



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# **Influencia de la percepción global del movimiento en la lectura.**

Autora:

María Pilar Morte Palacios

Directores:

Jorge Ares García

Sara Perchés Barrena

Facultad de ciencias / Curso académico 2019-2020

# ÍNDICE

---

**RESUMEN · 2**

**1. INTRODUCCIÓN · 3**

- 1.1. Vías visuales parvocelular y magnocelular · 4
- 1.2. Movimientos oculares y la lectura · 6
- 1.3. Percepción de movimiento global y la lectura · 8

**2. OBJETIVOS · 9**

**3. MATERIAL Y MÉTODOS · 9**

**3.1. Participantes · 9**

**3.2. Criterios de inclusión y exclusión · 10**

**3.3. Variables del estudio · 10**

**3.4. Diseño del estudio · 10**

**3.5. Procedimientos del estudio · 11**

- 3.5.1. Agudeza visual en visión próxima · 11
- 3.5.2. Estereopsis en visión próxima · 11
- 3.5.3. Percepción del movimiento coherente · 11
- 3.5.4. Prueba de habilidades visuales perceptivas (TVPS) · 12
- 3.5.6. Developmental Eye Movement test (DEM) · 13

**3.6. Análisis estadístico · 16**

**4. RESULTADOS · 16**

- 4.1. Descripción de la muestra · 16
- 4.2. Diferencias entre grupos · 18
- 4.3. Relación entre movimientos oculares, variables lectoras y percepción de movimiento · 20
- 4.4. Parámetros asociados a la velocidad lectora · 22

**5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES · 23**

**Anexo I: Referencias · 26**

**Anexo II: Hoja de información y consentimiento informado · 29**

## RESUMEN

El propósito de este trabajo fue conocer la asociación entre la percepción global del movimiento y la velocidad de lectura en niños sanos con edades comprendidas entre 7 y 9 años. Se incluyeron un total de 26 participantes, de los cuales el 57.7% eran mujeres. Se incluyeron sujetos con visión binocular normal y una agudeza visual decimal superior a 0.90 en visión próxima. Los participantes con diagnóstico de dislexia fueron descartados. El estudio se llevó a cabo por el mismo profesional, en el mismo colegio dónde se encontraban los pacientes, de forma individualizada y con una duración aproximada de 30' por paciente. Los resultados mostraron que la percepción global del movimiento estaba correlacionada con la velocidad de lectura, principalmente, cuando la sensibilidad del movimiento se medía con un número de puntos coherentes elevado (40%). No obstante, la velocidad lectora también estaba asociada con la discriminación visual deficiente y la eficiencia de los movimientos sacádicos necesarios para lectura. A su vez, a mayor coherencia de puntos, mayor correlación se encontraba con la discriminación visual y con la deficiencia de movimientos sacádicos. Nuestros hallazgos apoyan la hipótesis de que la percepción global de movimiento, aunque en menor medida que la discriminación visual, está asociada a la velocidad lectora.

Palabras clave: sistema magnocelular, aprendizaje, visión infantil, movimientos oculares, aprendizaje.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el aprendizaje, el sistema visual es uno de los sistemas más importantes, aunque la población todavía no se encuentra sensibilizada con dicha importancia (1). A lo largo del día, nuestro cerebro recibe mucha cantidad de información que debe procesar y el 80% de esa información proviene del sistema visual, por lo que un mal funcionamiento de nuestro sistema visual puede acarrear diversas dificultades y/o sintomatología que disminuyen nuestro rendimiento, ya sea académico, laboral o deportivo (2).

Centrándonos en el aprendizaje, el número de fracasos escolares en España supera la media europea (3). El fracaso escolar es la incapacidad de alcanzar el rendimiento establecido por los centros educativos autorizados. Se sabe que aproximadamente el 30% de estos fracasos no están relacionados con sus capacidades o su inteligencia (3).

En el caso del aprendizaje, la visión es muy importante sobre todo para la lectura y la escritura. Si hablamos de la lectura, se necesita captar lo que son las correspondencias que existen entre los sonidos del lenguaje (los fonemas) y los símbolos visuales que usamos para representarlos (los grafemas). Se requiere esta habilidad especialmente durante el período del aprendizaje de la lectura, pero también más tarde, cuando el lector adulto debe leer palabras desconocidas o pseudopalabras. Ya se han visto en distintos estudios que las dificultades de aprendizaje de la lectura no son únicamente causadas por una agudeza visual deficiente o un problema refractivo sin corregir, sino que se deben considerar otras habilidades visuales que pueden ocasionar sintomatología como visión doble, cefalea, visión borrosa, inestabilidad de las letras, pérdidas de lugar al leer, entre otros (4). Algunas de estas habilidades visuales más conocidas y valoradas son: los movimientos oculares (fijaciones, seguimientos y sacádicos), la acomodación, la estereopsis, la visión del color, la sensibilidad al contraste y diferentes habilidades de la percepción visual, como por ejemplo la discriminación visual, la memoria visual, figura-fondo, entre otras. Lo que no es tan común valorar dentro de las habilidades de percepción visual es la percepción global del movimiento.

Cuando hay una dificultad para el aprendizaje de la lectura, una de las cosas que se intenta descartar es la dislexia. Hay muchos estudios sobre la dislexia y todos ellos llegan a la conclusión de que no es un problema puramente fonológico, como ya se ha mencionado anteriormente, sino que el sistema visual como primer sistema de entrada en la lectura también tiene implicaciones y disfunciones que interfieren (5-7). Entre las alteraciones encontradas en dichos estudios podemos encontrar dificultades para la percepción visual, el contraste, la percepción global de movimiento, los movimientos oculares y la organización visoespacial. También han visto una diferencia anatómica entre las dos rutas del sistema visual, el parvocelular y el magnocelular, conceptos que se desarrollarán en la sección 1.1. de este trabajo (6, 8).

Con este trabajo se ha querido profundizar en la percepción global del movimiento; qué dificultades y/o alteraciones visuales conlleva para el aprendizaje de la lectura. La dislexia, entre otros síntomas, presenta alteración visual en la habilidad de percepción del movimiento

(5-7) pero, también es verdad que cualquier persona puede tener esta habilidad disminuida sin estar diagnosticada de dislexia y que le esté interfiriendo en el aprendizaje de la lectura. Lo mismo ocurre con la dificultad en los movimientos oculares y/o en la percepción visual, habilidades que, una vez se trabajan, se normalizan y desaparecen las dificultades para la lectura.

### 1.1. Vías visuales parvocelular y magnocelular

El ojo humano es un órgano sensorial encargado de captar la luz lo mejor focalizada posible en su retina para que se pueda procesar la imagen con mayor calidad y la visión comienza cuando los rayos de luz inciden en la retina. Esta señal que reciben los fotorreceptores de la retina la transforman en energía electromagnética y es enviada al cerebro a través de los nervios ópticos para continuar con el procesamiento de la información visual.

El sistema visual tiene 2 rutas, la primera y principal es la llamada ruta retino-geniculo-cortical. Esta ruta la sigue la mayor parte de los axones procedentes de la retina y van hasta el córtex visual. La segunda ruta la sigue únicamente aproximadamente un 10% de los axones de la retina y salen proyectados a diferentes áreas del encéfalo; algunas de estas áreas son los núcleos pretectales, el colículo superior, los núcleos pulvinares y el núcleo supraquiasmático del hipotálamo (9, 10).

La primera parte de la vía visual es común para todos los axones de la retina y es la parte denominada vía pre-geniculada cuyo recorrido comienza en la retina y va al nervio óptico pasando después por el quiasma óptico (donde se produce un cruce de las fibras nasales de ambos ojos mientras que las temporales continúan sin cruzarse) hasta llegar finalmente a las cintillas ópticas. Estas últimas llevarán las fibras hasta el cuerpo geniculado lateral o hacia el resto de las áreas comentadas anteriormente (11).

Como ya se ha dicho, a partir de aquí habrá diferentes rutas visuales. Una de ellas será la vía geniculo-cortical que va del cuerpo geniculado lateral (CGL) al córtex visual primario mientras que la otra ruta será la extrageniculada, en la cual los axones abandonan la ruta común antes de llegar al C.G.L. para dirigirse a otras áreas del encéfalo. Entre las áreas de la ruta extrageniculada las siguientes se consideran de mayor relevancia para este trabajo;

- **Colículos superiores:** Estos reciben información de diferentes procedencias: retina, corteza visual, médula espinal y núcleos del tronco de encéfalo. Con toda esta información está encargada de ajustar nuestra posición de cabeza y de ojos con la información que recibe de manera que se maximice la entrada de información (10, 12).
- **Núcleos motores del tronco encéfalo:** entre los núcleos motores que se sitúan en el tronco encéfalo se encuentran el núcleo del nervio oculomotor (III par), del nervio

troclear o patético (IV par) y del nervio motor ocular lateral (VI par) que inervan a los músculos extraoculares encargados de controlar los movimientos oculares (9, 10).

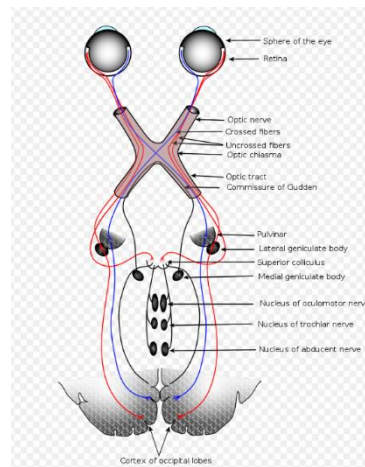


Imagen 1: ruta visual

Respecto a la vía geniculo-cortical, presenta una división marcada entre los axones de la ruta dorsal o magnocelular y la ruta ventral o parvocelular (8, 13).

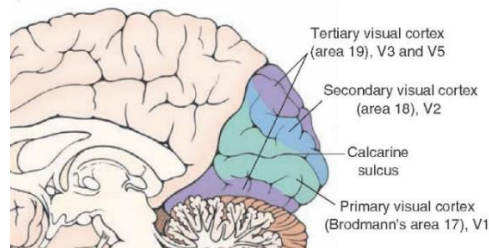
El cuerpo geniculado lateral es el primer centro donde vienen a parar los axones de la retina de la vía geniculo-cortical y hacen sinapsis con las neuronas de segundo orden cuyos axones se extienden hasta la corteza visual primaria para el ulterior procesamiento de la información retiniana. Se conoce que en el C.G.L. existe una clara separación anatómica de los axones que pertenecen a la vía magnocelular o a la vía parvocelular y siguen una ruta diferente a partir de la corteza visual primaria (8, 13).

La ruta visual principal llega hasta la corteza occipital y en ella diferentes áreas corticales visuales que son V1, V2, V3, V3A, V4, V5 y V6 y realizan un procesamiento secuencial y de paralelo entre ellas (10, 13, 14). El procesamiento paralelo se da a través de las vías parvocelular y magnocelular:

- la vía parvocelular (parvo-) o de procesamiento lento, se extiende hacia el lóbulo temporal, también llamada ruta ventral; procesa la información relativa al detalle (8, 15).
- La vía magnocelular (magno) o de procesamiento rápido, se extiende hacia el lóbulo parietal, también llamada ruta dorsal, encargada del procesamiento de la información relativa al movimiento, la localización y la organización espacial (8, 15).

De las áreas visuales mencionadas, las áreas V3A, V6 y V5 son de especial interés para la percepción y procesamiento del movimiento (16).

El área V5 responde selectivamente a distintos tipos de movimientos. Mientras que las áreas V3A y V6 son sensibles a ciertos análisis del movimiento como parecen ser la dirección y velocidad, tanto del entorno como de la misma persona.



*Imagen 2: áreas visuales en corteza occipital*

Según estudios que hablan sobre la vía magnocelular, un defecto en el área V5 puede bloquear a una persona ante una situación o lugar con mucha aglomeración y demasiados estímulos visuales ya que su cerebro no puede procesar la escena visual cambiante e inestable con la suficiente rapidez y se colapsa, a este problema se denomina akinetopsia (17).

## **1.2. Movimientos oculares y la lectura**

Los movimientos oculares llevan una ruta visual diferente y coordinada a las explicadas anteriormente. Respecto a los movimientos oculares existe una jerarquía de control neuronal dentro de cada una de las categorías funcionales de los movimientos oculares que planifica, coordina y ejecuta la actividad motora (18).

El nivel superior de esta jerarquía son los núcleos premotores del tronco-encéfalo, estos coordinan las acciones de varios músculos para ejecutar las rotaciones oculares. Estos centros de mirada dirigen la dirección, amplitud, velocidad y duración de los movimientos oculares. Para poder realizar esto, las neuronas premotoras reciben información de diferentes regiones cerebrales y se transforman los estímulos visuales sensoriales que estas zonas le aportan en órdenes motoras (18).

El segundo nivel en esta jerarquía son los núcleos motores de los nervios craneales III, IV, VI par. Las neuronas motoras de estos núcleos constituyen la última vía común para todas las clases de movimientos del ojo, siendo las proyecciones de axones de estas neuronas las que transmiten información a los músculos extraoculares para ejecutar tanto los movimientos oculares lentos como los rápidos. En esta última vía común se unen con las interneuronas de los núcleos premotores (18).

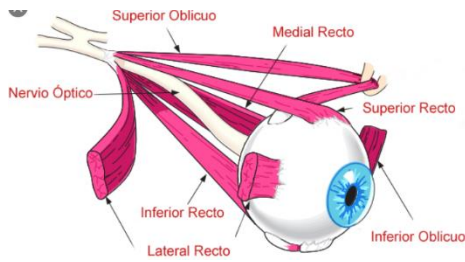


Imagen 3 Músculos extraoculares

El último nivel dentro de esta jerarquía son los tres pares de músculos extraoculares que se encargan de girar cada ojo alrededor de su centro de rotación con la información transmitida por los dos niveles anteriormente explicados (18).

Hay diferentes tipos de movimientos oculares que realizan estos músculos extraoculares y cada uno de ellos tiene una función para poder ayudarnos a fijar la imagen visual, mantenerla en nuestra fovea o conseguir desplazar el ojo para poner la imagen de interés en ella.

A continuación, se van a explicar diferentes tipos de movimientos oculares que se conocen:

- Fijación visual: mantiene la atención visual en un objeto inmóvil.
- Movimiento sacádico: Se trata de un movimiento rápido de los ojos para cambiar de objeto la fijación visual.
- Seguimientos visuales: son movimientos más continuos, suaves y lentos que los movimientos sacádicos y no deben perder al objeto que se encuentran fijando.

Durante el acto de lectura, intervienen los tres tipos de movimientos oculares y son necesarios unos movimientos oculares rápidos, coordinados y precisos. Para determinar estos aspectos y evaluar de forma objetiva la eficacia de los movimientos oculares durante la lectura se han diseñado pruebas específicas, como el “Developmental Eye Movement Test” (DEM) explicado en el apartado 2.

Además, el proceso de la lectura es complejo e intervienen factores perceptivos, léxicos, sintácticos y procesos semánticos. En concreto, el proceso de lectura consiste en identificar visualmente unos símbolos, que aprendemos como letras, colocarlas en el orden correcto y después traducirse a los sonidos que estas representan. Cuando el lector conoce la palabra porque ya la tiene en su vocabulario practicado, pueden asociar rápidamente un grupo de letras en sus sonidos. Sin embargo, cuando el niño tiene que leer palabras que todavía no ha memorizado con su memoria visual, deben secuenciar las letras para poder pronunciarlas. Esto implica que el análisis visual juega un papel muy importante en el aprendizaje de la lectura. Por ello, muchos niños con dificultades en el procesamiento visual presentan problemas de la lectura. La velocidad lectora es un parámetro que nos permite evaluar la capacidad y eficacia lectora de un sujeto y se define como el número de palabras leídas en una unidad de tiempo (19).

Las alteraciones del procesamiento visual de la ruta magnocelular, o de procesamiento rápido, pueden afectar a la lectura. Esto va a implicar dificultad para una atención visual estable, dificultades para las fijaciones en las palabras y de los movimientos oculares por las líneas del texto (20).



### 1.3. Percepción de movimiento global y la lectura

Hay estudios que describen una posible relación entre la percepción del movimiento y la lectura. La percepción del movimiento madura antes y de una manera independientemente del idioma nativo (21). El procesamiento de la información de movimiento consta de dos pasos de procesamiento: procesamiento local, donde las señales de movimiento son captadas por células que tienen campos receptivos que abarcan menos de un grado y procesamiento global, en el que se combina información de varias unidades locales de procesamiento de movimiento (22). El sistema visual debe atribuir movimientos o propiedades derivadas de los movimientos a los objetos, incluido el orden de profundidad y las relaciones con la trayectoria del perceptor. Por lo tanto, el sistema visual debe calcular los movimientos globales asociados con objetos y superficies, no solo los movimientos locales asociados con las ubicaciones de los objetos en el campo visual.

El rendimiento de la percepción de movimiento global se puede probar, por ejemplo, con una visualización de puntos aleatoria donde algunos puntos están en movimiento coherente, pero otros se mueven al azar (23). El desarrollo de mecanismos de movimiento para el cálculo de la velocidad aún se desconoce, pero los estudios en bebés indican que la sensibilidad a velocidades más lentas se desarrolla más tarde que la sensibilidad a velocidades más rápidas (24). Los procesos básicos del rendimiento de lectura y los relacionados con la percepción del movimiento se realizan en diferentes campos del cerebro. Solo la transferencia de la mirada es esencial para el proceso de lectura, así como para la percepción del movimiento. Por lo tanto, los trastornos relacionados con la transferencia de la mirada pueden conducir a problemas de percepción, incluida la lectura.

Uno de los modelos que intenta explicar la relación entre la lectura y la percepción del movimiento es la hipótesis visual magnocelular. Las funciones de la corriente dorsal son más susceptibles a las deficiencias derivadas de las alteraciones del desarrollo, porque generalmente son más plásticas que las funciones de la corriente ventral (25).

#### Prueba de percepción de movimiento de puntos coherentes

La prueba de percepción de movimiento de puntos coherentes (CDM) es una prueba para la evaluación de la percepción global del movimiento y se ha observado que activa las áreas V3A y V5 correspondientes a la vía dorsal, responsables del análisis del movimiento (16). Mediante esta prueba se consigue cuantificar la calidad de la percepción global del movimiento de una persona y mide la capacidad de discriminar el movimiento coherente dentro de un patrón de ruido con movimiento aleatorio (16).

Esta prueba consta de un porcentaje de puntos que se mueven de manera conjunta en la misma dirección y a la misma velocidad mientras que, el resto lo hacen con velocidades y direcciones aleatorias e independientes. Esta relación de puntos que se mueven de forma conjunta y puntos con movimiento aleatorio se denomina en la prueba grado de coherencia

del patrón. La prueba se puede realizar con diferentes grados de coherencia, dentro de los cuales, a menor grado de coherencia, mayor dificultad para poder percibir la dirección de los puntos que se mueven de forma conjunta. Las posibles direcciones de los puntos son: arriba, abajo, derecha, izquierda.

## **2. OBJETIVO**

En pacientes diagnosticados con dislexia se ha observado que la alteración de la percepción global del movimiento está asociada a una vía magnocelular más desorganizada y cuerpos celulares más pequeños (6) que puede influir en la velocidad y eficacia lectora.

Sin embargo, existe una carencia de estudios que analicen en personas que no padezcan dislexia, la relación entre dificultades para la lectura y su relación con problemas con el procesamiento rápido requerido para estas tareas.

En este trabajo se va a valorar la asociación entre la percepción global del movimiento y la velocidad de lectura en población infantil sin diagnóstico de dislexia, para obtener una idea de los posibles mecanismos visuales asociados a habilidades de lectura deficientes.

## **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1. Participantes**

Se evaluaron un total de 26 pacientes con edades comprendidas entre los 7-9 años. Todos los sujetos incluidos en el estudio eran emétopes (+/-0,50D esféricas;  $\pm$  0,50D cilíndricas) o corregidos con lentes de contacto o gafa, con visión binocular y una agudeza visual decimal superior a 0,90 en visión próxima.

Las medidas para el estudio se realizaron en una sala del colegio dónde se llevó a cabo el estudio, en las mismas condiciones y por el mismo examinador. La duración máxima de las medidas para cada sujeto fue de aproximadamente 30 minutos para evitar el cansancio o la fatiga y de forma individualizada.

Todos los sujetos fueron informados previamente de las pruebas a realizar y firmaron un consentimiento informado (véase anexo 1).

### **3.2. Criterios de inclusión y exclusión**

Se incluyeron niños de segundo de primaria del colegio del Salvador (Jesuitas) emétopes (+/- 0,50D esféricas;  $\pm$  0,50D cilíndricas) o corregidos con lentes de contacto o gafa, con visión binocular y una agudeza visual decimal superior a 0,90 en visión próxima.

Los criterios de exclusión fueron:

- Criterio de edad: El rango de edad escogido fue de 7 a 9 años. Es el rango de edades escogido en la mayor parte de los estudios sobre las dificultades lectoras.
- Personas con una agudeza visual decimal en visión próxima inferior a 0,9 con la mejor corrección.
- Ambliopía
- Patologías oculares y/o sistémicas conocidas
- Cirugía refractiva previa
- Diagnóstico de dislexia

Con el objetivo de descartar pacientes con posible dislexia sin diagnosticar se evaluaron las habilidades visuales de discriminación visual y orientación espacial que, según muestran los estudios sobre la dislexia, se encuentran afectadas además de los movimientos oculares y la percepción global del movimiento.

### **3.3. Variables del estudio**

Las pruebas que se utilizaron para determinar los resultados de este estudio fueron:

- Test de percepción global del movimiento
- Developmental eye movement test (DEM)
- Prueba de lectura
- Constancia de forma
- Discriminación visual

### **3.4. Diseño del estudio**

Este estudio se plantea como un estudio observacional transversal. Para la realización de las pruebas se organizó una sala dentro del colegio próxima a las aulas de los participantes. A ella se llevaron los materiales necesarios para poder llevar a cabo todas las pruebas. Dichas pruebas se realizaron siempre en horario de mañanas con una media de 4 participantes por día. Se llamó a los participantes de forma individualizada y realizaron las pruebas con una duración aproximada de 30 minutos.

Se siguió el mismo procedimiento y orden de las pruebas para todos los sujetos. El protocolo de medidas seguido con cada paciente fue:

- Anamnesis. Esta nos servirá para descartar pacientes con diagnósticos de dislexia, enfermedades oculares y/o sistémicas.
- Agudeza visual en visión próxima.
- Medida de la estereopsis
- Medida de la discriminación visual

- Medida de la constancia de forma
- Medida de los movimientos oculares con la prueba DEM
- Medida de la percepción global del movimiento con la prueba CDM

### 3.5. Procedimientos del estudio

#### 3.5.1. Agudeza visual en visión próxima

Se utilizó el equipo de evaluación Optotab Screening (office) Polar (Smarthings4vision). La agudeza visual se tomó de forma biocular a 40cm excepto si el paciente presentaba problemas binoculares que se tomó de forma monocular.



*Imagen 4 Optotab office*

#### 3.5.2. Estereopsis en visión próxima

Se realizó con el equipo de evaluación Optotab Screening (office) Polar (Smarthings4vision). Se realizó con una prueba de estereopsis adaptado para la distancia de 40cm y el tamaño de la Tablet. La prueba va mostrando niveles de estereopsis desde valores más gruesos hacia valores de estereopsis fina. El profesional debe ir marcando la respuesta que da el paciente y la prueba va ajustando los valores hasta que se da por concluida la evaluación, cuando el software reporta el valor máximo de estereopsis que ha sido capaz de identificar el paciente.

#### 3.5.3. Percepción del movimiento coherente

Se midió la percepción del movimiento coherente con la prueba integrada en el equipo de evaluación Optotab Screening (office) Polar (Smarthings4vision). Esta prueba se realiza con el paciente sentado a 50cm del monitor y luz tenue (iluminación que se recomienda para la realización de la prueba) (15).

En primer lugar, se explicó al paciente qué es lo que se iba a ver y/o percibir y la respuesta.

La prueba comenzó con una pantalla negra sobre la cual aparecía una cruz blanca de fijación en el centro de la misma (imagen 5). Esta desaparecía dando paso a un patrón circular de puntos blancos en movimiento (imagen 6) sobre el mismo fondo negro. Tras la desaparición del patrón mostrado, el paciente debía responder la dirección global de movimiento percibida. Las posibles respuestas eran: arriba, abajo, izquierda derecha. El examinador marcó en su pantalla la dirección que el paciente había reconocido y continuaba a la siguiente pantalla (imagen 7).

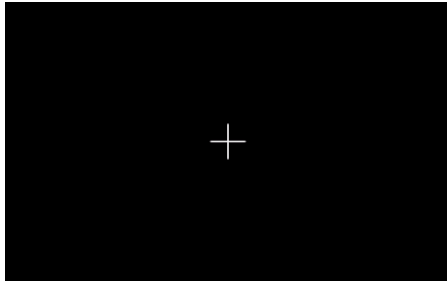


Imagen 5

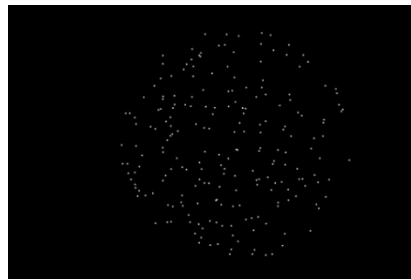


Imagen 6



Imagen 7

La prueba se realizó para 4 coherencias diferentes (10%, 20%, 30% y 40%). En total, la prueba consistió en 20 pantallas durante las cuales los grados de coherencia aparecían de forma aleatoria y no por orden de dificultad. Tras la realización de todas ellas el programa aporta los resultados (imagen 8).

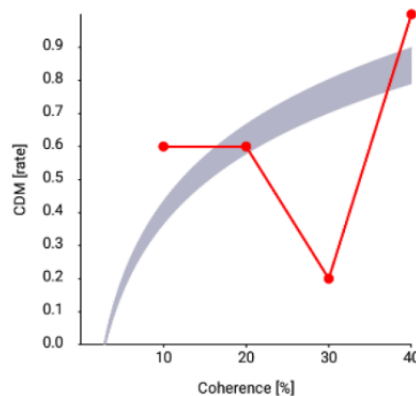


Imagen 8

En la realización de esta prueba, para evitar equivocaciones con las direcciones (derecha-izquierda, sobre todo) y asegurar una comprensión correcta de la respuesta, se adoptó la medida de que los pacientes en lugar de nombrar la dirección señalaran con la mano hacia donde identificaban el movimiento del patrón.

#### 3.5.4. Prueba de habilidades visuales perceptivas (TVPS)

Esta prueba evalúa las habilidades de percepción visual sin requerimiento de acciones motoras importantes, la cual únicamente requiere de respuesta oral o motora mínima (señalar). Las habilidades las divide en 7 subapartados: discriminación visual, memoria visual, relación visoespacial, constancia de forma, memoria visual secuencial, figura-fondo y cierre visual.



Imagen 9 TVPS

Para este estudio únicamente se utilizaron los subapartados de discriminación visual y de constancia de forma.

### 3.5.6. Developmental Eye Movement test (DEM)

El DEM es una prueba utilizada para la evaluación de la eficacia de los movimientos sacádicos para la lectura.

Para la realización de la prueba DEM, el paciente se sentó frente a una mesa en posición ergonómica, con los pies apoyados en el suelo y sin realizar movimientos de cabeza o cuerpo. El examinador sujetaba una hoja de resultados (Imagen 11) donde anotaba la edad cronológica, el grado escolar, los errores de la prueba y el tiempo transcurrido en realizar cada parte de la prueba.



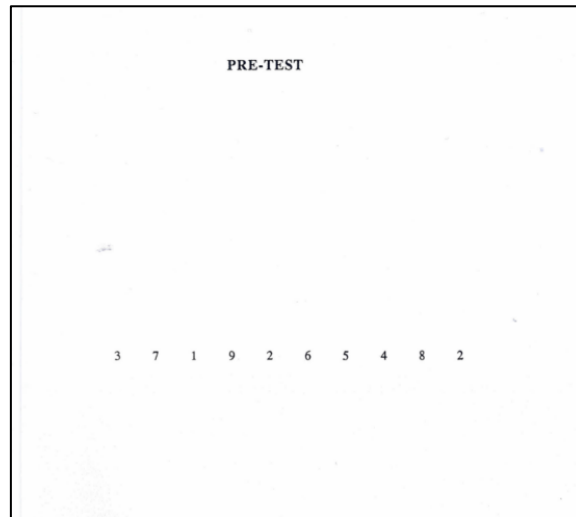
Imagen 10 D.E.M.

DEM SCORESHEET									
NAME		DOB		AGE		GRADE			
ARTICULATION PRE-TEST				Y		N		NUMBER KNOWLEDGE PRE-TEST	
a = substitution error				b = omission error		c or d = transposition error		Y N	
TEST A		TEST B		TEST C					
3	4	6	7	3	7	5	9	8	
1	5	3	9	2	5	7	4	6	
5	2	2	3	1	4	7	6	3	
9	1	9	8	7	9	3	9	2	
8	7	1	2	4	5	2	1	7	
2	5	7	1	5	3	7	4	8	
5	3	4	4	7	4	6	5	2	
7	7	6	7	9	2	3	6	4	
4	4	5	4	6	3	2	9	3	
6	8	2	3	7	4	6	5	2	
1	7	5	2	1	3	7	4	8	
4	4	3	5	4	5	2	1	7	
7	6	7	7	7	9	3	9	2	
6	5	4	4	1	4	7	6	3	
3	2	8	6	2	5	7	4	6	
7	9	4	3	3	7	5	9	8	
9	2	5	7	TIME: _____ sec					
9	3	2	5	_____ errors					
9	6	1	9	_____ errors					
2	4	7	8	ADD TIME - TIME = _____					
				_____ sec					
				ADD TIME = _____ sec					
				TOTAL TIME = _____ sec					
				ADD TIME = _____ sec					
				ERRORS = _____					
				RATIO = _____					

Imagen 11

Esta prueba está compuesta por:

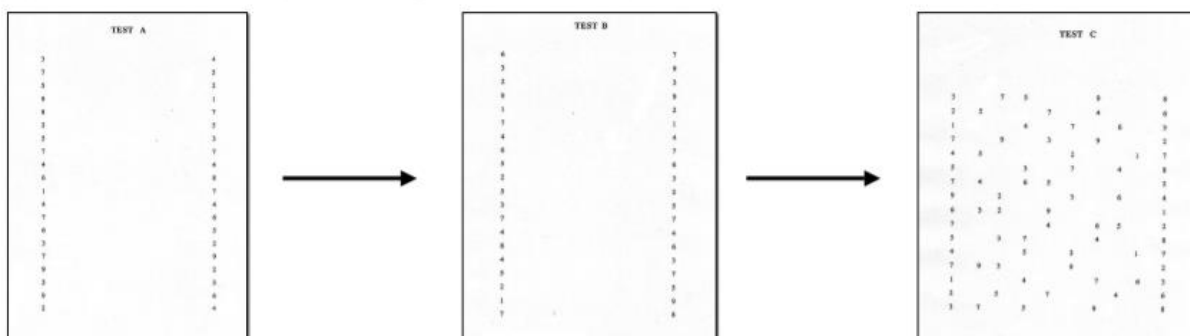
Pre-test (Imagen 12): Permite indicar la forma adecuada de contestar el test. Además de que el examinador compruebe que el paciente está preparado para poder realizar las otras partes de la prueba sin problema. Se le indica al paciente que lea la fila de números de izquierda a derecha claramente y en voz alta, lo más rápido como le sea posible. En este pretest se permite seguir con el dedo y cometer errores hasta que el niño logre comprender el procedimiento de la prueba. Si no consigue realizar el pre-test de manera satisfactoria no se puede realizar el test.



*Imagen 12*

Sub-test A y B (Imagen 13): Se pide al paciente que lea las dos columnas de números cuidadosamente de arriba a abajo, lo más rápido que pueda sin utilizar los dedos ni mover la cabeza. Se muestra el orden de lectura para el primer test y se pone el cronometro en marcha a la vez que se le indica que comience a leer, parándolo cuando termine de leer la segunda columna. Se anota el tiempo transcurrido. Se realiza el mismo procedimiento para el sub-test B.

Determina la automaticidad de la habilidad para nombrar números, en este tipo de lectura tienen menor intervención los movimientos oculomotores.



*Imagen 13*

Test C (Imagen 13): En esta parte los números están en filas y no se encuentran seguidos, sino que presentan espacios entre ellos. Se pide que lea cuidadosamente los números de cada fila como si estuviera leyendo los renglones de su cuaderno con cuidado de no bajarse de línea a causa de los espacios, de izquierda a derecha, y con saltos de una fila a otra. Se pone el cronometro en marcha a la vez que se le indica que comience a leer hasta la finalización de este.

Se evalúa la habilidad para nombrar números en sentido espacial horizontal, donde los movimientos oculomotores intervienen de manera esencial.

En esta prueba se tienen en cuenta los errores cometidos, anotando:

- Sustituciones (s), colocando un “/” si existe un error al nombrarlo.
- Omisiones (o), se coloca un círculo en cada número omitido o se redondea todo el renglón en el caso de que sea toda la fila.
- Adiciones (a) cuando añade un número se coloca una línea horizontal “-”.
- Transposición (t) cuando el número se lee fuera de secuencia, se coloca una flecha “→”.

La puntuación total se consigue a través de los siguientes parámetros:

- Tiempo vertical: Es la suma del tiempo transcurrido en realizar las pruebas A y B.
- Tiempo horizontal: Es el tiempo empleado en la prueba C teniendo en cuenta los errores cometidos, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Adjusted Horizontal Time} = \text{Test C time} \times [80 / (80 - o + a)]$$

- Ratio DEM: Se determina al dividir el tiempo horizontal sobre el tiempo vertical. Es una conveniencia métrica para evaluar ambos tiempos de manera simultánea y poder clasificar el resultado obtenido en la prueba entre IV tipos de disfunción que son las siguientes:
  - Tipo I: Tiempo normal horizontal y vertical. No alteración.
  - Tipo II: Tiempo normal en vertical y elevado en horizontal. Característico de disfunción oculomotora.
  - Tipo III: Tiempo alto tanto en horizontal como en vertical pero un valor de ratio normal. Representa casos con dificultad para la automaticidad, pero no para la oculomotricidad.
  - Tipo IV: Tiempo horizontal y vertical alto y un valor de ratio elevado. Este es una combinación del tipo II y III, es decir, alteración de la automaticidad y de la oculomotricidad.



Para nuestro estudio, consideraremos como resultado de alteración oculomotora en el DEM a los pacientes que presenten Tipo II o IV.

La elección de esta prueba para la evaluación del rendimiento oculomotor fue basada en estudios que demuestran que presenta fiabilidad y congruencia entre, los resultados obtenidos en la prueba y la sintomatología o no sintomatología del paciente (26).

En cambio, hay que tener especial cuidado con esta prueba, porque está demostrada la mejora de los resultados de la prueba únicamente por repetición del mismo y no por mejora o entrenamiento de las habilidades implicadas para la realización del mismo (27). Por ello, la prueba debe ser realizada por una persona clínica (formada y especializada) de forma aislada y no repetitiva para poder llegar a un diagnóstico o supervisión de la eficacia del entrenamiento que se esté llevando a cabo sobre la disfunción de los movimientos oculares (26).

### **3.6. Análisis estadístico**

Los análisis estadísticos se realizaron en R (versión 3.6.1) y RStudio (versión 1.2.1335). El análisis exploratorio y la visualización de los datos se realizó con el paquete ggplot2. Se describieron las variables demográficas y las clínicas utilizando medias y desviaciones estándar para variables continuas y frecuencias para variables categóricas. Las características de los grupos se compararon con la prueba exacta de Fisher para variables categóricas y con la prueba U de Mann-Whitney para variables cuantitativas, ya que la mayoría de las variables no seguían una distribución normal, según la prueba de Shapiro-Wilks. Para los análisis de correlación se calculó la r de Pearson y las variables que correlacionaban de forma moderada con la velocidad lectora se introdujeron en modelos de regresión lineal como variables independientes, utilizando la velocidad lectora como variable dependiente.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Descripción de la muestra**

Se incluyeron un total de 26 participantes con una edad media de  $7.4 \pm 0.4$  años (rango: 6.9 - 8.6 años), de los cuales el 57.7% eran mujeres.

Todos los participantes presentaban una agudeza visual de 0.94 en visión próxima. Dos de los 26 participantes (7.7%) presentaron un valor atípico de estereopsis por tener un estrabismo subyacente (paciente 14: "ausente" y paciente 22: 1642") y uno de ellos un valor de estereopsis mayor de 60" (115") por insuficiencia de convergencia. Para los primeros análisis de correlación donde se tienen en cuenta todos los participantes, al paciente 14 (sin estereopsis) se le asignó un valor ficticio de estereopsis de 2000'.

Once de los participantes (42.3%) mostraban un DEM alterado, de los cuales 6 (54.5%) tenían una alteración tipo II, 2 participantes (18.2%) una alteración tipo III y los 3 restantes (27.3%) una alteración tipo IV.

Un participante (3.8%) mostraba una discriminación visual baja para su edad (paciente 12) y el valor obtenido para la constancia de forma de 4 participantes (15.4%) estaba por debajo de lo esperado, de los cuales 1 presentaba un valor muy por debajo de lo esperado para su edad (paciente 14). Sin embargo, dos participantes (7.7%) mostraron un valor de constancia de forma por encima de la normalidad. Por último, 6 de los 26 participantes (23%) presentaba una velocidad de lectura baja (< 45 palabras por minuto).

Los valores medios y las desviaciones estándar de las pruebas administradas se resumen en la Tabla 1. Brevemente, la media de la estereopsis era  $194.9 \pm 481.5''$  (rango  $57'' - 2000''$ ) incluyendo a todos los participantes, siendo la mediana  $57''$ . Tras excluir los 3 participantes que presentaban alteraciones de la visión binocular, la media pasó a ser de  $57 \pm 0''$ . En el DEM, tanto el porcentaje como el tiempo para completar la prueba eran mejores para la parte vertical que para la horizontal. En la prueba de percepción de movimiento de puntos coherentes, se observa que, a mayor coherencia, mejores son los resultados de los participantes.

Tabla 1. Medias y desviaciones estándar de las pruebas administradas

	Media $\pm$ SD
Estereopsis (segundos de arco)	$194.9 \pm 481.5$
<b>Lectura</b>	
DEM horizontal (%)	$71.2 \pm 27,4$
DEM vertical (%)	$58,9 \pm 27,3$
DEM horizontal (s)	$80 \pm 25.8$
DEM vertical (s)	$47.2 \pm 8.5$
Ratio DEM	$1.67 \pm 0.38$
Velocidad de lectura (palabras por minuto)	$73.7 \pm 27.0$
<b>Percepción y procesamiento visual</b>	
Discriminación visual	$10.3 \pm 2.42$
Constancia de forma	$7.5 \pm 2.5$
<b>Percepción de movimiento de puntos coherentes</b>	
Coherencia 10%	$0.45 \pm 0.23$
Coherencia 20%	$0.60 \pm 0.28$
Coherencia 30%	$0.78 \pm 0.20$
Coherencia 40%	$0.80 \pm 0.25$

Debido a que los valores extremos de estereopsis podrían introducir un sesgo en la correlación con la velocidad lectora, se decidió excluir a los participantes con estereopsis mayor de 60'' (pacientes 12, 14 y 22).

La Figura 1 muestra la relación entre la estereopsis frente a la velocidad lectora, incluyendo todos los participantes, donde se ha ajustado una línea de regresión. La Figura 2 muestra la misma relación tras excluir a los 3 participantes con algún tipo de alteración binocular.

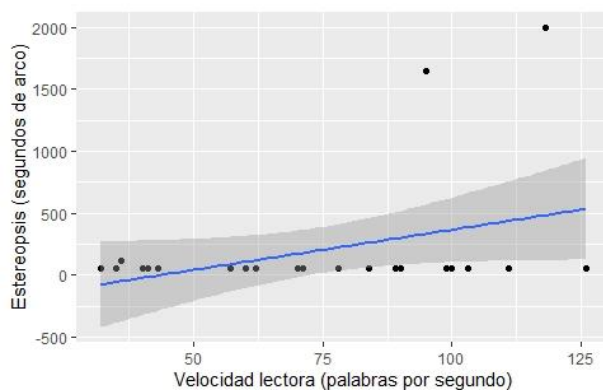


Figura 1

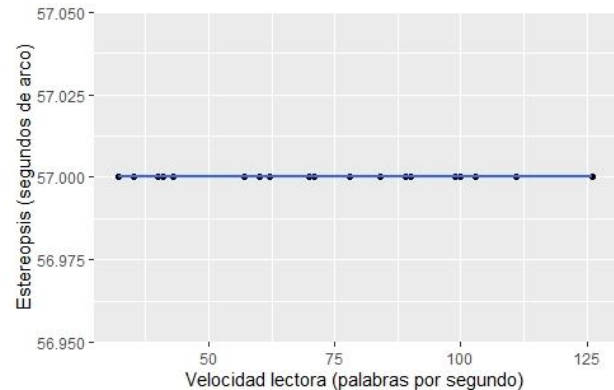


Figura 2

#### 4.2. Diferencias entre grupos

En un análisis exploratorio, los participantes se clasificaron en distintos grupos atendiendo a los siguientes criterios:

- Presencia de alteraciones en la prueba de DEM (categorizada como sí / no). En este apartado se consideran todo tipo de alteraciones en DEM, incluyendo tipo II, III y IV. Tabla 2.
- Velocidad lectora baja (punto de corte: 45 palabras por minuto). Tabla 3.
- Alteraciones en discriminación visual y/o constancia de forma en función de lo esperado para su edad (categorizado como sí / no). Tabla 4.

Mediante gráficos de densidad y la prueba de Shapiro-Wilks observamos que la mayoría de las variables no seguían una distribución normal y que las distribuciones estaban sesgadas a la derecha, exceptuando la velocidad lectora y el tiempo vertical del DEM. Por ello, optamos por utilizar análisis no paramétricos en las comparaciones grupales para obtener el p-valor.

Tabla 2. Resultados utilizando afectación DEM como variable independiente, media (SD).

	DEM normal (n=14)	DEM alterado(n=9)	p-valor
DEM horizontal (%)	83,7 (29,3)	52,1 (16,0)	<b>0,007</b>
DEM vertical (%)	76,4 (25,0)	38 (10,6)	<b>0,001</b>
DEM horizontal (s)	66,1 (29,7)	96,7 (8,7)	<b>0,005</b>
DEM vertical (s)	42,8 (8,7)	53,9 (5,5)	<b>0,000</b>
DEM ratio	1,55 (0,49)	1,81 (0,20)	0,170
Discriminación visual	11,3 (1,5)	9,3 (2,8)	<b>0,018</b>
Constancia de forma	8 (1,7)	7,6 (2,9)	0,634
Velocidad de lectura (palabras por minuto)	86,4 (25,7)	50,8 (19,6)	<b>&lt;0,001</b>
Coherencia 10%	0,47 (0,13)	0,38 (0,28)	0,296
Coherencia 20%	0,61 (0,27)	0,51 (0,29)	0,364
Coherencia 30%	0,81 (0,24)	0,67 (0,15)	0,130
Coherencia 40%	0,84 (0,29)	0,67 (0,22)	0,137

Aquellos pacientes con DEM alterado necesitaban un tiempo estadísticamente mayor para completar la prueba DEM parte vertical y horizontal comparado con los participantes sin alteración en el DEM. Aunque se observó que la media del ratio DEM era mayor en participantes con DEM alterado, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p=0.170$ ). Además, se observó que aquellos participantes que presentaban una alteración en la prueba DEM tenían una velocidad de lectura significativamente inferior que los sujetos con resultados normales en la prueba DEM. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre participantes con y sin alteración en la prueba de DEM, aquellos con alteraciones presentaban una percepción de puntos coherentes consistentemente menor, haciéndose las diferencias más notorias a mayor coherencia de puntos.

Tabla 3. Resultados utilizando velocidad de lectura como variable independiente, media (SD)

	Normal (n=18)	Alterado (n=5)	p-valor
DEM horizontal (%)	79,2 (21,3)	43,0 (18,2)	<b>0,006</b>
DEM vertical (%)	66,8 (21,9)	42,0 (31,3)	0,157
DEM horizontal (s)	72,8 (16,6)	97,0 (31,1)	0,159
DEM vertical (s)	44,8 (6,8)	55,6 (4,4)	<b>0,002</b>
DEM ratio	1,63 (0,31)	1,75 (0,56)	0,676
Discriminación visual	10,9 (2,4)	9,2 (0,8)	<b>0,023</b>
Constancia de forma	8,1 (2,6)	7,0 (1,6)	0,287
Velocidad de lectura (palabras por minuto)	81,9 (20,0)	38,2 (4,5)	<b>&lt;0,001</b>
Coherencia 10%	0,46 (0,26)	0,36 (0,09)	0,211
Coherencia 20%	0,60 (0,26)	0,48 (0,30)	0,452
Coherencia 30%	0,78 (0,18)	0,68 (0,27)	0,477
Coherencia 40%	0,83 (0,21)	0,56 (0,33)	0,139

Respecto a las diferencias observadas entre sujetos con y sin afectación de la velocidad de lectura, cabe destacar que aquellos individuos con velocidad lectora baja tardaban más en realizar la parte vertical la prueba DEM y obtenían una puntuación significativamente menor en el porcentaje de DEM horizontal. Asimismo, la discriminación visual de los participantes con velocidad lectora baja era 1 punto menor que en participantes sin alteración en la velocidad de lectura y esta diferencia era estadísticamente significativa ( $p=0.023$ ). Respecto a la percepción del movimiento de puntos coherentes, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, los valores eran consistentemente menores en el grupo con alteraciones en la velocidad lectora, en concreto, para la coherencia del 40%.

Tabla 4. Resultados utilizando afectación de la discriminación visual y/o constancia de forma como variable independiente, media (SD)

	Normal (n=19)	Alterado (n=4)	p-valor
DEM horizontal (%)	72,9 (22,9)	63,8 (38,8)	0,675
DEM vertical (%)	64,8 (21,4)	45,0 (40,8)	0,408
DEM horizontal (s)	74,1 (16,2)	97,0 (38,4)	0,320
DEM vertical (s)	46,8 (7,2)	48,7 (11,2)	0,757
DEM ratio	1,59 (0,32)	1,95 (0,47)	0,234
Discriminación visual	10,8 (2,4)	9,25 (1,0)	0,055
Constancia de forma	8,3 (2,4)	5,5 (0,6)	<b>&lt;0,001</b>
Velocidad de lectura (palabras por minuto)	76,9 (25,0)	51,25 (17,7)	0,052
Coherencia 10%	0,41 (0,24)	0,55 (0,19)	0,261
Coherencia 20%	0,58 (0,24)	0,55 (0,41)	0,900
Coherencia 30%	0,80 (0,18)	0,55 (0,19)	0,072
Coherencia 40%	0,82 (0,23)	0,55 (0,30)	0,168

Al clasificar a los pacientes en función de si presentaban una discriminación visual o constancia de forma por debajo de lo esperado para su edad, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros analizados, más allá de los test propiamente utilizados para la clasificación de pacientes, aunque la diferencia en el número de palabras leídas por minuto era de 25 menos en participantes con alteraciones en la cognición visual ( $p=0.052$ ). Cabe destacar que, a diferencia de los que no presentan alteraciones en la discriminación visual y constancia de forma, aquellos con alteraciones obtenían un resultado constante en la prueba de la percepción de puntos coherentes, para diferentes coherencias.

#### 4.3. Relación entre movimientos oculares, variables lectoras y percepción de movimiento

Se realizaron análisis de correlación para ver la relación entre las variables de motilidad ocular, velocidad lectora y percepción del movimiento de puntos coherentes.



#### 4.4. Parámetros asociados a la velocidad lectora

Posteriormente, se hizo un análisis de regresión lineal univariante para observar qué factores podrían estar asociados a la velocidad lectora y, en concreto, si el rendimiento en la percepción del movimiento coherente podría estarlo de forma significativa. El resumen de los resultados del análisis multivariante se muestra en la Tabla 5.

De aquí, concluimos que la percepción del movimiento de puntos coherentes estaba asociado a la velocidad lectora, pero únicamente los resultados de la prueba con 40% de puntos coherentes ( $p=0.039$ ), y esta solamente explicaba el 15% de la variabilidad observada en la velocidad lectora ( $R^2$  ajustada=0.15).

Asimismo, la discriminación visual estaba asociada significativamente a la velocidad lectora ( $p<0.001$ ) y un punto de diferencia en la escala de discriminación visual supone una diferencia de velocidad de lectura de 7.5 palabras por minuto. Este modelo explicaba el 42.3% de la variabilidad en la velocidad lectora ( $R^2$  ajustada=0.423). La constancia de forma no estaba asociada a la velocidad lectora.

Al analizar la asociación entre la velocidad lectora y el tiempo para completar la parte horizontal de la prueba DEM y concluimos que cada segundo de más para completar la parte horizontal del DEM suponía leer 0.58 letras menos por minuto y esta asociación era significativa ( $p=0.013$ ), explicando el 22% de la variabilidad en la velocidad lectora.

Para finalizar, se creó un modelo de regresión multivariante incluyendo como variables independientes la coherencia 40, discriminación visual y tiempo DEM horizontal y como variable dependiente la velocidad lectora. El modelo resultó ser significativo ( $p < 0.001$ ,  $R^2$  ajustada=0.50). Los resultados se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Coeficientes derivados de la regresión lineal univariante y multivariante

	$\beta$	Error estándar	t-valor	p-valor
<b>Modelos univariantes</b>				
Coherencia 40	42.79	19.4	2.20	0.040
Discriminación visual	7.53	1.82	4.14	<0.001
DEM horizontal (s)	-0.58	0.22	-2.70	0.013
<b>Modelo multivariante</b>				
Intercepto	33.8	31.1	1.086	0.213
Coherencia 40	2.77	18.6	0.149	0.883
Discriminación visual	6.40	1.83	3.49	0.002
DEM horizontal (s)	-0.39	0.21	-1.9	0.071

Según estos resultados, la percepción de movimiento con 40% de puntos coherentes no estaba asociado a la velocidad lectora tras controlar por el efecto de la discriminación visual y los movimientos oculares horizontales para la lectura. No obstante, aunque los diagnósticos del modelo fueron aceptables, cabe destacar que la muestra es pequeña para sacar resultados concluyentes.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo hemos contrastado la hipótesis de que la percepción global del movimiento está asociada a la velocidad de lectura en sujetos sin dislexia, concluyendo que existe cierta relación entre ambas. Encontramos que los sujetos con baja percepción global del movimiento, a pesar de tener habilidades de lectura reducidas, también mostraban una discriminación visual deficiente y movimientos sacádicos necesarios para lectura deficientes. En conjunto, estos hallazgos respaldan la opinión de que la percepción global del movimiento y las habilidades lectoras podrían estar indirectamente relacionadas a través de otro mecanismo común, o que el mal procesamiento del movimiento es solamente uno de los muchos factores que contribuyen a las dificultades de lectura. Asimismo, observamos que la relación entre la percepción global del movimiento y la velocidad de lectura estaban relacionadas cuando la sensibilidad del movimiento se medía con un número de puntos coherentes elevado (40%) y que, a su vez, a mayor coherencia de puntos, mayor correlación se encontraba con la discriminación visual y con la deficiencia de movimientos sacádicos.

A lo largo de la historia ha habido diferentes teorías sobre este tema, una de ellas fue en 1976, de los investigadores En los años 80, Lovegrove y Slaghuis,

La relación entre los déficits del procesamiento visual de estímulos transitorios y la lectura se propuso inicialmente en 1976 por los investigadores Breitmeyer y Ganz, que postularon la teoría de la persistencia visible (28). Lo que decían es que el sistema magnocelular (transitorio) inhibe al parvocelular (sostenido), de modo que, durante el movimiento de un objeto, la imagen anterior se inhibe para dar lugar al procesamiento de la imagen subsiguiente. En la década de los 80, Lovegrove et al. (29) aplicaron esta teoría de persistencia visible en la dislexia sugiriendo que durante las sacudidas que ocurren cuando los ojos se mueven a lo largo del texto escrito, el sistema magnocelular es incapaz de inhibir al sistema parvocelular, lo que resulta en imágenes persistentes que enmascaran las imágenes siguientes. Poco después, Galaburda y Livingstone (6) ofrecieron el sustrato anatómico nombrado anteriormente, que demostraba la menor cantidad de fibras y más desorganizadas en sujetos con dislexia a lo largo de la vía visual, en concreto en el cuerpo geniculado lateral. Estudios posteriores de dislexia revelaron déficits en la sensibilidad visual a estímulos transitorios y móviles en una amplia gama de condiciones experimentales (30) (31) (32) (33). Esta serie de estudios conduce a la teoría magnocelular de la dislexia, que plantea que las dificultades para aprender a leer son la consecuencia de un déficit de bajo nivel en la vía visual



magnocelular, y que este déficit se puede detectar con respuestas fisiológicas o umbrales psicofísicos a estímulos transitorios o en movimiento (34) (35). No obstante, en las últimas dos décadas se ha comprobado que una persona puede presentar dificultades de aprendizaje ocasionadas por una percepción visual reducida, un bajo desarrollo oculomotor o una alteración acomodativa sin presentar dislexia asociada (36).

El hecho de que en dislexia haya un menor número de fibras en la vía magnocelular, inhibiría la capacidad cerebral de borrar una imagen antes de que aparezca la siguiente, y por eso tienen la percepción de que las letras durante la lectura se solapan, tiemblan, bailan... La lectura es más compleja que el habla a causa de que se trata de un conjunto arbitrario de símbolos visuales que debe ser rápidamente identificado, ordenado y traducido a los sonidos que representan. Muchos de las personas con dificultades para la lectura y sin dislexia presentan problemas con el procesamiento rápido requerido para estas tareas, posiblemente debido a un leve deterioro del sistema visual magnocelular (20). Los estudios que se han encontrado parecen estar de acuerdo en admitir que la sensibilidad visual al movimiento está correlacionada con las habilidades de lectura, lo que según un estudio puede ser un indicador de predisposición a tener dificultades para el aprendizaje de la lectura. (37) Parece que los mecanismos de lectura y percepción del movimiento coherente se están desarrollando de forma progresiva y de una manera similar. Sin embargo, hay pocas pruebas de que todos los pacientes con velocidad lectora disminuida tengan una mala percepción del movimiento. (38) Además, se ha observado que sujetos con baja velocidad lectora que tienen asociada una disminución de la percepción del movimiento, pueden alcanzar igualmente una mejora muy significativa en el rendimiento lector a través de un programa de intervención de lectura, a pesar de que no mejoran la percepción del movimiento (37).

Esto pone en duda la relación causal directa entre la percepción del movimiento y las capacidades lectoras. No obstante, y en línea con nuestros resultados, se ha observado que la percepción global del movimiento se correlaciona con las habilidades de lectura. Aunque la explicación para este hecho no está del todo esclarecida, presumimos que tanto los déficits de la percepción del movimiento como las discapacidades de lectura surgen de otros mecanismos comunes, o que los déficits de procesamiento del movimiento se encuentran entre una colección de factores de riesgo correlacionados para las dificultades de lectura. Por ejemplo, la percepción del movimiento se ha medido utilizando un paradigma de toma de decisiones perceptivas, durante el cual el sistema visual acumula evidencia de juicios perceptuales. Es posible que la integración de la información de movimiento, en lugar de la detección de movimiento, se lo que está afectado en sujetos con bajas habilidades lectoras. Esto concordaría la alta asociación entre la discriminación visual y habilidades lectoras que encontramos. Aprender a reconocer correctamente las secuencias de letras, y asociarlas con su sonido y significado adecuados, podría depender de una acumulación de evidencia subyacente similar o mecanismo de toma de decisiones (39). Un déficit en la vía de procesamiento del movimiento, en la atención visual o en la red de toma de decisiones en general podrían contribuir a las dificultades de lectura durante el desarrollo.

Una de las principales limitaciones del presente trabajo es el tamaño muestral. Se estima que los análisis de regresión requieren, por norma general, diez sujetos por cada variable independiente que se introduce en el modelo. Por ello, el modelo multivariante que se propone en este trabajo necesitaría al menos 30 sujetos para que los resultados fueran robustos. Asimismo, para comprobar de forma fehaciente que la percepción global de movimiento influye en la velocidad lectora, los futuros estudios podrían centrarse en un estudio de intervención, donde a través de un programa de terapia visual se entrenase la percepción del movimiento y se observaría si la velocidad lectora y las habilidades visuales mejoran a causa de esta intervención. A pesar de estas limitaciones, este trabajo aporta información novedosa, ya que hasta la fecha no se ha publicado ningún estudio que determine la relación entre la percepción global de movimiento y la velocidad lectora en niños con agudeza visual y sistema binocular normal y sin dislexia. Nuestros hallazgos apoyan la hipótesis de que la percepción global de movimiento, aunque en menor medida que la discriminación visual, está asociada a la velocidad lectora.

# ANEXO I

## REFERENCIAS

1. **Goldstand S, Koslowe KC, Parush S.** Vision, Visual-Information Processing, and Academic Performance Among Seventh-Grade Schoolchildren: ¿A More Significant Relationship Than We Thought? *Am J Occup Ther.* 2005;59(4):377-89.
2. **Díaz Álvarez S, Gómez García A, Jiménez Garófano C, Martínez Jiménez MP.** Bases optométricas para una lectura eficaz. Madrid, Trabajo de Fin de Master del COI, 2004.
3. **Sánchez Delgado, P.** PISA 2012. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español. Resultados y contexto. Reseña. *Revista de Educacion* 365 244 246.
4. **Hussaindeen JR, Shah P, Ramani KK, Ramanujanc L.** Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies. *J Optom.* 2018 Jan-Mar; 11(1): 40–48. doi: 10.1016/j.optom.2017.02.002.
5. **Cestnick L, Coltheart M.** The relationship between language and visual processing in developmental dyslexics. *Cognition* 1999; 71: 231-55.
6. **Galaburda A, Livingstone M.** Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Ann N Y Acad Sci* 1993; 682: 70-82.
7. **Galaburda AM, Cestnick L.** Dislexia del desarrollo. *S9REV NEUROL* 2003; 36 (Supl 1):S3-S9.
8. **Ratey, JJ.** El cerebro: manual de instrucciones. Grupo Editorial Random House.
9. **Soriano Mas, C.** Fundamentos de neurociencia. Barcelona: editorial UOC; 2007.
10. **Guyton, AC.** Anatomía y fisiología del sistema nervioso. Neurociencia básica. 2ª edición. Madrid: editorial medica panamericana; 1997.
11. **Santiesteban Freixas, R.** Oftalmología pediátrica. La Habana: editorial Ciencias Médicas; 2010.
12. **Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Vollm, Wesker K. Prometheus.** Texto y atlas de anatomía. Tomo 3. Cabeza y Neuroanatomía 2ª mejorada y ampliada. ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
13. **Carpenter, MB.** Neuroanatomía: Fundamentos. 4ª edición. Madrid: Editorial medica panamericana; 1994.
14. **Livingstone MS, Hubel D.** Segregation of form, colour, movement and depth: anatomy and perception. *Science.* 1988;240:740-749.
15. **Gori S, Seitz AR, Ronconi L, Franceschini S, Facchetti A.** Multiple Causal Links Between Magnocellular–Dorsal Pathway Deficit and Developmental Dyslexia. *Cereb Cortex.* 2016;26(11):4356-4369.
16. **Braddick O, O'Brien J, Wattam-Bell J, Atkinson J, Hartley T, Turner, R.** Brain Areas Sensitive to Coherent Visual Motion. *Perception.* 2001;30:61-72.
17. **Heutink J, de Haan G, Marsman JB, van Dijk M, Cordes C.** The effect of target speed on perception of visual motion direction in a patient with akinetopsia. *Cortex* 2019;119:511-518.

18. **Skalicky, SE.** Neural Control of Eye Movements. *Ocular and Visual Physiology* 2016;251-270.
19. **Wallot S, O'Brien BA, Haussmann A, Kloos H, Lyby MS.** The role of reading time complexity and reading speed in text comprehension. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2014;40(6):1745-65. doi: 10.1037/xlm0000030.
20. **Stein, J.** Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia.* 2003;41(13):1785-93.
21. **Hayward J, Truong G, Partanen M, Giaschi D.** Effects of speed, age, and amblyopia on the perception of motion-defined form. *Vision Research-* 2011;51:2216–2234.
22. **Badcock DR, Clifford CWG, Khuu SK.** Interactions between luminance and contrast signals in global form detection. *Vision Research* 2005;45, 881–889.
23. **Braddick O, Qian N.** The organization of global motion and transparency. *Motion vision—computational, neural and ecological constraints.* 2001:86–106. Berlin: Springer.
24. **Elleberg D, Lewis TL, Dirks M, Maurer D, Ledgeway T, Guillemot JP et al.** Putting order into the development of sensitivity to global motion. *Vision Research,* 2004;44, 2403–2411.
25. **Braddick O, Atkinson J, Wattam-Bell J.** Normal and anomalous development of visual motion processing: motion coherence and 'dorsal stream vulnerability'. *Neuropsychologia* 2003;41(13), 1769–1784.
26. **Tassinari JT, De Land P.** Developmental Eye Movement Test: reliability and symptomatology. *Optometry* 2005;76:387-99.
27. **Orlansky, Gale, y otros.** Reliability of the Developmental Eye Movement Test. *Optometry and Vision Science:* December 2011;88(12):1507-1519.
28. **Breitmeyer BG, Ganz L.** Implications of Sustained and Transient Channels for Theories of Visual Pattern Masking, Saccadic Suppression, and Information Processing. *Psychol Rev.* 1976;83(1):1-36.
29. **Lovegrove W.J, Bowling A, Badcock D, Blackwood M.** Specific reading disability: Differences in Contrast Sensitivity as a Function of Spatial Frequency. *Science* 1980;210:439–440.
30. **Demb JB, Boynton GM, Heeger DJ.** Brain activity in visual cortex predicts individual differences in reading performance. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1997;94:13363–13366.
31. **Talcott JB, Hansen PC, Assoku EL, Stein JF.** Visual motion sensitivity in dyslexia: Evidence for temporal and energy integration deficits. *Neuropsychologia* 2000;38, 935–943.
32. **Boets B, Vandermosten M, Cornelissen P, Wouters J, Ghesquière P.** Coherent Motion Sensitivity and Reading Development in the Transition From Prereading to Reading Stage. *Child Dev* 2011;82:854–869.
33. **Eden GF, VanMeter JW, Rumsey JM, Maisog JM, Woods RP, Zeffiro TA.** Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature* 1996;382, 66–69.
34. **Ben-Shachar M, Dougherty RF, Deutsch GK, Wandell BA.** Contrast responsivity in MT+ correlates with phonological awareness and reading measures in children. *Neuroimage* 2007;37: 1396–1406.
35. **Cornelissen P, Richardson A, Mason A, Fowler S, Stein J.** Contrast sensitivity and coherent motion detection measured at photopic luminance levels in dyslexics and controls. *Vision Res* 1995;35:1483–1494.

36. **Bowman, MD.** Learning disabilities, dyslexia, and vision: a subject review--a rebuttal, literature review, and commentary. *Optometry*. 2002;73(9):553-75.
37. **Joo SJ, Donnelly PM, Yeatman JD.** The causal relationship between dyslexia and motion perception reconsidered. *Sci Rep*. 2017;7:4185.
38. **Kassaliete E, Lacin L, Fomins S.** Reading and coherent motion perception in school age. *Ann Dyslexia* 2015 Jul;65(2):69-83.
39. **Pennington, BF.** From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition* 1006;101:385–413.

**Imágenes:**

(Imagen 1): Universidad mayor. Neuroanatomía. Tema 6: Sistemización de diencefalo “ Vía óptica”.  
<https://www.studocu.com/es/u/4210164>

(Imagen 2): <https://nepesa.es/areas-y-funciones-cerebrales-viii-corteza-visual-secundaria/>

(Imagen 3): Modelo de Bahill aplicado al estudio de las sacadas en pacientes con ataxia hereditaria SCA2. Camilo Mora Batista.

## ANEXO II

### Screening visual a los alumnos de 2º de primaria del colegio del Salvador (Jesuitas) de Zaragoza.



La **visión** es un factor fundamental en el proceso de aprendizaje que se debería evaluar con detalle en etapas infantiles para evitar problemas posteriores. Las alteraciones visuales no detectadas en la infancia son frecuentes en preescolares y escolares y esto puede provocar dificultades principalmente en su aprendizaje.

Tener una buena visión no sólo implica tener una buena agudeza visual, sino que la visión es un sentido mucho más general. En él intervienen otros factores como la capacidad de ver objetos a diferentes distancias (acomodación), la capacidad de hacer que la información recibida por los dos ojos sea similar (binocularidad) o la motilidad ocular.

Con todo, es fundamental concienciar a la población de la importancia de las revisiones y la buena higiene visual para mejorar su visión y su calidad de vida.

Desde el Grado de Óptica y Optometría de la Universidad de Zaragoza queremos solicitar la colaboración del colegio del Salvador (Jesuitas) de Zaragoza para realizar las pruebas precisas a alumnos de 2º curso de Primaria. Esta actividad es necesaria para poder llevar a cabo el estudio sobre la implicación percepción global del movimiento (habilidad relacionada con los movimientos oculares) para la lectura en función de los resultados obtenidos.

Las pruebas que se llevarían a cabo serían las siguientes:

- Medida de la AV en visión próxima
- Estereopsis
- Percepción global del movimiento.
- Motilidad ocular (D.E.M.)
- Percepción visual no motora (sub-test discriminación visual y constancia de forma)
- Velocidad lectora.

En el anexo se explica brevemente cada una de las pruebas. Todas las pruebas realizadas son inocuas para los niños, la alumna está cursando la convalidación de la diplomatura al grado, por lo que al ser ya óptico-optometrista no precisa de supervisión durante la ejecución de las pruebas.

La realización de las pruebas es totalmente voluntaria y, en el caso de que estén interesados en participar se les proporcionará una hoja informativa y una autorización para los padres de los alumnos que deberán firmar y devolver al centro.

Si durante la realización de la prueba se obtiene algún valor que consideremos que debe ser revisado, se informará al departamento de orientación para que comenten a los padres la necesidad de una evaluación más completa.

Queremos señalar que los datos personales tendrán un tratamiento confidencial y sólo serán utilizados para la docencia.

Agradecemos de antemano su colaboración para el desarrollo de este proyecto que tan sólo pretende realizar un estudio sobre la implicación de una de las habilidades visuales en el aprendizaje.

Si necesitan más información o tienen alguna duda estamos a su entera disposición.

Reciban un cordial saludo,

Sara Perchés Barrena (Directora del Trabajo final de grado)

Graduada en Óptica y Optometría

Email de contacto: [sperches@unizar.es](mailto:sperches@unizar.es)

## **ANEXO: Pruebas que se realizarán a los alumnos**

### 1. Toma de agudeza visual en visión cercana:

Comprobar la capacidad del sistema visual del niño para detectar, reconocer o resolver detalles espaciales tanto en visión próxima.



### 2. Estereopsis

Test para evaluar posibles anomalías de la visión binocular (visión espacial en 3 dimensiones) del niño.

### 3. Motilidad ocular

Test para evaluar los movimientos oculares sacádicos del niño durante la lectura (DEM) y los movimientos de seguimiento de objetos.



### 4. Percepción visual no motora (T.V.P.S.).

Test para valorar el procesamiento de la información visual sin implicación motora. Se evaluarán únicamente la discriminación visual y la constancia de forma.

### 5. Percepción global del movimiento.

El test consiste en la discriminación del movimiento de puntos aleatorios (arriba, abajo, derecha, izquierda)



### 6. Prueba de velocidad lectora.

Se trata de un texto tipo en el que realizaremos 1' de lectura con cada ojo por separado y 1' de lectura con ambos ojos para valorar el ritmo lector y si varía al modificar las condiciones visuales.



## **Información para los padres**

El propósito de esta hoja de información es proporcionar a los padres que deseen que sus hijos participen en el screening visual de una clara explicación sobre la naturaleza del mismo.

### **¿En qué consiste el estudio?**

Se va a realizar un screening visual voluntario a los alumnos del 2º curso de primaria del colegio del Salvador (Jesuitas) de Zaragoza que lo deseen. Este examen será realizado una alumna de 4º curso del Grado de Óptica y Optometría como parte de su estudio de trabajo final de grado de Óptica y Optometría, no hará falta de supervisión de profesorado ya que se encuentra cursando una convalidación de diplomatura a grado por lo que la alumna ya es óptica -optometrista en la actualidad.

Todas las pruebas se llevarán a cabo en el propio colegio, dentro del horario escolar en horario de mañana. En ella se realizará una serie de pruebas que consistirá en medir la agudeza visual en visión próxima, estereopsis, pruebas de percepción visual no motora (discriminación visual y constancia de forma), una prueba de velocidad lectura, prueba de la percepción global del movimiento y una prueba de la eficacia la motilidad ocular para la lectura.

El screening visual puede durar alrededor de 25-30 minutos por alumno.

### **¿Cuáles son los beneficios de participar en este estudio?**

El screening visual es una herramienta de prevención y diagnóstico precoz de anomalías visuales importantes (ambliopía, estrabismos y defectos refractivos significativos). NO es una revisión optométrica.

Si durante la realización de la prueba se obtiene algún valor que consideremos que debe ser revisado, se informará al orientador para que informe a los padres de recomendar una revisión optométrica completa y/o derivación a su pediatra.

### **¿Existe algún riesgo por participar en este estudio?**

Las pruebas que componen el screening visual no implican ningún tipo de riesgo. Todas ellas son técnicas no invasivas totalmente inofensivas, empleadas en la práctica optométrica habitual.

### **¿Es obligatoria la participación?**

No. La participación en el screening visual es absolutamente voluntaria.

Los datos y los resultados de los niños serán empleados exclusivamente para la docencia.

Les agradecemos su colaboración y estamos a su disposición para contestar cualquier duda o comentario que quieran realizar. (Correo electrónico de contacto: [sperches@unizar.es](mailto:sperches@unizar.es))

## **Autorización de los padres**

D/Dña \_\_\_\_\_, como padre/madre del alumno/a \_\_\_\_\_ de 2º curso de Primaria, le AUTORIZO a que participe en el screening visual en el colegio del Salvador (Jesuitas) de Zaragoza que realizará la alumna de 4º curso del Grado de Óptica y Optometría como parte de su estudio de trabajo final de grado.

En Zaragoza, a \_\_\_\_\_ de octubre de 2019

Firma del padre/madre

Tel. \_\_\_\_\_ y/o correo electrónico \_\_\_\_\_ (opcional).

Entregar al tutor antes del día 30 de octubre del 2019.