $n+1$ que cae en la región de la parafovea. Con ese resto de atención es posible procesar superficialmente algunos aspectos como la identidad de los grafemas sobresalientes. Los procesos atencionales determinan que se ejecute un movimiento sacádico hacia la palabra $n+1$ (programa lábil), o hacia la unidad $n+2$ (programa estable). Ello dependerá de que la atención residual dedicada a la palabra $n+1$ haya sido suficiente para establecer el significado de esa unidad. En conjunto, estos mecanismos permiten explicar la ejecución de los movimientos sacádicos durante la lectura, como así también el fenómeno de salto de palabras.

Como se deduce, la programación de los movimientos y fijaciones dependen del éxito con que pueda accederse al significado de las palabras que ocupan el espacio de la amplitud perceptual. En otros términos, todo el sistema oculomotor se mueve al ritmo del procesamiento del significado. Actualmente se reconoce que el movimiento ocular está bajo control cognitivo para determinar la calidad balística de esos movimientos. En este sentido, se ha logrado demostrar que: a) la localización de la fijación en la palabra se ubica generalmente entre el comienzo y la parte media, y nunca se posiciona en los espacios entre palabras, b) el tiempo de fijación y el número de ellas depende de la frecuencia y función de la palabra, c) la palabra hacia la derecha del punto de fijación influye en la amplitud del sacade posterior, y d) los ojos tienden a dar saltos más grandes cuando a la derecha se sitúa una palabra larga (para una revisión ver Rayner y Pollatsek 1989).

Procesamiento de los grafemas

El acceso al léxico depende de la probabilidad de procesar exitosamente cada uno de los grafemas que componen la palabra (Nazir y colaboradores, 1991). Los grafemas, e incluso las palabras pueden reconocerse como un patrón visual complejo, lo cual es de suma utilidad en la lectura, dado que las letras pueden variar substancialmente. Considérese por ejemplo, la cantidad de caracteres diferentes que tiene una computadora, o las variaciones que hay entre la letra de máquina y la manuscrita, sin considerar las variaciones de un manuscrito de una persona al de otra. En términos cognitivos el modelo de reconocimiento de patrones propuesto para el procesamiento de las letras se conoce como análisis de rasgos. Implica un mecanismo automático que facilita la discriminación de las características sobresalientes del grafema, por ejemplo, una ruptura en un determinado

lugar de un círculo marca la diferencia entre una **C** y una **O**, una intersección en la parte baja distingue a esta última de la **Q**, la orientación permite distinguir una **b** de una **d**, lo mismo para la **p** y la **q**.

La identificación de los grafemas es automática y según Jacobs y Grainger (1992), una vez que la persona domina plenamente el alfabeto, la identificación de los grafemas constitutivos de las palabras escapa al control voluntario y la intención de leer no puede ser detenida. Además, como señala Haberlandt (1994), el tiempo de identificación de un grafema determinado, es mayor cuando éste es presentado en una secuencia de letras aisladas, que cuando el mismo se presenta dentro de una palabra real; esto ha sido llamado *efecto de superioridad de la palabra*. Este fenómeno fue estudiado por Selfridge (citado en Anderson, 1994), quien presentó a los sujetos palabras como la que se ilustra en la siguiente figura.

THE CAT

Selfridge demostró que los sujetos podían procesar sin dificultad la figura como las palabras THE CAT (*el gato*), sin embargo si la H distorsionada se presentaba aislada, la respuesta se volvía azarosa, y los individuos optaban preferentemente por una A. Esto demuestra que el contexto creado por las palabras, permite otorgar rápidamente un valor determinado al grafema de acuerdo al sentido. Por su parte, Nazir y Montant (1994), señalan que el efecto de superioridad de la palabra y la velocidad de procesamiento de los grafemas que la componen, está condicionado por la *pronunciabilidad*. Es decir, cuando la secuencia de letras encontradas es una palabra real o una pseudopalabra, y puede ser traducida fonológicamente, el tiempo de lectura disminuye drásticamente. En este sentido Ziegler y Jacobs, (1994) destacan que el código fonológico aplicado a una secuencia de letras funciona como un mecanismo de integración (citado en Nazir y Montant, 1994)¹.

¹ Los mecanismos neuronales implicados en el procesamiento de los grafemas, han dado origen a numerosos modelos neuromiméticos diseñados para diagramar las etapas necesarias para el acceso al significado a partir de la identificación de los rasgos relevantes de la grafía de las palabras. Para una revisión de esos modelos puede consultarse Plaut y colaboradores (1996); Haberlandt 1994.

Utilizando técnicas de Tomografía por Emisión de Positrones, combinada con técnicas de Potenciales Evocados Relacionados a Eventos, Posner y McCandlis (1993), detectaron un incremento de la actividad de la corteza estriada del hemisferio derecho, cuando a los sujetos se les presentaron visualmente letras y palabras. Los autores reportan además que la parte más baja del lóbulo occipital izquierdo, se activó cuando los sujetos reconocieron palabras y pseudopalabras, aunque no sucedió lo mismo cuando el estímulo presentado fue una secuencia de consonantes (v.g. ptfk). Según Posner y McCandlis (1993), las palabras y pseudopalabras son congruentes con las reglas ortográficas de lenguaje y ese conocimiento está representado en términos de formas visuales abstractas. Estos investigadores especularon que este conocimiento relativo a la ortografía, sirve para sobresaltar la identidad de los grafemas que componen las palabras, produciendo el efecto de superioridad mencionado más atrás. También es factible, que esas reglas ortográficas funcionen como la información crítica para que opere de manera automática la conversión grafo-fónica, generando una entrada fonológico-visual simultánea al léxico (Nazir y Montant, 1994).

En los lectores expertos los mecanismos implicados en el reconocimiento de grafemas, y por ende en el procesamiento ortográfico de la palabra, están fuera del control consciente, es decir son automáticos. En varios casos, la automaticidad puede interferir con las respuestas necesarias para la realización de otras tareas, lo cual se evidencia por el denominado efecto *Stroop*. A los fines descriptivos basta señalar que dicho efecto se produce cuando se le pide a un individuo una respuesta determinada, teniendo que interferir con un proceso automático que toma preeminencia en la respuesta. La tarea diseñada por Stroop (1973), consistía en presentar una palabra v.g. VERDE, escrita con tinta roja. La respuesta requerida era mencionar el color con que está escrita la palabra. Básicamente, lo que se comprobó es que los sujetos tardaban mucho más tiempo en nombrar el color de la tinta con la que se escribió la palabra, que en identificar la palabra o el color por separado.

Procesamiento visoespacial y aprendizaje de la lectura

Desde hace tiempo se ha reconocido que el aprendizaje de la lectura depende del desarrollo de aptitudes verbales y perceptivo-motrices (Sawyer, 1975; Steiden, 1970). El desarrollo de

estas últimas, están ligadas al formato particular que presentan los textos, siendo estos, arreglos de símbolos presentados en un orden espacial determinado.

En un trabajo realizado por Jimenez y Artiles (1995), se resumen algunos de los aspectos más importantes sobre las investigaciones llevadas a cabo, donde se mostró que: a) la madurez visoespacial es un requisito para el aprendizaje de la lectura, b) los niños que fueron entrenados en habilidades perceptivas, tuvieron más éxito en el aprendizaje de la lectura, c) las aptitudes perceptivas visuales juegan un papel predominante en las etapas iniciales del aprendizaje de la lectura, pero superado este periodo, el desarrollo de estrategias lingüísticas y verbales adquieren preeminencia. Sobre ese último punto, Vellutino (1979), señala que la destreza en el dominio perceptivo visual y motor es importante al inicio del aprendizaje de la lectura, particularmente entre los 5 a 7 años, mientras que en los niños mayores el avance en el dominio de la lectura depende del desarrollo de estrategias cognitivas, fundamentalmente lingüísticas (una conclusión similar puede encontrarse en el trabajo de Fletcher y Satz, 1979).

La importancia de las destrezas perceptivo-visuales durante el inicio del aprendizaje de la lectura, depende de la familiaridad que tiene que alcanzar el escolar con las letras y las palabras. Según Gough (1993), la primera etapa del aprendizaje de la lectura es visual, al menos durante el tiempo que le lleva al niño aprender a reconocer las letras del abecedario. Luego, se orienta hacia las relaciones entre letra y sonido y la asimilación de la escritura al lenguaje oral. Esta posición es compartida por Ehri y Wilse (1985), quienes sostienen que el procesamiento icónico de las letras, adquiere una dimensión completamente diferente cuando el niño aprende a dominar las relaciones letras-sonidos. En ese momento, el procesamiento de palabras pasa a ser simbólico y adquiere preeminencia el significado. En este sentido, Alegria (1984), sostiene que el desarrollo de las habilidades perceptivas son importantes en tanto contribuyen a la integración audiovisual en el proceso de conversión grafo-fónico, lo cual es un factor crítico durante el aprendizaje de la lectura.

Mecanismos implicados en la dislexia visoespacial

Recapitulando lo expuesto hasta este punto, es posible afirmar que la coordinación de los movimientos oculares y las fijaciones visuales, son imprescindibles para la lectura eficaz. La variación de estos factores está condicionada por diversos elementos que deben ser

adecuadamente coordinados con el acceso al léxico, por ende el sistema oculomotor responde a complicados mecanismos que quedan bajo el control automático del sistema cognitivo. Asimismo, el procesamiento de los grafemas se subordina a la prontitud con que puedan ser traducidos a un formato fónico y por ende, asimilados al continuo del lenguaje.

Diversos estudios se han dedicado a determinar los mecanismos que predisponen este tipo de dislexia. Algunos de ellos ofrecen evidencia de fallos en tareas visoespaciales que afectan a los disléxicos y no a los lectores normales. Por ejemplo, Fisher y Weber (1990), compararon las latencias de los movimientos sacádicos en grupos de lectores normales y disléxicos en una situación de lectura controlada. Como se mostró, estos movimientos son los que realiza el lector cada vez que desplaza un punto de fijación al siguiente a lo largo del renglón. Los autores encontraron que las latencias eran más largas en el grupo de lectores disléxicos que en sus controles. Resultados similares fueron reportados por Stein y Fowler (1981), quienes compararon niños lectores disléxicos con sus controles, en tareas de seguimiento de un punto luminoso en una pantalla. En conjunto, ambos estudios muestran que los movimientos sacádicos estarían afectados en los lectores disléxicos, y que el problema no solo se evidencia en la lectura sino en otras tareas que requieran el rápido reposicionamiento del punto focal visual.

En un estudio realizado por Eden y colaboradores (1994), se combinaron los paradigmas utilizados en los estudios mencionados (lectura controlada y seguimiento de un punto luminoso en una pantalla), para comparar el rendimiento de lectores normales y disléxicos. Los resultados evidenciaron que los lectores disléxicos mostraron fallas en la estabilidad de las fijaciones, en la amplitud del margen perceptual y en la fijación al final del movimiento sacádico. Estos resultados apuntarían a destacar que los lectores disléxicos manifestarían dificultades para ejecutar los movimientos oculares necesarios para relevar de la página impresa la información visual crítica para la lectura.

Un fenómeno utilizado para estudiar la resolución visual, es el conocido como persistencia visual. La persistencia visual representa la capacidad del sistema visual para separar dos estímulos presentados en una sucesión temporal muy corta. El punto inmediato anterior en donde el sistema visual no logra separar ambos estímulos se denomina límite de fusión visual, y señala el momento en donde se tiende a percibir los dos estímulos como uno solo dado que la brecha temporal que los separa no puede ser captada. Esta

imposibilidad de detectar el espacio entre dos estímulos visuales cuando son presentados con separaciones muy breves, se debe a la persistencia de la actividad residual de la retina, producto de la imagen del primer estímulo. De este modo, cuando comienza el segundo estímulo, el sistema visual aún no ha podido adaptarse a la desaparición del primero y tiende a fusionarlo con el segundo. De allí que el punto inmediato anterior a la percepción fusionada de ellos se lo denomina umbrales de persistencia.

El factor crítico que determina el umbral de persistencia es la resolución temporal del sistema visual y mientras más aguda sea esta, más bajo será el umbral de persistencia. En un experimento realizado por Eden, y colaboradores (1996), se compararon grupos de lectores normales y disléxicos en pruebas de persistencia visual, encontrando que estos últimos evidenciaban umbrales más altos que los primeros. En un estudio similar Martin y Lovegrove (1987) compararon el rendimiento de lectores normales y disléxicos en una prueba de fusión de estímulos destellantes. En dicha prueba se les presentaba a los individuos dos estímulos luminosos separados por una amplia brecha temporal, la cual se disminuía progresivamente hasta que las personas reportaban percibir un solo estímulo. Los resultados mostraron que los umbrales de fusión del grupo de lectores disléxico era más alto que el de los lectores normales (resultados similares fueron reportados por Stanley y colaboradores, 1983). Estos resultados destacan que otro tipo de dificultad de los disléxicos, radica en la imposibilidad de procesar de manera rápida y eficaz la información que implica un ordenamiento temporal en su presentación.

Otros estudios, se han dedicado a determinar dónde se ubicaría el deterioro en el sistema visual, responsable de los fallos evidenciados en pruebas y paradigmas donde los disléxicos muestran un rendimiento inferior a los lectores normales. La evidencia apunta a las vías y estaciones de relevo durante el tránsito de información desde la retina a los centros corticales (Eden y colaboradores 1996, 1994; Fisher y Weber, 1990; Martin y Lovegrove, 1987; Stein y Fowler 1981).

En líneas generales, estas vías se forman de los axones que parten de las células de la retina, y luego de atravesar el quiasma óptico arriban a los cuerpos geniculados laterales del tálamo. De allí, los axones que forman la vía visual se dirigen a la corteza visual primaria, en donde existe un mapa completo de la retina. Adyacente a ésta se encuentran las

áreas corticales denominadas extraestriadas que procesan la información visual de orden superior (Kandell, Jessell y Schwartz, 1997).

Las diferentes porciones de las cortezas extraestriadas procesan distinto tipo de información porque reciben distintas proyecciones de la retina. En esta última estructura existen células ganglionares de dos tamaños: a) grandes, denominadas magnocelulas y que forman el *sistema M*, y b) pequeñas, denominadas parvocelulas que forman el *sistema P*. El sistema M proyecta a las capas magnocelulares de los cuerpos geniculados laterales del tálamo, mientras que el sistema P, proyecta a las capas parvocelulares de ese cuerpo.

Estos dos grupos de capas dan lugar a tres vías, dos de las cuales parten del sistema parvocelular y la restante del sistema magnocelular. Una de las vías del sistema parvocelular atraviesa las capas V1, V2 y llega a la capa V4 de la corteza visual, que contiene gran cantidad de células sensibles al color. La vía finalmente termina en la corteza temporal inferior, área que está implicada en el procesamiento del color y la forma. La segunda vía originada en el sistema parvocelular, sigue el mismo recorrido que la anterior y termina también en la corteza temporal inferior. Este segundo sistema es sensible al contorno, la orientación de las imágenes, los detalles, la forma y la profundidad. Es de señalar que en su tránsito por la capa V1, esta vía recibe una pequeña contribución del sistema magnocelular.

La vía magnocelular parte de las capas magnocelulares de los núcleos geniculados, atraviesa las capas V1 y V2 y termina en el área V5 de la corteza temporal media. Esta vía se especializa en el procesamiento de la información referida al movimiento, las relaciones espaciales entre objetos y la percepción de la profundidad, (Clarke y Miklossy, 1990; Kaplan y Shapley, 1982; Zeki, 1991; una revisión detallada puede encontrarse en Kandell, Jessell y Schwartz, 1997).

Los estudios funcionales determinaron que la actividad de ambos sistemas es distinta, siendo transitoria la del sistema M, y sostenida la del sistema P (Cheng y colaboradores, 1995; Watson y colaboradores, 1993; Corbetta y colaboradores, 1990; Tootell y colaboradores, 1995). Aunque las vías interactúan en varios puntos en su recorrido a las cortezas extraestriadas, desde el aspecto funcional se sostiene que la información visual se mantiene segregada. En la corteza, la construcción de las imágenes complejas se realiza mediante la integración de la información que aportan ambas vías.

Para ello, los procesos atencionales juegan un papel muy importante, en tanto influyen en la manera en que los grupos independientes de neuronas que trabajan con distinta información visual, se asocian temporalmente para expresar las combinaciones concretas de las propiedades del campo visual en un momento dado (Treisman, 1986). Esto es particularmente notorio en la lectura, dado que cada nuevo punto de fijación en el texto, cambia radicalmente el tipo de información a ser procesada. De ello se deriva que cualquier distorsión en el campo visual, puede traer aparejada dificultades para el procesamiento de los grafemas o de la configuración global de las palabras.

Como se mencionó anteriormente, varios intentos fueron realizados para determinar la localización del deterioro causante del magro rendimiento de los disléxicos en pruebas de lectura controlada y otros paradigmas afines. Por ejemplo, Livingston y colaboradores (1991), compararon el rendimiento de lectores normales y disléxicos, en tareas de detección de estímulos visuales de movimiento rápido; encontraron que los tiempos de reacción del primer grupo fueron significativamente inferiores a los del segundo. Compararon también los registros de los potenciales evocados de las áreas V5 de la zona temporal media, encontrando que este parámetro estaba disminuido en los individuos disléxicos en comparación con sus controles. Los estudios post-mortem realizados en algunas de las personas disléxicas que tomaron parte en ese estudio, demostraron la existencia de anomalías en las capas magnocelulares de los núcleos geniculados laterales, siendo pequeños y de apariencia desorganizada los cuerpos celulares en estas zonas.

Por su parte, Eden y colaboradores (1996) utilizaron la técnica de resonancia magnética funcional, para monitorear la actividad de la zona temporal media de individuos disléxicos y normales durante la ejecución de tareas de detección de estímulos visuales en movimiento. Los resultados revelaron que ante la presentación de esos estímulos, los disléxicos no mostraron una marcada activación de estas áreas.

Como se mencionó, la actividad del sistema P (sostenida), es paralela a la del sistema M (transitoria), y la información aportada por ambos no se superpone hasta que llega a la corteza, dado que cuando tiene preeminencia la actividad de uno, se suprime la actividad del otro. Esta forma de funcionamiento secuencial y en paralelo, permitiría mantener separada la información tratada en los dos sistemas durante una sucesión determinada de fijaciones visuales; la integración de la información tendría lugar en la

corteza visual. Si por alguna razón la información de ambos sistemas no puede ser separada, se produciría una confusión visual, cuya manifestación más evidente durante la lectura sería la percepción sobrepuesta de las letras y la no diferenciación en la orientación de las mismas (esta hipótesis fue postulada originalmente por Bretmeyer y Ganz, 1974 y revisada posteriormente en diversos trabajos; para una revisión véase Eden y colaboradores 1996).

La distorsión visual no sólo se originaría en la captación de la información relativa a los grafemas o las palabras, sino también en la compleja interacción entre las fijaciones y los movimientos oculares. Los movimientos oculares se planifican y ejecutan desde estructuras del tallo cerebral, siendo la más importante el colículo superior, hacia donde los sistemas P y M envían proyecciones. Desde esa estructura se selecciona el sitio donde se posicionará la fijación visual, y los movimientos sacádicos se programan en base a esa información. Por otro lado, el colículo superior envía proyecciones hacia los campos oculares frontales y hacia la corteza parietal posterior, estructura que se encarga de dirigir los procesos atencionales visuales (Posner 1980, Wurtz, y colaboradores 1982). A la corteza parietal derecha también arriban proyecciones del área temporal media, por lo cual se ha atribuido a esta zona la compleja función de mantener la constancia espacial.

Si los movimientos oculares no se programan adecuadamente, la constancia perceptual se deteriora y el sujeto tiende a percibir a los objetos estáticos de una manera fluctuante, de modo que el cerebro señalaría un movimiento cuando éste en realidad no existe. La distorsión entre la información procesada en los centros superiores y la que está siendo aportada por el estímulo entrante al sistema visual, provoca que las latencias en los movimientos sacádicos sean anormales y se produzcan deficiencias en el control de las fijaciones visuales (Eden, y colaboradores 1994; Fisher y Weber, 1990). De este modo, Eden y colaboradores (1996), sostienen que la disparidad entre las señales generadas en la retina y la que se procesa en los centros superiores, puede provocar movimientos oculares inapropiados y una concomitante distorsión de la información visual.

Finalmente, algunos autores han señalado que las distorsiones producidas en el sistema magnocelular, atentan contra importantes mecanismos atencionales en la lectura. Los fundamentos en esta línea de investigación se centran en que una de las áreas principales de salida del sistema magnocelular, es la corteza parietal, la cual recibe

aferencias de los núcleos geniculados laterales, a través de las capas V3 y V5 de las cortezas extraestriadas. Las funciones asociadas al área visual parietal son la atención e integración de información visoespacial, las cuales son consideradas esenciales para la lectura. La evidencia que sostiene esa afirmación, proviene de investigaciones que han demostrado que ciertos deterioros de la corteza parietal forman parte del síndrome disléxico (Stein y Walsh, 1997), y que ciertos déficits atencionales en la dislexia evolutiva se asemejan a aquellos observados en la dislexia adquirida, los cuales han sido asociados a daños en la corteza parietal (Valdois, Gerard, Vanault, y Dugas, 1995).

Los trabajos descritos hasta aquí, han sido realizados en su mayoría en personas adultas normales y disléxicos. Iles, Walsh y Richardson, (2000), realizaron un experimento donde se comparó el rendimiento de niños lectores normales y disléxicos, en tareas de búsqueda serial en arreglos visuales complejos, similares a los utilizados en los experimentos descritos anteriormente. Según los autores, la resolución de las tareas requería de la atención focal y el agrupamiento de rasgos, funciones normalmente asociadas a la actividad de la corteza parietal. Los resultados demostraron que los niños disléxicos evidenciaron un rendimiento significativamente inferior al de sus controles, de allí que los autores concluyeron que el deterioro producido en las zonas que controlan la atención, alterarían las funciones de búsqueda de información visual. Este hallazgo les permite sugerir que las anormalidades del sistema M se extiende más allá del área temporal media, dando como resultado un déficit similar al observado en pacientes con daños en las funciones atribuidas a la corteza parietal.

Comentarios finales

En un lector experto, el reconocimiento de palabras es automático; en tal sentido reconocer e identificar una palabra en un texto no es una tarea que demande de la atención, en cambio, el procesamiento de orden superior del texto tal como el de la estructura sintáctica, es el aspecto que demanda la mayor parte de la capacidad atencional. El reconocimiento de palabras que forman el vocabulario visual de una persona hace que el tiempo que lleva asociar la palabra al complejo entretejido de significados pueda resultar irrelevante. De

hecho, un lector experto ha desarrollado una estructura cognitiva tal que le facilita la tarea de captar patrones o configuraciones ortográficas, y por tanto no procesa la palabra serialmente letra por letra. Esta estructura cognitiva se desarrolla y afianza con la práctica de la lectura y de hecho, le confiere a ésta velocidad y precisión. Por ello, en los lectores avanzados la velocidad de procesamiento del texto está más influida por la temática que por la disposición de las palabras. En investigaciones que emplearon el método de tiempo-respuesta, se ha encontrado que el tiempo necesario para reconocer un ítem presentado visualmente es de alrededor de 400 milisegundos, sea que dicho ítem sea una palabra o una pseudopalabra. El tiempo de respuesta aumentó cuando la pseudopalabra no seguía reglas sintácticas concordantes con el idioma (v.g. en español podría ser una sucesión de consonantes). Empleando métodos de decisión léxica categorial, es decir aquellos en donde se requiere que el sujeto clasifique una serie de ítems de acuerdo a si éstos pertenecen o no a una categoría dada –por ejemplo: animales– se encontró, que el tiempo de respuesta aumentaba cuando el ítem presentado no era sobresaliente para esa categoría; por ejemplo, en la categorización de animales la palabra CRUSTÁCEO, incrementaba el tiempo de reconocimiento a 700 ms. comparada con la presentación de la palabra CABALLO, cuyo tiempo de reconocimiento era de 500 ms. En consonancia, los resultados presentados muestran que la pronunciabilidad de la palabra y su dominancia semántica son las que controlan principalmente el sistema visual durante la lectura.

Contra la artificialidad de las situaciones de medición planteadas por las técnicas anteriores, se propuso que la lectura debe ser estudiada en una situación realista, esto es, con textos y no con palabras sueltas presentadas en pantallas. En esta nueva forma de medir la lectura, se les daba a sujetos expertos diversos textos y se evaluaba cuantas palabras podían leer por minuto. Las estimaciones más precisas daban cifras de 300 palabras por minuto, es decir 5 por segundo, lo cual arroja un promedio de 200 ms. por palabra. Nuevamente, el tiempo de procesamiento de palabras aumentó proporcionalmente con la complejidad temática del texto, lo cual se interpretó en el mismo sentido que se hizo con las pruebas de laboratorio (para una revisión de estos resultados ver Rayner y Pollatsek, 1989).

Los resultados anteriores mostrarían que en los sistemas alfabéticos es razonable pensar que las letras o grafemas son las unidades naturales en la percepción de palabra, por tanto el cerebro se especializa para que el reconocimiento de palabras sea lo más rápido y

automático posible; en consecuencia la mecánica de la lectura hace que se liberen los recursos atencionales y mnémicos para emplearse en otras instancias más complejas, tal el caso de la sintaxis o la semántica.

Bibliografía

- Alegria, J. (1984). Estructura del lenguaje, alfabeto y aprendizaje de la lectura. En M. Filomeno y col. Nuevas perspectivas sobre la representación escrita del niño. Barcelona, IME/ICE.
- Anderson, R. (1994). Role of the Reader's Schema in Comprehension, Learning, and Memory. In Ruddell, R. B., Ruddell, M. R., Singer, H. (Eds.). Theoretical models and processes of reading, 4th ed. (pp.469-482). Newark, DE: International Reading Association.
- Campbell, F. W. y Wurtz, R. H. (1978). Saccadic Omission: Why we do not see a grey-out during a saccadic eye movement. *Vision Research*, 18, pp: 1297 – 1303.
- Clarke, S. y Miklossy, J. (1990). Occipital cortex in men: organization of colossal connections, related myeloid and cytoarchitecture and putative boundaries of functional visual areas. *Journal of Comparative Neurology*, 298, 188-214.
- Coltheart (1981). Disorder of reading and their implications for models of normal reading. *Visible Language*, 15, 245 – 286.
- Corbetta, M. Miezin, F. Dobmeyer, S. Schullman, G. L. y Petersen, S. E. (1990). Attentional modulation of neural processing of shape, color, and velocity in humans. *Science*, 248, 1556-1559.
- Cheng, K. Fujita, H. Kanno, L. Miura, S. y Tanaka, K. (1995). Human cortical regions activated by wide-field visual motions: An H2 150 study. *Journal of Neurophysiologia*, 74, 413-427.
- Crowder, R. (1982). *The Psychology of Reading*. New York: Cambridge University Press (Trad. castellana, Madrid: Alianza, 1985).
- Eden, G. F. Stein, J. F. Wood, H. M. y Wood, F. B. (1994). Differences in eye movement and reading problems in dyslexics and normal children. *Vision Research*, 34, 1345-1358.

- Eden, F. G. VanMeter, J. W. Rumsey, J. M. Maisog, J. M. Woods, R. P. y Zeffiro, T. A. (1996). Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, 382, 66-69.
- Eden, G. F. VanMeter, J. W. Rumsey, J. M. y Zeffiro, T. A. (1996) The visual deficit theory of developmental dyslexia. *Neuroimage*, 4, 108-117.
- Ehri L. C. y Wilse, L. S. (1985). Movement into reading: Is the first stage of printed word learning visual or phonetic? *Reading Research Quarterly*, 20, 163 – 179.
- Fischer, B. y Weber, H. (1990). Saccadics reactions time in dyslexics and age matched normal subjects. *Perception*, 19, 805-818.
- Fletcher, M. J. y Satz, P. (1979). Unitary deficit hypothesis of reading disabilities: has Vellutino led us astray?. *Journal of Learning Disabilities*, 12, 155 – 171.
- Gough, P. B. (1993). The beginning of decoding. *Reading and Writing: An interdisciplinary Journal*. 5, 181-192.
- Haberlandt, K. (1994). Methods in reading research. In: M.A. Gernsbacher (ed.), *Handbook of Psycholinguistics*. San Diego, CA: Academic Press.
- Iles, J.; Walsh, V. y Richardson, A. (2000). Visual search performance in dyslexia. *Dyslexia*, 6, 163-177.
- Jacobs, A. M. y Grainger, J. (1992). Testing a semi-stochastic variant of the interactive activation model in different word recognition experiments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1174 – 1188.
- Kaplan, E. y Shapley, R. M. (1982). X and Y cells in the lateral geniculate nucleus of macaque monkeys. *Journal of Physiology*, 330, 125-143.
- Jimenez, J. y Artiles, C. (1995). *Cómo prevenir y corregir las dificultades en el aprendizaje de la lectoescritura*. Madrid, Editorial Síntesis. Segunda reimpresión.
- Kandel, E. R. Jessell, T. M. y Schwartz, J. H. (1997). *Neurociencia y conducta*. Madrid Editorial Prentice Hall.
- Livingston, M. Rosen, G. D. Drislane, F. W. y Galaburda, A. M. (1991). Physiological and Anatomical evidence for magnocelular deficit in developmental dyslexia. *Proc. Natl. Acad. Scienc. USA*. 88, 7943-7947.
- Martin, F. y Lovegrove, W. (1987). Flicker contrast sensitivity in normal and specifically disabled readers. *Perception*, 16, 215 – 221.

- McConkie, G. W. y Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 17, 578 – 586.
- Nazir, T. A. O'Regan, J. K. Y Jacobs, A. M. (1991). On words and their letters. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 171 – 174.
- Nazir T. A. Y Montant, M. (1994) Les etapes de traitement précoces dans la reconnaissance visuelle des mots. En Gregoire, R. & Pierart, S. (Eds.) *Evaluer les troubles de la lecture*. Broxelles De Boeck.
- Plaut, D. C. McClelland, J. L. Seidenberg, M. S. y Patterson, K. (1996) Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, Vol 103(1), Jan 1996, 56-115.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I. y McCandliss, B. D. (1993). Converging methods for investigating lexical access. *Psychological Science*, 4, 305-309.
- Rayner, K. y Bertera, J. H. (1979). Reading without a fovea. *Science*, 206, 468 – 469.
- Rayner, K. y Pollatsek, A. (1989) *The psychology of reading*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- Stanley, G. Smith, G. A. y Howell, G. A. (1983). Eye movements and sequential tracking in dyslexics and control children. *British Journal of Psychology*, 74, 181-187.
- Stein, J. F. y Fowler, M. S. (1981). Visual Dislexia. *Trends in Neuroscience*, 4, 77 – 80.
- Stein, J.F. y Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuroscience*, 20, 4, pp: 147–152.
- Tootell, R. B. Reppas, J. B. Kwong, K. Malach, R. Born, R. T. Brady, T. J. Rosen, B. R. y Belliveau, J. W. (1995). Functional analysis of human MT and related visual cortical areas using magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, 15, 3215-3231.
- Treiman, R. A. (1986). Features and objects in visual processing. *Scientific American*, 255 (5), 114-125.
- Valdois, S. Gerard, C. Vanault, P. y Dugas, M. (1995). Peripheral developmental dyslexia: a visual attentional account. *Cognitive Neuropsychology*, 12, 31-67.
- Vellutino, F. R. (1979). *Dyslexia: Theory and Research*. Cambridge, M. A. MIT Press.

- Watson, J. D. Myers R. Fracowiack, R.S. Hajnal, J.V. Woods, R.P. Mazziota, J.C. Shipp, S. y Zeki, S. (1993). Area V5/MT, in human brain: evidence from combined study using positron emission tomography and magnetic resonance imaging. *Cortex*, 3, 79-94.
- Wurtz, R. H. Goldberg, M. E. y Robinson, D. L. (1982). Brain mechanisms of attention. *Scientific American*, 246, 124-135.
- Zeki, S. M. (1991). Cerebral akinetopsia (visual motion blindness): A review. *Brain*, 114, 811-824.