



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO FIN DE GRADO

**“PROBLEMAS VISUALES PEDIÁTRICOS Y SU
RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO ESCOLAR”**

PRESENTADO POR MANUEL ROMERO ÁLVARO

SEVILLA, 15 DE SEPTIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

“PROBLEMAS VISUALES PEDRIÁTICOS Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO ESCOLAR”

Manuel Romero Álvaro

Universidad de Sevilla (Facultad de Farmacia): Sevilla, 15 septiembre 2022

Departamento de Física de la Materia Condensada, Área de Óptica.

Tutor: Inmaculada López Izquierdo.

Tipología del Proyecto: Bibliográfico.

RESUMEN

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano se ha visto siempre condicionado en gran medida por su visión. A la hora de adquirir conocimientos y destrezas, este ha necesitado disponer de un estado visual óptimo que le permitiera desarrollar su aprendizaje y poder alcanzar diversas metas. Estas metas se consiguen a través del esfuerzo y dedicación que una persona pone en sus primeros años de aprendizaje, en los que adquiere ciertas habilidades esenciales que sientan las bases de su conocimiento y su posterior desarrollo. Estudios recientes demuestran que el 80% de la información que nos llega del exterior a través de nuestros sentidos proviene de la visión, por lo que es lógico pensar que esta juega un papel fundamental en el aprendizaje de una persona.

Esta visión, tan fundamental y necesaria, puede verse alterada por diversos defectos visuales que impiden el correcto funcionamiento del sistema visual y condicionan el rendimiento de los más jóvenes en sus primeros años de enseñanza obligatoria.

Este trabajo tiene como objetivo la revisión bibliográfica de distintos estudios experimentales que tienen como fin analizar las distintas alteraciones visuales y su relación directa con el rendimiento académico de los niños en las etapas más tempranas del aprendizaje escolarizado. Además, se justifica con la necesidad crucial de concienciación de todos los profesores y padres de vigilar la salud visual de los niños y corregir o tratar en la medida de lo posible estas anomalías. Se exponen los aspectos más destacados de los diversos estudios, llegando a la conclusión de que algunas de estas alteraciones ponen en riesgo el correcto desarrollo del aprendizaje infantil. Por último, se añade que es necesario realizar más estudios prospectivos con el fin de ampliar la información en esta área de investigación.

Palabras clave: Rendimiento escolar, errores de refracción, salud visual.

ABSTRACT

Since time immemorial, human beings have always been largely conditioned by their vision. When it comes to acquiring knowledge and skills, he has needed to have an optimal visual state that would allow him to develop his learning and be able to achieve various goals. These goals are achieved through the effort and dedication that a person puts into his first years of learning, in which he acquires certain essential skills that lay the foundation for his knowledge and further development. Recent studies show that 80% of the information that come to us from the outside through our senses comes from vision, so it is logical to think that vision plays a fundamental role in a person's learning.

This vision, so fundamental and necessary, can be altered by various visual defects that prevent the correct functioning of the visual system and condition the performance of the youngest in their first years of compulsory education.

The objective of this work is to carry out the bibliographic review of different experimental studies that have the purpose of analyzing the different visual alterations and their direct relationship with the academic performance of children in the earliest stages of school learning. In addition, it is justified by the crucial need for awareness among all teachers and parents to monitor the visual health of children and correct or treat these anomalies as far as possible. The most outstanding aspects of the various studies are exposed, reaching the conclusion that some of these alterations put at risk the correct development of children's learning. Finally, it is added that it is necessary to carry out more prospective studies in order to expand the information in this research area.

Keywords: Academic performance, refractive errors, visual health.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	6
➤ Importancia del sistema visual.....	6
➤ Características de la patología visual no optométrica	6
• Oftalmia Neonatal	6
• Retinoblastoma	7
• Retinopatía del Prematuro.....	7
• Catarata Congénita	7
➤ Alteraciones visuales optométricas: refractivas, binoculares y acomodativas.....	7
• Hipermetropía	7
• Miopía	8
• Astigmatismo.....	9
• Estrabismo.....	10
• Ambliopía	11
• Disfunciones de la binocularidad.....	11
• Disfunciones de la acomodación	12
➤ Alteraciones visuales y el rendimiento escolar	12
➤ Justificación del trabajo	13
OBJETIVOS	14
METODOLOGÍA.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
➤ Edad	17
➤ Aspectos comunes entre estudios.....	18
➤ Comparación de datos.....	19
• Relación del rendimiento escolar con la agudeza visual y las anomalías refractivas	19
• Relación del rendimiento escolar con las anomalías binoculares, acomodativas y oculomotoras	26
• Relación del rendimiento escolar con la ambliopía.....	29
CONCLUSIÓN	31
BIBLIOGRAFÍA	33

INTRODUCCIÓN

Importancia del sistema visual

La visión es uno de los sentidos esenciales para el desarrollo funcional completo del ser humano y juega un papel muy importante en la búsqueda de conocimiento y captación de información del mundo que nos rodea. Esta es un elemento clave en el progreso educativo de un niño.

Se estima que de la visión provienen tres cuartas partes del aprendizaje y, aproximadamente, uno de cada cinco niños presenta algún tipo de anomalía visual, que podría ser corregida por métodos ordinarios (Martínez-Pérez et al, 2022).

Es bien sabido que el aparato visual es una de las partes anatómicas del ser humano con mayor grado de complejidad y distinción. Características cuanto menos necesarias puesto que convierten el estímulo luminoso que llega a la retina en un estímulo nervioso, derivando este hecho en la interpretación de cualidades como la forma, color o bien profundidad del objeto que provoca el mencionado estímulo inicial. Todo esto se realiza gracias a un complejo procedimiento de conexiones con el sistema nervioso central (Argento et al, 2013).

Como norma, debido a su alto grado de complejidad, el sistema visual no es un mecanismo perfecto. Puede presentar alteraciones en los dioptrios oculares que originen cambios en la refracción total del ojo, anomalías en estructuras anejas del globo o, por el contrario, en las capas más internas del aparato visual que causen patologías oculares graves. Debido a ello, es importante que los niños tengan revisiones visuales anuales para corregir o evitar este tipo de problemas (Martínez-Pérez et al, 2022).

Características de la patología visual no optométrica

A continuación, se definirán brevemente aquellas patologías oculares más comunes en el ámbito clínico infantil que no se pueden tratar con el uso de lentes oftálmicas o terapia visual debido a la naturaleza distinta de su origen:

Oftalmia Neonatal

Esta patología se puede definir como una conjuntivitis de carácter agudo que ocurre normalmente en el primer mes de vida del recién nacido y se caracteriza por hinchazón del párpado que impide su correcta apertura y por secreciones oculares asociadas en la mayoría de los casos a quemosis. Se adquiere normalmente inmediatamente después del nacimiento, al ser el recién nacido expulsado del canal del parto. Se da en el 7 – 19% de los recién nacidos. Se distinguen varios tipos de conjuntivitis infecciosa en función de los microorganismos que la

causan: *Chlamydia trachomatis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli* y *Neisseria gonorrhoeae* (Dos Santos, 2015).

Retinoblastoma

El retinoblastoma es el tumor intraocular maligno que más se ocasiona en la edad infantil. Entorno al 40% son hereditarios causados por una mutación en línea germinal en el cromosoma 13 del gen Rb, dándose en mayor número de ocasiones bilateralmente. El otro 60% de casos son esporádicos y de forma unilateral. Antes de los dos años de vida se diagnostican la mayoría de los casos de retinoblastoma y antes de los 5 años en su totalidad. En los países más desarrollados, la tasa de curación es entorno al 90% (Català-Mora et al, 2018).

Retinopatía del Prematuro

La retinopatía del prematuro consiste en una alteración anormal de los vasos sanguíneos de la retina, aún inmadura, que aparece en infantes prematuros durante sus primeras semanas de vida, impidiendo el correcto funcionamiento del sistema visual de forma parcial o total (Curbelo et al, 2015).

Este tipo de retinopatía es inversamente proporcional a la edad (gestacional en algunos casos) y al peso. Cuanto menor es alguna de estas variables, mayor es la probabilidad de que se presente la patología (Curbelo et al, 2015).

Catarata Congénita

La catarata congénita (CC) consiste en la opacidad del cristalino del infante en el momento de su nacimiento o en los 3 meses posteriores a este. Es una de las principales causas de ceguera infantil tratable. Las CC bilaterales presentan una prevalencia de 1-3/10000 nacimientos en países del primer mundo. Se estima la cifra de 200000 niños ciegos por cataratas en todo el mundo (Allué et al, 2015).

Alteraciones visuales optométricas: refractivas, binoculares y acomodativas.

Hipermetropía

La hipermetropía es uno de los defectos refractivos por excelencia que se encuentran presentes en el ojo humano. Optométricamente, es sinónimo de poder dióptrico deficiente, es decir, los rayos de luz que viajan paralelamente entre ellos e inciden sobre el globo ocular no convergen lo suficiente y enfocan por detrás de la retina. Mediante la acomodación se puede aumentar el poder dióptrico del conjunto y enfocar la imagen en el lugar propicio. Sin embargo, este esfuerzo

podría no ser suficiente y se requeriría el uso de lentes convexas para solucionar la ametropía (Argento et al, 2013) (Vaughan et al, 1997) (Figura 1).

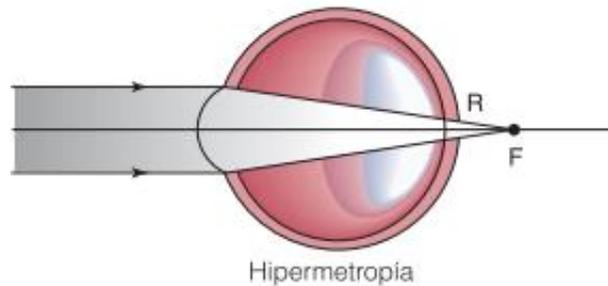


Figura 1. Esquema de ojo con hipermetropía en el que los rayos enfocan detrás de la retina (Vaughan et al, 1997).

Existen distintos tipos de hipermetropía (Argento et al, 2013):

- Axial. La longitud del ojo en el eje anteroposterior es más corta de lo habitual.
- De curvatura. Se da cuando esta es menor en el cristalino o en la córnea.
- De índice. Se debe al índice de refracción del cristalino.
- De posición. Se da cuando el cristalino se encuentra posicionado por detrás de su posición normal.

Respecto a los síntomas más comunes, destaca la mala visión de cerca. La agudeza visual del hipermetrope disminuye según avanza el día, dando lugar a cefaleas y cansancio visual debido al esfuerzo acomodativo constante (Argento et al, 2013).

Miopía

La miopía, al contrario que la hipermetropía, se caracteriza por un poder dióptrico superior al normal para una determinada longitud axial. Los rayos de luz que inciden sobre el globo ocular convergen y se enfocan por delante de la retina. En oposición a la anterior ametropía, en la miopía no existe un mecanismo compensador que permita llevar la imagen enfocada hasta la retina (Argento et al, 2013) (Figura 2).

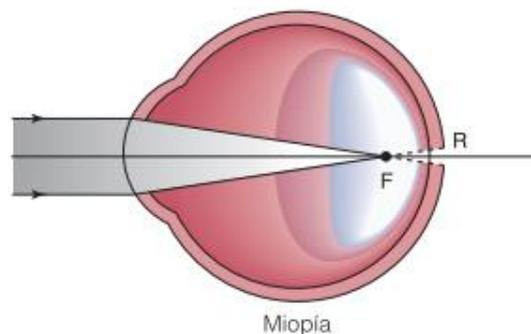


Figura 2. Esquema de ojo con miopía en el que los rayos enfocan delante de la retina (Vaughan et al, 1997).

Existen distintos tipos de miopía (Argento et al, 2013):

- Axial. Una longitud en el eje anteroposterior más grande de lo normal.
- De curvatura. Se da cuando esta es mayor en el cristalino o en la córnea.
- De índice. Se debe al índice de refracción de los medios transparentes.
- De posición. Se da cuando el cristalino se encuentra posicionado por delante de su posición normal.

La miopía suele aparecer en la infancia y estabilizarse en la adolescencia. La visión de lejos de un miope es muy mala, mientras que la de cerca es en contraposición buena. Además, la visión es peor durante la noche debido al aumento del tamaño pupilar (midriasis) por consecuencia de la falta de iluminación (Argento et al, 2013).

Astigmatismo

Se dice que una persona es astigmata cuando los meridianos de curvatura de su córnea tienen una diferencia significativa entre ellos. Los rayos que inciden paralelamente sobre globo ocular son refractados de forma diferente por los distintos meridianos, impidiendo la formación de un foco único en el que formar la imagen. Lo normal es que uno de los meridianos corneales sea más curvo que el otro, pudiendo diferenciar varios tipos de astigmatismo en función de cuál de ellos es más curvo o potente que su contrario (Vaughan et al, 1997).

Cuando el meridiano horizontal o más cercano a este tiene menor curvatura, estaríamos hablando de un astigmatismo “a favor de la regla”. Por otro lado, si el meridiano más vertical es el más plano, hablaríamos de un astigmatismo “contra de la regla”. Se puede distinguir un tercer tipo especial llamado astigmatismo oblicuo que se da cuando los meridianos principales se encuentran a más de 20º del meridiano horizontal o vertical (Argento et al, 2013) (Figura 3).



Figura 3. Tipos de astigmatismo en función de la orientación de los meridianos principales y la edad típica de cada uno de ellos (Vaughan et al, 1997).

Además, podemos clasificar los astigmatismos en dos tipos: regulares o irregulares.

Los regulares son aquellos en los que, a lo largo de todo el meridiano su curvatura se mantiene igual en toda su extensión, es decir, la imagen se define como dos líneas focales que son perpendiculares entre sí representando los meridianos principales. Por otro lado, los irregulares presentan poderes refractivos distintos a lo largo del meridiano (Argento et al, 2013).

Los astigmatismos regulares pueden diferenciarse en: simples, uno de sus meridianos es emétrope y el otro es miope o hipermétrope; compuestos, cuando ambos son amétropes, ya sean miopes o hipermétropes; y mixtos, que se dan cuando uno de los meridianos es hipermétrope y otro miope (Argento et al, 2013).

Estrabismo

El estrabismo consiste en la desalineación bifoveal que se da en uno o ambos ojos que impide la correcta visualización del objeto en retina. Esta desalineación se puede dar en cualquier dirección de mirada (hacia arriba, hacia abajo, hacia fuera y hacia dentro). Afecta de manera aproximada al 4% de la población infantil. En función de si el estrabismo presente es manifiesto o no, podemos distinguir dos tipos (Vaughan et al, 1997):

- Estrabismo manifiesto o tropia. Se trata de una desviación manifiesta que no puede subsanarse mediante la visión binocular. Según la dirección a la que se incline la tropia, podemos hablar de distintos tipos:
 - Endotropia. Desviación hacia dentro.
 - Exotropia. Desviación hacia fuera.
 - Hipertropia. Desviación de un ojo hacia arriba.
 - Hipotropia. Desviación de un ojo hacia abajo.
 - Inciclotropia. Rotación de un ojo hacia la línea media de la cabeza.
 - Exciclotropia. Rotación de un ojo hacia la parte lateral de la cabeza.
- Estrabismo latente o foria. Se trata de una desviación que da lugar una vez que se interrumpe la visión binocular. Según la dirección a la que se incline la foria, podemos definir los siguientes tipos:
 - Endoforia. Desviación que tiende a girar al interior.
 - Exoforia. Desviación que tiende a girar al exterior.
 - Hiperforia. Desviación de un ojo hacia arriba.
 - Hipoforia. Desviación de un ojo hacia abajo.

Ambliopía

La ambliopía u “ojo vago” se puede definir como la disminución unilateral (mayoritariamente) de la agudeza visual como consecuencia de una incorrecta estimulación visual en el periodo crítico del desarrollo cerebral, que tiene lugar en los primeros años de vida. Se conoce como la principal causa de pérdida de visión prevenible en países del primer mundo con una incidencia del 2-5% en la población general (siendo mayor en preescolares). El tipo de ambliopía que se presenta con mayor frecuencia es la estrábica y se da en el 30-50% de los casos de pacientes que presentan esta patología (Delgado et al, 2017).

Disfunciones de la binocularidad

A continuación, se hablará de las alteraciones binoculares no estrábicas atendiendo a su relación acomodación-convergencia (AC/A). Esta relación se define como la cantidad de convergencia que puede llegar a inhibirse o estimularse por unidad de acomodación o, en otras palabras, cuando varía una dioptría la acomodación, cuanto cambia la convergencia asociada. Se dividirá este apartado en función de si la relación AC/A de las disfunciones es alta, baja o normal (Ondategui et al, 1996):

- AC/A alto
 - Exceso de Convergencia. Se caracteriza por una endoforia descompensada y alta en cerca mientras que en lejos presenta una endoforia dentro de los valores normales. Las vergencias fusionales de divergencia en cerca son reducidas. Suele estar asociado a la hipermetropía sin corregir.
 - Exceso de Divergencia. Se caracteriza por una elevada exoforia en lejos. En cerca suele presentar valores ortofóricos aunque es más común presentar una leve exoforia compensada. Suele venir asociada a una exotropía intermitente.
- AC/A bajo
 - Insuficiencia de convergencia. El paciente presenta una elevada exoforia en cerca mientras que en lejos suele ser ortofórico o ligeramente exofórico. Suele venir asociado a un problema acomodativo.
 - Insuficiencia de divergencia. Se caracteriza por una endoforia grande y descompensada en lejos. En cerca suele presentar una ligera endoforia o incluso exoforia. No está reconocida como un problema visual común y suele ser confundida con otras patologías como la parálisis del VI par.

- AC/A normal
 - Endoforia básica. Se define como una anomalía binocular en la que la endoforia es de magnitud similar tanto en cerca como en lejos. Su etiología más común es la presencia de hipermetropía en el paciente.
 - Exoforia básica. Se caracteriza por una exoforia de magnitud parecida tanto en lejos como en cerca.
 - Vergencias fusionales reducidas. Se caracteriza por una disminución de todos los rangos de vergencia en ambas direcciones, impidiendo un estado binocular estable en el sujeto.

Disfunciones de la acomodación

Hoy en día, las alteraciones acomodativas son una de las causas de fatiga ocular en personas no presbitas y están presentes en gran parte de la población. Las podemos clasificar en términos de importancia de la siguiente manera (Ondategui et al, 1996):

- Insuficiencia de acomodación. Se caracteriza por la presencia de dificultades en el sujeto de estimular la acomodación. Se dan síntomas como la visión borrosa, problemas de lectura, dolor de cabeza, etc. Dado el innegable uso que se le da hoy en día a la visión próxima en la población general, el exceso acomodativo es más común que esta anomalía de la acomodación. El estadio temprano de esta condición se conoce como fatiga acomodativa. En ella, el paciente es capaz de responder en ocasiones puntuales a distintos estímulos, pero no lo hace de manera cómoda cuando pasa cierto tiempo.
- Exceso de acomodación. Se caracteriza por una respuesta anómala al estímulo que provoca la acomodación, haciendo que se de manera excesiva. Los sujetos que la padecen suelen tener dificultades para descansarla. La situación en la que el deterioro de la excesiva acomodación es máximo se conoce como espasmo acomodativo.
- Inflexibilidad acomodativa. Esta alteración se caracteriza por una respuesta tardía al estímulo que provoca la respuesta acomodativa, es decir, esta última no se da a su debido momento. Asociada a visión borrosa, cansancio ocular, escozor de ojos, etc.

Alteraciones visuales y el rendimiento escolar

Debido a la complejidad de la definición y del tema a tratar, se comprenderá y entenderá como “escolar” a toda la población que curse una educación básica y obligatoria, es decir, edades comprendidas entre 6 y 16 años, según determina el sistema educativo en España.

El estudio del rendimiento escolar es hoy en día uno de los temas que mayor auge tiene en lo que concierne a investigación educativa. Según Lamas, (2015) el rendimiento escolar consiste en alcanzar un objetivo educativo, un aprendizaje. Además, afirma que el rendimiento varía en función de diversas circunstancias, condiciones orgánicas y ambientales que definen las aptitudes de los escolares.

Uno de los factores que más influye en el rendimiento escolar es el grupo de las alteraciones visuales. Entre el 20 y el 30% de escolares tienen algún tipo de disfunción visual. Debido a ello, el niño y su entorno puede ver afectado su rendimiento en las asignaturas más importante para su desarrollo académico y percibir su mundo exterior desde una perspectiva parcialmente mermada y diferente (Lança et al, 2015).

Justificación del trabajo

Son tantos los factores que intervienen en el rendimiento escolar de un alumnado específico, con sus propias aptitudes y exigencias, que resulta arduo complicado conocer de forma exacta cuales son los planes a seguir para alcanzar la excelencia académica. Naturalmente, el simple hecho de tener una ligera ametropía en la edad escolar puede ser determinante en la obtención de buenos resultados académicos y en la motivación necesaria para afrontar el día a día en una etapa trascendental en la vida de un niño. Este trabajo se justifica por la necesidad imperiosa de dar a conocer al mundo docente y familias de los niños escolarizados en las primeras etapas de la enseñanza obligatoria, la importancia de tener vigiladas y corregidas todas aquellas anomalías visuales que impiden el correcto desarrollo responsable de todas las competencias y obligaciones que tiene un niño para con sus estudios. En pocas palabras, se informará de aquellas anomalías visuales, principalmente optométricas, que afectan a los escolares y la relación existente con el rendimiento escolar.

OBJETIVOS

La finalidad de realizar esta revisión bibliográfica ha sido la de resaltar la importancia de analizar las distintas alteraciones visuales, principalmente optométricas, que surgen en la etapa infantil y condicionan el rendimiento de los más jóvenes en su proceso de aprendizaje.

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Clasificar las anomalías visuales en distintos grupos e identificar la relación de estos con el rendimiento escolar.
- Comparar los resultados obtenidos en cuanto a las alteraciones refractivas en niños atendiendo a la zona en la que se realizó el estudio: continente asiático o suroeste europeo.
- Concienciar de forma colectiva a todos los relacionados con la educación infantil (padres, tutores, profesores, etc.) de la problemática que suponen estas alteraciones para con el desarrollo social en el mundo.
- Dar lugar a futuras líneas de investigación que contribuyan al desarrollo de este tema.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo de tipo bibliográfico, se ha comenzado indagando en aspectos generales del tema a tratar, como las alteraciones visuales más comunes en la edad infantil y el rendimiento escolar como indicativo de buenos resultados en el colegio. Esta primera búsqueda se realizó en motores de búsqueda y bases de datos como Google Académico y Dialnet.

Una vez introducido en el tema en cuestión, se realizó una búsqueda bibliográfica general de publicaciones de artículos científicos, libros y estudios experimentales. Para ello, se utilizaron las siguientes bases de datos: Pubmed, Dialnet, Google Académico, Medes y Scielo. La búsqueda se centró en términos relacionados con el tema a tratar, fueron buscados tanto en inglés como en español, con limitación de fecha para los artículos utilizados en la revisión final hasta 2010, obteniendo así los resultados más recientes y novedosos.

Las palabras claves utilizadas fueron las siguientes: “refractive error”, “academic performance” y “vision”. Se usaron operadores booleanos como “AND” o “OR” y se precisó de la ayuda de la herramienta DeCS.

Se obtuvieron 47 resultados en Pubmed, 1 en Dialnet, 17300 en Google Académico, 5 en Scielo y 2 en Medes. A partir de este punto, se realizó una segunda búsqueda más específica con el fin de excluir a aquellos que no aportaran la información necesaria y quedarnos con aquellos estudios experimentales que hablaran expresamente sobre el tema de la revisión.

Finalmente, desde una lectura mucho más exhaustiva, se escogieron 8 estudios que sintetizaban en su conjunto el objetivo de la revisión debido a su relevancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado del trabajo, se desarrollará y analizará la información obtenida de los 8 artículos seleccionados, fruto de la revisión bibliográfica, que hablan sobre las distintas alteraciones visuales optométricas en la edad infantil y su relación con el rendimiento escolar en las primeras etapas obligatorias del aprendizaje.

Seguidamente se muestra una tabla con todos los artículos y estudios seleccionados para la revisión, con datos de interés a la hora de exponer los resultados, así como: el número de sujetos que fueron valorados en el estudio (N), el rango de edad en el que se movían, si se ha tomado o no la Agudeza Visual (AV) y el protocolo o método usado para anotarla, las pruebas refractivas realizadas en caso de que el estudio las contemplara y, por último, si se hicieron o no pruebas de tipo binocular para la detección de estrabismos o algún otro tipo de alteración de la misma índole (Tabla 1).

Tabla 1. Artículos seleccionados en la revisión y sus características

Autor y Año	N	Rango de Edad	Medida de la AV	Screening Refractivo	Screening Funciones Binoculares
Dirani et al., 2010	1143	9 - 10 años	ETDRS (a 4m)	-	-
Akrami et al., 2012	137	10 - 14 años	-	Refracción Ciclopléjica con ciclopentolato hidrocloruro y autorrefractómetro	-
Lázaro et al., 2013	1059	6 – 12 años	*	Batería completa de pruebas refractivas	Batería completa de pruebas binoculares **
Wood et al., 2018	108	9 – 10 años	Optotipo tipo LogMAR a 3m	Refracción objetiva mediante retinoscopía	Cover Test Estereopsis
Kelly et al., 2018	85	9 - 12 años	ETDRS electrónico	-	Estereopsis (Randot y Test de mariposas)
Alrasheed et al., 2020	340	10 – 12 años	Snellen a 6m	Refracción objetiva mediante Retinoscopía	Cover test a 6m para lejos y 33cm para cerca **
Yang et al., 2021	32360	6 -1 5 años	-	Autorrefractómetro sin ciclopejia	-

Martínez-Pérez et al., 2022	252	6 -12 años	*	Refracción objetiva mediante retinoscopía Refracción subjetiva	Cover-uncover Alternate cover **
-----------------------------	-----	------------	---	---	--

* Se desconoce el método. ** Se incluyen pruebas acomodativas y oculomotoras.

Por otro lado, se pueden observar los métodos elegidos por el equipo de investigadores o el profesorado del centro de estudio de los sujetos que evalúan el rendimiento escolar o las aptitudes académicas de los participantes (Tabla 2).

Tabla 2. Artículos seleccionados en la revisión y los métodos evaluativos del rendimiento escolar

Autor y Año	Método Evaluativo del Rendimiento Escolar
Dirani et al., 2010	Examen estándar de Inglés, Lengua Materna y Matemáticas. Puntuación del 1 al 100. También se realizó test de inteligencia y un control semanal de libros leídos.
Akrami et al., 2012	Cuestionario en el que se incluyen factores demográficos, nivel educativo de los padres y nota media del sujeto.
Lázaro et al., 2013	Clasificación realizada por los profesores de los sujetos por los términos “malos”, “regulares” y “buenos” desde el punto de vista académico.
Wood et al., 2018	Examen multinivel asociado a un programa nacional (NAPLAN) en el que se evalúa lectura, escritura, ortografía, gramática y aritmética. Puntuación del 1 al 1000.
Kelly et al., 2018	Se pidió a los sujetos que transfirieran las respuestas correctas de un cuadernillo de prueba de rendimiento de lectura estandarizado a un formulario de respuesta de opción múltiple lo más rápido posible sin cometer errores.
Alrasheed et al., 2020	El criterio escogido en este estudio guarda relación con las notas finales del sujeto en el año anterior a la prueba.
Yang et al., 2021	Las notas más recientes de los alumnos en las materias de Inglés, Lengua Materna y Matemáticas se traspasaron a una escala de puntaje del 1 al 100 para facilitar el análisis estadístico.
Martínez-Pérez et al., 2022	Se tomaron las notas medias de las materias científicas y de humanidades en el año académico anterior.

Edad

Una vez seleccionados los artículos, se debe aclarar un tema de suma importancia en el desarrollo de la revisión bibliográfica. Una vez iniciada la investigación, se observó que la mayoría de los estudios que relacionan el rendimiento con las alteraciones visuales se realizaron con sujetos de edades comprendidas entre los 9 y 12 años. Puesto que las necesidades visuales de un niño de 7 años son distintas a las de uno de 15, es difícil esclarecer las diferencias significativas de esas habilidades necesarias entre distintos intervalos de edad, y más cuando la

mayoría de información acerca de este tema se encuentra reducida en un rango tan específico. Una de las investigaciones empleadas en este trabajo académico estudió a más de 30000 sujetos en un amplio rango de edades (6 -15 años), cobrando una gran importancia teniendo en cuenta los hechos expuestos anteriormente (Yang et al, 2021).

Aspectos comunes entre estudios

Por regla general, todos los estudios comparten algunos aspectos comunes imprescindibles a la hora de elaborar y exponer estadísticamente los datos de los artículos. Estos son las siguientes:

- En cuanto a análisis estadístico se refiere, en los estudios se han usado modelos de regresión lineal, tanto simples (Wood et al, 2018) como múltiples (Dirani et al, 2010). También se utilizó la regresión lineal de Passing-Bablok (Martínez-Pérez et al, 2022).
- Se han utilizado los siguientes métodos y pruebas estadísticas: ANOVA (Akrami et al, 2012) (Lázaro et al, 2013), prueba t de Student (Akrami et al, 2012) (Wood et al, 2018), prueba de “chi-square” o chi-cuadrado (Yang et al, 2021) (Martínez-Pérez et al, 2022), prueba de Krustal-Wallis (Akrami et al, 2012) (Martínez-Pérez et al, 2022), prueba U de Mann-Whitney (Martínez-Pérez et al, 2022), prueba de Kolmogorov-Smirnov (Martínez-Pérez et al, 2022).
- En cuanto a correlación entre variables, se han utilizado los coeficientes de correlación de Pearson (Wood et al, 2018) y de Spearman (Akrami et al, 2012) (Wood et al, 2018).
- El software estadístico utilizado en todos los estudios fue el SPSS (Statistical Package for Social Science).
- En todos los estudios, se asumió una significancia estadística entre variables a un nivel de confianza del 95%, es decir, $p < 0.05$.
- Se calculó el equivalente esférico con la media de las medidas tomadas en ambos ojos (entre 3 y 5 en la mayoría de estudios) cuando el astigmatismo era inferior a 1D. En cuanto a la clasificación de ametropías y su agrupación, en todos los estudios se tomó como hipermetropía (H) valores de $H \geq +0.5D$ y, como miopía (M), valores de $M \leq -0.5D$. Los valores entre $-0.5D$ y $+0.5D$ se consideró emetropía.
- Por último, en todos los estudios se han excluido a participantes con cualquier condición médica grave conocida (enfermedad cardíaca), enfermedades oculares (opacidades en los medios oculares) y, en algunos estudios más selectivos, enfermedades que puedan afectar significativamente a la visión y al desarrollo de la misma como la diabetes (Yang et al, 2021).

Comparación de datos

Relación del rendimiento escolar con la agudeza visual y las anomalías refractivas

Uno de los factores fundamentales por el que se guiaron la mayoría de los investigadores a la hora de relacionar la visión de un niño con su rendimiento fue la agudeza visual (AV). Este es un indicador de error refractivo corregido o sin corregir que puede ser determinante en el rendimiento ocular del sujeto en cuestión (Dirani et al, 2010). En algunos estudios (Martínez-Pérez et al, 2022) (Dirani et al, 2010) se toma la AV de los sujetos tanto con su mejor corrección como sin corregir. Sin embargo, en la mayoría de ellos (Yang et al, 2021) (Wood et al, 2018) (Akrami et al, 2012) (Alrasheed et al, 2020) se tomó la AV en la muestra de participantes sin ningún tipo de corrección.

Cabe mencionar que todos los estudios que trabajaron con datos de AV utilizaron la escala LogMAR (Logaritmo del Mínimo Ángulo de Resolución), que utiliza optotipos estandarizados (Tabla 3) (García-Aguado et al, 2016).

Tabla 3. Tabla de conversión de valores de la Agudeza Visual (García-Aguado et al, 2016).

Decimal	Fracción	Snellen (6 m)	Snellen (20 pies)	logMAR
0,10	1/10	6/60	20/200	1,0
0,12	1/8	6/48	20/160	0,9
0,16	4/25	6/37,5	20/125	0,8
0,20	1/5	6/30	20/100	0,7
0,25	1/4	6/24	20/80	0,6
0,32	1/3	6/19	20/63	0,5
0,40	2/5	6/15	20/50	0,4
0,50	1/2	6/12	20/40	0,3
0,63	2/3,2	6/9,5	20/32	0,2
0,80	4/5	6/7,5	20/25	0,1
1,00	1/1	6/6	20/20	0,0
1,25	5/4	6/4,8	20/16	- 0,1

En un estudio australiano realizado en 2018 se les tomó la AV a 108 niños de entre unos 9 y 10 años de edad. Al 13,8% de ellos se le midió una AV inferior a 0.2 en la escala logMAR (el equivalente a 0.63 en la escala decimal) identificando en todos ellos un error refractivo sin corregir (Wood et al, 2018).

En relación con el rendimiento escolar de los participantes de este estudio, los modelos de regresión lineales utilizados para el análisis estadístico determinaron de forma significativa una relación entre los valores de AV obtenidos y las puntuaciones del examen multinivel realizado por los mismos (Tabla 2). Se observó una mayor asociación entre la AV del peor ojo y las partes del examen correspondientes a gramática y aritmética (Tabla 4) (Wood et al, 2018).

Tabla 4. Asociación entre las medidas visuales y las puntuaciones del examen NAPLAN mediante modelo de regresión lineal (Wood et al, 2018).

	NAPLAN Scaled Scores [standardised beta coefficients (p values)]				
	Reading	Writing	Spelling	Grammar/Punctuation	Numeracy
Better eye VA (logMAR)	-0.096 (0.33)	-0.083 (0.40)	-0.121 (0.22)	-0.171 (0.09)	-0.226 (0.021)*
Worse eye VA (logMAR)	-0.186 (0.06)	-0.112 (0.27)	-0.179 (0.07)	-0.243 (0.015)*	-0.264 (0.008)**
Log stereoacuity	0.008 (0.94)	-0.133 (0.17)	0.065 (0.50)	-0.063 (0.52)	-0.160 (0.10)
DEM: horizontal adjusted time	-0.347 (<0.001)**	-0.284 (0.003)**	-0.380 (<0.001)**	-0.303 (0.002)**	-0.343 (<0.001)**
DEM: vertical adjusted time	-0.328 (0.001)**	-0.304 (0.002)**	-0.388 (<0.001)**	-0.337 (<0.001)**	-0.290 (0.003)**
DEM: ratio	-0.076 (0.44)	0.011 (0.91)	0.060 (0.54)	-0.005 (0.96)	-0.148 (0.13)
Symbol search	0.161 (0.10)	0.147 (0.13)	0.242 (0.011)*	0.233 (0.016)*	0.213 (0.027)*
Visual sequential memory	0.077 (0.43)	0.168 (0.08)	0.072 (0.471)	0.145 (0.14)	0.254 (0.008)**

*p < 0.05; **p < 0.01.

Por otro lado, una AV reducida en el ojo de mejor visión del participante iba asociado a una peor puntuación en la parte de aritmética (p=0.021). Las partes del examen correspondientes a lectura, escritura y ortografía no presentaron una relación estadísticamente significativa con la AV en ninguno de los ojos examinados. Se observa una relación causal entre la AV de ambos ojos con algunas partes imprescindibles (gramática y aritmética) que determinan el desarrollo académico de un niño en las primeras etapas del aprendizaje escolarizado (Wood et al, 2018). Sin embargo, no todos los estudios determinan categóricamente esta relación y más bien la asocian a otros motivos más complejos como pueden ser las funciones binoculares (Dirani et al, 2010) o los problemas refractivos (Akrami et al, 2012).

En un estudio realizado en Singapur (Dirani et al, 2010), se midió la AV en lejos a 1143 sujetos de 9 y 10 años mediante la prueba ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) obteniendo como resultado una falta de asociación entre la AV lejana y el rendimiento escolar de los niños singapurenses. Además, se observó que, de un curso a otro, los cambios en la AV tampoco afectaron al rendimiento escolar de los sujetos. Aunque ya lo mencionamos en el anterior apartado, cabe destacar que, al contrario de otros estudios pasados, se excluyeron a niños con patologías oculares motoras, opacidades u otras condiciones anómalas del globo ocular. Por tanto, al reflejarse una única medida en este estudio de forma aislada, se hace más evidente la falta de asociación entre las variables mencionadas.

Una vez introducida brevemente la relación de las medidas de AV con el rendimiento de los más jóvenes, es momento de hablar de los problemas refractivos como factor fundamental e aislado en el desempeño escolar de los niños.

Distinguiremos dos tipos de estudios realizados en la población infantil atendiendo a la localización geográfica: suroeste europeo y continente asiático. Esto se debe a que la prevalencia de problemas refractivos en la población asiática es ligeramente mayor que en otras

poblaciones étnicas (Kleinstejn et al, 2003), por lo que podremos comparar los resultados entre sí.

Estudios en el continente asiático

A continuación, expondremos los datos de dos estudios que han aportado información esclarecedora a la revisión: un estudio iraní (Akrami et al, 2012) y un estudio chino (Yang et al, 2021). Este último es el más sustancial puesto que recoge los datos refractivos de más de 30000 sujetos en un rango bastante amplio de edad.

Akrami et al, (2012) midieron el poder refractivo de 137 sujetos de entre 10 y 14 años, obteniendo como resultado que el 56,9% del total (78 participantes) tenían algún tipo de alteración, entre ellos: 37% miopes, 3% hipermétropes y 2,9% astígmatas. A su vez, 17 de esos 137 sujetos (12,4%) tenían tanto miopía como astigmatismo y, por otro lado, 14 de los sujetos (10,4%) tenían hipermetropía y astigmatismo. Segundo, considerando la puntuación media del cuestionario realizado por los sujetos que no tenían ningún tipo de alteración refractiva (18.95 ± 1.5), se observa una diferencia significativa entre las puntuaciones de estos y las de los sujetos que presentan algún tipo de error refractivo (17.59 ± 2.44) ($p < 0.05$).

Además, se observa que aquellos sujetos que tienen tanto miopía como astigmatismo presentan una diferencia significativa en la puntuación del cuestionario con aquellos que no tienen ningún tipo de alteración (17.23 ± 3.1 vs 18.96 ± 1.6) como podemos apreciar en la siguiente tabla (Tabla 5).

Tabla 5. La distribución de los sujetos y sus puntuaciones medias en diferentes categorías refractivas (Akrami et al, 2012).

	N	Frequency of sex distribution		Average score	SD	95% of confidence interval
		Boy	Girl			
Normal	59	43	16	18.9556	1.57643	18.5448-19.3664
Myopia	38	25	13	17.9934	2.09513	17.3048-18.6821
Hyperopia	5	5	0	18.58	1.16445	17.1341-20.0259
Astigmatism	4	2	2	17.1525	2.16629	13.7054-20.5996
Myopia+astigmatism	17	6	11	17.2347*	3.16271	15.6086-18.8608
Hyperopia+astigmatism	14	9	5	18.3693	2.80211	16.7514-19.9872

* $p < 0.05$.

Los autores relacionan esta diferencia con la dificultad de los sujetos que presentan miopía y astigmatismo de acomodar en la lectura (Akrami et al, 2012). Sin embargo, respecto al resto de ametropías, no hubo relación de ningún tipo con el rendimiento escolar de los participantes, obteniendo puntuaciones medias parecidas a los sujetos sin alteraciones de tipo refractivo.

9 años después, Yang et al, (2021) realizaron un estudio a gran escala en el que involucraron a 32360 sujetos de dos de las ciudades más pobladas de China (Yangjiang y Shenzhen), midiendo

el poder refractivo en todos y cada uno de los niños en un amplio abanico de edades. Se excluyeron a sujetos que tuvieran en su historia médica que estaban siendo tratados por cualquier enfermedad que pudiera afectar a la visión, diabetes, ambliopía, etc. Se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 6):

Tabla 6. Distribución y porcentajes de las ametropías en los distintos cursos escolares (Yang et al, 2021).

Characteristics	Grade									Total	χ^2 for trend	P value
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
No of participants	327	11,84	630	27,751	1,120	885	222	137	104	32,360	-	-
Average age (years)	6.59	8.04	8.99	10.09	10.86	11.75	12.45	13.23	14.22	10.08	-	-
Mean (D)	-0.06	-0.08	-0.22	-0.35	-0.67	-0.91	-2.40	-2.85	-3.03	-0.40	-	-
Standard error (D)	0.73	0.56	0.70	0.89	1.27	1.52	2.08	2.16	2.11	1.00	-	-
Hyperopia (%)	6.42	2.62	2.54	1.11	0.89	0.68	2.25	1.46	0.00	1.23	45.03	<0.001
Myopia (%)	10.40	7.77	16.51	20.47	30.09	34.58	77.03	82.48	87.50	21.41	1,020.00	<0.001
Low myopia (%)	8.87	7.18	14.76	17.42	20.83	21.36	40.54	37.96	40.38	17.45	245.95	<0.001
Moderate myopia (%)	1.53	0.59	1.75	2.95	9.29	12.88	30.18	36.50	38.46	3.76	1,056.86	<0.001
High myopia (%)	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.34	6.31	8.03	8.65	0.20	465.22	<0.001

D, diopter.

En primer lugar, la media de error refractivo fue de -0.40 ± 1.00 D en todos los sujetos, siendo de -0.38 ± 0.97 D en hombres y de -0.42 ± 1.03 D en mujeres. En general, las tasas de prevalencia de miopía e hipermetropía fueron de 12,14% y 1,23% respectivamente en el conjunto global de todos los cursos escolares (Yang et al, 2021).

A primera vista, destaca que la hipermetropía en los estudiantes de 6 y 7 años tiene un porcentaje de 6,42%, mientras que en el último curso (14 -15 años) esta es igual a 0,0%. Al contrario, la miopía aumenta de 10,40% del primer año escolar a 89,4% del último curso. Cabe destacar que el mayor cambio se dio en la sucesión del sexto (34,58%) al séptimo curso (77,03%). Es decir, a la edad de 12 – 13 años se dio un incremento superior al doble en la prevalencia de miopía de la población asiática infantil que participó en el estudio. Por otro lado, teniendo en cuenta el sexo de los participantes, las chicas presentan una mayor prevalencia de miopía en comparación con el sexo opuesto (Yang et al, 2021).

Una vez se obtuvieron estos datos, los investigadores pasaron a relacionarlos con el rendimiento escolar (tabla 2). Se observó que aquellos sujetos de primer curso que presentaban hipermetropía obtenían peores resultados que los estudiantes sin alteración de tipo refractivo, sobre todo en las materias de chino ($p=0.02$), su lengua materna; y matemáticas ($p=0.01$) (Yang et al, 2021).

Los estudiantes de sexto curso con miopía presentaron peores resultados en inglés ($p=0.02$) y chino ($p=0.04$) que los estudiantes sin ametropía (Yang et al, 2021).

En términos generales, en ningún otro curso se mostró una correlación significativa entre las puntuaciones asociadas al rendimiento escolar de los sujetos y el error refractivo de los mismos (Yang et al, 2021).

De igual manera, se analizó la relación del rendimiento escolar con la refracción exacta de miopía e hipermetropía. Se dedujo estadísticamente que los sujetos de último curso (14 – 15 años) miopes tenían mejores puntuaciones si estos presentaban un valor refractivo bajo que el resto de los sujetos (Yang et al, 2021).

En términos de discutir los resultados de ambos estudios asiáticos, podemos decir que en el primero de ellos (Akrami et al, 2012) no se observó una relación significativa entre las puntuaciones medias de los sujetos y sus ametropías salvo por la excepción de aquellos que presentaban tanto miopía como astigmatismo, cuyos resultados bajaban considerablemente. En contraposición con otros estudios que, si relacionaban positiva y negativamente estas variables, los autores de este trabajo atribuyen hasta cierto punto la diferencia de resultados por distinciones geográficas y étnicas. También lo atribuyen a la edad de los participantes del estudio, puesto que, al tener entre 10 y 14 años, estos se encuentran medianamente avanzados en términos de edad infantil, deduciendo que el equivalente esférico medio es menor según aumenta la edad de los niños.

Por otro lado, podemos decir observando los resultados de Yang et al, (2021) que el rendimiento de los infantes si se ve afectado por el error refractivo de manera significativa en algunos aspectos y momentos de la etapa escolar en China.

Se observó que los alumnos de primer curso con hipermetropía presentaban peores resultados en algunas materias (chino y matemáticas). Cabe mencionar que la emetropización es un proceso que comienza en los primeros años de vida, por lo que es natural que al comienzo de la etapa escolar en China (7 años), algunos sujetos presenten una leve hipermetropía que afecte mínima pero significativamente a la concentración en el aula, la lectura o la escritura (Yang et al, 2021).

Además, los sujetos con miopía en cursos superiores (sexto y noveno curso) presentan mejores puntuaciones en materias como inglés y chino (Yang et al, 2021). Cabe pensar que esto puede ser debido a la gran carga de trabajo que presentan los participantes en estos cursos, derivando en una gran cantidad de horas frente a los libros o el ordenador que causa un aumento no intencionado de miopía.

Una vez discutido y comparado ambos estudios, se ha de decir que los diferentes resultados obtenidos pueden ser debidos a las diferencias raciales entre ambos países. Aunque aporte un poco de diversidad en cuanto a los resultados obtenidos en esta zona geográfica, la raza es un factor fundamental y, sobre todo, distintivo a tener en cuenta.

Estudios en el suroeste europeo

A continuación, se expondrán los resultados de varios estudios realizados en España (Lázaro et al, 2013) y Portugal (Martínez-Pérez et al, 2022).

En el panorama nacional, Lázaro et al, 2013, realizaron un estudio en el que identificaron distintos tipos de anomalías visuales en sujetos de 6 a 12 años: refractivas, binoculares, acomodativas y oculomotoras. En este apartado nos centraremos en las refractivas puesto que del resto hablaremos en el siguiente apartado.

Se observó que la hipermetropía era la alteración refractiva por excelencia. Sin embargo, en la mayoría de los casos no estaba compensada debido a que, al ser tan leves, la acomodación del sujeto actúa como mecanismo compensatorio. En general, el resto de las anomalías refractivas estaban presentes en un bajo porcentaje y se encontraban convenientemente tratadas (Lázaro et al, 2013).

En cuanto a la relación con el rendimiento escolar (tabla 2), el grupo de sujetos con anomalías refractivas presentaban un patrón gráfico muy parecido al grupo de participantes sin anomalías, es decir, no presentaban ninguna diferencia significativa (Lázaro et al, 2013).

Se hizo una comparación para observar la relación entre el rendimiento y los distintos tipos de anomalías en los sujetos. Se le asignó al sujeto “bueno” el valor numérico de 1, al “regular” el número 2 y al “malo” el número 3, calculando la media de cada grupo y su desviación típica, con el mero objetivo de ver si existe diferencia significativa entre ellos. Se observó que no había diferencias entre el grupo de sujetos que tenían alteraciones refractivas y el grupo que no presentaba anomalías, sin embargo, sí que las había entre este último y el resto de los grupos, alcanzando la diferencia máxima con el grupo de sujetos que presentaban anomalías oculomotoras (Lázaro et al, 2013).

Tal y como lo muestra la tabla 7, no se puede afirmar que haya diferencia significativa respecto al rendimiento académico entre los dos primeros grupos, puesto que ambos presentaban valores muy parecidos. Además, las medias de cada grupo de las distintas anomalías refractivas (hipermetropía, miopía y astigmatismo) tampoco presentaban valores muy dispares entre ellas, dando el mismo resultado que el grupo de anomalías en su conjunto y sin ser significativas.

Tabla 7. Media y desviación típica del rendimiento académico obtenida para cada grupo (Lázaro et al, 2013).

Rendimiento vs. Anomalía	Media	D. típica	Nivel significación
Sin anomalía	1,291	0,5389	
A. Refractiva	1,317	0,5768	0,437
A. Binocular	1,415	0,7359	0,002
A. Acomodativa	1,623	0,7653	0,004
A. Oculomotora	1,774	0,8600	0,001

El estudio más reciente de los seleccionados fue realizado en Lisboa por Martínez-Pérez et al, (2022) obteniendo resultados muy interesantes para esta revisión bibliográfica. De los 252 sujetos de entre 6 y 12 años que participaron en el estudio, se les detectó miopía a 22 de ellos (9,5%), hipermetropía a 144 (56,3%) y emetropía al resto que fueron 86 (34,1%) (Martínez-Pérez et al, 2022).

En primer lugar, el hecho más importante a destacar fue la caída gradual de la hipermetropía conforme iban aumentando el curso escolar. De los 6 a los 11 años, la tasa sufrió una bajada del 25,3%. Por otro lado, la miopía tuvo un aumento del 12,5% en el mismo rango de edad. Estos datos nos recuerdan a los datos del estudio asiático anterior (Yang et al, 2021) que comprobaba con datos la disminución de la hipermetropía y el aumento de la miopía partiendo de los cursos más inferiores a los últimos del programa lectivo.

El valor medio del equivalente esférico de todos los participantes fue de $0.39 \pm 0.97D$. El valor medio de los sujetos de edad menos avanzada (6 años) fue de $0.77 \pm 0.82D$, mientras que el de edad superior (11 años) fue de $0.31 \pm 0.68D$ (Martínez-Pérez et al, 2022).

Ahora bien, en relación con el rendimiento escolar (tabla 2), se observó que este decreció en los últimos años de escuela. Sin embargo, no hubo diferencias significativas una vez tenidos en cuenta los estados refractivos de los sujetos ($p > 0.05$) (Martínez-Pérez et al, 2022).

A mi parecer, los datos más importantes obtenidos en este estudio fueron los siguientes: Se llegó a la conclusión de que en el primer y tercer curso (6 y 8 años), los sujetos obtenían mejores resultados cuando el equivalente esférico era más positivo, mientras que, en segundo y cuarto curso (7 y 9 años), los sujetos obtenían mejores calificaciones cuando el equivalente esférico era más negativo. Una vez analizados los participantes de todos los cursos académicos, se observó

que el rendimiento escolar era mejor en aquellos sujetos cuyo equivalente esférico era negativo ($p < 0.001$) (Martínez-Pérez et al, 2022).

En resumen, se ha observado que las alteraciones refractivas en los sujetos infantiles no condicionan de manera significativa su rendimiento. Este último estudio (Martínez-Pérez et al, 2022) confirma, al igual que el de Lázaro et al, 2013, la nula relación existente entre el rendimiento escolar y las alteraciones refractivas en sujetos con edades tempranas en su educación primaria. También se ha comprobado que el equivalente esférico disminuye según avanzan los cursos escolares (Martínez-Pérez et al, 2022).

Está comprobado que la miopía ha aumentado en los últimos años asociado al incremento de nivel de educación en Europa (Williams et al, 2015), al igual que en el resto del mundo (Yang et al, 2021).

A mi parecer, esto un indicativo de que la intensidad del sistema educativo a la que se expone a los estudiantes en etapas superiores del aprendizaje en la escuela es un factor de riesgo desencadenante de la miopía, cuyos resultados se agravan una vez que los jóvenes pasan la educación obligatoria y entran en estudios superiores como la universidad. A esto se le suma el desconocimiento de las normas de ergonomía visual por parte de los jóvenes que permitirían evitar o retrasar ese aumento de miopía. Sin embargo, se ha demostrado (Yang et al, 2021) (Martínez-Pérez et al, 2022) que los niños con miopía tienen mejores resultados y calificaciones que los que tienen hipermetropía o emetropía. La causa de esto sigue siendo desconocida (Martínez-Pérez et al, 2022).

Relación del rendimiento escolar con las anomalías binoculares, acomodativas y oculomotoras

Una vez expuesta y discutida la relación entre el rendimiento de los más jóvenes y las alteraciones refractivas, veremos brevemente la relación existente entre esta primera variable con las anomalías del tipo binocular y/o acomodativo

Como ya mencionamos anteriormente, Lázaro et al, 2013, en su estudio piloto sobre la relación del rendimiento escolar y las anomalías de la visión, asociaron de forma significativa las alteraciones binoculares, acomodativas y oculomotoras con un peor rendimiento; al contrario de las anomalías refractivas.

Tal y como comentamos en el apartado anterior, se asociaron las variables del rendimiento a valores numéricos y se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 4):

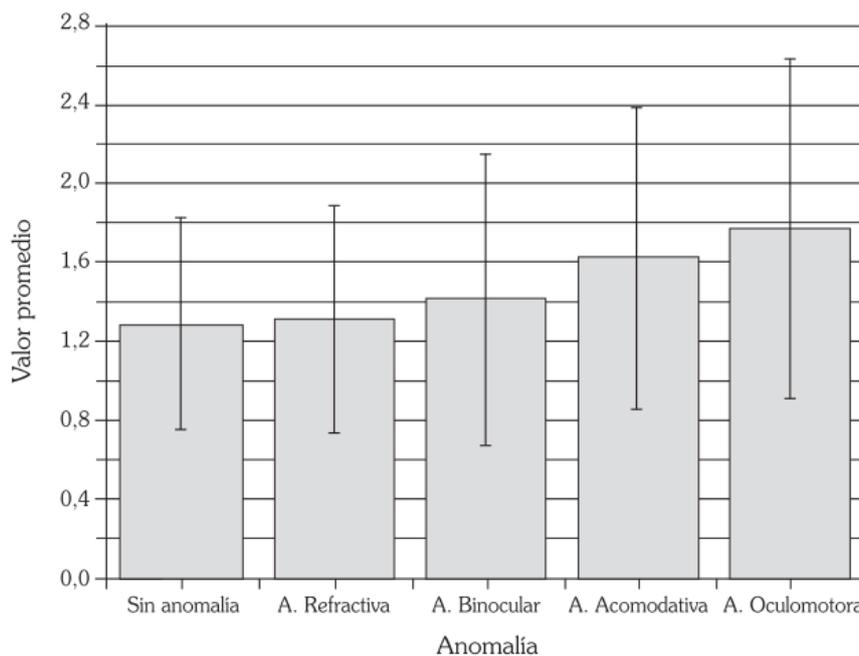


Figura 4. Valor medio del rendimiento académico para cada uno de los grupos de anomalías (Lázaro et al, 2013).

La diferencia entre el valor numérico y el rango del grupo de sujetos que no presentaban anomalía difieren mucho de los valores numéricos medios de los tres últimos grupos. Como vimos en la tabla 7 se obtuvieron los valores de significación de $p=0.002$, $p=0.004$ y $p=0.001$ de las anomalías binoculares, acomodativas y oculomotoras, respectivamente (Lázaro et al, 2013).

Primero, para las anomalías binoculares aparecían diferencias estadísticamente significativas para dos alteraciones: la insuficiencia de divergencia (1,66) y el estrabismo no refractivo (2,23) (Figura 4) (Lázaro et al, 2013).

Segundo, respecto a las alteraciones acomodativas (englobando a tres: exceso acomodativo, insuficiencia acomodativa e inflexibilidad acomodativa) se obtienen también resultados parecidos, siendo las 3 estadísticamente significativas respecto al rendimiento escolar, entorno a 1,7 (Figura 4) (Lázaro et al, 2013).

Por último, en lo que respecta a las anomalías oculomotoras (dividiéndose en oculomotores, de aprendizaje y, en conjunto, oculomotores-aprendizaje) se obtuvieron valores aún más estadísticamente significativos que las anomalías acomodativas, las 3 con valores superiores a 1,75 (Figura 4) (Lázaro et al, 2013).

Son numerosos los estudios que relacionan los problemas oculomotores y acomodativos con las capacidades lectoras. Teniendo en cuenta la relación que tienen estas capacidades con el rendimiento académico, deberíamos saber y tener muy en cuenta este tipo de anomalías en el desarrollo de los más jóvenes en edad escolar.

El uso excesivo de la visión cercana en estas etapas debe ir compensado por una buena sintonía del sistema binocular y sistema acomodativo. Si no es así, surgen problemas como visión borrosa, dolor de cabeza o visión doble (Lázaro et al, 2013).

Martínez-Pérez et al, (2022) investigaron y dedujeron estadísticamente que no había correlación existente entre las calificaciones del año pasado de los sujetos y el estado binocular de los mismos, obteniendo un valor de $p > 0.005$.

Otro estudio (Alrasheed et al, 2020) realizado en Sudán midió la amplitud de acomodación, el punto próximo de convergencia (PPC), las vergencias fusionales, las forias y tropias y, además, se realizaron test de motilidad ocular a 340 sujetos de entre 10 y 12 años. Se tomó de referencia del rendimiento académico las notas finales de los sujetos (tabla 2).

En primer lugar, se observó que la relación entre el rendimiento escolar y la visión de los participantes no era estadísticamente significativa ($p = 0.645$) (Alrasheed et al, 2020).

El primer dato interesante que encontramos es que el 78% de estudiantes con mal rendimiento académico en la escuela presentaban exoforia, medida exagerada al compararse con el 8,4% de esoforia y el 0,8% de tropia. Por tanto, se observó que la relación entre las notas de los participantes en el curso pasado a la prueba y las desviaciones oculares en cerca (tabla 8) presentaban una correlación estadísticamente significativa ($p = 0.014$)

Tabla 8. Relación entre el rendimiento académico y las desviaciones oculares de los participantes (Alrasheed et al, 2020).

Ocular Deviation	Academic Performance of Participant				Total N (%)
	Excellent N (%)	V Good N (%)	Good N (%)	Poor N (%)	
Orthophoria	30 (78.9)	51 (70.8)	38 (38.4)	16 (12.2)	135 (39.7)
Exophoria	5 (13.2.)	17 (23.6)	55 (55.5)	103 (78.6)	180 (52.9)
Esophoria	3 (7.9)	4 (5.6)	5 (5.1)	11 (8.4)	23 (6.8)
Tropia	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.0)	1 (0.8)	2 (0.6)
Total	38 (100)	72 (100)	99 (100)	131 (100)	340 (100)

Otro valor que se tuvo muy en cuenta en este estudio fue el punto próximo de convergencia, observándose que el 73% de estudiantes que tenían un buen PPC presentaban notas excelentes. En contraposición, solo el 26,3% de sujetos que presentaban un PPC anormal tenían un rendimiento escolar excelente. Sin embargo y a pesar de estos datos, la relación entre ambas variables (rendimiento escolar y PPC) no era finalmente estadísticamente significativa (Alrasheed et al, 2020).

Además, se vio que el rendimiento estaba condicionado estadísticamente por las vergencias fusionales positivas en cerca ($p = 0.042$) y que la insuficiencia de convergencia era el problema binocular más común (Alrasheed et al, 2020).

En una encuesta realizada a los profesores del centro, se obtuvieron los siguientes datos: el 98,8% de los profesores era consciente de que los problemas visuales afectaban en cierta medida al rendimiento escolar; sólo el 13,8% de profesores asistían a seminarios para detectar problemas visuales en la edad infantil; el 97,5% de ellos decían tener conocimientos necesarios para detectar una discapacidad visual en sus alumnos y, por último, el 96% de los profesores informaron debidamente a los padres y/o tutores del problema visual que presentaban sus hijos (Alrasheed et al, 2020).

En general, muchos son los autores que afirman que un buen estado del sistema binocular es sinónimo directo de un buen rendimiento escolar en todas y cada una de las etapas del aprendizaje. Tal y como concluían Dirani et al (2010), aunque la agudeza visual no tomara un papel determinante en el rendimiento de los niños, si lo hacía la buena visión en cerca, la cual otorgaba buenas capacidades en todas las actividades que implicaran lectura o escritura. Así, se concluye que es necesario unas buenas vergencias fusionales positivas para no que los niños no presenten problemas de concentración y síntomas pasado un tiempo (Alrasheed et al, 2020).

Relación del rendimiento escolar con la ambliopía

Por último, se verá si la ambliopía en los más jóvenes puede tener una relación directa con su rendimiento. En un estudio estadounidense (Kelly et al, 2018), se les pidió a los sujetos de entre 10 y 11 años que hicieran la actividad indicada en la tabla 2 y se cronometró el tiempo que tardaban en realizarla. Este tiempo fue analizado entre distintos grupos. De los 85 niños que participaron en el estudio, 47 de ellos tenían ambliopía tratada por estrabismo, anisometropía o ambos; 18 niños con estrabismo no ambliope y, por último, 20 sujetos sin ambliopía como grupo de control.

Una vez realizadas las pruebas estadísticas con los datos de tiempo obtenidos, se observó que el grupo control tardó una media de 230 segundos en completar la actividad. Por otro lado, el grupo de sujetos con ambliopía tardó una media de 297 segundos, mientras que el grupo de participantes que tenían estrabismo una media de 293 segundos (Kelly et al, 2018).

Se obtuvo un incremento significativo en el tiempo de realización del test entre el grupo control y los otros dos grupos con anomalías visuales. Por un lado, una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y el grupo de sujetos que tenían ambliopía ($p=0.002$), tardando una media de 67 segundos más que el grupo de participantes sin anomalías. Por otro lado, también se dio una diferencia estadísticamente significativa con el grupo que padecía

estrabismo no ambliope ($p=0.001$), tardando los sujetos de este en realizar la actividad 63 segundos más que el grupo control (Kelly et al, 2018) (Figura 5).

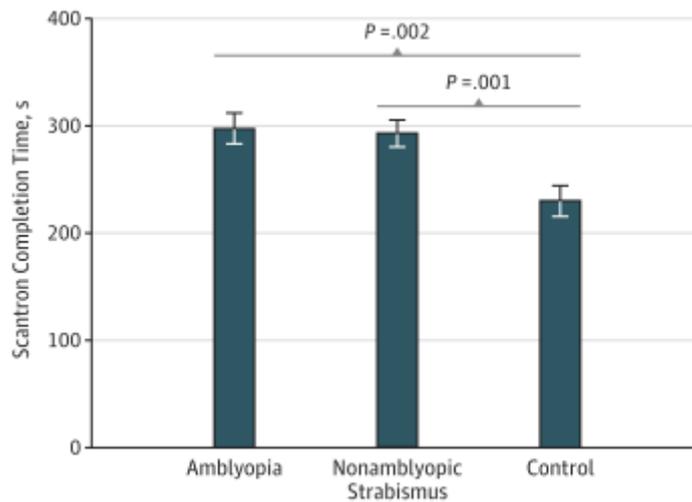


Figura 5. Tiempo medio en realizar la actividad por grupos (Kelly et al, 2018).

Entre los dos grupos que no son control no hubo diferencias estadísticamente relevantes entre ellos. Por último, tampoco hubo diferencias ($p=0.29$) entre aquellos niños que padecían solo de anisometropía y aquellos otros que padecían estrabismo de cualquier tipo (con ambliopía o anisometropía o sin ninguna de ellas) (Kelly et al, 2018).

En resumen, este estudio nos da a conocer el hecho de que todos los sujetos con historial de visión binocular anómala tienden a tener mayores dificultades para realizar actividades sencillas en labores de escritura, presentando un rendimiento escolar por debajo de la media.

Según Kelly et al (2018), este estudio puede ser de mucho valor para todos aquellos responsables directos de los niños (ya sean profesores o padres) en muestra de cómo la presencia de anomalías estrábicas, ambliopía y semejantes son condicionantes de un buen rendimiento en labores lectivas, limitando el éxito académico.

CONCLUSIÓN

Tras analizar los resultados obtenidos en los diferentes artículos y partiendo de los objetivos específicos fijados con anterioridad, se han llegado a las siguientes conclusiones:

1. En primer lugar, se concluyó en varios estudios que el rendimiento escolar no está asociado de manera directa a las medidas de agudeza visual. Sin embargo, sería de gran ayuda que en futuros estudios experimentales relacionados con el tema se tomaran muestras de participantes más grandes para una mayor comprensión y veracidad de los datos obtenidos.
2. La prevalencia de alteraciones refractivas es muy alta en la edad escolar, tanto en la población europea como en la asiática. Se ha concluido tras esta revisión bibliográfica que la incidencia de la hipermetropía es mucho mayor cuanto menor es la edad del sujeto en cuestión y, al contrario, mayor la incidencia de miopía según aumenta la edad del niño. Esto último es así tanto en los estudios asiáticos como en los europeos. En estos últimos, se concluyó que los defectos de tipo refractivo no estaban relacionados de ninguna forma con el rendimiento escolar. En cambio, en los estudios asiáticos se concluyó que las anomalías refractivas sí están relacionadas con el rendimiento de los niños, observándose que, en los primeros cursos académicos, la hipermetropía está relacionada con un déficit en el rendimiento del alumnado en algunas materias de suma importancia como el inglés. Esto es considerado normal debido a que los niños suelen venir acompañados de una hipermetropía leve en la entrada a la educación primaria, provocando dificultades en la lectura, escritura u ortografía que en ciertas ocasiones se ven subsanadas por la acomodación. Por otro lado, en cursos académicos superiores, los niños que presentan miopía (la gran mayoría) tienden a obtener mejores resultados académicos, posiblemente asociados a la enorme carga de trabajo que se ven sometidos los estudiantes. Sin embargo, si los alumnos presentan astigmatismo a la par que miopía, su rendimiento puede verse afectado de forma considerable.
3. Respecto al resto de alteraciones y a pesar de la controversia que existe entre los distintos investigadores, podemos decir que los defectos de tipo binocular son determinantes en las capacidades visuales de un niño, como también lo son las alteraciones acomodativas y oculomotoras. Se concluyó que, en cuanto a las anomalías binoculares, la insuficiencia de convergencia es la más común de ellas. Además, se observó que la ambliopía, que puede ser derivada de una alteración binocular, también afecta de manera significativa al rendimiento de los infantes, así como el estrabismo no ambliope. Estas anomalías provocan que los niños tengan mayores dificultades para

realizar tareas en principio sencillas y básicas que están estrechamente ligadas a un buen desarrollo en el aprendizaje.

4. La gran mayoría de anomalías visuales pasan desapercibidas por padres y profesores. Aunque las refractivas cobran una gran importancia en la sociedad actual y están bien cubiertas en cuanto a corrección se refiere, las demás alteraciones (en su mayoría) no son diagnosticadas ni mucho menos corregidas. Se debe hacer énfasis en la evaluación continua del estado visual de los niños, al menos realizar exámenes visuales una vez al año, y en la formación mínima necesaria de los profesores y demás responsables directos para la detección de distintas anomalías y la posterior derivación a los profesionales especializados.
5. Por último y a la luz de los resultados obtenidos en esta revisión bibliográfica, cabe destacar la necesidad imperiosa de realizar más estudios prospectivos que contribuyan a la ampliación del saber en esta área de conocimiento en todo el mundo. Repetir que los estudios deberían utilizar mayores muestras que ayuden a determinar con exactitud la evolución de ciertas anomalías para posteriormente analizar su desarrollo en conjunto con las distintas variables que determinan el rendimiento escolar de diferentes grupos de niños estudiantes en distintas etnias y naciones alrededor del planeta.

BIBLIOGRAFÍA

Akrami A, Bakmohammadi N, Seyedabadi M, Nabipour I, Mirzaei Z, Farrokhi S, et al. The association between schoolchildren intelligence and refractive error. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2012;16(7):908-11.

Allué EDD, Cornudella RS, Grijalba MO, Puertas DL, Garza TC, Íñigo MAP. Diagnóstico prenatal de catarata congénita. *Rev Chil Obstet Ginecol.* 2013;78(6): 455-9.

Alrasheed SH, Elmadina AEM. Effect of Binocular Vision Problems on Childhood Academic Performance and Teachers' Perspective. *Pak J Ophthalmol.* 2020;36(2):162-7. <http://dx.doi.org/10.36351/pjo.v36i2.896>

Argento C et al. *Oftalmología General. Introducción para el especialista.* 4ª ed. Buenos Aires: Corpus Libros; 2013.

Borràs MR, Gispets J, Ondategui JC, Pacheco M, Sánchez E, Varón C. *Visión Binocular. Diagnóstico y Tratamiento.* 1ª Ed. Terrasa: Ediciones UPC; 1996.

Català-Mora J, Correa-Llano M, Martín-Begué N, Suñol M, Restrepo C, Sola T, et al. Retinoblastoma. *Annals d'oftalmologia.* 2018;26(3).

Curbelo L, Durán R, Mercedes D, Broche A, Alfonso A. Retinopatía del prematuro asociado a oxigenoterapia en el Hospital General Universitario Dr. Enrique Cabrera Cossío. *Rev Cub Ped.* 2015;87(1):69-81.

Delgado Espinosa C, Castañeda Suardíaz J, Cordero Jorge N, Rodríguez Rodríguez S. Estudio de la eficacia del test TNO en la detección precoz de la ambliopía en atención primaria. *Enfermería Global.* 2017;17(1):142.

Dirani M, Zhang X, Goh LK, Young TL, Lee P, Saw SM. The role of vision in academic school performance. *Ophthalmic Epidemiol.* 2010;17(1):18-24. <http://dx.doi.org/10.3109/09286580903450320>

Dos Santos IR. *Oftalmia neonatal. Profilaxis con povidona iodada y agentes de transmisión vertical: Estudio intervencional en dos unidades materno-infantiles en Luanda [Tesis doctoral].* Valladolid: Universidad de Valladolid; 2015.

García J, Sánchez FJ, Colomer J, Cortés O, Esparza MJ, Galbe J, et al. Valoración de la agudeza visual. *Rev Pediatr Aten Primaria.* 2016;18(71):267-74.

Kelly KR, Jost RM, De La Cruz A, Birch EE. Multiple-choice answer form completion time in children with amblyopia and strabismus. *JAMA Ophthalmol.* 2018;136(8):938-41.

Kleinstejn RN, Jones LA, Hullett S, Kwon S, Lee RJ, Friedman NE, et al. Refractive error and ethnicity in children. *Arch Ophthalmol.* 2003;121(8):1141-7.

Lamas H. Sobre el rendimiento escolar. *Propósitos y Representaciones.* 2015;3(1):313-86.

Lança C, Serra H, Prista J. Rendimiento escolar y tipos de errores en la lectura en los niños con alteraciones de la función visual. *Revista nacional e internacional de educación inclusiva.* 2015; 8(2):77-89.

Lázaro M, García JA, Perales FJ. Anomalías de la visión y rendimiento escolar en Educación Primaria. Un estudio piloto en la población granadina. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado.* 2013;76(27.1):101-19.

Martinez-Perez C, Alvarez-Peregrina C, Brito R, Sánchez-Tena M. The Evolution and the Impact of Refractive Errors on Academic Performance: A Pilot Study of Portuguese School-Aged Children. *Children.* 2022;9(6):840. <https://doi.org/10.3390/children9060840>

Vaughan D, Asbury T, Riordan-Eva P. *Oftalmología General.* 18ª ed. Madrid: McGraw-Hill; 1997.

Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, Wolfram C, Verhoeven VJM, Anastasopoulos E, et al. Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education. *Ophthalmology* 2015;122(7):1489. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.03.018>

Wood JM, Black AA, Hopkins S, White SLJ. Vision and academic performance in primary school children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2018;38(5):516-24. <https://doi.org/10.1111/opo.12582>

Yang Y, Li R, Ting D, Wu X, Huang J, Zhu Y, et al. The associations of high academic performance with childhood ametropia prevalence and myopia development in China. *Ann Transl Med.* 2021;9(9):745. <http://dx.doi.org/10.21037/atm-20-8069>