



ugr | Universidad
de Granada

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE ÓPTICA

PREVALENCIA DE ERRORES REFRACTIVOS EN NIÑOS DEL CONTINENTE AFRICANO

Tesis Doctoral

Memoria de Doctorado

Margarita Soler Fernández

Diplomada en Óptica y Optometría.

Máster en Óptica y Optometría Avanzadas.

Granada, Marzo de 2011

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Margarita Soler Fernández
D.L.: GR 2748-2011
ISBN: 978-84-694-2955-6

PREVALENCIA DE ERRORES REFRACTIVOS EN NIÑOS DEL CONTINENTE AFRICANO

Directores de la Tesis

Fdo.: Dra. Rosario González Anera
Titular de Universidad
Departamento de Óptica
Universidad de Granada

Fdo: Dr. Raimundo Jiménez Rodríguez
Titular de Escuela Universitaria
Departamento de Óptica
Universidad de Granada

Los doctores **Rosario González Anera** y **Raimundo Jiménez Rodríguez**, profesores del Departamento de Óptica de la Universidad de Granada,

CERTIFICAN:

Que el trabajo de investigación que se recoge en esta Memoria, titulada **“PREVALENCIA DE ERRORES REFRACTIVOS EN NIÑOS DEL CONTINENTE AFRICANO”**, presentada por la Diplomada en Óptica y Optometría y Máster en Óptica y Optometría Avanzadas D^a. Margarita Soler Fernández para optar al grado de Doctor por la Universidad de Granada, ha sido realizado en su totalidad bajo nuestra dirección en el Departamento de Óptica de la Universidad de Granada.

Fdo.: Dra. Rosario González Anera
Titular de Universidad

Fdo.: Dr. Raimundo Jiménez Rodríguez
Titular de Escuela Universitaria

Memoria presentada para optar al Grado de
Doctor por la Universidad de Granada.

Fdo.: Margarita Soler Fernández

Granada, Marzo de 2011

El tribunal nombrado por el Magfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad de Granada:

Presidente: Dr.

Primer Vocal: Dr.

Segundo Vocal: Dr.

Tercer Vocal: Dr.

Secretario: Dr.

Realizado el acto de defensa de la tesis el día ____ de _____ de 2011 en Granada, acuerda otorgarle la calificación de _____.

A mi familia.

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar quiero expresar mi más sincero agradecimiento a quienes han dirigido y hecho posible esta tesis, los doctores Rosario González Anera y Raimundo Jiménez Rodríguez, por todo lo que me han enseñado, los apoyos recibidos y la confianza que han depositado en mí constantemente. Gracias Saro, gracias Raimundo.

También a todos los compañeros del Departamento de Óptica que me han permitido aprender de ellos y con ellos y en especial a su Director, el doctor Manuel Rubiño López, por la gran labor que realiza, por su amabilidad y su disponibilidad. Y de la misma manera a los anteriores directores del Departamento, los doctores Enrique Hita Villaverde y Luís Jiménez del Barco Jaldo.

También quiero manifestar mi agradecimiento a los responsables provinciales de Salud y Educación de los lugares donde se han desarrollado los estudios en que se basa esta tesis, por su entusiasmo y buena disposición, y al personal adscrito a los centros educativos donde se han realizado las pruebas por cedernos las aulas y darnos todas las facilidades para llevar a cabo este trabajo. Y ¿cómo no? a esos pequeños sujetos, los niños, porque sin ellos tampoco hubiera sido posible realizar este trabajo.

Esta Tesis Doctoral es la culminación de un largo proceso, a veces complicado y dificultoso, y por ello quiero agradecer a la doctora María del Mar Pérez Gómez porque justo al principio del mismo, cuando más lo necesitaba, me dio la seguridad necesaria para continuar. También por ello, expreso mi agradecimiento, al doctor Francisco Pérez-Ocón por su diligencia para solucionar los inconvenientes encontrados en el camino. De forma muy significativa también quiero darle las gracias al doctor José Ramón Jiménez Cuesta (JR), responsable del Laboratorio de Ciencias de la Visión y Aplicaciones, ¡jefe y amigo!, por todo lo que me ha enseñado, por darme la oportunidad de conocer otras realidades de este mundo y la ocasión de trabajar para mejorarlas, por la confianza que ha depositado en mí y, además, por ceder todo

el material necesario para desarrollar este trabajo. Y también, a la profesora María Angustias Pérez Fernández porque de su mano aprendí a amar mi profesión, y a los doctores Juan de la Cruz Cardona Pérez y José Juan Castro Torres: a los tres, gracias por compartir conocimientos e inquietudes y por su valiosa participación en la recogida de datos.

A todos, además, quiero dar las gracias por concederme el privilegio de su amistad.

A mi compañera y amiga Amor por estar siempre ahí y ser capaz de hacerme reír incluso en los peores momentos.

A mi madre le doy las gracias por el ejemplo de esfuerzo y tesón que me ha dado y que me ha enseñado a caminar por la vida. Espero que pueda disfrutar de este momento. Y a mis hermanas, María y Pachi, por ocuparse de mamá y comprender el poco tiempo del que dispongo.

A Joaquín, al que algunos denominan santo, por su apoyo incondicional, por sus ánimos continuos, por cederme nuestro tiempo y por compartir inquietudes. A mis hijos: Ainhoa, Borja y Carlos por su generosidad, por todos los “no te preocupes mamá, aprovecha la oportunidad, que nosotros estamos bien” y por estar siempre a mi lado. A Pablo y María, mis pequeños, porque a pesar del poco tiempo que compartimos siempre me demuestran su cariño. Gracias por ser las personas más importantes de mi existencia.

Cuando el blanco se convierte en negro, algunos hombres dicen: "En lo esencial sigue siendo igual". Otros, en cambio, cuando el color se oscurece un tanto dicen: "Ha cambiado por completo". (Ludwig Wittgenstein)

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	11
3. METODOLOGÍA.....	33
3.1. Introducción.....	35
3.2. Sujetos.....	38
3.2.1. Estudio I: Burkina Faso (Tuy).....	40
3.2.2. Estudio II: Marruecos.....	40
3.2.3. Estudio III: Burkina Faso (Fada N` Gourma).....	41
3.3. Material y métodos.....	42
3.3.1. Examen optométrico.....	42
3.3.1.1. Burkina Faso.....	42
3.3.1.2. Marruecos.....	44
3.3.2. Definición de errores refractivos.....	47
3.3.3. Tratamiento estadístico de los datos.....	48
3.3.3.1. Variables cuantitativas.....	48
3.3.3.2. Variables cualitativas.....	50
4. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN.....	53
4.1-Prevalencia de errores de refracción en escolares en Tuy, Burkina Faso.....	57
4.1.1 Agudeza visual.....	57
4.1.2. Equivalente esférico.....	59
4.1.3. Prevalencia de errores refractivos.....	59
4.1.3.1. Prevalencia de error refractivo según sexo.....	60
4.1.3.2. Prevalencia de error refractivo según edad.....	61
4.1.3.3. Prevalencia de error refractivo según etnia.....	61

4.2. Prevalencia de errores de refracción en escolares en Fada, Burkina Faso.....	64
4.2.1. Agudeza visual.....	64
4.2.2. Equivalente esférico.....	67
4.2.3. Prevalencia de errores refractivos.....	68
4.2.3.1. Prevalencia de error refractivo según sexo.....	69
4.2.3.2. Prevalencia de error refractivo según edad.....	69
4.2.3.3. Prevalencia de error refractivo según etnia.....	71
4.3. Prevalencia de errores de refracción en escolares en Kenitra, Marruecos.....	72
4.3.1. Agudeza visual	72
4.3.2. Estereopsis.....	74
4.3.3. Equivalente esférico.....	74
4.3.4. Prevalencia de errores refractivos.....	75
4.3.4.1. Prevalencia de error refractivo según sexo.....	76
4.3.4.2. Prevalencia de error refractivo según edad.....	77
4.3.5. Radios de curvatura de los meridianos principales de la superficie anterior de la córnea.....	77
4.4. Discusión.....	81
4.4.1. Burkina Faso.....	82
4.4.2. Marruecos.....	86
5. CONCLUSIONES.....	89
6. BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXO: PUBLICACIONES.....	121

1. INTRODUCCIÓN.

1. INTRODUCCIÓN.

Existe un gran interés por comprender el origen y desarrollo de los errores de refracción, cómo se controlan y el efecto que tienen en el estado visual posterior. Esta necesidad de conocimiento está justificada si tenemos en cuenta que los errores refractivos no compensados son la primera causa de deficiencia visual y la segunda causa de ceguera evitable en el mundo según **Resnikoff (2008)**, y son los responsables de la discapacidad de 153 millones de personas y 8 millones de ciegos, de los cuales 1.5 millones corresponde a niños ciegos y 4.5 millones a niños con baja visión. El deterioro visual infantil debido a los errores de refracción es uno de los problemas más comunes entre los niños en edad escolar y es la segunda causa de ceguera tratable en niños. La magnitud del problema es tal que la Organización Mundial de la Salud, y diferentes organizaciones no gubernamentales, han creado The Global Initiative for the Elimination of Avoidable Blindness (**Thylefors 1997**) con el fin de eliminar las discapacidades visuales y la ceguera evitable a nivel mundial. Con esa finalidad nació VISION 2020: The Right to Sight (**Pizarello et al. 2004**) programa en el que los errores de refracción representan una de las cinco áreas prioritarias debido a las discapacidades que provocan y la frecuencia con que se producen (**McCarty et al. 2000**). **Naidoo et al. (2010)** ratifican la conocida como “declaración de Durban de 2007” surgida en el World Congress on Refractive Error celebrado en Durban (Sudáfrica) en marzo de ese año (www.icee.org/pdf/Final_FINAL_Declaration.pdf), donde se indica la necesidad de realizar estudios epidemiológicos sobre errores de refracción en los países de los que no se tienen datos.

Actualmente también existe un gran interés por conocer la prevalencia de los errores refractivos debido al aumento que se está produciendo en el porcentaje de miopía en todas las zonas estudiadas y que está llevando a plantearse si existe una epidemia de la misma (**Saw et al. 1996, Mutti and Bullimore 1999, Grosvenor 2003, Park and Congdon 2004**).

En la última década la miopía ha alcanzado grandes proporciones (llegando al 80% de prevalencia en algunas de estas zonas) en algunas poblaciones urbanas de Singapur, Taiwán, Japón y Hong Kong (**Morgan and Rose 2005**). Recientemente, los datos muestran que las tasas nacionales de la miopía en los EE.UU. han aumentado significativamente en comparación con las tasas de miopía registrados en décadas anteriores (**Vitale et al. 2009**) y lo mismo está ocurriendo en otras partes del mundo, como Dinamarca, Israel y Finlandia (**Morgan and Rose, 2005**). Como dicen **Bloom et al. (2010)**, si los datos son exactos, las causas que contribuyen a las tasas de aumento de la miopía son un tema de especial importancia en la actualidad.

Es conocido que la etiología de la miopía es compleja. Además, la forma principal de miopía (leve y moderada) es el resultado de una interacción entre factores genéticos e influencias ambientales. Aunque exista un modelo claro de herencia familiar, los factores exógenos son cada vez más importantes en la determinación de la aparición de la miopía y parece estar especialmente relacionada con el tiempo y cantidad de trabajo que se realiza en visión de cerca (lectura, educación, ordenador, videoconsolas, etc.), el lugar de residencia (urbano o rural), el tiempo dedicado a actividades al aire libre, la alimentación y, en definitiva, con el nivel de desarrollo económico y social de la población estudiada (**Morgan and Rose, 2005**). El conocimiento de la prevalencia de este error refractivo en los diferentes países o regiones es de gran importancia para la identificación de las causas que la provocan y el control en su progresión, ya que da información sobre los factores de riesgo asociados a dicho error de refracción (**Norton et al. 2005**), y más aún, en la población infantil, en la cual la prevalencia de los errores refractivos varía con la edad (**Grosvenor 2004**), debido al proceso de emetropización. Los neonatos son generalmente hipermétropes, y es hacia los 6-8 años cuando se alcanza la emetropía (**Hosaka 1988**). Alrededor de los 8-9 años aparece la mayoría de la miopía leve y moderada (**Pi et al. 2010**), que va aumentando con la edad, debido a que en estas edades comienzan las mayores demandas de visión de cerca causadas por la escolarización, uno de los factores que puede tener influencia en la aparición y posterior desarrollo de la miopía como indican **Morgan and Rose (2005)** en su amplia revisión bibliográfica sobre la miopía.

A pesar de que han sido numerosos los estudios que han relacionado la prevalencia de los errores refractivos con la edad, nivel de educación, geografía, etnias, etc., en algunas zonas del mundo estos valores son desconocidos, siendo África probablemente el área menos estudiada en este sentido.

De los estudios realizados en África (**Wender et al. 2000**, **Kawuma and Mayeku 2002**, **Ayed et al. 2002**, **Ajaiyeoba et al. 2005**, **Ntim-Amposah and Ofofu-Amaah 2007**, **Ayotunde et al. 2007**, **Sounouvou et al. 2008**) se puede concluir que la prevalencia de errores refractivos es muy baja, aunque la mayoría de ellos tienen como objetivo conocer las patologías oculares que cursan con disminución de agudeza visual (AV), y por tanto solo realizan pruebas optométricas cuando hay disminución de la misma, lo que conlleva a una infravaloración de los errores refractivos (**Leone et al. 2010**). Surge pues la necesidad de realizar estudios epidemiológicos unificando criterios de evaluación, y por ello la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha patrocinado un protocolo a seguir en los estudios de errores de refracción para diferentes entornos culturales y étnicos (Refractive Error Study in Children) (**Negrel et al. 2000**) que permita conocer la realidad del estado refractivo y así poder seguir investigando las causas que están provocando los cambios en su prevalencia.

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral es estudiar la prevalencia de los errores refractivos en niños de edad escolar en diferentes países del continente africano y estudiar su posible relación con diferentes factores genéticos y ambientales.

Se sabe de la dificultad de realizar este tipo de estudios en países en vía de desarrollo debido a causas de salubridad, seguridad, financiación, culturales, etc, aunque a través de las ONG algunas de estas dificultades se minimizan. Nuestro grupo de investigación pertenece a las ONG Mira Por Sus Ojos y Medicus Mundi Andalucía y dentro de su actuación hemos podido profundizar sobre la realidad refractiva en este continente. Los países elegidos para realizar los estudios epidemiológicos son Burkina Faso (África Subsahariana) y Marruecos (África del Norte), ya que en ellos las ONG Medicus Mundi Andalucía y Mira Por Sus Ojos, en su compromiso por mejorar las condiciones de vida de los más desfavorecidos, llevan a cabo proyectos de cooperación en salud visual, lo que nos ayuda en la obtención de permisos y facilita la labor a desarrollar. Estos países aunque

pertenecientes al mismo continente, tienen grandes diferencias entre ellos en cuanto a la genética y el nivel de desarrollo que, como hemos comentado anteriormente, influyen en la prevalencia de los errores refractivos de las poblaciones.

Se han realizado tres estudios epidemiológicos, dos en Burkina Faso y uno en Marruecos, y aunque se ha intentado seguir la metodología recomendada en este tipo de estudios, en el caso de Burkina Faso fue necesario adecuarla a la realidad del país como se explicará más adelante. En los realizados en Burkina Faso, en las provincias de Houndé y Fada N`Gourma, se ha evaluado el estado refractivo de los escolares y analizado en función del sexo, la edad y las diferentes etnias del lugar. Para el realizado en Marruecos, en la provincia de Kenitra, además del estado refractivo se ha evaluado la estereopsis y se ha realizado queratometría y, en este caso, se han analizado los resultados en función del sexo y edad de la población.

Este trabajo está integrado dentro del grupo de trabajo del Laboratorio de Ciencias de la Visión y Aplicaciones (<http://www.ugr.es/local/labvisgr>) del Departamento de Óptica (perteneciente al Grupo de Óptica FQM-151 de la Junta de Andalucía) de la Universidad de Granada.

Los capítulos que conforman esta tesis se estructuran en una serie de capítulos cuyos contenidos indicamos muy brevemente a continuación.

En el capítulo 2, *Antecedentes y Objetivos*, realizamos una revisión bibliográfica que nos lleva a plantear detalladamente los objetivos que pretendemos conseguir.

A continuación, en el capítulo 3, *Metodología*, abordamos las características de los niños que participan en los estudios, las pruebas realizadas y el material utilizado para medir los distintos parámetros, los métodos empleados para la realización de las medidas y el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

En el capítulo 4, *Resultados Experimentales y Discusión*, se presentan, analizan y discuten los resultados obtenidos en los diferentes trabajos de campo, con el siguiente orden. En primer lugar mostramos los resultados obtenidos en la

provincia de Houndé, en Burkina Faso, seguidos de los encontrados en Fada N`Gourma, también en Burkina Faso, y por último los del trabajo efectuado en Marruecos, en la provincia de Kenitra. Posteriormente se realiza la discusión de estos resultados en ese mismo orden.

Las *Conclusiones* más relevantes de este trabajo se presentan en el capítulo 5, y por último, en el capítulo 6 mostramos la *Bibliografía* utilizada para la realización de esta Tesis Doctoral.

Finalmente, en el Anexo se muestran las *Publicaciones científicas* que se han obtenido fruto del trabajo realizado.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

2. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

En este capítulo realizaremos una revisión de la bibliografía sobre los errores de refracción, en la que indagaremos sobre las causas que los pueden provocar y, también, los estudios epidemiológicos que sobre ellos se han realizado, poniendo especial interés en los realizados con niños en edad escolar, pues es la población que nos ocupa.

El error refractivo es una de las causas principales de deficiencia visual en la población mundial. Se estima que existen cerca de 2.300 millones de personas con algún tipo de ametropía (miopía, hipermetropía o astigmatismo), lo que representa más del 34% de la población mundial, de las cuales entre un 5 -15 % son niños, que en muchos casos no están compensados (**Dunaway and Berger 2008**).

Normalmente, en el momento del nacimiento, el niño presenta un error de refracción hipermetrópico. **Saunders (1995)** sitúa el error refractivo medio al nacer alrededor de +3.00 D, y mediante el crecimiento anatómico del ojo durante la infancia se tiende a alcanzar la emetropía, lo que se conoce como mecanismo de emetropización. Este proceso busca el equilibrio entre los diferentes elementos refractivos del ojo para conseguir la emetropía, que no es un fenómeno ligado al azar, sino que es la propia experiencia visual, influenciada por factores ambientales, la que conduce hacia ese estado de emetropía. Así pues, en su gran mayoría, las ametropías son desajustes estructurales que proceden de una fragilidad, de un bloqueo o de una regresión en el curso del crecimiento o de la armonización de las estructuras refractivas (**Sorsby et al. 1957**). Este concepto definiría la hipermetropía como una detención en el crecimiento normal del ojo y, la miopía, como un fallo en el mecanismo de detención del crecimiento ocular en su proceso de emetropización o una reactivación posterior.

Se han descrito dos mecanismos teóricos de emetropización, uno pasivo, bajo control genético, y otro activo, bajo control ambiental. El proceso pasivo es el del crecimiento proporcional de los ojos en el niño. Este aumento proporcional de los ojos reduce el poder dióptrico del sistema óptico ocular en relación con el aumento en la longitud axial, produciéndose la ametropía cuando estos cambios no son proporcionales o no están coordinados. El mecanismo activo consiste en la retroalimentación producida por la información de la imagen que se forma en la retina y el consecuente ajuste de la longitud axial, de tal manera que la formación de una imagen de mala calidad interfiere provocando la ametropía (**Smith et al. 1987, Wallman et al. 1981, Medina 1987, Gwiazda 1995, Mutti et al. 1996, Olsen 2007**). Para **Brown et al. (1999)** la emetropización es el resultado de ambos procesos, de tal manera que la herencia determina la tendencia en las proporciones del ojo y el medio ambiente juega un papel activo que influye en el proceso de emetropización. **Garner et al. (2004)**, en un estudio trasversal realizado con niños tibetanos, encontraron que el equilibrio entre la disminución de la potencia del cristalino y el incremento de la cámara vítrea era el principal factor que mantenía la tendencia hacia la ametropía. Según **Gwiazda et al. (1993)** con la edad, la córnea, el cristalino y la longitud axial sufren modificaciones coordinadas, ajustándose los elementos refractivos (córnea y cristalino) al aumento de la longitud axial, para que se obtenga una imagen nítida sobre la retina. Este proceso ocurre rápidamente en el primer año y, a continuación, más lentamente durante la mayor parte del período de desarrollo en los seres humanos (**Sorsby 1980, Weale 1983**). Está ampliamente aceptado que el crecimiento corneal se completa en los dos primeros años de vida (**Gordon and Donzis 1985, Fledelius and Stubgaard, 1986**) y durante los 3 a 13 años de edad sólo se presentan pequeñas e incluso ninguna modificación en la potencia corneal (**Sorsby et al. 1961, Fledelius 1988, Garner et al. 1990, Zadnik et al. 1995**). Puesto que no existe disminución de la curvatura corneal con la edad, el adelgazamiento del cristalino (y su efecto en reducir la potencia del mismo), el aplanamiento de las curvaturas del cristalino (**Sorsby et al. 1961**) y posibles cambios en el índice de refracción con la edad (**Mutti et al, 1995**) parecen ser los posibles candidatos para compensar los incrementos en longitud axial durante el proceso de emetropización en el ojo humano.

Yebra-Pimentel et al. (2008) tratando de determinar tal coordinación, encontraron que la presencia de desequilibrios entre los parámetros oculares está directamente relacionada con la aparición y desarrollo de la ametropía,

encontrando en los ojos más miopes ($\leq -2.00D$) una ausencia de coordinación entre los componentes ópticos oculares.

Pues bien, cuando este proceso de emetropización falla, aparecen las ametropías (hipermetropía, astigmatismo y miopía), por lo que, a continuación, comentaremos brevemente las teorías que hay sobre la etiología de estos errores de refracción.

Como ya hemos comentado, la **hipermetropía** es el error de refracción más común en los recién nacidos, siendo su prevalencia y magnitud mayores en la primera infancia, y disminuyendo en la primera década de la vida a través del proceso de emetropización. La hipermetropía innata (**Duke-Elder and Abrams 1970**) o la adquirida durante los primeros seis meses de vida (**Mohindra and Held 1981, Abrahamson and Sjostrand 1992, Schalijs-Delfos et al. 1992, Gwiazda et al. 1993, Wood et al. 1995**) constituyen la reserva fisiológica imprescindible para alcanzar el equilibrio emetrópico reseñado anteriormente. Aproximadamente, el 6.9% de los bebés de 6-8 meses de edad tienen una hipermetropía mayor de +3.25D y ese porcentaje disminuye al 3.6% con la edad de 1 año. Al tratarse de una reserva fisiológica frente al crecimiento ocular, los niños menores de 5 años con una hipermetropía de +0.50D son más propensos a convertirse en miopes que aquellos con una hipermetropía más elevada (**Ingram et al. 1986, Ingram et al. 1990, Atkinson et al. 1996**).

Para **Hammond et al. (2001)**, los factores hereditarios son probablemente los causantes de la mayoría de los casos de hipermetropía mientras que los factores ambientales juegan un papel menor, a diferencia de lo que ocurre con la miopía, como veremos más adelante. Aunque no hay diferencia en la prevalencia de la hipermetropía respecto al género, sí existe tal diferencia con el origen étnico, encontrándose una mayor prevalencia en los grupos de nativos americanos, afroamericanos y en los de las islas del Pacífico, que en el resto de etnias (**Sorsby and Leary 1970, Morgan and Rose 2005**).

Estudios sobre niños muy pequeños dan poco apoyo a una diferencia innata entre grupos raciales. El error de refracción medio en niños de 10 a 12 semanas de edad nacidos en Hong Kong (**Edwards 1991**) e Italia (**Grignolo and Rivara 1968**) es muy similar. **Edwards and Lam (2004)** encuentran una rápida

emotropización en los niños chinos, pudiendo alcanzar la estabilidad refractiva hacia la edad de 5 años (**Chan and Edwards 1993, Edwards and Lam 2004**), pero pocos cambios en los errores de refracción de los bebés del estudio italiano durante el primer año de vida. Esto contrasta con las observaciones de emetropización muy rápida en los bebés de raza blanca de otros trabajos (**Fulton et al. 1980, Gwiazda et al. 1993, Ehrlich et al. 1997, Mayer et al. 2001, Pennie et al. 2001, Mutti et al. 2005, Multi-Ethnic Pediatric Eye Disease Study Group 2010**).

En un estudio muy reciente, **Chen et al. (2010)** al estudiar errores de refracción en niños chinos de entre 1 y 6 días de vida, encontraron que la media de hipermetropía era muy elevada (+3.55D) y la prevalencia de astigmatismo muy baja (1.6%), y sin embargo tienen un alto riesgo de convertirse en miopes, como demuestra la alta prevalencia de miopía en esta etnia.

El **astigmatismo** es importante en el estado de refracción de los niños porque impone considerable desenfoque en todas las distancias de visión durante los años en los que se adquieren las capacidades visuales (**Miller et al. 2001**) y puede ser una posible causa de ambliopía (**Ingram et al. 1986**).

La prevalencia y magnitud de este error refractivo es muy alto al nacer. Se han encontrado porcentajes de presencia de astigmatismos (≤ -1.00 D) de hasta el 70% en recién nacidos y que disminuyen con la edad (**Atkinson and Braddick 1980, Gwiazda et al. 1984, Abrahamsson et al. 1988**). **Ingram and Barr (1979)** analizaron los cambios de refracción en niños cuyas edades estaban comprendidas entre 1 y 3 años y medio, encontrando una disminución significativa del astigmatismo hacia la emetropía cuando cualquiera de los dos meridianos principales (los de mayor y menor poder refractor) era $< +2.50$ D. **Gwiazda et al. (2000)** encuentran que el error cilíndrico medio alcanza la estabilidad entre los 7 y 9 años.

Otros estudios encuentran que la prevalencia de astigmatismo disminuyó hasta el 12-13% a la edad de 10 años (**Howland and Sayles 1984**), y que el astigmatismo en contra de la regla (meridiano horizontal con mayor poder refractor que el meridiano vertical) es 2.5 veces más frecuente en niños menores de 3.5

años y para los mayores de 5.5 años es 3 veces más frecuente el astigmatismo a favor de la regla (meridiano vertical con mayor poder refractor que el meridiano horizontal), concluyendo que el eje de astigmatismo cambia con la edad (**Dobson et al. 1984**).

Para **Hammond et al. (2001)** la herencia autosómica dominante parece ser importante en la herencia del astigmatismo, pues es la responsable de aproximadamente el 50% del astigmatismo total y el 60% del astigmatismo corneal. Esta herencia dominante en el inicio y desarrollo del astigmatismo concuerda con los resultados del estudio de **Clementi et al. (1998)** realizado en Italia. El componente genético de este error de refracción lo pone de manifiesto el hecho de que los ejes del astigmatismo difieren entre razas (**Thorn et al. 1987**) y la alta prevalencia encontrada en determinadas étnias (**Lyle et al. 1972, Lam and Goh 1991, Harvey et al. 2010**) que parece puede predisponer a la miopía (**Fulton et al. 1982, Gwiadza et al. 2000, Fan et al. 2004**). En un estudio longitudinal multiétnico con niños de 7 a 9 años de edad, realizado por **Tong et al. (2004)** en Singapur, la progresión de astigmatismo en general no era acentuada, pero sí se veía afectado por la etnia (mayor en chinos), la presencia de la miopía (más casos de astigmatismo cuando la miopía estaba presente al inicio del estudio, siendo el factor de riesgo más importante), el eje (aumenta más a 0°) y el subtipo del astigmatismo (es mayor el astigmatismo miópico compuesto); encontraron también que la progresión de astigmatismo a favor de la regla se puede ver afectada por el número de horas de uso del ordenador. **Lai et al. (2010)** encontraron recientemente que los astigmatismos a favor de la regla son los de mayor cuantía en niños de preescolar en Taiwán. Para **Huynh et al. (2006)** la prevalencia de astigmatismo encontrada en niños australianos de 6 años fue relativamente baja, 1%, encontrando diferencias significativas en función de la etnia.

Como se dijo en el capítulo 1, la prevalencia de **miopía** está aumentando de forma preocupante en las últimas décadas. **Seet et al. (2001)** consideran que la miopía es un problema de salud pública en Singapur debido a su alta prevalencia ya que el 20% de los niños son miopes a los 7 años, en el inicio de su educación primaria, y es superior al 70% después de terminar la universidad. Además, existe una gran proporción de habitantes de Singapur con alta miopía, el 10% (con más de -6.0D), siendo inferior al 2% en la mayoría de la población occidental. Los datos obtenidos en diferentes estudios sugieren que la prevalencia y la severidad

de esta ametropía se ha incrementado en las últimas décadas (**Tan et al. 2000, Wong et al. 2000, Wu et al. 2001, Morgan and Rose 2005**).

En Taiwán se han realizado estudios (**Lin et al. 1988, Lin et al. 1999, Shih 2009**) que manifiestan un aumento evidente de prevalencia de la miopía. Así, **Lin et al (2004)** comprobaron cómo del 5.8% que era la prevalencia de miopía que presentaban los niños de 7 años en 1983 se pasaba al 21% en el 2000, y los de 12 años pasaban del 36.7% al 61% en el mismo periodo de tiempo, variando la prevalencia de la alta miopía del 10.9% al 21.0% en el mismo tiempo. **Wang et al. (2009)** encontraron que la prevalencia y severidad de la miopía de los estudiantes de primer curso de la Universidad Nacional de Taiwan aumentó significativamente en 2005 respecto a 1988. Para miopías de hasta -6.00D el porcentaje fue del 91.3% en 1988 al 95.9% en 2005, y para mayores a -6.00D fue de 23.5% en el año 1988 al 38.4% en el 2005, explicándose estos cambios de prevalencia por el inicio cada vez más temprano de la miopía.

Una elevada prevalencia de miopía también se ha descrito en otras poblaciones urbanas de Asia. Así, en Japón **Matsumura and Hirai (1999)** comprobaron que en un periodo de 13 años, de 1984 a 1996, la prevalencia de la miopía aumentó del 49.3% al 65.6% en estudiantes de 17 años de edad. Además, también realizaron un estudio longitudinal de 6 años en 346 estudiantes que ingresaron en la escuela secundaria, y la prevalencia de la miopía aumentó de 43.5% a los 12 años de edad a 66.0% a los 17 años de edad.

Lam et al. (1999) encontraron en Hong Kong que un 62% de los escolares eran miopes y que este error de refracción progresa a un ritmo mayor que en los niños de origen europeo. En el mismo sentido, un aumento de la miopía en niños chinos respecto a europeos constataron **Fan et al. (2004)** y **Edwards and Lam (2004)**, indicando cómo ha aumentado ésta en pocas décadas, lo que justifica la preocupación a nivel nacional.

El aumento de la miopía, aunque en menor proporción que en Asia, también se ha podido comprobar en otras zonas del mundo. Es el caso de Israel, donde se ha producido un aumento de la miopía en el periodo de tiempo que va de 1990 a 2002 (**Dayan et al. 2005**): en este tiempo la miopía $\leq -6.00D$ ha pasado de 7.4% a 11.6% y la mayor a -6.00D de 11.6% a 20.7%.

En EEUU, si comparamos las prevalencias de miopía obtenidas de los datos del Sistema Nacional de Salud y Nutrición (NHANES) entre los períodos 1971-1972 (**Sperduto et al. 1983**) y 1999-2004 (**Vitale et al. 2008**), utilizando una metodología similar en la recogida de datos en ambos períodos, se encuentra un aumento significativo de 25% a 41.6% en las tasas de miopía entre las edades de 12 y 54 años (**Vitale et al. 2009**). En Australia (**Rose et al. 2001**) y Suecia (**Villareal et al. 2000**), en pocas décadas, también ha aumentado este error de refracción entre un 10% y un 15% en los últimos 20 años.

Sabemos que la etiología de la miopía es compleja y que en su aparición y posterior desarrollo intervienen factores endógenos (genética) y exógenos (educación, lugar de residencia, alimentación, desarrollo...). Por lo que a continuación revisaremos los distintos factores que pueden influir en ella.

2.1. Factor endógeno.

2.1.1. Genética.

Existe un modelo claro de herencia familiar, encontrándose locus para la alta miopía no sindrómica (**Teikari et al. 1991, Naiglin et al. 1999, Young et al. 1998a, Young et al. 1998b, Young et al. 2001, Paluru et al. 2003, Lam et al., 2003, Young 2009**) en una gran variedad de genes con alta penetración y con un modelo de herencia autosómica dominante o ligada al cromosoma X.

En el caso de miopía leve o moderada (menor de -6.00D), **Stambolian et al (2004)** han demostrado que existe una alta vinculación con el cromosoma 22q y menor relevancia con 14q y vinculaciones más débiles en otros cromosomas. **Hammond et al. (2004)** encontraron alta relación con el cromosoma 11p y fuertes vínculos en las proximidades del PAX 6 pero no en el mismo, hecho corroborado por **Simpson et al. (2007)**.

El componente genético de la miopía leve o moderada lo ponen de manifiesto los estudios de gemelos. En ellos se puede ver la importancia que la genética tiene en los errores de refracción: la heredabilidad de los mismos va de 0.55 hasta 0.94 (**Hammond et al. 2001, Lynhe et al. 2001, He et al. 2008, Dirani**

et al. 2008a), siendo la de la longitud axial del ojo de 0.92 a 0.94 (**Lynhe et al. 2001, Dirani 2006**). En un estudio de gemelos miopes realizado en Taiwán por **Tsai et al. (2009)** encontraron que los coeficientes de correlación para el error refractivo eran mayores en gemelos monocigóticos que en dicigóticos y estima la heredabilidad de la miopía en 0.306.

Se han encontrado importantes correlaciones familiares para la miopía leve o moderada en otros estudios (**Yap et al. 1993, Zadnik 1997, Pacella et al. 1999, Wu and Edwards 1999, Guggenheim et al. 2000, Saw et al. 2001a, Mutti et al. 2002, Fan et al. 2005, Saw et al. 2005, Ip et al. 2007, Saw et al. 2008, Jones-Jordan et al. 2010, Low et al. 2010**) en los que se pone de manifiesto que los niños con ambos padres miopes tienen más probabilidad de ser miopes que aquellos con un solo padre miope, y este a su vez tiene mayor riesgo que el que no tiene ningún padre miope. **Zadnik et al. (1994)** encontraron una prevalencia de miopía de 33-60% en niños cuyos ambos padres son miopes, una prevalencia del 23-40% en niños que tienen al menos un padre miope y del 6-15% en niños cuyos padres no son miopes. Aunque según **Guggenheim et al. (2000)** si hay cambios importantes en los entornos en que ambos crecen (escolarización obligatoria, mayor desarrollo social y económico, etc.) estas correlaciones disminuyen, lo que evidencia la importancia del entorno en el aumento de la prevalencia de este error refractivo. Para **Walman (1994)** y **Chew and Richt (1994)** los padres pueden influir en la incidencia y progresión de la miopía, no a través de sus contribuciones genéticas a su descendencia, sino por la creación de entornos visuales que son propicios para el desarrollo de la miopía. En esta misma línea se desarrollan los trabajos de **Quek et al. (2004)** y de **The COMET Group (2005)** en las que analizando los niveles educativos de los padres, las correlaciones con sus errores de refracción oscilan entre -0.33D para los padres sin diploma de escuela secundaria y -3.41D para aquellos que completaron la educación de postgrado, y las probabilidades de tener miopía fueron 11 veces superiores en el segundo que en el primer grupo (**Kurtz et al. 2007**).

Otros estudios muestran una asociación entre la miopía de los padres y mayor longitud axial de los ojos en los niños (**Zadnik et al. 1994, Saw et al. 2005, Lam et al. 2008**). Algunos trabajos encuentran una alta heredabilidad para el error refractivo y los distintos componentes oculares que influyen en él (**Kinge and Midelfart 1999, He et al. 2008, Dirani et al. 2008 a, Ip et al. 2008**). En este

sentido se encuentran **Klein et al. (2009)** cuyas estimaciones para la heredabilidad son las siguientes: 0.62 para el equivalente esférico, 0.95 para el radio de curvatura anterior de la córnea, 0.67 para la longitud axial y 0.78 para la profundidad de la cámara anterior. **Guggenheim et al. (2007)** encontraron que los factores que presentan una correlación mayor entre hermanos son: el error refractivo, la curvatura de la córnea y la profundidad de la cámara posterior. Según **Morgan and Rose (2005)**, el tamaño del ojo no debe tener ninguna asociación intrínseca con la miopía ya que no existe relación entre sexo y error refractivo (**Saw et al. 1996 y Saw et al. 2002a, Attebo et al. 1999, Wong et al. 2000, Wong et al. 2001a, Wong et al. 2001b, Wong et al. 2003**) y, normalmente, el sexo masculino tiene ojos más grandes que el sexo femenino, manifestando que si el proceso de emetropización es eficaz, la longitud axial puede ajustarse adecuadamente al tamaño de ojo. Consideran además, que los factores exógenos son cada vez más importantes en la determinación de la aparición de la miopía y que estos estudios entre hermanos y padres e hijos se caracterizan por compartir, en general, entornos similares. Para **Lopes et al. (2009)**, debido a la coincidencia de edad, los estudios de gemelos pueden ser mejores para detectar los efectos latentes genéticos para la miopía y los estudios de la familia tienen más poder para detectar los efectos ambientales que se sabe que influyen en ella.

Young et al. (2007) exponen que el desarrollo de la miopía en China sigue un modelo multifactorial y poligénico en el que la carga genética ha permanecido constante mientras que la influencia ambiental ha aumentado en las últimas tres generaciones.

Como ya hemos comentado antes, la prevalencia de la miopía ha aumentado en casi todo el mundo aunque de forma más importante en los países del Este de Asia y sabemos que en la etiología de la misma interviene la genética, por lo que se han realizado estudios de prevalencias de los errores refractivos en función de las etnias de las poblaciones estudiadas. En esta línea se encuentra el trabajo de **Kleinstein et al. (2003)** realizado en 4 grupos étnicos de niños en el que obtuvieron una mayor tendencia a la miopía en los asiáticos seguidos de hispanos, blancos y afroamericanos, aunque sin diferencias significativas entre etnias. Otros trabajos (**Au Eong et al. 1993a, Wensor et al. 1999, Cheng 2000, Shimizu et al. 2003, Lam et al. 2004, Cheng 2007, Ip et al. 2007, Rudnicka et al. 2010**) también encuentran una mayor prevalencia de miopía en la etnia asiática.

Quek et al. (2004), en Singapur, obtienen una mayor prevalencia en la población china que en la malaya e india. Recientemente, **Landers et al. (2010)** han puesto de manifiesto que la prevalencia de miopía es menor en los indígenas de Australia que viven en zonas remotas que en la población no indígena (**Taylor 1981, Taylor et al. 2003, Durkin et al. 2007**).

También se han estudiado los errores de refracción en diferentes grupos de población de la región amazónica de Ecuador y Brasil (**Jiménez et al. 2004, Thorn et al. 2005**) encontrando unos valores de prevalencia de miopía menores para los sujetos indígenas.

La rapidez de los cambios en las prevalencias de errores refractivos que se han documentado en algunos de estos estudios, si fuesen debidos exclusivamente a cambios genéticos, requerirían cambios muy rápidos en los genes de esas poblaciones y es conocido que esto no ocurre en tan poco tiempo. Además, como hemos podido comprobar, la mayoría de estos trabajos consideran que aunque existe un componente genético, los factores exógenos son determinantes en la aparición y posterior desarrollo de los errores de refracción. Para **Pacella et al. (1999)** la forma principal de miopía es el resultado de una interacción entre factores genéticos e influencias ambientales. **Morgan and Rose (2005)** consideran la posibilidad de que algunas de estas poblaciones puedan tener características genéticas que las hacen especialmente sensibles a las presiones ambientales por lo que en determinadas circunstancias se puede producir un fallo en el proceso de emetropización, y provocar esos cambios tan bruscos en las prevalencias de los errores de refracción. **Norton et al. (2005)** justificaron la necesidad de investigar de forma global este error de refracción, para conocer su impacto global y el alcance de las investigaciones sobre ella para poder reducirla y parar su progresión.

2.2. Factores exógenos.

2.2.1. Educación.

De esos factores exógenos o externos a los sujetos que pueden influir en los errores de refracción hay uno que parece que lo hace de forma clara: la

educación, aunque los resultados obtenidos por **Lu et al. (2009)**, en el trabajo realizado en Xichang (China), no avalan esta relación ya que no encuentran diferencias en el tiempo dedicado a actividades realizadas en visión de cerca entre los niños con miopía y sin ella. Por el contrario, un gran número de trabajos han abordado esta cuestión y todos encuentran una fuerte correlación positiva entre miopía y educación: a mayor nivel educativo, mayor prevalencia de miopía (**Au Eong et al. 1993b, Kinge et al. 1999, Kinge et al. 2000, Fledelius 2000, Wu et al. 2001, Wedner et al. 2002, Wensor et al. 1999, Al-Bdour et al. 2001, Mutti et al. 2002, Loman et al. 2002, Shimizu et al. 2003, Wong et al. 2002, Xu et al. 2005, Dirani et al. 2008b, Liang et al. 2009**). Por ejemplo, **Thorn et al. (2005)** en un trabajo realizado en Brasil encontraron que la prevalencia de miopía de la población urbana era diferente según el nivel educativo de los sujetos, de tal manera que los que no habían recibido educación y eran analfabetos, presentaban una prevalencia del 2%, frente al 9.7% de los que sí habían recibido educación. También, **Dandona et al. (2002a)**, en India, obtuvieron unas prevalencias de errores de refracción del 4.1% de miopía, de 0% de hipermetropía y de 3.8% de astigmatismo. Encontrando una relación entre la miopía de los niños y un mayor nivel educativo del padre. Todo esto parece indicar que el aumento de la demanda de visión de cerca de la sociedad moderna puede haber interactuado con la susceptibilidad genética y haber dado lugar a un aumento de su prevalencia (**Pacella et al. 1999, Tan et al. 2000a, Tan et al. 2000b, Hepsen et al. 2001, Rose et al. 2001, Saw et al. 2002b, Vera-Díaz et al. 2002, Quek et al. 2004, Hung and Ciuffreda 2007, Ip et al. 2008, Saw et al. 2008**). En esta línea se encuentra el estudio realizado por **Pi et al. (2010)** en el que obtiene una estrecha relación entre las horas de estudio del sujeto y la miopía y el astigmatismo que presentan.

Cheng et al. (2003) proponen que el desenfoque hipermetrópico (retraso acomodativo) que se produce en la retina durante la realización de tareas de visión de cerca puede ser un probable mecanismo para el desarrollo de la miopía y expresa que hay evidencias de que la acomodación juega un papel importante en el desarrollo de la misma, aunque el mecanismo es aún desconocido. Generalmente, la asociación con el trabajo de cerca se explica por el crecimiento inducido debido a la excesiva acomodación temporal. Se especula que pequeños desenfoques mantenidos en el tiempo serían suficientes para inducir pequeñas elongaciones axiales que producen la miopía y el desarrollo de la misma (**Chung**

et al. 2002) y que la presencia de visión borrosa a cualquier distancia puede estimular la progresión de la miopía en los ojos que son susceptibles a ella (**Adler and Millodot 2006**). En el estudio longitudinal de Orinda (EEUU), el efecto del trabajo en visión cercana en la miopía no fue significativamente diferente entre los grupos de niños cuyos padres no eran miopes o bien uno o los dos lo eran (**Zadnik 1997, Mutti et al. 2002**). Por el contrario, otros trabajos han encontrado que los efectos del aumento de la miopía con la lectura son mayores en aquellos que tienen dos padres miopes (**Saw et al. 2000, Saw 2003**). **Quek et al. (2004)** hallaron una mayor prevalencia de miopía en estudiantes chinos que en malayos e indios y una clara asociación con el grado académico y el tiempo de lectura.

2.2.2. Actividades al aire libre.

Otros trabajos (**Jones et al. 2007, Rose et al. 2008a, Rose et al. 2008b Jacobsen et al. 2008, Saw et al. 2009, Dirani et al. 2009, Jones-Jordan et al. 2010, Deng et al. 2010, Wu et al. 2010**) indican que las actividades al aire libre pueden proteger de esa tendencia a desarrollar la miopía con el trabajo de cerca. Los trabajos realizados con animales en laboratorio apoyan la teoría de que la exposición a una iluminación ambiente muy alta (15000 lux) protege frente a la miopía, disminuyendo la compensación con lentes negativas, hecho que no ocurre cuando la luz ambiente es baja (500 lux) lo que sugiere que el aparente efecto protector que ofrece a los niños el tiempo pasado al aire libre, indicado por los diferentes estudios, se puede explicar, en parte, por la exposición a mayores iluminancias ambientales. (**Ashby et al. 2009, Ashby and Schaeffel 2010**). Así pues, **Pi et al. (2010)** indican la importancia de reducir las actividades en visión de cerca y preservar las que se realizan al aire libre a la hora de fijar las exigencias académicas para poder reducir la prevalencia de miopía.

2.2.3. Urbanización.

Otro de los factores que parece que intervienen en la aparición y posterior desarrollo de la miopía es la tipología del lugar donde se reside, urbano o rural (**Chang et al. 1999, Dandona et al. 1999, Garner et al. 1999, Lithander 1999, Zhan et al. 2000, Saw et al. 2001b, Dandona 2002a, Dandona 2002b, He et al.**

2002, Murthy et al. 2002, Czepita et al. 2008, Uzma et al. 2009). La mayoría de estos estudios muestran una mayor prevalencia de miopía en las zonas urbanas. Como ejemplo, en el trabajo realizado en China por **Saw et al. (2001b)** donde se comparó la prevalencia de miopía en escolares de zona rural y urbana de Xiamen, se obtuvo una prevalencia del 19.3% en la ciudad y del 6.6% en el campo. También hallaron diferencias en la prevalencia de la miopía **Zhang et al. (2010)**, en el estudio realizado en niños chinos que residen en zonas urbanas y rurales, y en el cual una mayor densidad de población parece estar asociada con el riesgo de miopía, independientemente de la actividad académica, el nivel educativo familiar, del tiempo dedicado al aire libre y del desarrollo económico. **Ip et al. (2008)** en un estudio realizado con niños australianos de 12 años, encuentran una prevalencia mayor de miopía en los que habitan en el centro urbano (17.8%) que en los de zonas suburbanas (6.9%), lo que sugiere que diferencias ambientales moderadas, incluso dentro del entorno urbano, puede asociarse con mayor probabilidad de miopía. Para **He et al. (2009)** la prevalencia de miopía en los niños chinos empieza a incrementarse de manera mucho mayor en el medio urbano que en el rural a la edad de 7 años, e indican que este patrón puede sugerir un impacto del medio ambiente, ya que los antecedentes genéticos son muy similares.

2.2.4. Socioeconómico y de desarrollo.

Un importante número de estudios muestran que un mayor nivel socioeconómico y de desarrollo de las sociedades puede influir en el aumento de la prevalencia de miopía. En Taiwan (**Lin et al. 2004**), en una revisión de cinco estudios de miopía, desde el año 1983 al 2000, encontraron que la prevalencia de ésta había aumentado a lo largo de los años para todas las edades, y observaron que estos valores eran mayores cuanto más desarrollada era la zona: a mayor desarrollo mayor prevalencia de miopía. También en el estudio realizado en Malasia y Singapur (**Saw et al. 2006**), países vecinos y multiétnicos con la misma procedencia genética pero con grandes diferencias de desarrollo, encontraron que las prevalencias de miopía de las tres etnias predominantes eran mayores en Singapur que en Malasia. En Singapur, la miopía fue de 22.1% para los malayos, 40.1% los chinos, 34.1% los indios, y de 9.2%, 30.9% y 12.5% respectivamente, en Malasia. **Hashim et al. (2008)** consideran que las diferencias socioeconómicas

pueden ser las responsables de las distintas prevalencias de miopía encontradas en malayos de Kota Bharu (5.4%), Kuala Lumpur (9.2%) y Singapur (22.1%). **Lithander (1999)**, en el Sultanato de Omán, evaluando solamente niños con una agudeza visual ≤ 0.5 , obtuvo una prevalencia de miopía del 0.6% en niños de 6 años y de 5.2% en los de 12 años, con diferencias significativas con las zonas menos desarrolladas, donde la prevalencia es de 0.2% para los menores y de 2% para los mayores. En Nepal, en el estudio realizado en niños de la misma etnia pero con lugares de residencia muy diferentes en desarrollo (**Garner et al. 1999**) encontraron unos valores de 21.7% para los residentes en Katmandú, ciudad muy desarrollada económica y culturalmente, y de 2.9% para los que habitaban en Khumjung, pequeño pueblo con un modo de vida muy básico. **Plainis et al. (2009)** en el trabajo realizado con alumnos de escuelas de primaria y secundaria de Heraclion (Grecia) y Stara Zagora (Bulgaria), dos ciudades con grandes diferencias de desarrollo, encontraron prevalencias de miopía muy diferentes, 37.2% en Grecia y 13.5% en Bulgaria.

2.2.5. Nutrición.

El cambio en la dieta puede ser otro de los factores que afectan en la aparición y desarrollo de la miopía. Según **Cordain et al. (2002)**, las dietas con un alto contenido en carbohidratos de alta carga glucémica pueden inducir cambios permanentes en el desarrollo y progresión de los errores refractivos, y parece que puede desempeñar un papel clave en la miopía leve y moderada, también llamada, de inicio juvenil debido a su interacción en la regulación hormonal del crecimiento de la cámara vítrea. Del mismo modo **Lim et al. (2010)**, al evaluar la posible relación entre la dieta y la miopía de escolares de Hong Kong, encuentran que una ingesta superior de grasas saturadas, altas en colesterol, puede estar relacionada con una mayor longitud axial del ojo.

Como ya hemos visto, existen un gran número de trabajos que ofrecen resultados de prevalencia de los errores de refracción en diferentes sociedades (**Wedner et al. 2000, Pokharel et al. 2000, Maul et al. 2000, Zhao et al. 2000, Montés-Micó and Ferrer-Blasco 2000, Murthy et al. 2002, Dandona et al. 2002a, Lázaro 2002, Zadnik et al. 2003, Junghans y Crewther 2003, Kuo et al. 2003, Villarreal et al. 2003, Kempen et al. 2004, Nirmalan et al. 2004, He et al.**

2004, Raju *et al.* 2004, Ajaiyeoba *et al.* 2005, Morgan *et al.* 2006, Durkin *et al.* 2007, Czepita *et al.* 2007, Jobke *et al.* 2008, Hendricks *et al.* 2008, Jamali *et al.* 2009, Yebta *et al.* 2009, O'Donoghue *et al.* 2010, Mohammad A. Al-Rowaily 2010, Wu *et al.* 2010). Sin embargo, según Morgan and Rose (2005) en el continente africano los estudios epidemiológicos apenas se han realizado y los datos que se tienen son limitados ya que, como hemos comentado en el capítulo 1, la mayoría de ellos tienen como objetivo conocer las patologías oculares que cursan con disminución de agudeza visual (AV), y solo realizan pruebas optométricas cuando hay disminución de la misma (Wender *et al.* 2000, Kawuma and Mayeku 2002, Ayed *et al.* 2002, Ntim-Amposah and Ofosu-Amaah 2007, Ayotunde *et al.* 2007). Una sugerencia importante es que dada la magnitud de los cambios del error refractivo con la edad, tanto durante la infancia, en la cual se desarrolla la miopía, como en la edad adulta, sería deseable que las distribuciones de los errores refractivos y la prevalencia de miopía se presentaran por rangos estrechos de edad siguiendo el protocolo del Refractive Error Study in Children (Negrel *et al.* 2000).

Teniendo en cuenta esta recomendación, en la tabla 2.1 se muestra un resumen de las prevalencias de los errores de refracción de algunos de los trabajos consultados cuyos rangos de edad incluyen escolares.

Tabla 2.1. Resumen De Estudios Epidemiológicos

Autor	País	Nº Sujetos	Edad	Objetivo	Metodología	Definición de errores refractivos EE (D)	Prevalencias de errores refractivos		
Garner <i>et al.</i> (1999)	Nepal	825	7-18	Diferencias educacionales y de desarrollo	Retinoscopía y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50	Miopía:	↓Desarrollo 2.9%	↑Desarrollo 21.7%
Lithander <i>et al.</i> (1999)	Omán	6292	6 y 12	Diferencias geográficas y de desarrollo	Retinoscopía + ciclopléjico	Miopía ≤ -1.00	Miopía:	6 Años 0.2%	12 Años 2.0%
Maul <i>et al.</i> (2000)	Chile	5292	5-15	Diferencias geográficas y de desarrollo	Retinoscopía y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -0.75	Miopía: Hipermetropía: Astigmatismo:	Retino. 6.8% 16.3% 19.0%	Auto. 7.3% 19.3% 27.0%
Saw <i>et al.</i> (2001)	China	210	8-9	Diferencias educacionales y de desarrollo	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ;	Miopía:	Rural 6.6%	Urbano 19.3%
Dandona <i>et al.</i> (2002)	India	4074	7-15	Diferencias educacionales	Retinoscopía y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$	Miopía: Hipermetropía: Astigmatismo:	Retino. 4.1% 0.0% 3.8%	Auto. 5.6% 0.7% 9.7%
Murthy <i>et al.</i> (2002)	India	6447	5-15	Diferencias geográficas	Retinoscopía y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$	Miopía: 7.4% Hipermetropía: 7.7%		
Kawuma and Mayeku (2002)	Uganda	623	6-9	Diferencias geográficas	Retinoscopía + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +0.50$ Astigmatismo ≤ -0.50	Miopía: 1.3% Hipermetropía: 4.3% Astigmatismo: 6.1%		
Junghans <i>et al.</i> (2002)	Australia	2697	3-12	Diferencias geográficas	Retinoscopía	Miopía ≤ -0.75 ; Hipermetropía $\geq +1.50$	Miopía: 6.5% Hipermetropía: 6.1%		
Wender <i>et al.</i> (2002)	Tanzania	1386	7-19	Diferencias geográficas	Retinoscopía + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.25	Miopía: 1.0%		
Ayed <i>et al.</i> (2002)	Túnez	708	6-20	Diferencias geográficas	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +0.50$ Astigmatismo ≤ -0.50	Miopía: 9.1% Hipermetropía: 31.6% Astigmatismo: 16.4%		

Tabla 2.1. Resumen De Estudios Epidemiológicos (continuación)

Autor	País	Nº Sujetos	Edad	Objetivo	Metodología	Definición de errores refractivos EE (D)	Prevalencias de errores refractivos		
Lázaro (2002)	España	1056	6-12	Diferencias geográficas	Retinoscopia	Miopía ≤ -0.75 ; Hipermetropía $\geq +1.00$ Astigmatismo ≤ -1.00	Miopía: 8.6% Hipermetropía: 53.5% Astigmatismo: 10.4% Anisometropía: 7.2%		
Villarreal <i>et al.</i> (2003)	Méjico	1035	12-13	Diferencias geográficas	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.75 ; Hipermetropía $\geq +1.25$ Astigmatismo ≤ -1.00	Miopía: 44.0% Hipermetropía: 6.0% Astigmatismo: 9.5%		
Kleinstejn <i>et al.</i> (2003)	Estados Unidos	2523	5-17	Diferencias étnicas	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; -0.75 Hipermetropía $\geq +1.25$ Astigmatismo ≤ -1.00	Miopía ≤ -0.75 : 9.2% Hipermetropía: 12.8% Astigmatismo: 28.4%		
Naidoo <i>et al.</i> (2003)	Sudáfrica	4890	5-15	Diferencias geográficas	Retinoscopia y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -0.75	Retino. Miopía: 2.9% Hipermetropía: 1.8% Astigmatismo: 9.2%	Auto. 4.0% 2.6% 14.6%	
Lin <i>et al.</i> (2004)	Taiwán	45345	7-18	Diferencias educacionales y de desarrollo	Retinoscopia y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.25	(1983) Miopía: 7 Años (2002) Miopía: 5.8% 21.0%	15 Años 64.2% 81.0%	
Fan <i>et al.</i> (2004)	China	7560	6-15	Diferencias geográficas	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -1.00 Anisometropía ≥ 1.00	Miopía: 36.7% Hipermetropía: 4.0% Astigmatismo: 18.1% Anisometropía: 9.2%		
Thorn <i>et al.</i> (2005)	Brasil	441	12-59	Diferencias étnicas y educacionales	Retinoscopia + ciclopléjico	Miopía ≤ -1.00 Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -1.00 Anisometropía ≥ 1.00	Indígenas Miopía: 2.7% Hipermetropía: sin datos Astigmatismo: 15.5% Anisometropía: 8.2%	Brasileños 6.4% 20.8% 5.1%	
Morgan <i>et al.</i> (2006)	Mongolia	1057	7-17	Diferencias geográficas	Retinoscopia	Miopía ≤ -0.50 ;	Miopía: 5.8%		
Saw <i>et al.</i> (2006)	Sigapur Malasia	1962 1752	7-9	Diferencias educacionales y de desarrollo	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -0.75	Malasia Miopía: 13.4% Hiprmetropía: 2.9% Astigmatismo: 22.2%	Singapur 36.3% 1.7% 42.6%	

Tabla 2.1. Resumen De Estudios Epidemiológicos (continuación)

Autor	País	Nº Sujetos	Edad	Objetivo	Metodología	Definición de errores refractivos EE (D)	Prevalencias de errores refractivos		
Grönlund <i>et al.</i> (2006)	Suecia	143	4-15	Diferencias geográficas	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -0.75 Anisometropía ≥ 1.00	Miopía: 6.3% Hipermetropía: 9.1% Astigmatismo: 22.4% Anisometropía: 2.8%		
Cheng <i>et al.</i> (2007)	Canadá	1468	6-12	Diferencias geográficas	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.25 ; Hipermetropía $\geq +0.75$	Miopía:	6 Años 22.4%	12 Años 64.1%
Czepita <i>et al.</i> (2007)	Polonia	4422	6-18	Diferencias geográficas	Retinoscopia + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +1.00$	Miopía: 13.3% Hipermetropía: 13.7%		
Ayotunde <i>et al.</i> (2007)	Nigeria	1144	4-24	Diferencias geográficas y de desarrollo	Retinoscopia y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -0.75	Miopía: 0.3% Hipermetropía: 0.1% Astigmatismo: 0.5%		
Ntim-Amponsah and Ofosu-Amaah (2007)	Ghana	957	5-22	Diferencias educacionales y de desarrollo	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía: sin datos	Miopía: 7.0% Hipermetropía: 5.7%		
Jobke <i>et al.</i> (2008)	Alemania	516	2-35	Diferencias educacionales	Retinoscopia y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$	Miopía: 19.8% Hipermetropía: 5.0% Astigmatismo: 26.3%		
Sounouvou <i>et al.</i> (2008)	Benín	1057	4-16	Diferencias geográficas	Retinoscopia y autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.25 ; Hipermetropía $\geq +0.25$ Astigmatismo ≤ -0.25	Miopía: 0.5% Hipermetropía: 0.4% Astigmatismo: 9.7%		
Plainis <i>et al.</i> (2009)	Grecia Bulgaria	588 310	10-15	Diferencias geográficas	Retinoscopia + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +0.50$ Astigmatismo ≤ -0.50	Miopía: Astigmatismo:	Grecia 37.2% 17.2%	Bulgaria 13.5% 9.7%
Khalaj <i>et al.</i> (2009)	Irán	5913	7-15	Diferencias geográficas	Retinoscopia + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.25 ; Hipermetropía $\geq +0.25$ Astigmatismo ≤ -0.25	Miopía: 65.0% Hipermetropía: 12.5% Astigmatismo: 16.1%		
Hendricks <i>et al.</i> (2009)	Holanda	520	11-13	Diferencias geográficas	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +0.50$ Astigmatismo ≤ -0.50	Miopía: Hipermetropía: Astigmatismo:	O.D. 27.9% 7.7% 11.9%	O.I. 25.0% 6.7% 2.3%
O'Donoghue <i>et al.</i> (2010)	Irlanda del Norte	661 392	12-13 6-7	Diferencias geográficas	Retinoscopia	Miopía ≤ -0.75 ; Hipermetropía $\geq +1.50$	Miopía: Hipermetropía:	6-7 Años 2.8% 26.0%	12-13 Años 17.7% 14.7%

Como podemos comprobar, aunque existen muchos estudios sobre errores de refracción y su evolución, existe una escasez manifiesta de datos en la mayoría de países del continente africano. Concretamente no existen estudios en Burkina Faso ni en Marruecos. El objetivo de esta Tesis Doctoral es estudiar la prevalencia de los errores refractivos en niños de edad escolar en Burkina Faso y Marruecos, países del continente africano, y establecer su posible relación con diferentes factores genéticos y ambientales.

3. METODOLOGÍA.

3. METODOLOGÍA.

3.1. Introducción.

En este capítulo describiremos brevemente la metodología seguida en el desarrollo de este trabajo de investigación. Explicaremos también las características de los países donde se han realizado estos estudios, lo que nos ayudará a entender las diferencias en la metodología utilizada en ambos y nos servirá en la interpretación de los resultados.

Nuestros trabajos se han realizado en Burkina Faso y Marruecos, dos países pertenecientes al continente africano (señalados en la figura 3.1.) pero con grandes diferencias económicas, socioculturales, étnicas, etc, entre ellos.



Figura 3.1. Países donde se han realizado los estudios.

Para hacernos una idea de la magnitud de estas diferencias situaremos ambos países dentro del contexto mundial y explicaremos de forma breve la situación de ambos.

Burkina Faso es un país subsahariano (de aproximadamente 14 millones de habitantes) situado en la parte occidental del continente africano y uno de los más pobres del mundo. Según el informe **Human Development Report 2009** del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), presenta un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.389 que le coloca en el puesto 177 de un total de 182. Este índice tiene en cuenta tres componentes: vida larga y saludable, educación y nivel de vida digno, que con sus respectivos indicadores conforman los tres índices - esperanza de vida, educación y producto interior bruto (PIB) - que, en igual proporción, constituyen el IDH.

Marruecos, se encuentra en la parte occidental del Norte de África (en el Magreb). Con una población de aproximadamente 34 millones de habitantes, ocupa el puesto 130 con un IDH de 0.654 y pertenece al grupo de desarrollo humano medio. Para facilitar la comprensión de este índice hay que decir que España se encuentra en el grupo de desarrollo humano muy alto, en el puesto 15 y con un IDH de 0.955.

Estas diferencias entre estos países se manifiestan tanto en el acceso a la educación como en el desarrollo económico de ambos. Según el Informe **EFA Global–Education For All Monitoring Report 2009** de la UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), la enseñanza obligatoria en Burkina Faso comprende el periodo de edad de 6 a 16 años y no se garantiza la enseñanza gratuita, mientras que en Marruecos, este periodo comprende de los 6 a los 15 años y sí está garantizada. Un dato que consideramos de interés es la tasa neta de escolarización en primaria (niños que debieran asistir a la escuela y que asisten a ella) que varía según el país y la edad considerada. En Burkina Faso es del 59.2%, siendo habitual que los niños comiencen la escolarización a una edad superior a los 6 años, debido a que la mayoría de las familias no disponen de recursos económicos para pagar la matrícula y mantener el tiempo de escolarización. Por el informe de la UNESCO **EFA Global Monitoring Report 2010 Regional Overview: Sub-Saharan Africa** conocemos que el 81% de los niños entran en el primer curso de primaria (CP1) y el 19% no accederán a ella. De los que son escolarizados, el

60% abandonan antes de llegar al último curso (CM2), solo el 20% acceden a él, y consiguen terminarlo y obtener el título el 6.3%. En este país la desigualdad entre sexos es muy grande y en el acceso a la educación también se ponen de manifiesto, siendo las niñas las que tienen menos oportunidades. No solo tienen menos posibilidades que los varones de estar escolarizadas, sino que además las que no lo están corren más riesgo de no ir nunca a la escuela. Para poder hacernos una idea hay que decir que el 50% o más de los jóvenes de 17 a 22 años han tenido un periodo de escolarización menor de 2 años.

En Marruecos, el porcentaje de escolarización es del 89.3% de los niños, de los cuales el 5% asisten a escuelas privadas. Es bastante frecuente el abandono de la escuela, para trabajar, antes de finalizar el periodo obligatorio. En este país la edad mínima que la ley contempla para poder trabajar son 15 años en cualquier sector, incluidos los contratos de aprendizaje y las empresas familiares. No obstante, en los talleres familiares de la industria artesanal se suele emplear a menores de 12 años. El 70% llegan al 5º curso de primaria y solamente obtienen el título el 50% de los alumnos **(EFA Global Monitoring Report 2010. Regional Overview: Arab States)**.

En Burkina Faso, aproximadamente, el 80% de su población es rural y trabaja en la agricultura y ganadería, su modo de vida es muy elemental y tan es así que solo el 3.5% de las casas de este país tienen televisión y solo el 0.1% ordenador. Sin embargo Marruecos tiene un estilo de vida más desarrollado con una población rural inferior al 40%.

Existen además, grandes diferencias culturales: Burkina Faso es un país de una gran diversidad étnica (alrededor de 65 grupos étnicos) con una etnia mayoritaria, los Mossi, constituyendo el 50% de su población y que se encuentra repartida por todo el país. El resto de etnias solo habitan determinadas regiones. En sus creencias religiosas este país tiene libertad de culto con un porcentaje de musulmanes del 60%, católicos el 17%, protestantes el 3% y animistas el 24%, aunque la realidad es que se profesa una determinada religión además del animismo. Por el contrario, Marruecos, es un país monoétnico, el 98.5% de su población pertenece a la etnia árabe-bereber y son mayoritariamente musulmanes.

3.2. Sujetos.

Teniendo en cuenta el conocimiento de estas particularidades, y como indica **Kish (1989)**, para que la muestra a estudiar sea representativa de una población general, es necesario que tenga internamente el mismo grado de diversidad que ella, y por tanto que reproduzca de algún modo los rasgos básicos de esa población. Valorando las posibilidades de realizar los estudios en las diferentes regiones, decidimos que los estudios epidemiológicos se llevarían a cabo en las provincias de Tuy (capital Houndé) y Fada (capital Fada N`Gourma) en Burkina Faso y la de Kenitra (capital Kenitra) en Marruecos. La localización de estas provincias se encuentra en las figuras 3.2 y 3.3.



Figura 3.2. Mapa de Burkina Faso.



Figura 3.3. Mapa de Marruecos.

Previo a la realización de estos trabajos y siguiendo el protocolo de Helsinki, se necesitó de su aprobación por los responsables de Salud y Educación de las tres provincias muestreadas, así como por los Comités de las ONG Medicus Mundi Andalucía y Mira por sus Ojos.

A continuación expondremos la composición de la muestra de los trabajos que hemos realizado y lo haremos por orden cronológico aunque más adelante, por las diferencias de metodología utilizadas, siempre trataremos por un lado, los realizados en Burkina Faso y por otro, el realizado en Marruecos.

Las muestras objeto de este estudio, tanto en su conjunto como divididas en cada uno de los subgrupos, pueden considerarse válidas, teniendo en cuenta que estos sujetos, se desenvuelven y desarrollan bajo las mismas condiciones socioculturales, ambientales y temporales. Aunque no ha sido posible la obtención de una muestra al azar (los centros escolares en los que se realizarían los estudios se decidieron teniendo en cuenta el conocimiento que de la población infantil y de los centros educativos tienen los responsables provinciales) esta ha sido depurada (eliminación de elementos patológicos, por ejemplo: leucomas, ptosis, cataratas, etc.) para conseguir la necesaria uniformidad y la adecuada representatividad de la misma que marca el objetivo de nuestro estudio.

Toda la muestra cumple satisfactoriamente con las condiciones que previamente se han impuesto, ya que el rango edad de los niños es el recomendado para este tipo de estudios (**Negrel et al. 2000**) y se encuentra bajo unas determinadas condiciones socioambientales que pueden influir directamente sobre el sistema visual y su evolución.

Para evitar la variabilidad inter-examinador, en los tres estudios realizados, las diferentes pruebas realizadas a un mismo niño siempre las llevaba a cabo el mismo examinador.

Previamente a la realización de estos estudios y siguiendo el protocolo, los padres dieron el consentimiento informado de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

3.2.1. Estudio I: Burkina Faso (Tuy).

Para el estudio realizado en la provincia de Tuy, perteneciente a la región de Hauts-Bassins, se eligieron las escuelas B y C de Houndé (capital de la provincia), Karaba, Koho y Founzan porque el conjunto era representativo de toda la región, ya que a la misma acuden niños procedentes de zonas rurales y urbanas.

La elección de los niños que finalmente participarían en el estudio se hizo de manera aleatoria, los profesores asignaron un número a cada niño y se eligieron para su estudio a los múltiplos de 3. Se excluyeron del mismo 9 escolares, porque presentaban alguna patología (leucomas, cataratas, tracoma, etc.) los cuales fueron remitidos al Servicio de Oftalmología del Hospital Provincial de Houndé. Finalmente participaron 388 niños (211 niños y 177 niñas) de 5 a 16 años, con una media de edad de 10.2 ± 2.2 años (media \pm desviación estándar) y que pertenecen principalmente a dos grupos étnicos: Bwaba (41.49%) y Mossi (35.57%) que son mayoritarios en la región. El resto de los niños (22.94%; en lo sucesivo, "Otras") pertenecen a 12 grupos étnicos diferentes.

La recogida de datos se efectuó en el mes de febrero del año 2005 en los propios centros escolares y en horario escolar. Se acondicionaron las salas cedidas para este fin por la dirección del centro, allí se trasladó todo el material necesario para la realización de dichas pruebas, que fueron realizadas por dos optometristas (desplazados desde Granada) con gran experiencia en optometría pediátrica.

3.2.2. Estudio II: Marruecos.

Para el estudio realizado en Marruecos, se eligió la escuela estatal Khalid Ibn El Walid, de Kenitra, por su representatividad. Se trata de una de las mayores escuelas de la ciudad y los niños que acuden a este centro proceden tanto de zona urbana como rural. Por ello esta escuela se puede considerar como representativa de la región en su conjunto y, por tanto, los resultados puedan ser extrapolados a ella. Respecto al grupo étnico al que pertenecen estos escolares, es importante recordar que en este país el principal grupo étnico (98.5%) es árabe-bereber.

La elección de los alumnos fue aleatoria ya que los profesores les asignaron números y se estudiaron a los múltiplos de 2. Se eliminaron del estudio 11 escolares por presentar algún tipo de patología ocular (leucomas, ptosis, conjuntivitis, etc.) los cuales fueron remitidos al Servicio de Oftalmología del Hospital Provincial de Kenitra. Finalmente, participaron en el estudio, 545 escolares (300 niños y 245 niñas) con una media de edad de 9.70 ± 1.95 años (media \pm desviación estándar), que iba desde los 6 a los 16 años.

La recogida de datos se efectuó durante el mes de mayo del año 2007, en el centro escolar por dos optometristas (desplazados desde Granada) con mucha experiencia. También y debido a la metodología utilizada, participaron dos enfermeros del servicio de oftalmología del hospital provincial de Kenitra que se encargaron de la instilación del ciclopléjico (ciclopentolato sódico). De igual manera que en el estudio anterior, las pruebas optométricas se llevaron a cabo en horario escolar y en salas cedidas por la dirección del centro a las que se trasladó el material necesario para la realización de las mismas.

3.2.3. Estudio III: Burkina Faso (Fada N`Gourma).

En el estudio realizado en la región del Este, también llamada del Gourma, se eligieron 2 escuelas de Fada N`Gourma, capital de la provincia de Fada y de la región.

En total participaron 315 alumnos con una media de edad de 11.19 ± 2.36 años (media \pm desviación estándar) y un rango de 6 a 16 años. La elección de los alumnos fue aleatoria, los profesores les asignaron números y se estudiaron a los múltiplos de 2. Se eliminaron del estudio 9 escolares por presentar algún tipo de patología ocular (leucomas, conjuntivitis, cataratas, etc.) que fueron remitidos al Servicio de Oftalmología del Hospital Regional de Fada. La distribución étnica de la muestra es la siguiente: Gourmanché (36.20%), Mossi (54.30%) y el grupo que denominamos "Otras" (9.50%) y que incluyen a un total de 5 etnias en este caso.

La recogida de datos la hicieron tres optometristas (desplazados desde Granada) con gran experiencia en refracción en niños. Se realizó durante los meses

de enero y febrero de 2010 y lo mismo que en el resto de nuestros estudios, las revisiones se realizaron en horario escolar y en las aulas habilitadas para ese fin, que habían sido cedidas por la dirección del centro.

3.3. Material y métodos.

3.3.1. Examen optométrico.

La metodología seguida en cada uno de los trabajos de campo realizados, ha sido adaptada a los dos países donde se han realizado las investigaciones. Las recomendaciones para este tipo de estudios dadas por **Negrel et al. (2000)** son realizar la refracción en niños con autorrefractómetro y bajo cicloplegia, para evitar la influencia de la acomodación sobre el error de refracción (**Choong et al. 2006, Williams et al. 2008**). En Burkina Faso no pudimos instilar ciclopléjico pues las difíciles condiciones de vida de estos niños hacen que sea muy frecuente que para poder asistir a la escuela deban desplazarse varios kilómetros, a pie o en bicicleta, sin alumbrado ni vías asfaltadas, lo que hacía difícil y peligroso el regreso a casa en esa situación. Además, por circunstancias culturales, la gran mayoría son animistas (a pesar de profesar diferentes religiones) y los padres, debido al efecto midriático de esta medicación, se oponían a dar su consentimiento para instilar gotas (**Naidoo et al. 2003**), por lo que decidimos cambiar el método y realizar el examen con retinoscopia estática ya que es el segundo método más fiable para determinar el error de refracción de forma objetiva (**Jorge et al. 2005**).

A continuación desarrollaremos la metodología seguida en los trabajos realizados en Burkina Faso y Marruecos.

3.3.1.1. Burkina Faso.

Se describen a continuación las pruebas y la metodología empleada para realizarlas:

Medida de Agudeza Visual: AV LogMAR monocular y binocular.

-Material empleado en la prueba: Ocluser y optotipo logarítmico E de Snellen ya que sus características hace que sea más preciso que el resto. Este optotipo tiene en todas las líneas de AV el mismo número de letras (5 letras) con un tamaño que varía en progresión geométrica de línea a línea, en pasos de 0.1 unidades logarítmicas, y nos permite asignar a cada letra un valor de 0.02 unidades logarítmicas. El espaciado entre letras es igual al ancho de una de ellas, y el espacio que queda entre líneas es igual a la altura de las letras de la línea superior. Todo ello permite que la dificultad para identificar las letras sea similar en cada línea, consiguiendo además que el efecto de "interacción de contornos" o "amontonamiento" se dé por igual en todos los niveles, independientemente del tamaño de las letras.

-Realización: Situamos al niño delante del optotipo explicándole el mismo y cuál será la dinámica de esta prueba y tras comprobar que lo ha entendido lo sentamos a 6 metros del optotipo. Le tomamos agudeza visual sin compensación, tanto en condiciones monoculares como binoculares y anotamos el valor de la última línea que ve completa y si de la siguiente ve alguna letra se anota el número de ellas, ya que con este optotipo se puede cuantificar, a cada letra le corresponde -0.02 de AV logMAR.

Retinoscopía de lejos o estática con fogging.

-Material empleado en la prueba: Retinoscopio de punto (**Grosvenor 2004**) Heine Beta 200, reglas de esquiascopia, caja de lentes de pruebas, gafas de prueba para niños.

-Realización: En primer lugar procedemos a miopizar al niño con lentes de + 4.00 D aproximadamente (**Biggsby et al. 1984, Junghans et al. 2005**), y se le indica que mire un punto situado a 6 metros para mantener en reposo la acomodación. El examinador se sitúa a 67 centímetros, delante del sujeto, y hace incidir el haz luminoso procedente del retinoscopio en la pupila del niño (**Martínez Corral 1998**). El primer paso es comprobar la presencia de sombras inversas, en cuyo caso se anteponen lentes esféricas negativas y lentes planocilíndricas hasta la

neutralización de las sombras observadas. En caso de no observar claramente sombras inversas será necesario aumentar la lente de miopización. En todo momento se debe controlar la fijación del niño para evitar la acomodación. Al valor dióptrico de las lentes neutralizadoras se debe de sustraer la lente utilizada para producir la miopización y adicionar la distancia de trabajo convertida en dioptrías (-1.50D).

Refracción subjetiva.

-Material empleado en la prueba: optotipo logarítmico E de Snellen, pantalla, caja y gafas de prueba.

-Realización: según la refracción obtenida por medio de retinoscopia, se comprueba la agudeza visual con esta compensación, y se va ajustando la misma por el método de la miopización (**Furlan et al. 2000**). Para ello colocamos el resultado de la retinoscopia en las gafas de prueba añadiéndole lentes esféricas positivas, para controlar la acomodación, y comprobamos que la AV LogMAR sea de aproximadamente 0.523 (AV decimal de 0.3). Esperamos unos segundos para que el niño relaje la acomodación. Una vez conseguida esa relajación, se comienza a reducir el grado de miopización retirando potencia positiva o añadiendo potencia negativa en pasos de -0.25D, comprobando que en cada cambio el niño mejora su AV. En el caso de presentar astigmatismo, cuando la AV LogMAR sea de 0.222 (AV decimal de 0.6) le presentaremos el test horario y ajustaremos el cilindro compensador hasta que el niño vea todas las líneas del test horario por igual. A continuación seguiremos compensando la ametropía esférica hasta el máximo positivo que le proporcione la máxima AV (MPMAV).

3.3.1.2. Marruecos.

Las pruebas realizadas y la metodología seguida se describen a continuación:

Medida de Agudeza Visual: AV LogMAR monocular y binocular.

Esta prueba se realiza con el mismo material y de la misma forma que se ha descrito en el estudio realizado en Burkina Faso.

Medida de estereopsis.

Definimos la agudeza visual estereoscópica como la mínima disparidad binocular que da lugar a sensación de profundidad. La estereopsis es, por tanto, la función del sistema visual que permite distinguir con alta precisión la tridimensionalidad de una escena visual a partir de la disparidad retiniana. Constituye el estado más avanzado de la percepción visual.

- Material empleado en la prueba: el *Fly Test* (Stereo Optical Company, Inc.; Chicago, IL; USA) y gafas polarizadas (figura 3.4.). Se basa en la utilización de imágenes polarizadas cuya finalidad es reproducir la disparidad binocular desplazando una de las imágenes respecto a la otra. Al disociar con polarizadores, cada una de las imágenes estimula una de las retinas, pero con cierta disparidad de una respecto a la otra, lo que dará lugar a sensación de profundidad. El test consiste en detectar la mínima disparidad binocular que da sensación de profundidad. El Fly test o Titmus test tiene dos partes características, una de ellas se conoce como “test de la mosca”, porque es un dibujo de una mosca y si el sujeto la ve indica que alcanza los 3000 s/arco. Se decidió utilizar este test que, aunque tiene el inconveniente de utilizar estereotets de contorno que pueden hacer que mediante las claves monoculares ayuden a acertar las respuestas correctas de los cuatro primeros anillos de Wirt (**Cooper and Warshowsky 1977**), es muy habitual en los exámenes visuales infantiles por lo fácil que es para el niño de comprender y de explicar para el examinador. Recordemos que, además, nosotros solamente evaluamos la presencia o no de estereopsis, y **Scheiman and Wick** (1996) indican que, para ello, es indiferente el test que se utilice. Es interesante recordar que además nos encontrábamos con la dificultad añadida de que ninguno de los examinadores hablaba con fluidez el idioma de los niños.

- Realización: Con las gafas polarizadas, le pedimos al niño que nos diga lo que ve o incluso que intente coger las alas de la mosca, lo cual nos indica en qué

plano las está viendo. La otra parte del test consiste en series de círculos y de animales en las que el sujeto nos debe decir de cada serie qué figura o qué círculo está en relieve y así podremos cuantificar el grado de estereopsis. Con el manual veremos la equivalencia de cada figura en s/arco. La prueba se realiza a 40 cm según las indicaciones del test.



Figura 3.4. Titmus Test

Autorrefracción con ciclopléjico.

- Material empleado en la prueba: Auto-Refractómetro-Queratómetro portátil (ARK-30, Nidek Co., Ltd., Tokyo, Japan) y ciclopentolato sódico al 1%.

- Realización: el agente utilizado fue el ciclopentolato sódico al 1%, por su rápida acción ciclopléjica y menor duración en el tiempo. Se administra siguiendo las indicaciones del fabricante: dos gotas, con un intervalo de tiempo de 5 minutos entre ellas, en cada ojo. Pasados 20 minutos de la última instilación se valora la cicloplejía considerándola completa cuando el diámetro de la pupila es mayor o igual a 6 mm y no existe respuesta a la luz (**Dandona et al. 2002**). En caso contrario se administra una tercera gota y transcurridos 20 minutos se vuelve a

valorar. Conseguida la ciclopejía se hace la medida con el auto-refractómetro-queratómetro. Previo a ello se le indica al niño donde debe mirar y se coloca con la cabeza pegada a la pared ya que este instrumento es portátil, no tiene mentonera, y debemos asegurar que durante la toma de medida esté bien ajustado. Durante cada una de las medidas, el autorrefractómetro realiza 5 lecturas y el dato que nos da es la media de las mismas. Los parámetros que mide son: error de refracción y radios de curvatura de los meridianos principales de la superficie anterior de la córnea. Todos los días, antes de comenzar las medidas, se realizó el calibrado del instrumento.

3.3.2. Definición de errores refractivos.

Existen diferentes criterios a la hora de clasificar los errores de refracción. Nuestro criterio ha sido el recogido en los estudios de **Negrel *et al.* (2000)**, siguiendo la norma RESC (Refractive Error Study in Children), que se muestra en la tabla 3.1. Hemos considerado el valor del equivalente esférico (EE) como el valor del error refractivo esférico más la mitad del astigmatismo cuando este era $\leq -0.75D$.

TABLA 3.1. Definición De Errores De refracción. EE: equivalente esférico						
Miopía	Miopía Bilateral	Hipermetropía	Hipermetropía Bilateral	Astigmatismo	Astigmatismo Bilateral	Anisometropía
$\leq -0.50D$ en un ojo	$EE \leq -0.50D$ en ambos ojos	$\geq +2.00D$ EE en un ojo	$\geq +2.00D$ EE en ambos ojos	$\leq -0.75D$ en un ojo	$\leq -0.75D$ en ambos ojos	$\geq 1.00D$ EE diferencia entre los ojos

Como observamos en la tabla 3.1., definimos un error de refracción miópico cuando se presenta en un solo ojo, y en caso de presentarse en ambos ojos hablaremos de miopía bilateral. Igual ocurre en el caso de la hipermetropía y el astigmatismo. Hemos definido la anisometropía como la diferencia de equivalente esférico mayor o igual a 1.00D entre ambos ojos.

En la tabla 3.2. se muestran de forma resumida los estudios epidemiológicos que hemos realizado, así como la metodología utilizada y el objetivo de los mismos.

Tabla 3.2. Nuestros trabajos

Lugar	País	Nº Sujetos	Edad	Refracción	Definición de errores refractivos EE (D)	Objetivo
Tuy (2005)	Burkina Faso	388	5-16	Retinoscopía	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -0.50	Diferencias étnicas y geográficas
Kenitra (2007)	Marruecos	545	6-16	Autorrefracción + ciclopléjico	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +1.00$ Astigmatismo ≤ -0.75	Diferencias geográficas
Fada (2010)	Burkina Faso	315	6-16	Retinoscopía	Miopía ≤ -0.50 ; Hipermetropía $\geq +2.00$ Astigmatismo ≤ -0.75	Diferencias étnicas y geográficas

3.3.3. Tratamiento estadístico de los datos.

El tratamiento de los datos, se ha realizado mediante el programa estadístico SPSS 15.0, con los tests que se describen a continuación.

Explicaremos los estadísticos utilizados dependiendo del tipo de variable estudiada.

3.3.3.1. Variables cuantitativas.

Estadística descriptiva.

Se calculan los estadísticos descriptivos para cada variable. Para ello, cada variable cuantitativa vendrá definida por medidas de posición central, tales como la media aritmética y medidas de dispersión: desviación estándar

Análisis de la varianza.

El propósito de la técnica del análisis de la varianza (ANOVA) es contrastar la heterogeneidad de las muestras, así se podrá saber si tales factores son realmente causas asignables a la variación que se trata de estudiar, o bien, dicha variación se debe atribuir al efecto del azar (**Martín Andrés 1990**).

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula H_0 de que las medias de K grupos ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa H_1 de que por lo menos una de los grupos difiere de los demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K factores con respecto a la variable dependiente o de interés.

$$(1) H_0: = \mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_K = \mu$$

$$(2) H_1: \neq \mu_1 \neq \mu_2 \dots \neq \mu_K \text{ o al menos una igualdad no es cierta}$$

El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global, que bajo el supuesto de que H_0 es cierta es una estimación de σ^2 obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes:

- Variación dentro de las muestras o Intra-grupos SCD (variación debida al factor que define los grupos), cuantifica la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a sus correspondientes medias.
- Variación entre muestras o Inter-grupos SCE (debida a la aleatoriedad), cuantifica la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global.

Cuando la hipótesis nula es cierta, $SCE/K-1$ y $SCD/n-K$ son dos estimadores insesgados de la varianza poblacional y el cociente entre ambos se distribuye según una F de Snedecor con $K-1$ grados de libertad en el numerador y $N-K$ grados de libertad en el denominador. Por lo tanto, si H_0 es cierta, es de esperar que el cociente entre ambas estimaciones sea aproximadamente igual a 1, de forma que se rechazará H_0 si dicho cociente difiere significativamente de 1.

El valor de significación α es la probabilidad de rechazar la H_0 siendo cierta, de tal manera que si fijamos $\alpha=0.05$, la rechazamos un 5% de las veces. Si pretendemos disminuir este error disminuyendo α se aumenta la probabilidad de aceptar la hipótesis nula siendo falsa. Este valor de significación referido a la muestra es el p-valor.

El estadístico F del ANOVA únicamente permite contrastar la hipótesis de que los promedios comparados son iguales. Rechazar esta hipótesis significa que las medias poblacionales comparadas no son iguales, pero no permite precisar dónde en concreto se encuentran las diferencias detectadas. Para ello, realizamos un contraste pormenorizado de comparación múltiple de la media de las variables. El estadístico utilizado es el de Bonferroni ya que es el más conservador y se basa en comparar una a una las medias de los diferentes grupos contrastando la hipótesis nula a un error de α/K , si se desea obtener un error global $\leq \alpha$.

Una de las condiciones que una muestra debe cumplir para que los resultados del test ANOVA sean fiables es que todos los grupos en los que la dividimos deben tener igual varianza (homoscedasticidad). Para comprobar si es así, se ha utilizado el estadístico de Levene con una significación $\alpha=0.05$ y en los casos en los que no se cumple esta condición realizamos un ANOVA no paramétrico mediante el test de Kruskal-Wallis también con una significación $\alpha=0.05$ (**Pardo Merino 2005**).

3.3.3.2. Variables cualitativas.

Estadística descriptiva.

En este caso vendrán dados por el valor de la frecuencia en % que es el porcentaje.

Asociación entre variables.

La prueba de independencia χ^2 , nos permite determinar si existe una relación entre dos variables categóricas

$$(3) \chi^2 = \sum_{i=1}^k (\sigma_i - e_i)^2 / e_i$$

Donde: σ_i = frecuencia observada
 e_i = frecuencia esperada.

χ^2 permite contrastar la hipótesis nula H_0 de que las variables son independientes, es decir, que no existe ninguna relación entre ellas y por lo tanto ninguna ejerce influencia sobre la otra, frente a la hipótesis alternativa H_1 de que sí lo son (**Garrido Cantarero 2002**).

El valor de significación α es la probabilidad de rechazar H_0 siendo cierta. Para calcular ese valor, el χ^2 mide la diferencia global entre frecuencias observadas y las esperadas. Cuanto mayor sea el valor de este estadístico, mayor será la diferencia entre ellas, lo que nos indica que mayor es la relación entre las variables. El valor de significación es la probabilidad de que los datos de una muestra aleatoria extraída de las dos variables sean independientes, en nuestro caso hemos considerado $\alpha=0.05$.

En los casos en que no se pueda considerar correcta la significación calculada por este estadístico se realiza el test exacto de Fisher que nos da el p-valor exacto.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN.

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN.

En este capítulo presentamos los resultados obtenidos en los tres trabajos de campo realizados en Burkina Faso y Marruecos. Los resultados se muestran en tres apartados que corresponden a cada uno de los estudios: en el apartado 4.1 se encuentran los resultados del estudio realizado en Houndé (Burkina Faso), el 4.2 recoge los obtenidos en Fada N´Gourma (Burkina Faso) y, por último, en el apartado 4.3 se muestran los resultados de Kenitra (Marruecos).

Como ya hemos explicado, las muestras pertenecen a dos países muy diferentes en cuanto a nivel de desarrollo y características étnicas de la población. Burkina Faso es un país con una gran diversidad étnica, en él conviven alrededor de 65 etnias diferentes, mientras que Marruecos tiene el 98% de su población de etnia árabe-bereber. Por ello, el análisis estadístico de los datos obtenidos en los exámenes optométricos de los estudios epidemiológicos realizados se orientaron de forma diferente. Por un lado, los realizados en Burkina Faso, en los que hemos tratado de determinar las diferencias optométrico-refractivas en función de la edad, la etnia y el sexo y, por otro, el realizado en Marruecos, donde no existen diferencias étnicas en la población en la que se realizó el estudio, por lo que solo hemos tenido en cuenta la edad y el sexo.

Para poder concretar estos propósitos, el primer paso dado ha sido fraccionar el total de la muestra, de cada estudio, por grupos de edad, quedando definitivamente 3 grupos de submuestras parciales (6-8 años, 9-11 años y 12-16 años) con la excepción del estudio realizado en la provincia de Tuy, cuyo rango de edad para los más pequeños era de 5-8 años. Conviene indicar que estos grupos por edades no son idénticos en el número de niños que abarcan ya que las causas que lo provocan son diferentes según el país. En Marruecos la escolarización se inicia a los 6 años y, normalmente, todos comienzan a ir a la escuela a esa edad, pero es frecuente que a partir de los 12 o 13 años de edad abandonen la escuela para empezar a trabajar, por lo que encontramos un bajo número de estudiantes de

15 y 16 años de edad que siguen en la escuela. La situación en Burkina Faso es muy diferente. Según su legislación el inicio de la escolarización es a los 6 años, aunque la realidad es otra, ya que se comienza a ir a la escuela a edades más tardías, debido, principalmente, a la difícil situación económica de la mayoría de las familias que les impide pagar las tasas de escolarización y a los grandes desplazamientos que deben realizar. En los tres estudios, se dividieron también según el sexo, quedando 2 grupos de submuestras parciales. En los estudios realizados en Burkina Faso, tenemos también 3 submuestras parciales que representan las etnias más frecuentes del lugar donde se realizaron los estudios.

4.1. Prevalencia de errores de refracción en escolares en Tuy, Burkina Faso.

En esta provincia se han realizado exámenes optométricos a alumnos de la región de Hauts Bassins, concretamente de las escuelas B y C de Houndé (capital de la provincia de Tuy), Karaba, Koho y Founzan. En total han participado 388 alumnos con una media de edad de 10.2 ± 2.2 años (DE) y un rango de 5 a 16 años. La distribución étnica de la muestra fue la siguiente: etnia Bwaba (41.49%), etnia Mossi (35.57%) y el grupo que denominamos "Otras" (22.94%), que lo componen alumnos que pertenecen a un total de 12 etnias.

En la tabla 4.1. se muestra el número total de sujetos y su distribución según el grupo de edad, sexo y etnia al que pertenecen.

Total	5-8 Años	9-11 Años	12-16 Años	Niños	Niñas	Bwaba	Mossi	Otras
388	81	176	131	211	177	161	138	89

El análisis de los diferentes parámetros estudiados se muestra a continuación.

4.1.1. Agudeza visual logarítmica (AV logMAR).

La tabla 4.2. muestra los valores de AV logMAR monocular según el sexo y el grupo de edad.

Variable	Total	Niños	Niñas	6-8 años	9-11 años	12-16 años
AV logMAR Monocular	-0.055 ± 0.132	-0.062 ± 0.137	-0.047 ± 0.126	-0.042 ± 0.160	-0.049 ± 0.152	-0.071 ± 0.069

Como se puede comprobar, el valor medio de agudeza visual monocular sin compensación óptica (-0.055 ± 0.132) es incluso mejor que la considerada como normal en clínica (0.00).

Al comparar los valores de agudeza visual no encontramos diferencias significativas entre los subgrupos de edad ni según el sexo (ANOVA, $p > 0.05$ en todos los casos).

Los valores de AV logMAR en función de la etnia se encuentran en la tabla 4.3.

TABLA 4.3. AV logMAR Monocular Por Etnia. (Media \pm Desviación Estándar)			
Variable	BWABA	MOSSI	OTRAS
AV LogMAR Monocular	-0.063 \pm 0.104	-0.071 \pm 0.074	-0.157 \pm 0.132

Los resultados obtenidos al comparar las AV de los diferentes grupos étnicos indican que no existen diferencias significativas entre las dos etnias predominantes del lugar: Bwaba y Mossi (ANOVA, $p=1$), pero sí se encuentran diferencias significativas entre estas con el grupo que engloba a otras doce etnias y que hemos denominado “Otras” (Bonferroni, $p < 0.0001$ en ambos casos), siendo la AV mejor en este último grupo.

En la figura 4.1. se encuentra representada la AV logMAR monocular en función de la edad y de la etnia de los niños.

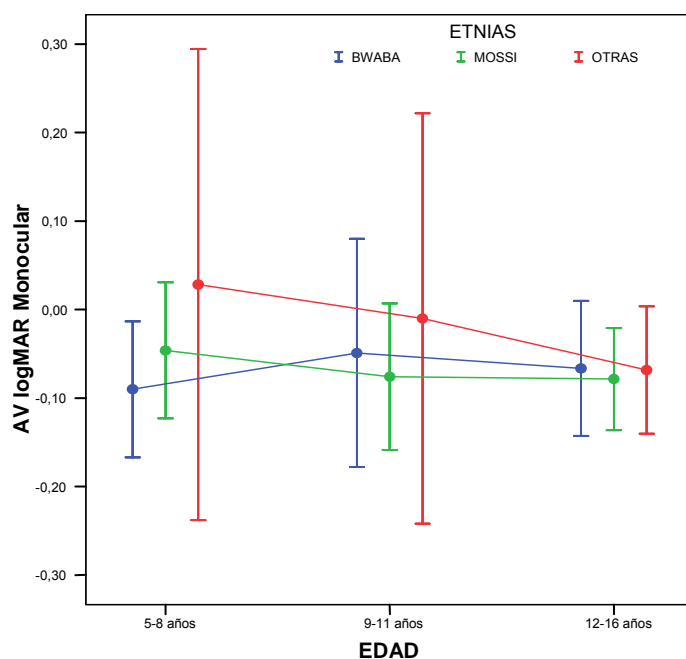


Figura 4.1. AV LogMAR monocular en función de edad y etnia

4.1.2. Equivalente esférico.

En la tabla 4.4. se muestran los valores medios de equivalente esférico (EE) en cada subgrupo, así como los resultados obtenidos al realizar el ANOVA (el p-valor que se incluye en ella es el correspondiente a la significación intergrupos).

TABLA 4.4. Equivalente Esférico (EE) Por Sexo, Edad y Etnia. (Media ± Desviación Estándar Intervalo de Confianza (IC))

SEXO	EE (D) IC 95%	p-valor	EDAD	EE (D) IC 95%	p-valor	ETNIA	EE (D) IC 95%	p-valor
Niños	0.99 ± 0.50 0.94–1.04	0.525	5–8 años	0.98 ± 0.55 0.88 – 1.04	0.563	Bwaba	1.01 ± 0.53 0.95 – 1.07	0.331
Niñas	1.01 ± 0.59 0.94 – 1.07		9–11 años	1.00 ± 0.58 0.95 – 1.06		Mossi	1.02 ± 0.52 0.95 – 1.08	
Total	1.00 ± 0.53 0.96 – 1.04		12–16 años	1.02 ± 0.50 0.96 – 1.07		Otras	0.95 ± 0.50 0.87 – 1.02	

Al analizar el equivalente esférico medio por grupos, podemos observar que no se encuentran diferencias significativas entre los subgrupos de edad en los que se dividió la muestra (ANOVA, para todos ellos $p > 0.05$), ni entre sexos, ni entre etnias.

Podemos ver que el valor medio de equivalente esférico para el total de la muestra es bajo ($+1.00 \pm 0.53$ D), con un intervalo de confianza al 95% de $[0.96D, 1.04D]$, lo que nos indica que los errores refractivos de estos niños no son elevados, tendiendo además hacia una ligera hipermetropía.

4.1.3. Prevalencia de errores refractivos.

La prevalencia de los errores de refracción del total de los niños examinados se muestra en la tabla 4.5.

TABLA 4.5. Prevalencia De Errores Refractivos

	Miopía	Miopía Bilateral	Hipermetropía	Hipermetropía Bilateral	Astigmatismo	Astigmatismo Bilateral	Anisometropía
Total% (n/N)	0.5 (2/388)	0.0 (0/388)	4.9 (19/388)	3.4 (13/388)	7.0 (27/388)	1.5 (6/388)	0.5 (2/388)

n es el número total de niños con esta ametropía. N es el número total de niños.

La prevalencia de miopía que se encuentra en este grupo de niños burkineses es del 0.5%, solo 2 de los 388 niños presentan esta ametropía, la de hipermetropía del 4.9% (19 de 388) y la de astigmatismo del 7.0% (27 de 388). En todos los casos nos referimos a ametropía en al menos un ojo. Estas prevalencias disminuyen si la ametropía se presenta bilateralmente pasando a 0.0%, 3.4% y 1.5%, respectivamente. Encontramos también, que tan solo el 0.5% de los niños presentan anisometropía.

Como ya se ha explicado anteriormente en el capítulo 3, en este trabajo consideramos que existe astigmatismo cuando el error de refracción cilíndrico es $\leq -0.50D$ aunque otros autores recomiendan definir este error refractivo para este tipo de estudios cuando éste es $\leq -0.75D$ (Negrel *et al.* 2000). Considerando esta última definición los valores de astigmatismo tanto unilateral como bilateral que encontramos se recogen en la tabla 4.6.

TABLA 4.6. Prevalencia De Astigmatismo $\leq -0.75D$

	Astigmatismo	Astigmatismo Bilateral
Total%	4.6	0.8
(n/N)	(18/388)	(3/388)

n es el número total de niños con esta ametropía. N es el número total de niños.

Observamos que la prevalencia de astigmatismo disminuye cuando consideramos un valor límite mayor del cilindro. También podemos observar que una parte importante de los astigmatismos que presentan estos niños son leves, pues las prevalencias para este error de refracción, unilateral y bilateral, pasan de 7% y 1.5% a 4.6% y 0.8% cuando consideramos que el astigmatismo sea $\leq -0.50D$ a $\leq -0.75D$ respectivamente.

A continuación, estudiaremos la prevalencia de los distintos errores de refracción en función del sexo, del grupo de edad y de la etnia, por lo que lo dividiremos en 3 subapartados.

4.1.3.1. Prevalencia de error refractivo según sexo.

En la tabla 4.7. se presenta la prevalencia de las distintas ametropías en función del sexo. Se puede observar que no existen diferencias significativas (chi-

cuadrado) entre sexos en ninguno de los errores de refracción analizados ya que los valores que obtenemos de p-valor son todos mayores de 0.05.

TABLA 4.7. Prevalencia De Error Refractivo Por Sexo			
Grupo	p-valor	Niños % (n/N)	Niñas % (n/N)
Miopía	0.194	0.9 (2/211)	0.0 (0/177)
Miopía Bilateral	-	0.0 (0/211)	0.0 (0/177)
Hipermetropía	0.537	5.2 (11/211)	4.5 (8/177)
Hipermetropía Bilateral	0.719	3.3 (7/211)	3.4 (6/177)
Astigmatismo ≤-0.50D	0.888	8.1 (17/211)	5.6 (10/177)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.50D	0.937	1.4 (3/211)	1.7 (3/177)
Astigmatismo ≤-0.75D	0.120	6.2 (13/211)	2.8 (5/177)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.75D	0.594	0.5 (1/211)	1.1 (2/177)
Anisometropía	0.669	0.0 (0/211)	1.1 (2/177)

n es el número total de niños con esta ametropía. N es el número total de ese género

4.1.3.2. Prevalencia de error refractivo según edad.

En la distribución de la muestra en función de la edad tampoco encontramos diferencias significativas (chi-cuadrado), ya que como podemos comprobar en la tabla 4.8. todos los valores de p son mayores de 0.05.

4.1.3.3. Prevalencia de error refractivo según etnia.

En función de la etnia, los errores de refracción se distribuyen según puede observarse en la tabla 4.9.

TABLA 4.8. Prevalencia De Error Refractivo Por Edad.

Grupo	p-valor	6-8 años% (n/N)	9-11 años% (n/N)	12-16 años% (n/N)
Miopía	0.471	1.2 (1/81)	0.6 (1/176)	0.0 (0/131)
Miopía Bilateral	-	0.0 (0/81)	0.0 (0/176)	0.0 (0/131)
Hipermetropía	0.719	6.2 (5/81)	4.0 (7/176)	5.3 (7/131)
Hipermetropía Bilateral	0.623	2.5 (2/81)	2.8 (5/176)	4.6 (6/131)
Astigmatismo ≤-0.50D	0.694	8.7 (7/81)	5.1 (9/176)	8.4 (11/131)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.50D	0.552	1.2 (1/81)	2.3 (4/176)	0.8 (1/131)
Astigmatismo ≤-0.75D	0.739	6.2 (5/81)	4.0 (7/176)	4.6 (6/131)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.75D	0.443	1.2 (1/81)	1.1 (2/176)	0.0 (0/131)
Anisometropía	0.390	1.2 (1/81)	0.0 (0/176)	0.8 (1/131)

n es el número de niños con esta ametropía; N es el número total de niños con esa edad

TABLA 4.9. Prevalencia De Error Refractivo Por Etnia.

Grupo	p-valor	Bwaba% (n/N)	Mossi% (n/N)	Otras% (n/N)
Miopía	0.451	0.0 (0/161)	0.7 (1/138)	1.1 (1/89)
Miopía Bilateral	-	0.0 (0/161)	0.0 (0/138)	0.0 (0/89)
Hipermetropía	0.666	3.7 (6/161)	5.8 (8/138)	5.6 (5/89)
Hipermetropía Bilateral	0.788	3.1 (5/161)	2.9 (4/138)	4.5 (4/89)
Astigmatismo ≤-0.50D	0.022	5.0 (8/161)	5.1 (7/138)	13.1 (12/89)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.50D	0.265	1.2 (2/161)	0.7 (1/138)	3.4 (3/89)
Astigmatismo ≤-0.75D	0.083	3.1 (5/161)	3.6 (5/138)	9.0 (8/89)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.75D	0.265	0.0 (0/161)	0.7 (1/138)	2.2 (2/89)
Anisometropía	0.162	0.0 (0/161)	1.4 (2/138)	0.0 (0/89)

n es el número de niños con esta ametropía; N es el número total de niños de esa etnia

Todos los parámetros analizados, a excepción del astigmatismo ($\leq -0.50D$) presentan valores de significación mayores a 0.05 por lo que podemos decir que no existen diferencias significativas de errores de refracción en función de la etnia a la que pertenecen estos niños.

En cuanto al astigmatismo, encontramos diferentes significaciones ($p=0.022$) entre las dos etnias mayoritarias y el grupo que hemos denominado "Otras".

4.2. Prevalencia de errores de refracción en escolares en Fada N'Gourma, Burkina Faso.

En este estudio han participado 315 escolares de dos escuelas de Fada N'Gourma (provincia de Fada), capital de la región del Este. La media de edad fue de 11.19 ± 2.36 años (DE) con un rango de 6 a 16 años. La distribución étnica de la muestra es la siguiente: Gourmanché (36.20%), Mossi (54.30%) y el grupo que denominamos "Otras" (9.50%) y que lo componen alumnos que pertenecen a un total de 5 etnias. Comparando con la distribución étnica que encontramos en los niños de la provincia de Tuy, encontramos que en esta región desaparece la etnia Bwaba y aparece la Gourmanché como más frecuente junto con los Mossi.

La tabla 4.10. recoge la distribución de la muestra por edad, sexo y etnia.

Total	6-8 Años	9-11 Años	12-16 Años	Niños	Niñas	Gourmanché	Mossi	Otras
315	48	111	156	163	152	114	171	30

Siguiendo con la estructura del trabajo, presentamos a continuación el análisis de los parámetros estudiados:

4.2.1. Agudeza visual logarítmica (AV logMAR).

Los valores medios de AV logMAR monocular (-0.073 ± 0.123) y, también, binocular (-0.117 ± 0.115) sin compensación, son bastante buenas y como era de esperar la AV binocular es mejor que la monocular. Los valores obtenidos según el sexo y el grupo de edad se muestran en la tabla 4.11.

Variable	Total	Niños	Niñas	6-8 años	9-11 años	12-16 años
AV logMAR Monocular	-0.073 ± 0.123	-0.076 ± 0.118	0.070 ± 0.129	0.021 ± 0.119	-0.067 ± 0.113	-0.107 ± 0.117
AV logMAR Binocular	-0.117 ± 0.115	-0.127 ± 0.103	-0.106 ± 0.125	-0.016 ± 0.114	-0.113 ± 0.108	-0.157 ± 0.100

La tabla 4.12. recoge la AV logMAR monocular y binocular en función de la etnia a la que pertenecen los niños.

Variable	GOURMANCHÉ	MOSSI	OTRAS
AV logMAR Monocular	-0.055 \pm 0.137	-0.080 \pm 0.995	-0.049 \pm 0.174
AV logMAR Binocular	-0.106 \pm 0.116	-0.131 \pm 0.099	-0.083 \pm 0.172

Al realizar el análisis estadístico (ANOVA) de los datos de AV logMAR monocular, encontramos que no existen diferencias significativas entre sexos, $p=0.677$. Respecto a la comparación por etnias, encontramos un valor de $p=0.53$ lo que nos muestra que no existen diferencias significativas entre las diferentes etnias. Donde sí encontramos diferencias significativas de la AV es en función de la edad: encontramos que el grupo de 6-8 años presenta diferencias con 9-11 años y 12-16 años ($p<0.001$ en ambos casos, Bonferroni) y a su vez estos dos grupos entre sí ($p=0.016$), lo que indica que la AV monocular de estos niños mejora significativamente con la edad.

Encontramos los mismos resultados al estudiar la AV logMAR binocular: no existen diferencias significativas en función del sexo ($p=0.111$), ni de las etnias ($p>0.05$ en todos los casos) y sí por edad: el grupo de 6-8 años con los otros dos (Bonferroni, $p<0.001$ en los dos casos) y, también, entre ellos (Bonferroni, $p=0.009$), indicando que la AV binocular mejora significativamente con la edad.

En la figura 4.2. se representa la AV logMAR monocular por sexo y edad, podemos comprobar como la agudeza visual mejora con la edad en los dos sexos.

La figura 4.3. muestra la distribución de AV logMAR binocular por etnia y edad. En ella podemos ver como la agudeza visual mejora con la edad para las dos etnias predominantes de la zona, Gourmanché y Mossi.

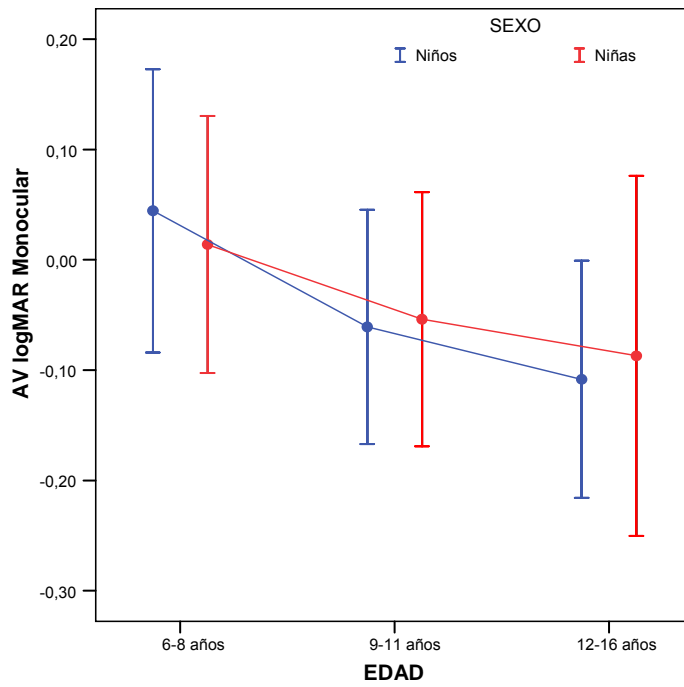


Figura 4.2. AV logMAR monocular en función del sexo y la edad (media ± desviación estándar)

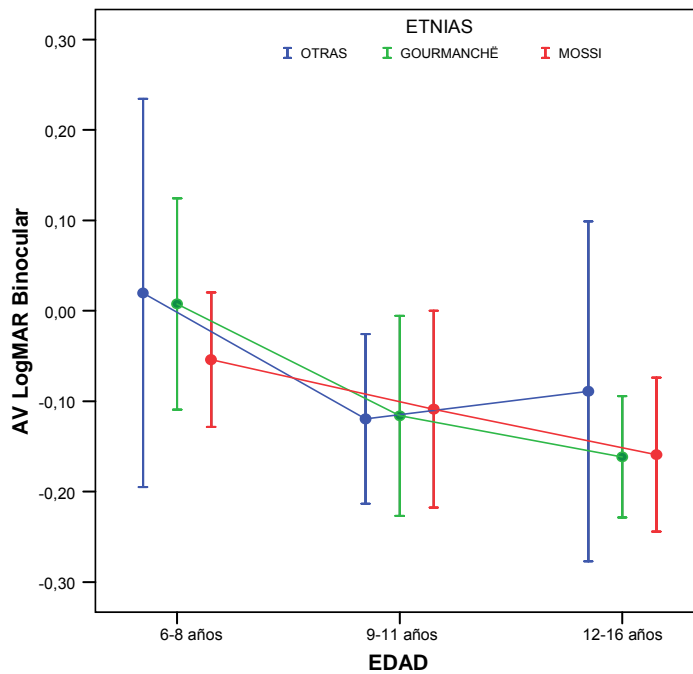


Figura 4.3. AV logMAR binocular en función de la etnia y la edad (media ± desviación estándar)

4.2.2. Equivalente esférico.

Los valores medios de equivalente esférico para el total de la muestra y según sexo, edad y grupo étnico, así como los de significación dados por el test ANOVA se presentan en la tabla 4.13.

TABLA 4.13. Equivalente Esférico (EE) Por Sexo, Edad y Etnia. (Media ± Desviación Estándar) Intervalo De Confianza (IC)

SEXO	EE (D) IC 95%	p-valor	EDAD	EE (D) IC 95%	p-valor	ETNIA	EE (D) IC 95%	p-valor
Niños	1.21 ± 0.58 1.14 – 1.27	0.035	6–8 años	1.45 ± 0.69 1.31 – 1.59	<0.001	Gourmanché	1.20 ± 0.63 1.12 – 1.28	0.257
Niñas	1.11 ± 0.61 1.04 – 1.18		9–11 años	1.24 ± 0.53 1.17 – 1.31		Mossi	1.15 ± 0.56 1.09 – 1.21	
Total	1.16 ± 0.59 1.11 – 1.21	12–16 años	1.01 ± 0.56 0.95 – 1.08	Otras		1.06 ± 0.65 0.89 – 1.23		

Encontramos diferencias significativas al comparar el equivalente esférico en función del sexo y de la edad ($p=0.035$ y $p<0.001$, respectivamente). En relación al sexo, observamos que el valor medio para el total de los niños es ligeramente mayor que el obtenido para la muestra de las niñas, $1.21\pm 0.58D$ y $1.11\pm 0.61D$ respectivamente. Al comparar las medias por grupo de edad (test Bonferroni) los p-valor que encontramos son: $p=0.011$ entre el grupo de 6-8 años y el de 9-12 años; al comparar este mismo grupo (6-8 años) con el de 12-16 años, $p<0.001$, por último, $p<0.001$ al comparar entre los grupos de 9-11 años y 12-16 años, lo que indica que las diferencias de los valores medios de equivalente esférico entre los tres grupos de edad son significativas, tendiendo éste a disminuir con la edad como puede observarse en la figura 4.4.

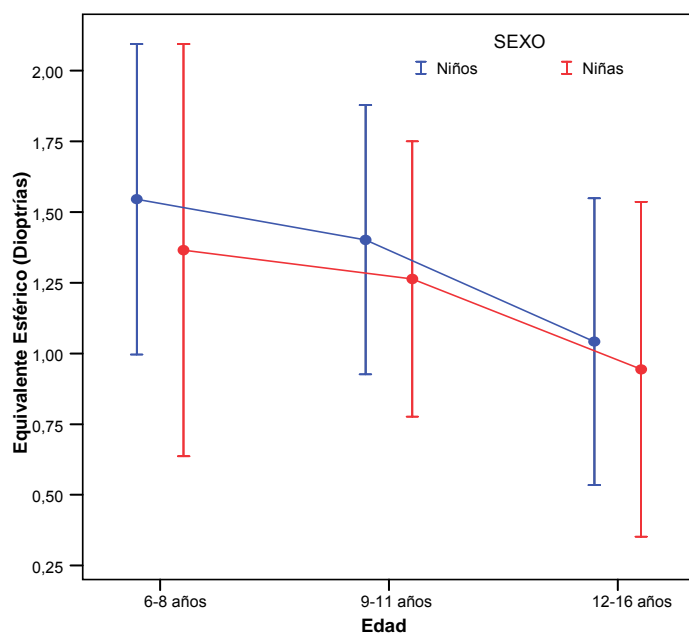


Figura 4.4. Equivalente esférico en función del sexo y la edad (media \pm desviación estándar).

4.2.3. Prevalencia de errores refractivos.

La tabla 4.14. muestra la prevalencia de los errores de refracción del total de los niños examinados. En ella podemos ver que la prevalencia de miopía unilateral que se encuentra en este grupo de niños burkineses es de 2.5%, la de hipermetropía unilateral del 17.1% y la de astigmatismo unilateral del 11.7%. También podemos comprobar como éstas disminuyen, como era de esperar, cuando consideramos las ametropías bilaterales pasando a 1.0%, 8.6% y 4.1%, respectivamente.

	Miopía	Miopía Bilateral	Hipermetropía	Hipermetropía Bilateral	Astigmatismo	Astigmatismo Bilateral	Anisometropía
Total%	2.5	1.0	17.1	8.6	11.7	4.1	3.5
(n/N)	(8/315)	(3/315)	(54/315)	(27/315)	(37/315)	(13/315)	(11/315)

n es el número total de niños con esta ametropía. N es el número total de niños

A continuación, estudiaremos la prevalencia de los distintos errores de refracción en función del sexo, del grupo de edad y de la etnia, por lo que lo dividiremos en 3 subapartados.

4.2.3.1. Prevalencia de error refractivo según sexo.

Los valores de prevalencias para el total de los niños y su distribución por sexo se recogen en la tabla 4.15. Como se puede observar, no se encuentran diferencias significativas en función del sexo ya que para todos ellos $p > 0.05$.

Grupo	p-valor	Niños % (n/N)	Niñas % (n/N)
Miopía	1.000	2.5 (4/163)	2.6 (4/152)
Miopía Bilateral	0.612	0.6 (1/163)	1.3 (2/152)
Hipermetropía	0.752	17.8 (29/163)	16.4 (25/152)
Hipermetropía Bilateral	0.991	8.6 (14/163)	8.6 (13/152)
Astigmatismo ≤-0.75D	0.959	11.7 (19/163)	11.8 (18/152)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.75D	0.333	3.1 (5/163)	5.3 (8/152)
Anisometropía	0.842	3.7 (6/163)	3.3 (5/152)

n es el número de niños con esa ametropía; N es el número total de niños

4.2.3.2. Prevalencia de error refractivo según edad.

En la tabla 4.16. se encuentran los valores de prevalencias de errores de refracción obtenidos en cada uno de los grupos de edad en los que hemos dividido la muestra.

Podemos comprobar (chi-cuadrado) que excepto las hipermetropías unilateral y bilateral, cuyos valores de significación son menores de 0.05 ($p < 0.0001$ en ambos casos), y el astigmatismo bilateral ($p = 0.038$), todos los demás parámetros no presentan diferencias en función de la edad.

Las hipermetropías unilateral y bilateral y el astigmatismo bilateral disminuyen significativamente con la edad (chi-cuadrado); incluso en el astigmatismo unilateral se puede ver una tendencia a disminuir aunque sin diferencias significativas.

TABLA 4.16. Prevalencia De Error Refractivo Por Edad.

Grupo	p-valor	6-8 años% (n/N)	9-11 años% (n/N)	12-16 años% (n/N)
Miopía	0.131	6.3 (3/48)	0.9 (1/111)	2.6 (4/156)
Miopía Bilateral	0.062	4.2 (2/48)	0.0 (0/111)	0.6 (1/156)
Hipermetropía	<0.0001	37.5 (18/48)	17.1 (19/111)	10.9 (17/156)
Hipermetropía Bilateral	<0.0001	25.0 (12/48)	10.8 (12/111)	1.9 (3/156)
Astigmatismo ≤-0.75D	0.084	16.7 (8/48)	15.3 (17/111)	7.7 (12/156)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.75D	0.038	10.4 (5/48)	4.5 (5/111)	1.9 (3/156)
Anisometropía	0.496	2.1 (1/48)	5.4 (6/111)	3.2 (5/156)

n es el número de niños con esta ametropía; N es el número total de niños con esa edad

4.2.3.3. Prevalencia de error refractivo según etnia.

Como se puede comprobar en la tabla 4.17., sólo el astigmatismo unilateral presenta diferencias significativas entre las distintas etnias estudiadas (chi-cuadrado, $p=0.021$), correspondiendo a la etnia Gourmanché el mayor valor de prevalencia (18.4%). Para el resto, los valores de p son todos mayores a 0.05, por lo que podemos decir que, en general, no se han encontrado diferencias significativas entre etnias en los errores refractivos.

TABLA 4.17. Prevalencia De Error Refractivo Por Etnia.

Grupo	p-valor	Otras% (n/N)	Gourmanché% (n/N)	Mossi% (n/N)
Miopía	0.108	6.7 (2/30)	3.5 (4/114)	1.2 (2/171)
Miopía Bilateral	0.062	3.3 (1/30)	1.8 (2/114)	0.0 (0/171)
Hipermetropía	0.059	10.0 (3/30)	23.7 (27/114)	14.0 (24/171)
Hipermetropía Bilateral	0.638	6.7 (2/30)	10.6 (12/114)	7.6 (13/171)
Astigmatismo ≤-0.75D	0.021	6.7 (2/30)	18.4 (21/114)	8.2 (14/171)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.75D	0.117	3.3 (1/30)	7.0 (8/114)	2.3 (4/171)
Anisometropía	0.657	0.0 (2/30)	4.4 (5/114)	3.5 (6/171)

n es el número de niños con esta ametropía; N es el número total de niños de cada etnia

También podemos observar que de las dos etnias mayoritarias de la región, la etnia Gourmanché es la que presenta unos porcentajes de errores refractivos mayores, aunque, como ya hemos indicado anteriormente, sin diferencias significativas con las otras etnias, con excepción del astigmatismo.

4.3. Prevalencia de errores de refracción en escolares en Kenitra, Marruecos.

En este trabajo se estudiaron 545 escolares (300 niños y 245 niñas) de entre 6 y 16 años de la escuela estatal Khalid Ibn El Walid, de Kenitra, en Marruecos, con una media de edad de $9,70 \pm 1,95$ años (media \pm desviación estándar) y un rango de edad de 6 a 16 años. Como ya quedó explicado en el capítulo anterior, en este país la mayoría de la población, un 98.5%, es de etnia árabe-bereber por lo que en este trabajo analizaremos los parámetros estudiados en función del sexo y edad, pero no en función de la etnia.

La distribución de los niños estudiados queda reflejada en la tabla 4.18, se muestra el número total de sujetos y su distribución según el grupo de edad y sexo al que pertenecen.

TABLA 4.18. Distribución De Sujetos Por Edad Y Sexo

Total	6-8 Años	9-11 Años	12-16 Años	Niños	Niñas
545	166	181	198	300	245

El análisis de los diferentes parámetros estudiados se muestra a continuación.

4.3.1. Agudeza visual logarítmica (AV logMAR).

La tabla 4.19. muestra los valores de AV logMAR monocular y binocular según el sexo y el grupo de edad. Como se puede comprobar, la media de agudeza visual monocular (-0.003 ± 0.129) y binocular (-0.064 ± 0.103) supera el valor de normalidad, existiendo además cierta tendencia a mejorar con la edad.

TABLA 4.19. AV logMAR Monocular Y Binocular Por Sexo Y Edad. (Media \pm Desviación Estándar)

Variable	Total	Niños	Niñas	6-8 años	9-11 años	12-16 años
AV logMAR Monocular	-0.003 ± 0.129	-0.013 ± 0.117	0.009 ± 0.141	0.037 ± 0.117	-0.024 ± 0.117	-0.014 ± 0.155
AV logMAR Binocular	-0.064 ± 0.103	-0.073 ± 0.100	-0.054 ± 0.104	-0.020 ± 0.087	-0.078 ± 0.104	-0.087 ± 0.103

En las figuras 4.5. y 4.6. se muestran las agudezas visuales medias monoculares y binoculares, respectivamente, por sexo y grupo de edad.

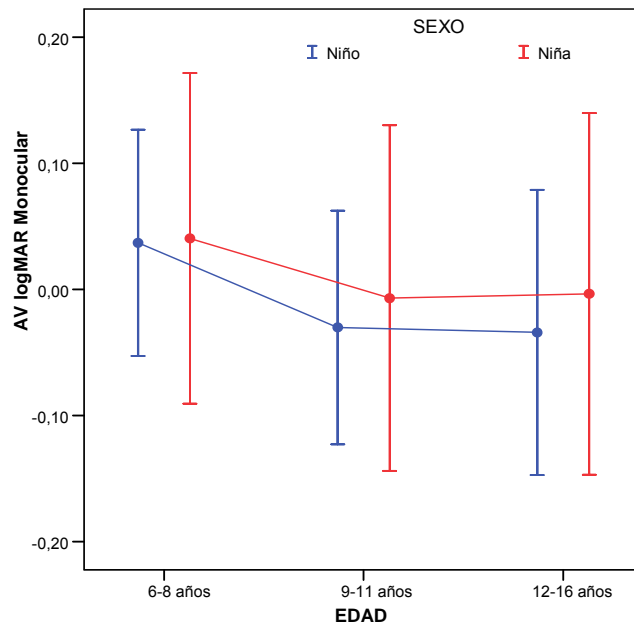


Figura 4.5. AV logMAR monocular en función del sexo y la edad (media \pm desviación estándar)

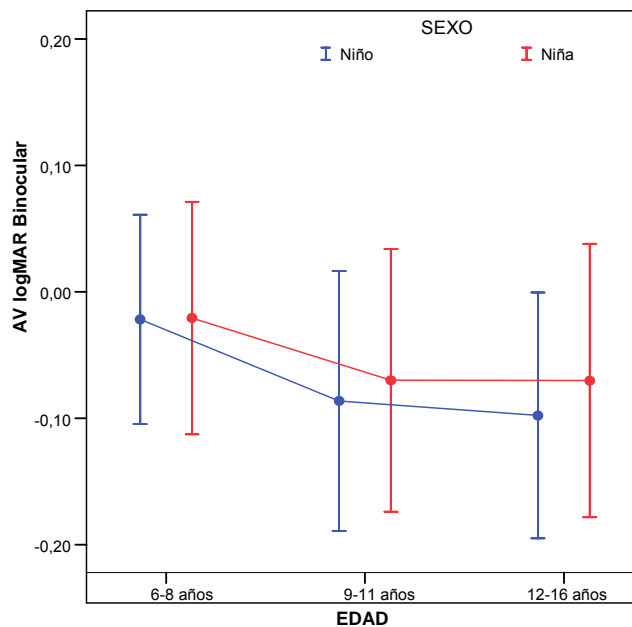


Figura 4.6. AV logMAR binocular en función del sexo y la edad (media \pm desviación estándar)

Al comparar los valores medios de AV monoculares, para ver si entre ellos existen diferencias significativas (Bonferroni), encontramos que tales diferencias sí existen en la AV logMAR monocular entre el grupo de edad de 6 a 8 años y los

otros dos grupos ($p < 0,0001$ en ambos casos). Lo mismo ocurre para AV logMAR binocular ($p < 0,0001$ y $p < 0,0001$ respectivamente). Por el contrario, no se han encontrado diferencias entre los dos grupos de más edad.

Respecto al sexo, encontramos diferencias significativas (ANOVA) tanto en la AV logMAR monocular ($p = 0,006$) como en la AV logMAR binocular ($p = 0,036$). Podemos ver que los valores medios de AV logMAR son menores en los niños que en las niñas, $-0,013 \pm 0,117$ y $0,009 \pm 0,141$ respectivamente, lo que nos indica que la AV, tanto monocular como binocular, es significativamente mejor en los niños.

4.3.2. Estereopsis.

En esta prueba lo que valoramos es la presencia, o no, de estereopsis en este grupo de niños.

De los 545 niños que participaron en el estudio, sólo ocho no pasaron el *Fly Test* (Stereo Optical Company, Inc.; Chicago, IL; USA), lo que significa que el 98,5% de los niños tenían un valor de estereoagudeza de al menos 3000 s / arco.

4.3.3. Equivalente esférico.

Los valores medios de equivalente esférico, para el total de la muestra y los distintos subgrupos obtenidos en función del sexo y grupo de edad, se encuentran recogidos en la tabla 4.20.

TABLA 4.20. Equivalente Esférico (EE) Por Sexo, Edad y Etnia. (Media \pm Desviación Estándar) Intervalo De Confianza (IC)

SEXO	EE (D) IC 95%	p-valor	EDAD	EE (D) IC 95%	p-valor
Niños	1.09 \pm 1.10 1.00 – 1.18	0.328	6–8 años	1.32 \pm 1.19 1.19 – 1.45	
Niñas	1.02 \pm 1.30 0.91 – 1.14		9–11 años	1.02 \pm 1.17 0.91 – 1.12	<0.001
Total	1.06 \pm 1.19 0.99 – 1.13		12–16 años	0.83 \pm 1.18 1.70 – 0.97	

Podemos ver que el valor medio de equivalente esférico es bajo para el total de los niños del estudio ($1.06 \pm 1.19D$), observando además que el intervalo de confianza al 95% es de $[0.99 \text{ a } 1.13D]$, lo que nos indica que los errores refractivos medios de estos niños son de pequeña cuantía. También podemos observar cómo los valores medios del equivalente esférico van disminuyendo a medida que la edad va aumentando como se muestra en la figura 4.7.

Al realizar el ANOVA y comparar los equivalentes esféricos medios por grupos de edad comprobamos que sí existen diferencias significativas entre el grupo de menor edad, de 6 a 8 años, y los otros dos grupos (Bonferroni, $p=0.001$ y $p<0.0001$ respectivamente). Entre el grupo de 9 a 11 años y el de 12 a 16 años no hay diferencia significativa (Bonferroni, $p=0.112$). Tampoco se encuentran diferencias significativas por sexo ($p=0.328$).

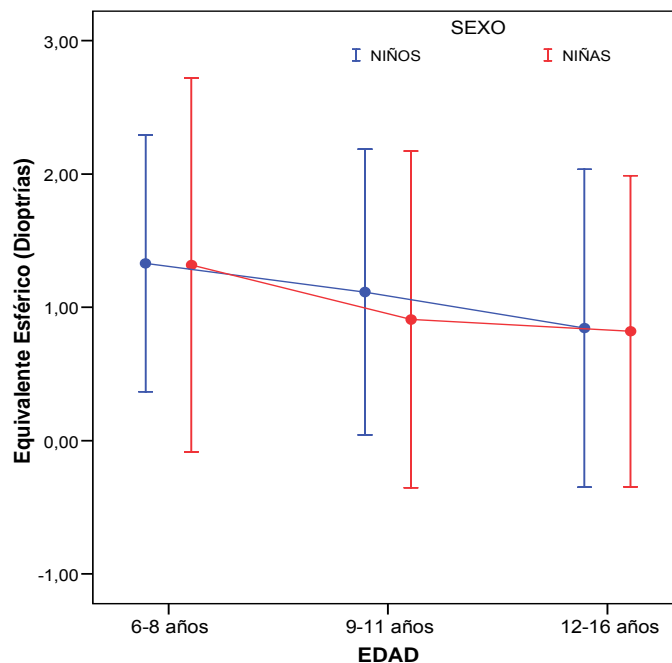


Figura 4.7. Equivalente esférico en función del sexo y la edad

4.3.4. Prevalencia de errores refractivos.

La prevalencia de los errores de refracción del total de los niños examinados se muestra en la tabla 4.21.

TABLA 4.21. Prevalencia De Errores Refractivos

	Miopía	Miopía Bilateral	Hipermetropía	Hipermetropía Bilateral	Astigmatismo	Astigmatismo Bilateral	Anisometropía
Total%	6.1	3.1	18.3	11.7	23.5	9.7	2.9
(n/N)	(33/545)	(17/545)	(100/545)	(64/545)	(128/545)	(53/545)	(16/545)

n es el número total de niños con esa ametropía. N es el número total de niños.

La prevalencia de miopía, hipermetropía y astigmatismo unilateral que se encuentra en este grupo de niños marroquíes es del 6.1%, 18.3%, 23.5% respectivamente. Estas prevalencias disminuyen, si consideramos que las ametropías se presentan de forma bilateral, pasando a 3.1%, 11.7% y 9.7% respectivamente.

A continuación, estudiaremos la prevalencia de los distintos errores de refracción en función del sexo y del grupo de edad, por lo que lo dividiremos en 2 subapartados.

4.3.4.1. Prevalencia de error refractivo según sexo.

La tabla 4.22. muestra los valores de prevalencia de ametropías en función del sexo. Encontramos que no existen diferencias significativas (chi-cuadrado) en ninguna de las ametropías analizadas en función del sexo.

TABLA 4.22. Prevalencia De Error Refractivo Por Sexo

Grupo	p-valor	Niños % (n/N)	Niñas % (n/N)
Miopía	0.780	6.3 (19/300)	5.7 (14/245)
Miopía Bilateral	0.847	3.0 (9/300)	3.3 (8/245)
Hipermetropía	0.537	19.3 (58/300)	17.1 (42/245)
Hipermetropía Bilateral	0.719	11.3 (34/300)	12.2 (30/245)
Astigmatismo ≤-0.75D	0.888	23.3 (70/300)	23.7 (58/245)
Astigmatismo Bilateral ≤-0.75D	0.937	9.7 (29/300)	9.8 (24/245)
Anisometropía	0.669	2.7 (8/300)	3.3 (8/245)

n es el número total de niños con ametropía. N es el número total de niños de ese género.

4.3.4.2. Prevalencia de error refractivo según edad.

El porcentaje de niños que presentan ametropías en función de la edad se muestra en la tabla 4.23. Se muestran también los p-valor que nos indican la existencia o no de diferencias significativas entre los distintos grupos de edad.

Podemos comprobar que excepto en la miopía bilateral donde el valor de significación es mayor de 0.05 (chi cuadrado, $p=0.315$) y la anisometropía ($p=0.454$), en todos los demás casos existen diferencias significativas al comparar los valores correspondientes entre los distintos grupos de edad ($p<0.05$).

También observamos que la prevalencia de miopía y de anisometropía crece respecto a la edad mientras que la prevalencia de hipermetropía y de astigmatismo disminuye.

Grupo	p-valor	6-8 años% (n/N)	9-11 años% (n/N)	12-16 años% (n/N)
Miopía	0.046	2.4 (4/166)	6.6 (12/181)	8.6 (17/198)
Miopía Bilateral	0.315	1.8 (3/166)	2.8 (5/181)	4.5 (9/198)
Hipermetropía	0.007	25.3 (42/166)	18.2 (33/181)	12.6 (25/198)
Hipermetropía Bilateral	0.005	18.1 (30/166)	11.0 (20/181)	7.1 (14/198)
Astigmatismo ≤0.75D	0.029	30.7 (51/166)	21.0 (38/181)	19.7 (39/198)
Astigmatismo Bilateral ≤0.75D	< 0.0001	16.3 (27/166)	10.5 (19/181)	3.5 (7/198)
Anisometropía	0.454	1.8 (3/166)	2.8 (5/181)	4.0 (8/198)

n es el número de niños con esa ametropía; N es el número total de niños con esa edad

4.3.5. Radios de curvatura de los meridianos principales de la superficie anterior de la córnea.

En la tabla 4.24. se muestran los valores medios de los dos radios de curvatura de los meridianos principales de la córnea según el sexo y grupo de edad al que pertenecen.

TABLA 4.24. Radios Corneales Por Sexo Y Edad. (Media \pm Desviación Estándar)

Variable	Total	Niños	Niñas	6-8 años	9-11 años	12-16 años
R1 (mm)	7.91 \pm 0.28	7.96 \pm 0.28	7.84 \pm 0.27	7.89 \pm 0.29	7.90 \pm 0.28	7.94 \pm 0.28
R2 (mm)	7.81 \pm 0.27	7.81 \pm 0.27	7.69 \pm 0.26	7.72 \pm 0.27	7.76 \pm 0.28	7.80 \pm 0.26

Al analizar los valores de los radios de curvatura medios en función de la edad y el sexo encontramos que para el meridiano más plano (R1) no existen diferencias significativas (ANOVA, $p=0.068$) entre los diferentes grupos de edad. En cambio, sí encontramos diferencias significativas al comparar las medias por sexo ($p<0.0001$): los niños presentan la superficie anterior de la córnea más plana que las niñas.

El análisis de los valores medios del radio del meridiano más curvo (R2) muestra diferencias significativas solamente entre el grupo de 6 a 8 años y el de 12 a 16 años ($p<0.0001$). Las diferencias también son significativas al comparar las medias según el sexo ($p<0.0001$), correspondiendo a los niños los mayores radios de la superficie anterior de la córnea.

Las figuras. 4.8. y 4.9. representan las orientaciones más frecuentes, de los meridianos principales de la superficie anterior de la córnea, encontrándose que el meridiano más plano (R1) presenta con más frecuencia una orientación horizontal, mientras que el más curvo (R2) lo hace en una orientación vertical, indicando que la mayoría de los astigmatismos corneales de estos niños son directos o a favor de la regla.

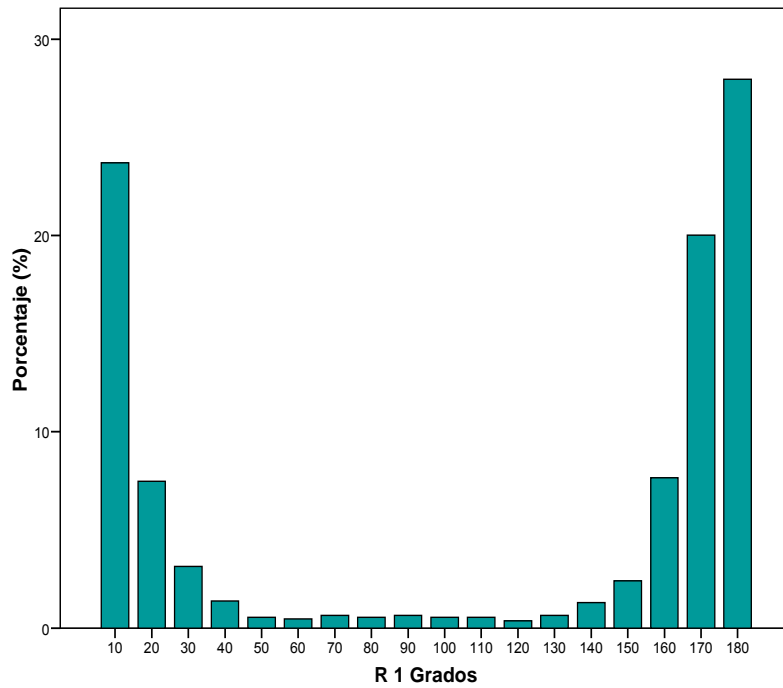


Figura 4.8. Prevalencia de las orientaciones del radio de curvatura más plano (R1)

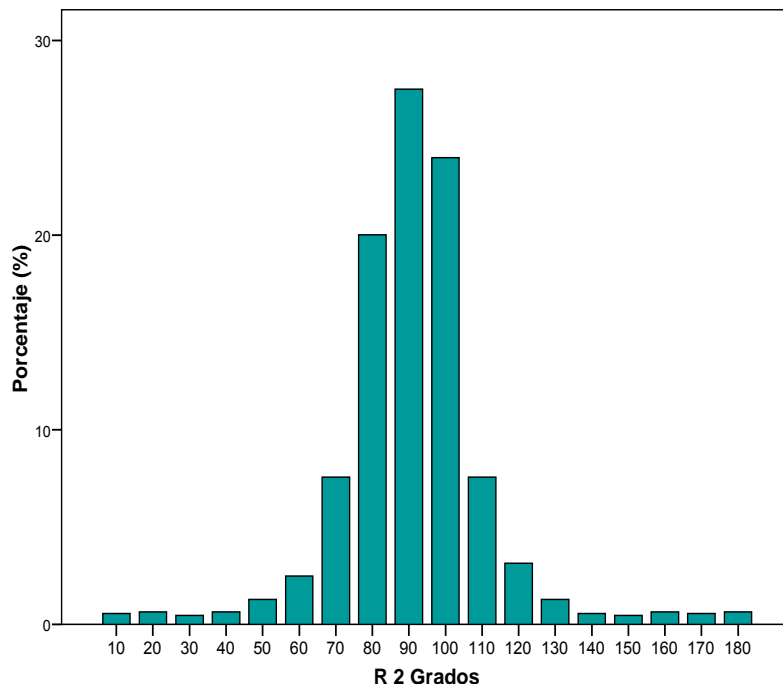


Figura 4.9. Prevalencia de las orientaciones del radio de curvatura más curvo (R2)

4.4. DISCUSIÓN.

En este trabajo hemos profundizado en el conocimiento de la prevalencia de errores de refracción en poblaciones infantiles pertenecientes a países poco estudiados hasta el momento. Además del interés en conocer la distribución epidemiológica de los errores de refracción en estas zonas del mundo, uno de los objetivos principales de este tipo de estudios es analizar la prevalencia de miopía ya que, como se comentó anteriormente, este conocimiento puede ayudar a determinar los factores de riesgo asociados a su progresión (**Dandona *et al.* 2002, Saw 2003**).

Las dificultades que encontramos para poder comparar los estudios realizados en el continente africano se deben a que, la mayoría de ellos, solo realizan exámenes refractivos a los niños que presentan disminución de agudeza visual, lo que conlleva una subestimación de la prevalencia de todos los errores de refracción y de manera importante de la hipermetropía, debido a que generalmente se necesitan poseer valores altos de este error refractivo para que se vea afectada la agudeza visual en niños.

Nuestros resultados sobre las prevalencias de errores de refracción son muy parecidos a aquellos de similares características. La tabla 4.25 recoge los resultados de los trabajos que hemos realizado, junto con otros efectuados en el continente africano.

Autor, lugar	Miopía	Hipermetropía	Astigmatismo	Anisometropía
Tuy(2006), Burkina Faso	0.5%	4.9%	4.6%	0.5%
Kenitra (2007) Marruecos	6.1%	18.3%	23.5%	2.9%
Fada N' Gourman (2010), Burkina Faso	2.5%	17.1%	11.7%	3.5%
Wender <i>et al.</i> (2000) Tanzania	1.0%	-	-	-
Kawuma <i>et al.</i> (2002), Uganda	1.3%	4.3%	6.1%	-
Ayed <i>et al.</i> (2002) Túnez	9.1%	31.6%	16.4%	-
Naidoo <i>et al.</i> (2003), Sudáfrica	4.0%	2.6%	14.6%	-
Ayotunde <i>et al.</i> (2007) Nigeria	0.3%	0.1%	0.5%	-
Ntim-Amponsah <i>et al</i> (2007) Ghana	7.0%	5.7%	-	-
Sounouvou <i>et al.</i> (2008) Benin	0.5%	0.4%	9.7%	0.0%

A continuación, realizaremos la discusión de los resultados obtenidos en los tres trabajos de campo que hemos presentado, en dos apartados diferentes según los países donde se realizaron: Burkina Faso y Marruecos.

4.4.1. Burkina Faso.

Los resultados obtenidos en los dos trabajos de campo realizados en Burkina Faso en niños muestran que tanto la AV monocular como la binocular mejoran con la edad. En el caso del trabajo realizado en la provincia de Tuy no existen diferencias significativas, pero el realizado en Fada N'Gourma sí presenta diferencias significativas del grupo de 6-8 años con respecto a los otros dos grupos. Aunque está ampliamente aceptado que el desarrollo de la AV finaliza en torno a los 8 años de edad (**De Vries-Khoe and Spekreijse 1982**), las diferencias respecto a la edad encontradas entre una y otra población podría deberse al menor peso específico de la etnia Gourmanché en el valor de este parámetro en los grupos de mayor edad, ya que se trata de la etnia con mayor prevalencia de errores refractivos, que están directamente relacionados con la agudeza visual.

La comparación de estos valores con otros estudios del continente no se puede llevar a cabo debido a que en todos estos trabajos se incluyen a sujetos con disminución de AV causada por errores refractivos y patologías. Aun así, podríamos generalizar que la AV en estos niños es próxima a la unidad (valor considerado normal en la escala decimal) gracias a la escasez de errores refractivos, como lo demuestran los valores encontrados del equivalente esférico.

En cuanto al equivalente esférico, encontramos que en el caso de Fada N'Gourma disminuye con la edad, guardando una relación inversa con ella, hecho que es acorde con los resultados obtenidos en Sudáfrica por **Naidoo et al. (2003)**, y que consideramos se debe al proceso fisiológico de emetropización natural, en el que no intervienen factores externos. Son interesantes estos resultados pues a estas edades, como se ha comentado anteriormente, encontramos una gran tendencia al aumento de la miopía en otras sociedades (**Tan et al. 2000, Wong et al. 2000, Wu et al. 2001, Lin et al. 2004, Morgan and Rose 2005, Wang et al. 2009**).

En cuanto a la prevalencia de errores de refracción, encontramos una prevalencia baja de miopía unilateral, siendo esta del 0.5% y 2.5% en Tuy y Fada N´Gourma, respectivamente. Recordemos que el tipo de población estudiada no es idéntica: los escolares de la provincia de Tuy son de procedencia urbana y rural mientras que los de Fada N´Gourma son urbanos. No obstante, las diferencias son muy pequeñas y esto puede ser atribuible a la gran semejanza que existe en el estilo de vida entre las ciudades y el medio rural en este país. Esta baja prevalencia de miopía concuerda con los resultados obtenidos en otros trabajos realizados en el continente africano. En Tanzania el porcentaje de miopía era del 1.0% (**Wender et al. 2000**), siendo del 1.3% en Uganda (**Kawuma et al. 2002**), del 2.9% en Sudáfrica (**Naidoo et al. 2003**), del 0.3% en Nigeria (**Ayotunde et al. 2007**) y del 0.5% en Benín (**Sounouvou et al. 2008**). Por otro lado, si comparamos nuestros resultados con los obtenidos por otros estudios realizados en diferentes zonas del mundo con etnias, educación y desarrollo distintos, observamos que nuestras prevalencias concuerdan con las de zonas menos desarrolladas y con bajo nivel de educación. Nuestros porcentajes de miopía son muy parecidos al 2.9% de miopía encontrado en Khumjung (Nepal), pequeño pueblo de muy bajo nivel de desarrollo (**Garner et al. 1999**), muy parecidos a los del Sultanato de Omán (**Lithander et al. 1999**) donde la prevalencia de miopía era del 0.2% para los más pequeños (6 años) y del 2.0% para los mayores (12 años), y al 2.7% de miopía encontrado en la población indígena de la amazonía de Brasil (**Thorn et al. 2005**).

Por ello, consideramos que la baja prevalencia de miopía podría deberse al bajo nivel de desarrollo de las zonas estudiadas, que conlleva unas tasas de escolarización y alfabetización bajas (**Au Eong et al. 1993b, Kinge et al. 1999, Kinge et al. 2000, Fledelius 2000, Wu et al. 2001, Wedner et al. 2002, Wensor et al. 1999, Mutti et al. 2002, Loman et al. 2002, Shimizu et al. 2003, Wong et al. 2002, Xu et al. 2005, Dirani et al. 2008b, Liang et al. 2009**), lo que implica bajas demandas de visión de cerca y mayor actividad al aire libre en áreas sin o con pocas edificaciones (**Jones et al. 2007, Rose et al. 2008a, Rose et al. 2008b, Jacobsen et al. 2008, Dirani et al. 2009, Deng et al. 2010, Jones-Jordan et al. 2010, Mutti 2010, Pi et al. 2010, Wu et al. 2010**) y por tanto, una mayor exposición a mayores iluminancias ambientales como indican **Ashby et al. (2009), Ashby and Schaeffel (2010)**. También hay que tener en cuenta, que la mayoría de los países del continente africano presentan un índice de desarrollo humano muy próximo en la clasificación dada por ONU (2009), donde el índice de educación tiene un peso

específico de 1/3 sobre el IDH total, y recordemos que Burkina ocupa el puesto 177 entre 182 países.

En relación a la hipermetropía, la prevalencia encontrada en las dos regiones estudiadas de Burkina Faso difiere considerablemente. En Tuy es del 4.9%, algo mayor que el 1.8% encontrado en Sudáfrica (**Naidoo et al. 2003**), y más acorde con el porcentaje de 5.7% encontrado en Ghana (**Ntim-Amponsah et al. 2007**) y con el de 4.3% de Uganda (**Kawuma and Mayeku 2002**). Por el contrario, en el estudio realizado en Fada N'Gourma se obtuvo un valor de 17.1%, valor más cercano al obtenido en Túnez (31.6%) por **Ayed et al. (2002)** y muy por encima de los obtenidos en el resto de los estudios. Este valor más elevado puede ser debido a que en la mayoría de estos trabajos solo examinaron los errores de refracción a los niños que presentan disminución de agudeza visual, lo que supone una infravaloración de este error refractivo, ya que es bien conocido que valores medios y bajos de hipermetropía normalmente no afectan a la agudeza visual en niños. En relación con estudios realizados en otros continentes, observamos que el valor de la prevalencia de hipermetropía obtenida en la provincia de Tuy es próximo al 7.7% obtenidos en India (**Murthy et al. 2002**), al 6.1% de Australia (**Junghans et al. 2002**), al 6.0% de Méjico (**Villarreal et al. 2003**), al 4.0% de China (**Fan et al. 2004**) y al 2.9% de Malasia (**Saw et al. 2006**). En cuanto al valor obtenido en el estudio realizado en Fada N'Gourma es acorde con el obtenido en Chile por **Maul et al. (2000)**. En cuanto a las diferencias en los valores de hipermetropía encontradas entre ambas provincias, creemos que puede ser debido a que la etnia Gourmanché representa el 36.2% de la muestra poblacional del estudio realizado en Fada N'Gourma, pero no se encontraba en el realizado en Tuy y precisamente esta etnia presenta una prevalencia de hipermetropía del 23.7%, mayor a la encontrada en el resto de etnias.

Hemos encontrado que el 4.6% de los niños de Tuy presentan astigmatismo, y que es parecido al 6.1% encontrado en Uganda (**Kawuma et al. 2002**). En Fada N'Gourma la prevalencia de este error refractivo es del 11.7%, próximo al 9.2% encontrado en Sudáfrica (**Naidoo et al. 2003**) y mayor que los porcentajes obtenidos en otros estudios excepto el realizado en Túnez por **Ayed et al. (2002)** que encuentran una prevalencia del 16.4%. Consideramos que estas diferencias pueden ser debidas, como en el caso anterior, a las diferencias étnicas y a la metodología utilizada, que conlleva que valores bajos de astigmatismo, que no

producen una disminución importante de agudeza visual, no hayan sido detectados en otros estudios. En relación a los valores obtenidos en trabajos realizados en otros continentes, el hallado en la provincia de Tuy es muy parecido al 3.8% de India (**Dandona et al. 2002**), y el de Fada N`Gourma a los obtenidos en España (10.4%) y en Méjico (9.5%) por **Lázaro (2002)** y **Villarreal et al. (2003)**, respectivamente. En cuanto a las diferencias encontradas entre los dos trabajos realizados en Burkina Faso creemos que, al igual que en el caso de la hipermetropía, pudieran deberse a factores étnicos ya que es, nuevamente, la etnia gourmanché la que presenta el mayor porcentaje de astigmatismo, un 18.4%.

La diferencia de errores de refracción entre uno y otro ojo, la anisometropía, presenta prevalencias bajas en ambos trabajos: 0.5% en Tuy y 3.5% en Fada N`Gourma, sin diferencias según sexo, edad ni etnias. Como podemos comprobar en los trabajos realizados en el continente africano (tabla 4.25.), solo el realizado en Benín (**Sounouvou et al. 2008**) estudia la anisometropía, encontrando una prevalencia nula, aunque considera que existe anisometropía cuando la diferencia entre ambos ojos era \geq a 2.00D (diferencia muy superior a la que se recomienda en este tipo de estudios, y que nosotros hemos considerado: \geq 1.00D). Al comparar nuestros resultados con los valores obtenidos en otros estudios realizados, encontramos que la frecuencia de anisometropía concuerda con el 2.2% obtenido por **Jamali et al (2009)** en Irán, el 3.0% obtenido en Suecia por **Grönlund et al. (2006)** y el 4.6% obtenido en Holanda por **Hendricks et al. (2009)** y se encuentran bastante alejados del 9.2% obtenido por **Fan et al. (2004)** en Hong Kong.

En general, los resultados epidemiológicos obtenidos en Burkina Faso coinciden con los de otras poblaciones con bajo nivel de alfabetización y un estilo de vida no urbano, tales como Sudáfrica (**Naidoo et al. 2003, Morgan et al. 2006**), Brasil (**Thorn et al. 2005**), Nigeria (**Ajaiyeoba et al. 2005, Ayotunde et al. 2007**), Ghana (**Ntim-Amponsah and Ofosu-Amaah 2007**), Ecuador (**Jiménez et al. 2004**), Nepal (**Garner 1999**) y Benin (**Sounouvou et al. 2008**). Sin embargo estas comparaciones deben realizarse con precaución debido a las diversas definiciones de los errores refractivos, de técnicas de medida, de grupos de edad y de etnias predominantes en cada población.

4.4.2. Marruecos.

Tanto la AV monocular como la binocular son muy buenas en estos niños, y mejoran con la edad. Al igual que en el trabajo de Fada N`Gourma, encontramos diferencias significativas del grupo de 6-8 años respecto a los otros dos grupos. En este grupo de niños marroquíes, además, encontramos diferencias significativas en función del sexo: la AV es mejor en el grupo de los niños que en el de las niñas. Por otro lado, si comparamos la AV monocular y binocular con los datos de otros países de Europa o países más desarrollados de otras partes del mundo, encontramos que nuestros resultados, mejor AV en niños que en niñas, concuerdan con los obtenidos en China por **Zhao et al. (2000)** y **He et al. (2004)**, y son discordantes con el realizado en la India por **Murthy et al. (2002)**, en el que no encuentran diferencias de agudeza visual en función del sexo de la muestra estudiada.

Respecto al equivalente esférico, encontramos que disminuye con la edad, en consonancia con un gran número de trabajos (**Zhao et al. 2000, Murthy et al. 2002, Dandona et al. 2002, He et al. 2004, Junghans et al. 2005, Czepita et al. 2007, Jobke et al. 2008, Plainis et al. 2009**), e igual que en el trabajo de Fada N`Gourma realizado en Burkina Faso (**Jiménez et al. 2011 - sometido**).

En relación a la prevalencia de errores refractivos, en el estudio realizado en Kenitra (Marruecos) hemos obtenido una prevalencia de miopía del 6.1%, valor muy parecido al encontrado en los estudios realizados en Túnez, Sudáfrica y Ghana con unos porcentajes de 9.1%, 4.0% y 7.0%, respectivamente (**Ayed et al. 2002, Naidoo et al. 2003, Ntim-Amponsah and Ofosu-Amaah 2007**), y muy por encima de los obtenidos en Tanzania, Uganda, Nigeria y Benín (**Wender et al. 2000, Kawuma and Mayeku 2002, Ayotunde et al. 2007, Sounouvou et al. 2008**) como se muestra en la tabla 4.25. Estos resultados se pueden explicar por las diferencias étnicas en estos países y por los distintos grados de desarrollo de estas zonas de África. Así pues, Marruecos, Sudáfrica y Túnez son países mucho más desarrollados que el resto, ocupando una posición en la clasificación por IDH de: 130, 129 y 98 respectivamente. Por otro lado, si comparamos los valores de prevalencia de los distintos errores de refracción de estos niños marroquíes con los hallados en otros países, encontramos que la prevalencia de miopía es sustancialmente menor en Marruecos (**Villarreal et al. 2003, Kleinstejn et al. 2003, Fan et al. 2004, Saw et al. 2006, Czepita et al. 2007, Cheng et al. 2007, Jobke et**

al. 2008, Khalaj et al. 2009, Plainis et al. 2009). Estos valores son más acordes a los obtenidos en otras zonas, como Australia, con una prevalencia del 6.5% (*Junghans et al. 2003*), y Suecia, con una prevalencia del 6.3% (*Grönlund et al. 2006*), muy parecido también al valor encontrado en los estudios realizados en países que tienen un desarrollo similar a Marruecos como es el caso de Chile, India, Ecuador y Brasil, con unas prevalencias de esta ametropía del 6.8%, 4.1%, 4.7% y 6.4%, respectivamente (*Maul et al. 2000, Dandona et al. 2002, Jiménez et al. 2004, Thorn et al. 2005*).

En cuanto al porcentaje de niños que encontramos con hipermetropía este es del 18.3%, muy superior a los obtenidos en los estudios antes indicados (*Kawuma and Mayeku 2002, Ayed et al. 2002, Naidoo et al. 2003, Ntim-Amponsah and Ofosu-Amaah 2007, Ayotunde et al. 2007, Sounouvou et al. 2008*) con excepción del realizado en Túnez, 31.6% (*Ayed et al. 2002*). Estas variaciones las podemos atribuir a las diferencias étnicas y, en gran medida, a la distinta metodología empleada en estos estudios, ya que, como hemos señalado anteriormente, en la mayoría de los trabajos indicados solo realizan las pruebas optométricas a los niños con agudezas visuales disminuidas y, como es sabido, normalmente es necesario un valor elevado de hipermetropía para que eso ocurra en niños. En relación con los estudios realizados en otras zonas su valor de prevalencia es muy próximo al 19.3% encontrado por *Maul et al. (2000)* en Chile y cercano al 13.7% de Polonia de *Czepita et al. (2007)*.

El porcentaje de astigmatismo obtenido, 23.5%, es mayor al de todos los estudios de su mismo continente y que se muestran en la tabla 4.25 (*Kawuma and Mayeku 2002, Ayed et al. 2002, Naidoo et al. 2003, Ntim-Amponsah and Ofosu-Amaah 2007, Ayotunde et al. 2007, Sounouvou et al. 2008*), encontrando, además, que decrece con la edad, hecho que es concordante con los resultados de Sudáfrica de *Naidoo et al. (2003)*. Las diferencias en las prevalencias, las podemos atribuir fundamentalmente a diferencias étnicas y de metodología, pues, al igual que ocurre con la hipermetropía, y como ya hemos indicado anteriormente, valores pequeños de astigmatismo pueden pasar desapercibidos ya que no disminuyen de forma importante la agudeza visual. Si comparamos el valor de prevalencia de astigmatismo con los datos de otros países encontramos que es muy parecido al obtenido en Suecia (22.0%) por *Grönlund et al. (2006)* y en China (25.3%) por *He et al. (2007)*, siendo el error refractivo que presenta una mayor prevalencia seguido

de la hipermetropía y miopía, hecho que es acorde con distintos estudios (**Kawuma and Mayeku 2002, Lázaro 2002, Naidoo et al 2003, Fan et al. 2004, Sounouvou et al. 2008, Grönlund et al. 2006**).

Como es conocido, la prevalencia de errores refractivos depende de la edad: la hipermetropía y el astigmatismo disminuyen con ella mientras que la miopía aumenta (**Murthy et al. 2002, Dandona et al. 2002, Junghans et al. 2003, Naidoo et al. 2003, He et al. 2004, Czepita et al. 2007, Jobke et al. 2008, Plainis et al., 2009**). Pues bien, en el estudio realizado en Marruecos encontramos que todos los errores refractivos, excepto miopía bilateral y anisometropía, presentan diferencias significativas en función de la edad manteniendo esa misma relación: la hipermetropía y el astigmatismo presentan una relación inversa, mientras que la miopía tiene una relación directa, hecho que también concuerda con el trabajo realizado en Túnez (**Ayed et al. 2002**) con una excepción: el astigmatismo, para el que no encuentran relación con la edad.

Como se ha explicado anteriormente, en este grupo de niños marroquíes también se midieron los radios de curvatura de los meridianos principales de la superficie anterior de la córnea. Encontramos que éstos varían en función de la edad y el sexo, lo cual también ha sido documentado en otros trabajos (**Jiménez 2000, Zadnik et al. 2003, Ip et al. 2008, Twelker et al. 2009**). Encontramos que los radios de curvatura medios del meridiano horizontal no difiere significativamente entre los diferentes grupos de edad, pero sí los valores del meridiano vertical, y que las niñas presentaban menor valor de los radios de curvatura. Además, encontramos que la mayoría de los astigmatismos corneales de estos niños son a favor de la regla, que es el tipo de astigmatismo más frecuente hasta los 40 años, como indica **Goss (1998)**.

A pesar de que estos tres estudios no son totalmente comparables, debido a los distintos procedimientos metodológicos para determinar los errores de refracción, diferentes clasificaciones de grupos de edad, diferencias étnicas, etc, sí podemos afirmar que hemos encontrado una mayor prevalencia de la miopía en la población más alfabetizada. Además, los resultados encontrados, en general, coinciden en la relación directa que existe entre miopía y edad, y la existencia de una relación inversa de hipermetropía y edad.

5. CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES

■

5. CONCLUSIONES.

Las principales aportaciones y conclusiones que se derivan de este trabajo de investigación las podemos resumir en los siguientes puntos:

1. Se ha medido la agudeza visual de niños de 5 a 16 años del continente africano pertenecientes a dos países, Burkina Faso y Marruecos, con grandes diferencias de desarrollo. Hemos comprobado que la agudeza visual (AV) monocular y binocular, sin compensación, está muy próxima a la AV estándar y es buen indicador del grado de salud visual en esta población. Encontramos que existen diferencias en función de la edad, manteniendo con ella una relación directa, pero no en función del sexo ni de la etnia.

2. La buena AV de estos niños está en relación directa con el hecho de que el valor del equivalente esférico medio sea bajo, encontrando además que los errores refractivos medios encontrados son de pequeña cuantía. En general, hemos observado que el equivalente esférico disminuye con la edad en estos niños africanos debido al proceso natural de emetropización.

3. Se han analizado los errores refractivos de 703 niños de Burkina Faso en función de la edad, el sexo, la procedencia étnica y lugar de procedencia (medio urbano y rural en la provincia de Tuy y medio urbano en la de Fada N'Gourma). Encontramos que las prevalencias de los distintos errores refractivos, en general, son bajas, concordante con la mayoría de los estudios realizados en el continente africano. Podemos afirmar que la prevalencia de miopía es baja, y con poca diferencia entre los dos estudios realizados, a pesar de la diferente procedencia de los niños estudiados. Consideramos que es debido a los entornos similares que comparten la zona urbana y la rural en este país. Esas pequeñas diferencias observadas pueden ser debidas, fundamentalmente, a diferencias étnicas (mayor en la etnia Gourmanché), ya que no encontramos diferencias en función del sexo y

apenas respecto a la edad (solo presentan diferencias la hipermetropía unilateral, bilateral y el astigmatismo bilateral).

4. Se han analizado los errores de refracción de 515 niños de Marruecos, de la misma y de procedencia tanto urbana como rural. Hemos obtenido prevalencias bajas de los distintos errores de refracción. Encontramos que los errores refractivos, unilaterales y bilaterales, no presentan diferencias en función del sexo pero sí en función de la edad: la miopía y la anisometropía aumentan con ella y la hipermetropía y el astigmatismo disminuyen.

5. Las diferencias en las prevalencias de miopía entre ambos países se justifican fundamentalmente por las diferencias étnicas, de metodología y principalmente de desarrollo socio-económico entre ambos países.

6. Los resultados de estos estudios contribuyen a caracterizar la prevalencia de los errores de refracción en países donde no existen datos y a mostrar que éstos dependen de factores geográficos, ambientales y socio-económicos. Consideramos necesaria la realización de estos trabajos, a pesar de sus limitaciones, ya que nos ayudan a comprender mejor cuál es la etiología de cada uno de los errores de refracción, lo cual puede ser muy útil para tratar de desarrollar planes de control de progresión de todos ellos en general, y de la miopía en particular. Creemos necesario la unificación de la metodología y definición de criterios, para realizar comparaciones entre estudios epidemiológicos.

6. BIBLIOGRAFÍA.

6. BIBLIOGRAFÍA.

Abrahamsson M, Sjostrand J. Refraction changes in normal and amblyopic children. Invest Ophthalmol Vis Sci 1992; 33 (Suppl.): 1338.

Abrahamsson M, Fabian G, Sjostrand J. Changes in astigmatism between ages of 1 and 4 years: a longitudinal study. Br J Ophthalmol 1988; 72: 145-9.

Adler D, Millodot M. The possible effect of undercorrection on myopic progression in children. Clin Exp Optom 2006; 89: 315-21.

Ajaiyeoba AI, Isawumi MA, Adeoye AO, *et al.* Prevalence and causes of blindness and visual impairment among school children in south-western Nigeria. Int Ophthalmol 2005; 26: 121-5.

Al-Bdour MD, Odat TA, Tahat AA. Myopia and level of education. Eur J Ophthalmol 2001; 11: 1-5.

Ashby R, Ohlendorf A, Schaeffel F. The effect of ambient illuminance on the development of deprivation myopia in chicks. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2009; 50: 5348-54.

Ashby RS, Schaeffel F. The effect of bright light on lens compensation in chicks. Invest Ophthalmol Vis Sci 2010; 51: 5247-53.

Atkinson J, Braddick O. Infant astigmatism: its disappearance with age. Vision Re. 1980; 20: 891-3.

Atkinson J, Braddick O, Bobier B, *et al.* Two infant vision screening programs: prediction and prevention of strabismus and amblyopia from photo and videorefractive screening. Eye 1996; 10: 189-98.

Attebo K., Ivers R.Q., Mitchell P. Refractive errors in an older population: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology* 1999; 106: 1066-72.

Au Eong KG, Tay TH, Lim MK. Education and myopia in 110,236 young Singaporean males. *Singapore Med J* 1993a; 34: 489-92.

Au Eong KG, Tay TH, Lim MK. Race, culture and myopia in 110,236 young Singaporean males. *Singapore Med J* 1993b; 34: 29-32.

Ayed T, Sokkah M, Charfi O. *et al.* Epidemiologic study of refractive errors in schoolchildren in socioeconomically deprived regions in Tunisia. *J Fr Ophtalmol* 2002; 25: 712-7.

Ayotunde I, Ajaiyeoba AI, Isawumi MA. Pattern of eye diseases and visual impairment among students in southwestern Nigeria. *Int Ophthalmol* 2007; 27: 287-92.

Bigsby W, Gruber J, Rosner J. Static retinoscopy results with and without a fogging lens over the non-tested eye. *Am J Optom Physiol Opt* 1984; 61: 769-70.

Bloom RI, Friedman IB, Chuck RS. Increasing rates of myopia: the long view. *Curr Opin Ophthalmol* 2010; 21: 247-8.

Brown NP, Koretz JF, Bron AJ. The development and maintenance of emmetropia. *Eye (Lond)* 1999; 13: 83-92.

Chan OY, Edwards MH. Refractive errors in Hong Kong Chinese pre-school children. *Optom Vis Sci* 1993; 70: 501-5.

Chang SHC, Shih YF, Lin LL. A review of myopia Studies in Taiwan. *Trans Ophthalmol Soc Rep China* 1999; 38: 317-27.

Chen J, Xie A, Hou L, *et al.*: Cycloplegic and Noncycloplegic Refractions of Chinese Neonatal Infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010 Nov 18.

Cheng CY, Hsu WM, Liu JH, *et al.* Refractive errors in an elderly Chinese population in Taiwan: the Shihpai Eye Study. *Invest. Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 4630-8.

Cheng D, Schmid KL, Woo GC. Myopia prevalence in Chinese-Canadian children in an optometric practice. *Optom Vis Sci* 2007; 84: 21-32.

Chew SJ, Ritch R. Parental history and myopia: taking the long view. *JAMA*. 1994; 26: 1255.

Choong YF, Chen AH, Goh PP. A comparison of autorefraction and subjective refraction with and without cycloplegia in primary school children. *Am J Ophthalmol* 2006; 142: 68-74.

Chung K, Mohidin N, O'Leary DJ. Undercorrection of myopia enhances rather than inhibits myopia progression. *Vision Res* 2002; 42: 2555-9.

Clementi M, Angi M, Forabosco P, *et al.* Inheritance of astigmatism: evidence for a major autosomal dominant locus. *Am J Hum Genet* 1998; 63: 825-30.

Cooper J, Warshowsky J. Lateral displacement as a response cue in the Titmus Stereo test. *Am J Optom Physiol Opt* 1977; 54: 537-41.

Cordain L, Eaton SB, Brand MJ, *et al.* An evolutionary analysis of the aetiology and pathogenesis of juvenile-onset myopia. *Acta Ophthalmol Scand* 2002; 80: 125-35.

Czepita D, Zejmo M, Mojsa A. Prevalence of myopia and hyperopia in a population of Polish schoolchildren. *Ophthalmic Physiol Opt* 2007; 27: 60-5.

Czepita D, Mojsa A, Zejmo M. Prevalence of myopia and hyperopia among urban and rural schoolchildren in Poland. *Ann Acad Med Stetin* 2008; 54: 17-21.

Dandona R, Dandona L, Naduvilath TJ, *et al.* Refractive errors in an urban population in Southern India: the Andhra Pradesh Eye Disease Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999; 40: 2810-8.

Dandona R, Dandona L, Srinivas M, *et al.* Population-based assessment of refractive error in India: the Andhra Pradesh eye disease study. *Clin Exp Ophthalmol* 2002a; 30: 84-93.

Dandona R, Dandona L, Srinivas M, *et al.* Refractive error in children in a rural population in India. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002b; 43: 615-22.

Dayan BY, Levin A, Morad Y, *et al.* The changing prevalence of myopia in young adults: a 13-year series of population-based prevalence surveys. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005; 46: 2760-5.

De Vries-Khoe LH, Spekreijse H. Maturation of luminance and pattern EPs in Man. *Doc Ophthalmol Proc Series* 1982; 31: 461.

Deng L, Gwiazda J, Thorn F. Children's refractions and visual activities in the school year and summer. *Optom Vis Sci* 2010; 87: 406-13.

Dirani M, Chamberlain M, Shekar SN, *et al.* Heritability of refractive error and ocular biometrics: the Genes in Myopia (GEM) twin study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 47: 4756-61.

Dirani M, Shekar SN, Baird PN. Adult-onset myopia: the Genes in Myopia (GEM) twin study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008a; 49: 3324-7.

Dirani M, Shekar SN, Baird PN. The role of educational attainment in refraction: the Genes in Myopia (GEM) twin study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008b; 49: 534-8.

Dirani M, Tong L, Gazzard G, *et al.* Outdoor activity and myopia in Singapore teenage children. *Br J Ophthalmol* 2009; 93: 99-1000.

Dobson V, Fulton AB, Sebris SL. Cycloplegic refractions of infants and young children: the axis of astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25: 83-7.

Duke-Elder S, Abrams D. *System of Ophthalmology*. Vol V. Ophthalmic optics and refraction. Kimpton, London 1970.

Dunaway D, Berger I. Worldwide distribution of visual refractive errors and what to expect at a particular location. Infocus Center for Primary Eye Care Development. 2008. Presentation to the International Society for Geographic and Epidemiologic Ophthalmology.

Durkin SR, Tan EW, Casson RJ, *et al.* Distance refractive error among Aboriginal people attending eye clinics in remote South Australia. *Clin Experiment Ophthalmol* 2007; 35: 621-6.

Edwards MH. The refractive status of Hong Kong Chinese infants. *Ophthalmic Physiol Opt* 1991; 11: 297-303.

Edwards MH, Lam CS. The epidemiology of myopia in Hong Kong. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 34-38.

Ehrlich DL, Braddick OJ, Atkinson J, *et al.* Infant emmetropization: longitudinal changes in refraction components from nine to twenty months of age. *Optom Vis Sci* 1997; 74: 822-43.

Fan DSP, Rao SK, Cheung EYY, *et al.* Astigmatism in Chinese preschool children: prevalence, change, and effect on refractive development. *Br J Ophthalmol* 2004; 88: 938-41.

Fan DS, Lam DS, Wong TY, *et al.* The effect of parental history of myopia on eye size of pre-school children: a pilot study. *Acta Ophthalmol Scand* 2005; 83: 492-6.

Fledelius HC; Stubgaard M. Changes in eye position during growth and adult life. *Acta Ophthalmologica (Copenh)* 1986; 64: 481-6.

Fledelius HC. Corneal curvature radius. Oculometric considerations with reference to age and refractive change. *Acta Ophthalmologica Suppl* 1988; 185: 74-7.

Fledelius HC. Myopia profile in Copenhagen medical students 1996-1998. Refractive stability over a century is suggested. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78: 501-5.

Fulton AB, Dobson V, Salem D, *et al.* Cycloplegic refractions in infants and young children. *Am J Ophthalmol* 1980; 90: 239-47.

Fulton AB, Hansen RM, Petersen RA. The relation of myopia and astigmatism in developing eyes. *Ophthalmology* 1982; 89: 298-302.

Furlan W, García Monreal J, Muñoz Escrivá L. *Fundamento de Optometría. Refracción ocular.* Universitat de Valencia. 2000.

Garner LF, Meng CK, Grosvenor TP, *et al.* Ocular dimensions and refractive power in Malay and Melanesian children. *Ophthalmic Physiol Opt* 1990; 10: 234-8.

Garner LF, Owens H, Kinnear RF, *et al.* Prevalence of myopia in Sherpa and Tibetan children in Nepal. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 282-5.

Garner LF, Stewart AW, Kinnear RF, *et al.* The Nepal longitudinal study: predicting myopia from the rate of increase in vitreous chamber depth. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 44-8.

Garrido Cantarero G. *SPSS aplicado a las Ciencias de la Salud.* Ed RA-MA. 2002.

Goss DA, Rainey BB. Relation of childhood myopia progression rates to time of year. *J Am Optom Assoc* 1998; 69: 262-6.

Grignolo A, Rivara A.: Biometric observations on the eyes of infants born at full term and of premature infants during their first year. *Ann Ocul* 1968; 201: 817-26.

Grosvenor T. Why is there an epidemic of myopia? *Clin Exp Optom* 2003; 86: 273-5.

Grosvenor T. *Optometría de atención primaria.* Ed. Masson. España 2004.

Grönlund MA, Andersson S, Aring E, *et al.* Ophthalmological findings in a sample of Swedish children aged 4-15 years. *Acta Ophthalmol Scand* 2006; 84: 169-76.

Guggenheim JA, Kirov G, Hodson SA.: The heritability of high myopia: a reanalysis of Goldschmidt's data. *J Med Genet* 2000; 37: 227-31.

Guggenheim JA, Pong-Wong R, Haley CS, *et al.* Correlations in refractive errors between siblings in the Singapore Cohort Study of Risk factors for Myopia. *Br J Ophthalmol* 2007; 91:781-4.

Gwiazda J, Scheiman M, Mohindra I, *et al.* Astigmatism in children: changes in axis and amount from birth to six years. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25: 88-92.

Gwiazda J, Thorn F, Bauer J, *et al.* Emmetropization and the progression of manifest refraction in children followed from infancy to puberty. *Clin Vis Sci* 1993; 8: 337-44.

Gwiazda J, Grice K, Held R, *et al.* Astigmatism and the development of myopia in children. *Vision Res* 2000; 40: 1019-26.

Hammond CJ, Snieder H, Gilbert CE, *et al.* Genes and environment in refractive error: the twin eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42: 1232-6.

Hammond P, Andrew T, Tak Mat Y, *et al.* A susceptibility locus for myopia in the normal population is linked to the PAX6 gene region on chromosome 11: a genome wide scan of dizygotic twins. *Am J Hum Genet* 2004; 75: 294-304.

Harvey EM, Dobson V, Clifford-Donaldson CE, *et al.* Prevalence of astigmatism in Native American infants and children. *Optom Vis Sci* 2010; 87: 400-5.

Hashim SE, Tan HK, Wan-Hazabbah WH, *et al.* Prevalence of refractive error in malay primary school children in suburban area of Kota Bharu, Kelantan, Malaysia. *Ann Acad Med Singapore* 2008; 37: 940-6.

He M, Zeng J, Liu Y, *et al.* Refractive error and visual impairment in urban children in southern china. *Invest. Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 793-9.

He M, Hur YM, Zhang J, *et al.* Shared genetic determinant of axial length, anterior chamber depth, and angle opening distance: the Guangzhou Twin Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49: 4790-4.

He M, Zheng Y, Xiang F. Prevalence of myopia in urban and rural children in mainland China. *Optom Vis Sci* 2009; 86: 40-4.

Hendricks TJ, de Brabander J, Vankan-Hendricks MH, *et al.* Prevalence of habitual refractive errors and anisometropia among Dutch schoolchildren and hospital employees. *Acta Ophthalmol* 2009; 87: 538-43.

Hepsen IF, Evereklioglu C, Bayramlar H. The effect of reading and near-work on the development of myopia in emmetropic boys: a prospective, controlled, three-year follow-up study. *Vision Res* 2001; 41: 2511-20.

Hosaka A. "The growth of the eye and its components". *Acta Ophthalmologica* 1988 (Suppl. 185): 65-8.

Howland HC, Sayles N. Photorefractive measurements of astigmatism in infants and young children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984; 25: 93-102.

Hung GK, Ciuffreda KJ. Incremental retinal-defocus theory of myopia development--schematic analysis and computer simulation. *Comput Biol Med* 2007; 37: 930-46.

Huynh SC, Wang XY, Ip J, *et al.* Prevalence and associations of anisometropia and aniso-astigmatism in a population based sample of 6 year old children. *Br J Ophthalmol* 2006; 90: 597-601.

Ingram RM, Barr A. Changes in refraction between the ages of 1 and 3 1/2 years. *Br J Ophthalmol* 1979; 63: 339-42.

Ingram RM, Walker C, Wilson JM, *et al.* Prediction of amblyopia and squint by means of refraction at age 1 year. *Br J Ophthalmol* 1986; 70: 12-5.

Ingram R, Arnold P, Dally S, *et al.* The results of a randomized trial of treating abnormal hypermetropia from the age of 6 months. *Br J Ophthalmol* 1990; 74: 158-9.

Ip JM, Huynh SC, Robaei D, *et al.* Ethnic differences in the impact of parental myopia: findings from a population-based study of 12-year-old Australian children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 2520-8.

Ip JM, Saw SM, Rose KA, *et al.* Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49: 2903-10.

Jacobsen N, Jensen H, Goldschmidt E.: Does the level of physical activity in university students influence development and progression of myopia?-a 2-year prospective cohort study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49: 1322-7.

Jamali P, Fotouhi A, Hashemi H, *et al.* A. Refractive errors and amblyopia in children entering school: Shahrood, Iran. *Optom Vis Sci* 2009; 86: 364-9.

Jiménez R. Evolución del estado refractivo según edad y factores ambientales en una población escolar. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 2000.

Jiménez JR, Bermúdez J, Rubiño M *et al.* Prevalence of myopia in an adult population of two different ethnic groups in the Ecuadorian Amazon. *Jpn J Ophthalmol* 2004; 48: 163-5.

Jobke S, Kasten E, Vorwerk C. The prevalence rates of refractive errors among children, adolescents, and adults in Germany. *Clin Ophthalmol* 2008; 2: 601-7.

Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, *et al.* Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 3524-32.

Jones-Jordan LA, Loraine T, Sinnott LT, *et al.* Early Childhood Refractive Error and Parental History of Myopia as Predictors of Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: 115-21.

Jorge J, Queirós A, Almeida JB, *et al.* Retinoscopy/Autorefracton: Which Is the Best Starting Point for a Noncycloplegic Refraction? *Optom Vis Sci* 2005; 82: 64-8.

Junghans B, Kiely PM, Crewther DP, *et al.* Referral rates for a functional vision screening among a large cosmopolitan sample of Australian children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2002; 22: 10-25.

Junghans BM, Crewther S.G. Prevalence of myopia among primary school children in eastern Sydney. *Clin Exp Optom* 2003; 86: 339-45.

Junghans BM, Crewther SG. Little evidence for an epidemic of myopia in Australian primary school children over the last 30 years. *BMC Ophthalmol*.2005; 5: 1-10.

Kawuma M, Mayeku R. A survey of the prevalence of refractive errors among children in lower primary schools in Kampala district. *Afr Health Sci* 2002; 2: 69-72.

Kempen JH, Mitchell P, Lee KE, *et al*. The prevalence of refractive errors among adults in the United States, Western Europe, and Australia. *Arch Ophthalmol* 2004; 122: 495-505.

Khalaj M, Gasemi M, Zeidi IM. Prevalence of Refractive Errors in Primary School Children [7-15 Years] of Qazvin City. *European Journal of Scientific Research* 2009; 28: 174-85.

Kinge B, Midelfart A. Refractive changes among Norwegian university students—a three-year longitudinal study. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77: 302-5.

Kinge B, Midelfart A, Jacobsen G, *et al*. Biometric changes in the eyes of Norwegian university students—a three-year longitudinal study. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77: 648-52.

Kinge B, Midelfart A, Jacobsen G, *et al*. The influence of near-work on development of myopia among university students. A three-year longitudinal study among engineering students in Norway. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78: 26-9.

Kish L. *Statistical design for researchs*. New York. Wiley and Sons. 1989.

Klein AP, Suktitipat B, Duggal P, *et al*. Heritability analysis of spherical equivalent, axial length, corneal curvature, and anterior chamber depth in the Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol* 2009; 127: 649-55.

Kleinstejn RN, Jones L.A, Hullett S, *et al*. Refractive error and ethnicity in children. *Arch Ophthalmol* 2003; 121: 1141-7.

Kuo A, Sinatra RB, Donahue SP. Distribution of refractive error in healthy infants. *J AAPOS* 2003; 7: 174-7.

Kurtz D, Hyman L, Gwiazda JE, *et al.* Role of parental myopia in the progression of myopia and its interaction with treatment in COMET children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 562-70.

Lai YH, Hsu HT, Wang HZ, *et al.* Astigmatism in preschool children in Taiwan. *J AAPOS* 2010; 14: 150-4.

Lam CS, Goh WS. The incidence of myopic refractive errors among schoolchildren in Hong Kong and its relationship with the optical components. *Clin Exp Optom* 1991; 74: 97-103.

Lam CS, Edwards M, Millodot M, *et al.* A 2-year longitudinal study of myopia progression and optical component changes among Hong Kong schoolchildren. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 370-80.

Lam DS, Tam PO, Fan DS, *et al.* Familial high myopia linkage to chromosome 18p. *Ophthalmologica* 2003; 217: 115-8.

Lam CS, Goldschmidt E, Edwards MH. Prevalence of myopia in local and international schools in Hong Kong. *Optom Vis Sci* 2004; 81: 317-22.

Lam DS, Fan DS, Lam RF, *et al.* The effect of parental history of myopia on children's eye size and growth: results of a longitudinal study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49: 873-6.

Landers J, Henderson T, Craig J. Prevalence and associations of refractive error in indigenous Australians within central Australia: the Central Australian Ocular Health Study. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010; 38: 381-6.

Lázaro MM. Incidencia de las anomalías visuales en niños en edad escolar. Tesis Doctoral. Universidad de Granada 2002.

Leone JF, Mitchell P, Morgan IG, *et al.* Use of visual acuity to screen for significant refractive errors in adolescents: is it reliable? *Arch Ophthalmol* 2010; 128: 894-9.

Liang YB, Wong TY, Sun LP, *et al.* Refractive errors in a rural Chinese adult population the Handan eye study. *Ophthalmology* 2009; 116: 2119-27.

Lim LS, Gazzard G, Low YL, *et al.* Dietary factors, myopia, and axial dimensions in children. *Ophthalmology* 2010; 117: 993-7.

Lin LL, Chen CJ, Hung PT, *et al.* Nation-wide survey of myopia among schoolchildren in Taiwan, 1986. *Acta Ophthalmol Suppl* 1988; 185: 29-33.

Lin LL, Shih YF, Tsai CB, *et al.* Epidemiologic study of ocular refraction among schoolchildren in Taiwan in 1995. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 275-81.

Lin LL, Shih YF, Hsiao CK, *et al.* Prevalence of myopia in Taiwanese schoolchildren: 1983-2000. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 27-33.

Lithander J. Prevalence of myopia in school children in the Sultanate of Oman: a nation-wide study of 6292 randomly selected children. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77: 306-9.

Loman J, Quinn GE, Kamoun L, *et al.* Darkness and near work: myopia and its progression in third-year law students. *Ophthalmology* 2002; 109: 1032-8.

Lopes MC, Andrew T, Carbonaro F. Estimating heritability and shared environmental effects for refractive error in twin and family studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009; 50: 126-31.

Low W, Dirani M, Gazzard G, *et al.* Family history, near work, outdoor activity, and myopia in Singapore Chinese preschool children. *Br J Ophthalmol* 2010; 94: 1012-6.

Lu B, Congdon N, Liu X, *et al.* Associations between near work, outdoor activity, and myopia among adolescent students in rural China: the Xichang Pediatric Refractive Error Study report n°. 2. *Arch Ophthalmol* 2009; 127: 769-75.

Lyhne N, Sjolie AK, Kyvik KO, *et al.* The importance of genes and environment for ocular refraction and its determiners: a population based study among 20-45 year old twins. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 1470-6.

Lyle WM, Grosvenor T, Dean KC.: Corneal astigmatism in Amerind children. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1972; 49: 517-24.

Martín Andrés A, Luna del Castillo JD. *Bioestadística para las Ciencias de la Salud.* Ediciones Norma S.A. 1990.

Martinez Corral M, Furlan WD, Pons A. *Instrumentos ópticos y optométricos. Teoría y prácticas.* Universidad de Valencia. 1998.

Matsumura H, Hirai H. Prevalence of myopia and refractive changes in students from 3 to 17 years of age. *Surv Ophthalmol* 1999; 44 (Suppl 1): 109-15.

Maul E, Barroso S, Munoz S.R, *et al.* Refractive Error Study in Children: results from La Florida, Chile. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 445-54.

Mayer DL, Hansen RM, Moore BD, *et al.* Cycloplegic refractions in healthy children aged 1 through 48 months. *Arch Ophthalmol* 2001; 19: 1625-8.

McCarty CA, Taylor HR. Myopia and vision 2020. *Am. J. Ophthalmol* 2000; 129: 525-7.

Medina A. A model for emmetropization. Predicting the progression of ametropia. *Ophthalmologica* 1987; 194: 133-9.

Miller P, Mulvey C, Martin N. Genetic and environmental contributions to educational attainment in Australia. *Econ Educ Rev* 2001; 20: 211-24.

Mohammad A. Al-Rowaily, MD. Prevalence of refractive errors among pre-school children at King Abdulaziz Medical City, Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Ophthalmology* 2010; 24: 45-8.

Mohindra I, Held R. Refraction in humans from birth to 5 years, in Fledelius HC, Alsbirk PH, Goldschmidt E. (eds)". Documenta Ophthalmologica. Proceedings Series 28. Third International Conference on Myopia. Copenhagen 1980. The Hague, Dr W. Junk NV. Publisher, 1981, 19-27.

Montes-Micó R, Ferrer-Blasco T. Distribution of refractive errors in Spain. Doc Ophthalmol 2000; 101: 25-33.

Morgan I, Rose K. How genetic is school myopia? Prog Retin Eye Res 2005; 24: 1-38.

Morgan A, Young R, Narankhand B, *et al.* Prevalence rate of myopia in schoolchildren in rural Mongolia. Optom Vis Sci 2006; 83: 53-6.

Multi-Ethnic Pediatric Eye Disease Study Group. Prevalence of myopia and hyperopia in 6- to 72-month-old african american and Hispanic children: the multi-ethnic pediatric eye disease study. Ophthalmology 2010; 117: 140-7.

Murthy GV, Gupta SK, Ellwein LB, *et al.* Refractive error in children in an urban population in New Delhi. Invest. Ophthalmol Vis Sci 2002; 43: 623-31.

Mutti DO, Zadnik K, Adams AJ. Myopia. The nature versus nurture debate goes on. Invest Ophthalmol Vis Sci 1996; 37: 952-7.

Mutti DO, Bullimore MA Myopia: an epidemic of possibilities? Optom Vis Sci 1999; 76: 257-8.

Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, *et al.* Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. Invest Ophthalmol Vis Sci 2002; 43: 3633-40.

Mutti DO, Mitchell GL, Jones LA, *et al.* Axial growth and changes in lenticular and corneal power during emmetropization in infants. Invest Ophthalmol Vis Sci 2005; 46: 3074-80

Mutti DO. Hereditary and Environmental Contributions to Emmetropization and Myopia. *Optom Vis Sci* 2010; 87: 255-9.

Naidoo KS, Raghunandan A, Mashige KP, *et al.* Refractive error and visual impairment in African children in South Africa. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 3764-70.

Naiglin L, Clayton J, Gazagne C, *et al.* Familial high myopia: evidence of an autosomal dominant mode of inheritance and genetic heterogeneity. *Ann Genet* 1999; 42: 140-6.

Negrel AD, Maul E, Pokharel GP, *et al.* Refractive Error Study in Children: sampling and measurement methods for a multi-country survey. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 421-6.

Nirmalan PK, John RK, Gothwal VK *et al.* The impact of visual impairment on functional vision of children in rural south India: the Kariapatti pediatric eye evaluation project. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 3442-5.

Norton TT, Manny R, O'Leary D. Miopía-Global Problem, Global Research. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 223-5.

Ntim-Amponsah C T, Ofosu-Amaah S. Prevalence of Refractive Error and Other Eye Diseases in Schoolchildren in the Greater Accra Region of Ghana. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2007; 44: 294-7.

O'Donoghue L, McClelland JF, Logan NS *et al.* Refractive error and visual impairment in school children in Northern Ireland. *Br J Ophthalmol* 2010; 94: 1155-9.
Olsen T, Arnarsson A, Sasaki H, *et al.* On the ocular refractive components: the Reykjavik Eye Study. *Acta Ophthalmol Scand* 2007; 85: 361-6.

Pacella R, McLellan J, Grice K, *et al.* Role of genetic factors in the etiology of juvenile-onset myopia based on a longitudinal study of refractive error. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 381-6.

Paluru P, Ronan SM, Heon E, *et al.* New locus for autosomal dominant high myopia maps to the long arm of chromosome 17. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 1830-6.

Pardo Merino, A. *Análisis de datos con SPSS 13*. S.A. McGraw-Hill / Interamericana de España. 2005.

Park DJJ, Congdon NG. Evidence for an “epidemic” of myopia. *Ann Acad Med Singapore* 2004; 33: 21-6.

Pennie FC, Wood IC, Olsen C, *et al.* A longitudinal study of the biometric and refractive changes in full-term infants during the first year of life. *Vision Res.* 2001; 41: 2799-810.

Pi LH, Chen L, Liu Q, *et al.* Refractive status and prevalence of refractive errors in suburban school-age children. *Int J Med Sci* 2010; 7: 342-53.

Pizzarello L, Abiose A, Ffytche T, *et al.* VISION 2020: The Right to Sight: a global initiative to eliminate avoidable blindness. *Arch Ophthalmol* 2004; 122: 615-20.

Plainis S, Moschandreas J, Nikolitsa P, *et al.* Myopia and visual acuity impairment: a comparative study of Greek and Bulgarian school children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009; 29: 312-20.

Pokharel GP, Negrel AD, Munoz SR, *et al.* Refractive Error Study in Children: results from Mechi Zone, Nepal. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 436-44.

Quek TP, Chua CG, Chong CS, *et al.* Prevalence of refractive errors in teenage high school students in Singapore. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004; 24: 47-55.

Raju P, Ramesh SV, Arvind H, *et al.* Prevalence of refractive errors in a rural South Indian population. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004; 45: 4268-72.

Resnikoff S, Pascolini D, Mariotti SP, *et al.* Global magnitude of visual impairment caused by uncorrected refractive errors in 2004. *Bulletin of the World Health Organization* 2008; 86: 63-70.

Rose K, Smith W, Morgan I, *et al.* The increasing prevalence of myopia: implications for Australia. *Clin Exp Ophthalmol* 2001; 29: 116-20.

Rose KA, Morgan IG, Smith W, *et al.* Myopia, lifestyle, and schooling in students of Chinese ethnicity in Singapore and Sydney. *Arch Ophthalmol* 2008a; 126: 527-30.

Rose KA, Morgan IG, Ip J, *et al.* Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology* 2008b; 115: 1279-85.

Rudnicka AR, Owen CG, Nightingale CM, *et al.* Ethnic differences in the prevalence of myopia and ocular biometry in 10- and 11-year-old children: The Child Heart and Health Study in England (CHASE). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: 6270-6

Saunders KJ. Early refractive development in humans. *Surv Ophthalmol* 1995; 40: 207-16.

Saw SM, Katz J, Schein OD, *et al.* Epidemiology of myopia. *Epidemiol Rev* 1996; 18: 175-87.

Saw SM, Nieto FJ, Katz J, *et al.* Factors related to the progression of myopia in Singaporean children. *Optom Vis Sci* 2000; 77: 549-54.

Saw SM, Nieto FJ, Katz J, *et al.* Familial clustering and myopia progression in Singapore school children. *Ophthalmic Epidemiol* 2001a; 8: 227-36.

Saw SM, Hong RZ, Zhang MZ, *et al.* Near-work activity and myopia in rural and urban schoolchildren in China. *J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus* 2001b; 38: 149-55.

Saw SM, Gazzard G, Koh D, *et al.* Prevalence rates of refractive errors in Sumatra, Indonesia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002a ; 43: 3174-80.

Saw SM, Zhang MZ, Hong RZ, *et al.* Near-work activity, night-lights, and myopia in the Singapore–China study. *Arch Ophthalmol* 2002b; 120: 620-7.

Saw SM. A synopsis of the prevalence rates and environmental risk factors for myopia. *Clin Exp Optom* 2003; 86: 289-94.

Saw SM, Chua WH, Gazzard G, *et al.* Eye growth changes in myopic children in Singapore. *Br J Ophthalmol* 2005; 89: 1489-94.

Saw SM, Goh PP, Cheng A, *et al.* Ethnicity-specific prevalences of refractive errors vary in Asian children in neighbouring Malaysia and Singapore. *Br J Ophthalmol* 2006; 90: 1230-5.

Saw SM, Chan YH, Wong WL, *et al.* Prevalence and risk factors for refractive errors in the Singapore Malay Eye Survey. *Ophthalmology* 2008; 115: 1713-9.

Saw SM, Li YJ, Goh Lk, *et al.* Prevalence and familiar risk factors for Myopia in Singapore children. *Optom Vis Sci* 2009; 86: 50.

Schalij-Delfos N, Barbian C, Wittebol-Post D, *et al.* The development of myopia in premature infants with and without retinopathy of prematurity. *Invest Ophthalmol Visual Sci* 1992; 33 (Suppl): 1281.

Scheiman M y Wick B. Tratamiento clínico de la visión binocular. Disfunciones heterofóricas, acomodativas y oculomotoras. CIAGAMI, 1996.

Seet B, Wong TY, Tan DT, *et al.* Myopia in Singapore: taking a public health approach. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 521-6.

Shih YF, Chiang TH, Lin LL. Lens thickness changes among schoolchildren in Taiwan. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009; 50: 2637-44.

Shimizu N, Nomura H, Ando F, *et al.* Refractive errors and factors associated with myopia in an adult Japanese population. *Jpn J Ophthalmol* 2003; 47: 6-12.

Simpson CL, Hysi P, Bhattacharya SS, *et al.* The Roles of PAX6 and SOX2 in Myopia: lessons from the 1958 British Birth Cohort. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007; 48: 4421-5.

Smith EL, Harwerth RS, Crawford MLJ, *et al.* Observations on the effects of form deprivation on the refractive status of the monkey. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987; 28: 1236-45.

Sounouvou I, Tchabi S, Doutetien C, *et al.* A study of refractive errors in a primary school in Cotonou, Benin. *J Fr Ophtalmol* 2008; 31: 771-5.

Sorsby A, Benjamin B, Davey JB, *et al.* Emmetropia and its aberration. *Med Res Coun Spec Report Ser* 1957; n° 293. HMSO, London, UK.

Sorsby A, Benjamin B, Sheridan M. Refraction and its components during growth of the eye from the age of three. *Med Res Coun Spec Report Ser* 1961; 301. HMSO.

Sorsby A, Leary GA. A longitudinal study of refraction and its components during growth. *Med Res Coun Spec Report Ser* 1970; 309. HMSO.

Sorsby A. Biology of the eye as an optical system In: Safir, A. Ed. *Refraction and Clinical Optics*. Hagerstown Md: Harper and Row, 1980.

Sperduto RD, Seigel D, Roberts J, *et al.* Prevalence of myopia in the United States. *Arch Ophthalmol* 1983; 101: 405-7.

Stambolian D, Ibay G, Reider L, *et al.* Genomewide linkage scan for myopia susceptibility loci among Ashkenazi Jewish families shows evidence of linkage on chromosome 22q12. *Am J Hum Genet* 2004; 75: 448-59.

Tan NW, Saw SM, Lam DS, *et al.* Temporal variations in myopia progression in Singaporean children within an academic year. *Optom Vis Sci* 2000a; 77: 465-72.

Tan GJ, Ng YP, Lim YC, *et al.* Cross-sectional study of near-work and myopia in kindergarten children in Singapore. *Ann Acad Med Singapore* 2000b; 29: 740-4.

Taylor HR. Racial variations in vision. *Am. J. Epidemiol.* 1981; 113: 62-80.

Taylor HR, Robin TA, Lansingh VC, *et al.* Myopic shift in Australian Aboriginals: 1977-2000. *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.* 2003; 101: 107-10.

Teikari JM, O'Donnell J, Kaprio J, *et al.* Impact of heredity in myopia. *Hum Hered* 1991; 41: 151-6.

The COMET Group. Education and occupation are associated with refractive error in parents of children enrolled in the Correction of Myopia Evaluation Trial (COMET). *Am Acad Optom* 2005; 82: 055425.

Thorn F, Held R, Fang LL. Orthogonal astigmatic axes in Chinese and Caucasian infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987; 28: 191-4.

Thorn F, Cruz AA, Machado AJ, *et al.* Refractive status of indigenous people in the northwestern Amazon region of Brazil. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 267-72.

Thylefors B: A global initiative for the elimination of avoidable blindness *Community Eye Health* 1998; 11: 1-2.

Tong L, Saw SM, Lin Y, *et al.* Incidence and progression of astigmatism in Singaporean children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004; 45: 3914-8.

Tsai MY, Lin LL, Lee V, *et al.* Estimation of heritability in myopic twin studies. *Jpn J Ophthalmol* 2009; 53: 615-22

Twelker JD, Mitchell GL, Messer DH, *et al.* Children's Ocular Components and Age, Gender, and Ethnicity. *Optom Vis Sci* 2009; 86: 918-35.

United Nations Development Programme (UNDP). Human development report 2009. United Nations Development Programme (http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2009_EN_Complete.pdf).

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). EFA Global–Education For All Monitoring Report 2010. (<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001866/186606E.pdf>).

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). EFA Global–Education For All Monitoring Report 2010. Regional Overview: Arab States. (<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001865/186558E.pdf>).

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). EFA Global–Education For All Monitoring Report 2010. Regional Overview: Sub-Saharan Africa.

(<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001865/186526E.pdf>)

Uzma N, Kumar BS, Khaja Mohinuddin Salar BM, *et al.* A comparative clinical survey of the prevalence of refractive errors and eye diseases in urban and rural school children. *Can J Ophthalmol* 2009; 44: 328-33.

Vera-Díaz FA, Strang NC, Winn B. Nearwork induced transient myopia during myopia progression. *Curr Eye Res* 2002; 24: 289-95.

Villarreal MG, Ohlsson J, Abrahamsson M, *et al.* Myopisation: the refractive tendency in teenagers. Prevalence of myopia among young teenagers in Sweden. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78: 177-81.

Villarreal GM, Ohlsson J, Cavazos H, *et al.* Prevalence of myopia among 12- to 13-year-old schoolchildren in northern Mexico. *Optom Vis Sci* 2003; 80: 369-73.

Vitale S, Ellwein L, Cotch MF, *et al.* Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Arch Ophthalmol* 2008; 126: 1111-9.

Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL 3rd. Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol* 2009; 127: 1632-9.

Wallman J, Adams JI, Trachtman JN. The eyes of young chickens grow toward emmetropia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1981; 20: 557-61.

Wallman J. Parental history and myopia: taking the long view. *JAMA* 1994; 272: 1255-6.

Wang TJ, Chiang TH, Wang TH, *et al.* Changes of the ocular refraction among freshmen in National Taiwan University between 1988 and 2005. *Eye* 2009; 23: 1168-9.

Weale RA. Ocular anatomy and refraction. *Doc Ophthalmol* 1983; 55: 361-74.

Wedner SH, Ross DA, Balira R. Prevalence of eye diseases in primary school children in a rural area of Tanzania. *Br J Ophthalmol* 2000; 84: 1291-7.

Wedner SH, Ross DA, Todd J, *et al.* Myopia in secondary school students in Mwanza City, Tanzania: the need for a national screening programme. *Br J Ophthalmol* 2002; 86: 1200-6.

Wensor M, McCarty CA, Taylor HR. Prevalence and risk factors of myopia in Victoria, Australia. *Arch Ophthalmol* 1999; 117: 658-63.

Williams C, Miller L, Northstone K, *et al.* The use of non-cycloplegic autorefraction data in general studies of children's development. *Br J Ophthalmol* 2008; 92: 723-4.

Wong L, Coggon D, Cruddas M, *et al.* Education, reading, and familial tendency as risk factors for myopia in Hong Kong fishermen. *J Epidemiol Community Health* 1993; 47: 50-3.

Wong TY, Foster PJ, Johnson GJ, *et al.* The relationship between ocular dimensions and refraction with adult stature: the Tanjong Pagar Survey. *Invest. Ophthalmol Vis Sci* 2001a; 42: 1237-42.

Wong TY, Foster PJ, Ng TP, *et al.* Variations in ocular biometry in an adult Chinese population in Singapore: the Tanjong Pagar Survey. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001b; 42: 73-80.

Wong TY, Foster PJ, Johnson GJ, *et al.* Education, socioeconomic status, and ocular dimensions in Chinese adults: the Tanjong Pagar Survey. *Br J Ophthalmol* 2002; 86: 963-8.

Wong TY, Foster PJ, Johnson GJ, *et al.* Refractive errors, axial ocular dimensions, and age-related cataracts: the Tanjong Pagar survey. *Invest. Ophthalmol Vis Sci* 2003; 44: 1479-85.

Wood IC, Hodi S, Morgan L. Longitudinal change of refractive error in infants during the first year of life. *Eye* 1995; 9: 551-7.

Wu MM, Edwards MH. The effect of having myopic parents: an analysis of myopia in three generations. *Optom Vis Sci* 1999; 76: 387-92.

Wu HM, Seet B, Yap EP, *et al.* Does education explain ethnic differences in myopia prevalence? A population-based study of young adult males in Singapore. *Optom Vis Sci* 2001; 78: 234-9.

Wu PC, Tsai CL, Hu CH, *et al.* Effects of outdoor activities on myopia among rural school children in Taiwan. *Ophthalmic Epidemiol* 2010; 17: 338-42.

Xu L, Li J, Cui T, *et al.* Refractive error in urban and rural adult Chinese in Beijing. *Ophthalmology* 2005; 112: 1676-83.

Yap M, Wu M, Liu ZM, *et al.* Role of heredity in the genesis of myopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 1993; 13: 316-9.

Yebra-Pimentel E, González-Méijome JM, García-Resúa C, *et al.* The relationships between ocular optical components and implications in the process of emmetropization. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2008; 83: 307-16.

Yekta A, Fotouhi A, Hashemi H, *et al.* Prevalence of refractive errors among schoolchildren in Shiraz, Iran. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010; 38: 242-8.

Young TL, Ronan SM, Alvear AB, *et al.* A second locus for familial high myopia maps to chromosome 12q. *Am J Hum Genet* 1998a; 63: 1419-24.

Young TL, Ronan SM, Drahozal LA, *et al.* Evidence that a locus for familial high myopia maps to chromosome 18p. *Am J Hum Genet* 1998b; 63: 109-19.

Young TL, Atwood LD, Ronan SM, *et al.* Further refinement of the MYP2 locus for autosomal dominant high myopia by linkage disequilibrium analysis. *Ophthalmic Genet* 2001; 22: 69-75.

Young TL, Metlapally R, Shay AE. Complex trait genetics of refractive error. *Arch Ophthalmol* 2007; 125: 38-48.

Young TL. Molecular genetics of human myopia: an update. *Optom Vis Sci* 2009; 86: E8-E22.

Zadnik K, Satariano WA, Mutti DO, *et al.* The effect of parental history of myopia on children's eye size. *J Am Med Assoc* 1994; 271: 1323-27.

Zadnik K, Mutti DO, Fusaro RE, *et al.* Longitudinal evidence of crystalline lens thinning in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995; 36: 1581-7.

Zadnik K. The Glenn A.. Myopia development in childhood. Fry Award Lecture (1995). *Optom Vis Sci* 1997; 74: 603-8.

Zadnik K, Manny RE, Yu JA, *et al.* Ocular component data in schoolchildren as a function of age and gender. *Optom Vis Sci* 2003; 80: 226-36.

Zhan MZ, Saw SM, Hong RZ, *et al.* Refractive errors in Singapore and Xiamen, China-a comparative study in school children aged 6 to 7 years. *Optom Vis Sci* 2000; 77: 302-8.

Zhang M, Li L, Chen L, *et al.* Population density and refractive error among Chinese children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51: 4969-76.

Zhao J, Pan X, Sui R, *et al.* Refractive Error Study in Children: results from Shunyi District, China. *Am J Ophthalmol* 2000; 129: 427-35.

ANEXO: PUBLICACIONES.

ANEXO: PUBLICACIONES.

Los principales resultados obtenidos en este trabajo de investigación han sido publicados en tres artículos científicos que señalamos a continuación:

- Anera RG, Jiménez JR, Soler M, Pérez MA, Jiménez R, Cardona JC. Prevalence of refractive errors in school-age children in Burkina Faso. *Jpn J Ophthalmol*. 2006; 50: 483-4.
- Anera RG, Soler M, de la Cruz Cardona J, Salas C, Ortiz C. Prevalence of refractive errors in school-age children in Morocco. *Clin Experiment Ophthalmol* 2009; 37: 191-6.
- Jiménez R, Soler M, Anera RG, Castro JJ, Pérez MA, Salas C. Ammetropias in school-age children in Fada N´Gourma (Burkina Faso, Africa). (Sometido).