



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

ANÁLISIS DE LA MIOPIA NOCTURNA

Presentado por María Calleja Montes

Tutelado por: Cristina Beatriz Martínez e Isabel Arranz

Tipo de TFG: Revisión Investigación

En Valladolid a 7 de Junio del 2014

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPÍTULO 1: Antecedentes.....	5
1.1 Primeros estudios.....	5
1.2 Evolución.	5
1.2.1 El auge de la Miopía Nocturna.....	5
1.2.2 Últimos estudios.....	8
CAPÍTULO 2: Concepto de Miopía Nocturna.....	13
2.1 Definición.....	13
2.2 Explicación funcional y anatómica.....	13
CAPÍTULO 3: Conducción nocturna.....	15
CAPÍTULO 4: Medición y Compensación de la Miopía Nocturna...	17
4.1 Medición.....	17
4.2 Compensación.....	17
CONCLUSIONES.....	18
LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	18
BIBLIOGRAFÍA.....	19

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La Miopía Nocturna ha sido estudiada desde hace unos siglos, pero no por ello deja de ser un tema de debate en la actualidad. El fenómeno adquirió gran importancia a mediados del siglo XX, sobre todo durante la Segunda Guerra Mundial debido a la necesidad de detectar visualmente puntos de luz en el mar o en el cielo nocturno.^{1,2} Tal fue la importancia que el proceso de medida y corrección de la Miopía Nocturna se consideraba como “secretos militares”.³ Esto explica, que durante el pasado siglo se elaboraran varias teorías que intentaban explicar su etiología. Un gran número de ellas eran basadas en la visión escotópica. Sin embargo, ninguna de esas teorías ha ofrecido una completa explicación del fenómeno, que también puede estar presente por la noche al observar objetos con una alta iluminación, es decir, en visión fotópica.⁴

Durante más de un siglo, hubo un debate abierto sobre las causas de la Miopía Nocturna debido a que diferentes experimentos han proporcionado a menudo resultados contradictorios.³

Más recientemente, este tema tuvo un renovado interés en el contexto de seguridad durante la conducción nocturna.^{5,6,7}

El fenómeno afecta, tanto a personas amétropes como a emétropes, si bien esas personas tienen una buena visión durante el día, con compensación óptica o sin ella, por la noche se “vuelven miopes” y no son capaces de distinguir objetos alejados con nitidez. El valor de dicha miopía varía de un individuo a otro, y a través de diferentes estudios; mientras que algunos no la manifiestan, en otros puede llegar a alcanzar de 2,00 a 3,00 dioptrías (D).⁸ La cuantía también varía según los autores: para Katz es de un valor de -0,40 D; para Arnulf, Flamant y Francon de -1,50 D; para Griffin y Watd es de -0,50 D y para Ronchi el valor de la compensación sería de -1,20 D.⁹ Los valores promedio en la mayoría de los estudios son de aproximadamente -1,50 D, una cifra significativa que degradaría la calidad de la imagen retiniana de forma importante.³

Los instrumentos ópticos pueden emplearse con el fin de medir el estado refractivo del ojo de forma objetiva. Aún así, gran parte de los datos publicados sobre la Miopía Nocturna han sido obtenidos mediante procedimientos subjetivos del tipo a los utilizados habitualmente por los optometristas clínicos.^{10,6,7,11}

Dicha miopía puede corregirse como cualquier otra miopía con lentes oftálmicas o de contacto.⁴

Este fenómeno ha sido estudiado por un gran número de científicos y ha provocado una gran controversia a lo largo de la historia. Incluso, en ocasiones, se han utilizado varios nombres para referirse al mismo fenómeno. El más conocido es el de Miopía Nocturna, pero también se han empleado las denominaciones “twilight myopia”, miopía instrumental, miopía de campo oscuro...⁴

La elección de realizar un trabajo bibliográfico sobre la Miopía Nocturna, se debe principalmente al interés que despierta. Se trata de un efecto producido diariamente y muy común que presenta un alto porcentaje de la población, y del cual no recibimos información suficiente que nos lleve a la conclusión de que manifestamos dicho fenómeno. Además considero que su interés tiene una doble vertiente, no sólo a nivel científico donde aún no está clara la etiología de la misma, sino también a nivel clínico. El optometrista se encuentra quejas como la disminución de la calidad de la visión nocturna, inseguridad en la conducción, el deslumbramiento ocasionado por los faros de otros coches, etc y las cuales resulta complicado corregir debido a la falta de una explicación y un procedimiento a seguir adecuados.

CAPÍTULO 1: Antecedentes

1.1 Primeros estudios

La Miopía Nocturna es un proceso fisiológico que ha sido identificado hace varios siglos. El astrónomo Maskelyne notó por primera vez que sufría esta tendencia a volverse “corto de vista” al mirar las estrellas por la noche en 1797. Maskelyne informó: "para ver los objetos de día con más claridad, necesito una lente cóncava menor (entre - 0,37 D y -1,00 D) que para ver las estrellas mejor por la noche." ¹²

Pasado un siglo tras darse a conocer por primera vez el fenómeno, en 1883, otro conocido astrónomo, Lord Rayleigh, también indicó la necesidad de una leve corrección por la noche para poder observar nítidamente las estrellas a través de su telescopio. ^{4, 12}

Rayleigh escribió: “He encontrado que en una habitación casi a oscuras soy claramente miope. En una noche oscura, las estrellas pequeñas son mucho más evidentes con la ayuda de gafas que sin ellas”. ¹³

1.2 Evolución

Una vez descubierto el fenómeno de la Miopía Nocturna se elaboraron varias teorías acerca de su causa y magnitud a lo largo de los últimos siglos, pero aún no se ha proporcionado ninguna explicación definitiva para su etiología.

1.2.1 El auge de la Miopía Nocturna

La época en la cual se produce el auge de la Miopía Nocturna, fue en el siglo XX, por los años cuarenta, después de la Guerra Civil española donde hubo muchos estudios dedicados a cuantificar y comprender mejor la Miopía Nocturna. El Ejército español y, en especial, la Infantería de Marina estaba muy interesada en saber qué podrían realizar para que sus marines viesen con mayor nitidez las diferentes luces distantes por la noche. ⁴

Para llegar a una solución acudieron al Instituto Daza de Valdés, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Allí, los investigadores José María Otero y Armando Durán desarrollaron inicialmente varios experimentos con el fin de llegar al origen óptico de la Miopía Nocturna. ^{1, 2} La conclusión de dichos investigadores fue que la Miopía Nocturna se producía porque en condiciones de baja iluminación el ojo acomoda de forma involuntaria, con lo que podría parecer que se vuelve más miope.

Para llegar a dicha conclusión, realizaron números estudios, donde hubo tres explicaciones principales. Inicialmente pensaron que el fenómeno era producido por la aberración esférica (SA). Estudios posteriores la achacaron a la aberración cromática. Por último, una serie de trabajos les hicieron ver que ambos factores no tenían tanta importancia y, llegaron a admitir que tiene por causa el estado de acomodación. ⁹

Un pequeño resumen de sus principales estudios es:

- Una primera publicación en 1941 habla de lo que manifiesta el ojo con poca iluminación: Cuando se contempla un objeto situado en el

infinito, el ojo se comporta como si fuese miope de -2,00 D respecto a cómo se encuentra en condiciones fotópicas.¹⁴ Como explicación del fenómeno proponían dos causas complementarias. Un cuarto de dicha miopía se debía a un desplazamiento de la mejor imagen como consecuencia de la SA al aumentar el diámetro pupilar. La segunda y con mayor influencia, era producida por la acomodación al modificarse el radio de curvatura de ambas caras del cristalino.¹⁵

- Otero y Durán publicaron un segundo trabajo en 1942 donde estudiaron las causas de la miopía llegando en 1949 a demostrar que la causa fundamental era la acomodación y la posición de reposo del cristalino.¹⁴ Esto fue probado al observar la eliminación de la Miopía Nocturna en condiciones de acomodación cero y diámetro pupilar máximos, mediante el efecto de la atropina.¹⁶
- En 1943, Durán muestra nuevas curvas experimentales que prueban la paulatina desaparición de la acomodación a la vez que se va disminuyendo la iluminación.¹⁴ Su afirmación fue: “A medida que disminuye el esplendor, decrece el poder de acomodación, hasta anularse cuando se alcanza el límite de visibilidad”.¹⁷

A la misma conclusión sobre el papel de la acomodación como etiología del fenómeno, llegaron otros autores como Yves Le Grand; y Epstein D, 1982, el cual mide la Miopía Nocturna en sujetos fáquicos y afáquicos, obteniendo una magnitud mayor en el primer grupo mencionado.¹⁸

En otras teorías, se defiende que cuando la iluminación ambiente se reduce a niveles de iluminación mesópicas, la acomodación es menos precisa y desaparece en condiciones escotópicas donde los conos ya no están activos.^{19, 20} Por otra parte, al reducirse los niveles de luz, el ojo asume un estado de reposo acomodativo también llamado “dark focus” por lo que su poder de enfoque es algo mayor que en luminancias mayores²⁰ y por lo tanto el ojo parece haberse vuelto relativamente más miope.^{21, 22, 23, 24, 25}

Otra explicación trata de que la Miopía Nocturna podría ser una consecuencia de un aumento acomodativo que el ojo realiza en la oscuridad con el fin de disminuir la SA y lograr imágenes más claras cuando la pupila se dilata. La SA ocular disminuye durante la acomodación^{26, 27, 28, 29} y, por tanto, la visión de los objetos distantes durante la noche se ve beneficiado mediante la visión a través de una lente negativa para estimular la acomodación.^{27, 2}

A semejante conclusión llegan Koomen, Scolnik y Tousey, 1951, que proponen como desencadenante de la Miopía nocturna a la SA no corregida del ojo ya que el fenómeno se aprecia cuando la acomodación había sido paralizada mediante un fármaco.³⁰

Para Schobeir en 1947, la Miopía de noche era causada por un esfuerzo de la acomodación de origen psíquico para mejorarla calidad de visión, al descender la luminosidad y disminuir la agudeza visual.^{9,31}

Éste es un hecho que ya analizaron anteriormente otros autores como Könings y Hecht, y que representaron en una gráfica similar, que se muestra a continuación (Figura 1), la influencia de la luminancia en la agudeza visual. La capacidad que presenta el sistema visual para resolver los detalles de los

objetos aumenta a medida que lo hace la luminancia, a pesar de que existe un nivel más allá del cual no se produce un aumento de la agudeza visual, de hecho puede disminuir debido al conocido deslumbramiento incapacitante.³²

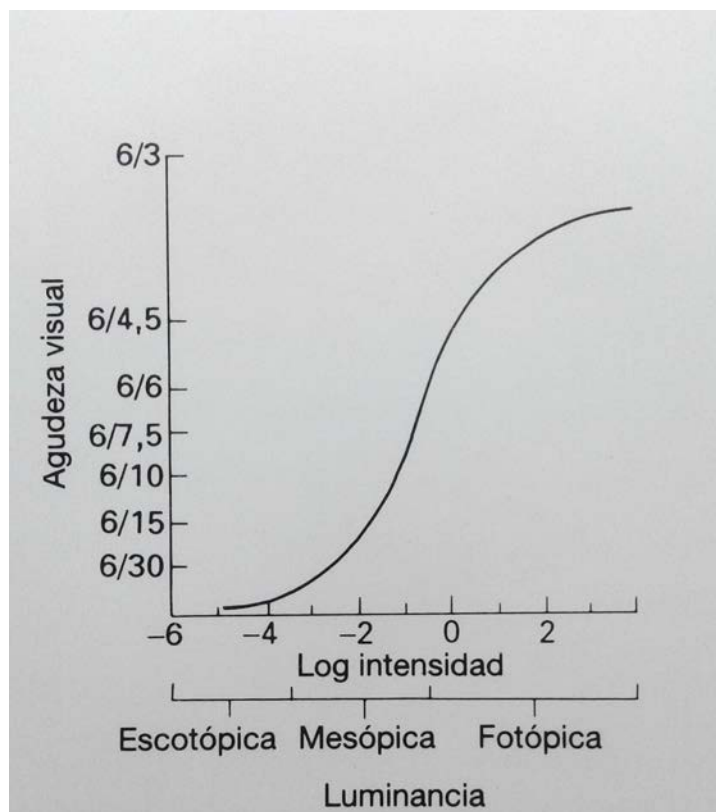


Figura 1. Relación entre agudeza visual y luminancia medida en mililamberts. (Datos de Königs trazados de nuevo por Hecht, 1934).³²

Otros autores como Wald y Griffin; Aoshima S, Nagata T, y Watanabe I, 2000; determinaron el grado en que la aberración cromática influye en el cambio miópico con iluminación reducida.

Los primeros demostraron que el ojo se vuelve más sensible a las longitudes de onda de mayor frecuencia (cerca del azul) en condiciones escotópicas, y por lo tanto parece ser más miope de lo que es en condiciones de visión fotópica. Por esta razón, el cambio de la máxima sensibilidad visual de 560nm con luz a 505nm con poca luz produce una miopía relativa en penumbra de -0,35 a -0,40 D.³³

Los tres últimos, llevaron a cabo un experimento en el cual se relacionó el material incorporado en las LIO y la magnitud de Miopía Nocturna creada. Se basaron en el siguiente principio: "Los ojos con lentes intraoculares (LIO) que no tienen capacidad acomodativa, es probable que tengan Miopía Nocturna causada por la aberración cromática". Como resultado obtuvieron que los ojos con una LIO de silicona de alto índice de refracción presentaban más cantidad de Miopía, al causar mayor aberración cromática, seguido de la de acrílico suave y por último, la que daba un valor más bajo de miopía fue la LIO de PMMA.³⁴

Por último, hay investigadores que proponen varias causas complementarias como causantes de la Miopía Nocturna, Ronchi en 1943 y Carreras Matas en 1951.⁹ El primero invoca el avance del cristalino debido a la

dilatación pupilar capaz de entrañar una miopía de -0,20 D que junto a las -0,25 D de la aberración esférica y a las -0,75 D de aberración cromática, explicarían la miopía de -1,20 D que dicho autor considera como una miopía fisiológica. El segundo defiende que la Miopía Nocturna tendrá un triple origen:

- La SA del ojo producida por la dilatación de la pupila en condiciones escotópicas. La cuantía de esta causa lo valoró en no más de -0,25 D.
- La aberración cromática en combinación con el fenómeno de Purkinge, con un valor de unas -4,00 D.
- El aumento de curvatura del cristalino, es decir, la acomodación. Esta causa explicaría el astigmatismo restante.

El conjunto de estudios presentados, abrieron una nueva línea de investigación sobre óptica ocular que, junto con la aparición de las escuelas y facultades de Óptica y Optometría, ha sido el germen de la enorme actividad investigadora en óptica fisiológica que existe en nuestro país y que en la actualidad es, sin duda, una de las más dinámicas del mundo.⁴

1.2.2 Últimos estudios

Un trabajo publicado en 2012 enfoca su proyecto en otra hipótesis, en el que defiende que la Miopía Nocturna también aparece en visión fotópica, en la que se aprecian los colores de los objetos. Por ejemplo, resulta claro que, cuando miramos por un telescopio por la noche (como ocurría a Maskeline o a Rayleigh), podemos apreciar el color de las estrellas o los planetas y sus detalles, lo que nos indica que nuestro sistema visual está trabajando en condiciones fotópicas y la visión es foveal. Esto mismo ocurre cuando conducimos por la noche y apreciamos perfectamente el color de las farolas o los faros de los demás coches.^{4, 35}

En condiciones fotópicas, la explicación clásica de la Miopía Nocturna se basa en el hecho de que, durante el día, algunos ojos pueden tener una miopía no corregida que no es apreciada por el paciente al tener una pupila pequeña y un valor relativamente grande de profundidad de foco.^{4, 36} En cambio, por la noche, cuando el diámetro pupilar es mayor, la profundidad de foco disminuye y esa miopía se hace evidente para el paciente. Sin embargo, muchas de las personas correctamente refraccionadas en el gabinete (visión fotópica) con una pupila grande (por ejemplo, usando cicloplégico) también presentan Miopía Nocturna, con lo que esta explicación no resulta tampoco completamente satisfactoria.⁴

Este estudio ha sido publicado en la revista Journal of Vision por el equipo liderado por el científico Español López-Gil y formado por J. M González Méijome, S. Peixo de Matos y L. Thibos. Éstos parecen arrojar definitivamente luz sobre este antiguo enigma. Han podido comprobar que la corrección necesaria para visualizar objetos durante la noche es más miópica que la necesaria para ver con nitidez los objetos durante el día. Esto no solo ocurre por los cambios producidos en la óptica ocular, como el aumento del tamaño pupilar, sino que también influyen las características luminosas de los objetos siendo diferentes entre el día y la noche. Por el día, los objetos apreciados no

suelen emitir luz propia sino que reflejan la recibida de objetos que la emiten por sí mismos (Ej. Cuando leemos).⁴

La luz de sol o las luces encendidas iluminan directa o indirectamente el papel y a su vez, difunde la luz del texto hacia los ojos del lector. En cambio por la noche, la situación es diferente, cuando observamos las estrellas, carteles luminosos o focos de los otros coches, lo hacemos sobre un fondo mucho más oscuro. Por tanto, los objetos que observamos suelen presentar un contraste mucho mayor que el observado durante el día. Esta situación aumenta la SA junto con el aumento del diámetro pupilar. Todo ello hace que la gran parte de los ojos necesiten mayor corrección negativa para apreciar nítidamente los objetos luminosos, como puede ser un LED alejado, que la que necesitan por el día para ver los objetos menos contrastados, como el de un optotipo del gabinete.^{4, 35}

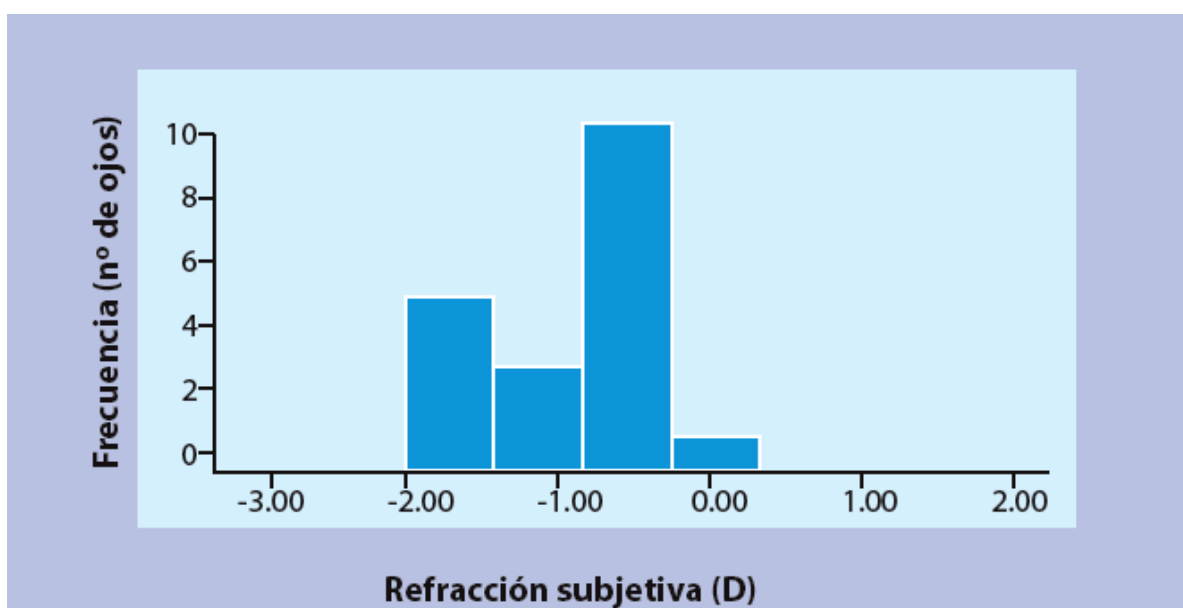


Figura 2. En el eje horizontal se presenta la diferencia entre la refracción obtenida usando un objeto blanco luminoso alejado (LED) sobre un fondo oscuro y la requerida por un optotipo (refracción estándar realizada en el gabinete). El eje vertical representa el número de pacientes que presentaban dicha diferencia. Como se aprecia, prácticamente todos los pacientes salvo uno requerían lentes más negativas para apreciar el objeto puntual. El valor medio del valor requerido fue de 0.9 D.⁴

Esta diferencia en el estado de refracción (Figura 2) se debe a la SA. Se trata de dos estímulos diferentes en cuanto a naturaleza y el proceso visual que requiere cada uno de ellos. Las fuentes puntuales aisladas son más propensas a encontrarse durante la noche, mientras que los objetos extendidos se encuentran con más probabilidad a lo largo del día.³⁵

Los resultados sugieren que una parte significativa del fenómeno de Miopía Nocturna se determina por la naturaleza del estímulo visual.

Por último, también en el año 2012 Pablo Artal y su equipo compuesto por Christina Schwarz, Carmen Cánovas y Alejandro Mira Agudelo construye un analizador visual de óptica adaptativa basado en luz infrarroja invisible, permitiendo al sujeto ver un estímulo bajo condiciones controladas de luminancia y aberraciones modificadas. Las mediciones se realizaron monocularmente en ocho sujetos con visión normal, con edades comprendidas entre 24 y 49 años.³

En cada prueba se presentaron seis condiciones de luminosidad y se analizaron cuatro casos comparativos:

- En primer lugar, obtuvieron datos sobre el desenfoque para cada sujeto en función de la luminancia del estímulo con luz blanca y sin ninguna compensación, es decir, el ojo natural. En los resultados se mostró que el cambio más significativo se producía en las condiciones de luminosidad más bajas y el mejor enfoque tenía lugar en alta luminancia.³
- Los resultados obtenidos de la comparación entre luz blanca y luz monocromática verde (Figura 3) fueron insignificantes, lo que les hizo rechazar la aberración cromática como origen de la Miopía Nocturna.³

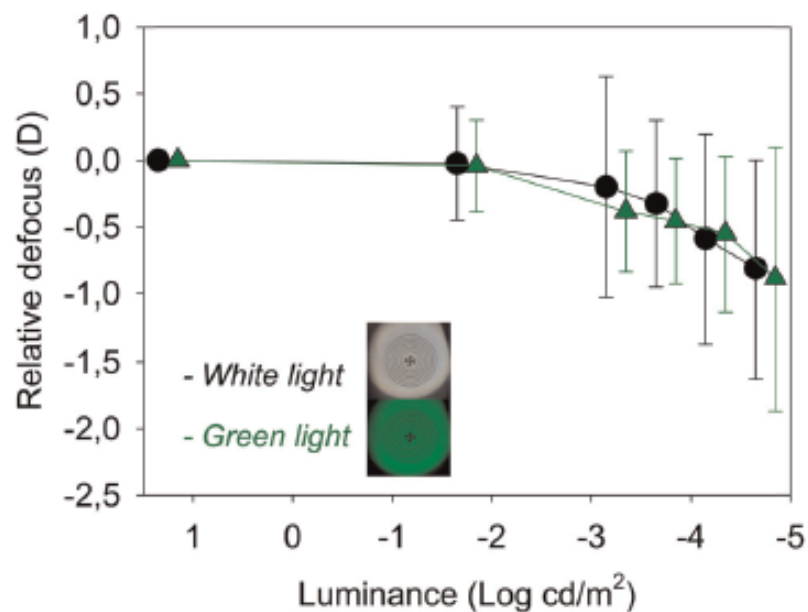


Figura 3. Promedio relativo del desenfoque en luz blanca (símbolos negros) en comparación con el caso de luz monocromática verde (símbolos verdes) para similares niveles de luminancia del estímulo.³

- Compararon con luz blanca la diferencia entre el desenfoque producido con SA natural y la corregida de cada sujeto, obteniendo resultados poco significativos (Figura 4), pues ambas curvas de desenfoque se asemejan, por lo que la SA tampoco era la causa principal del fenómeno.³

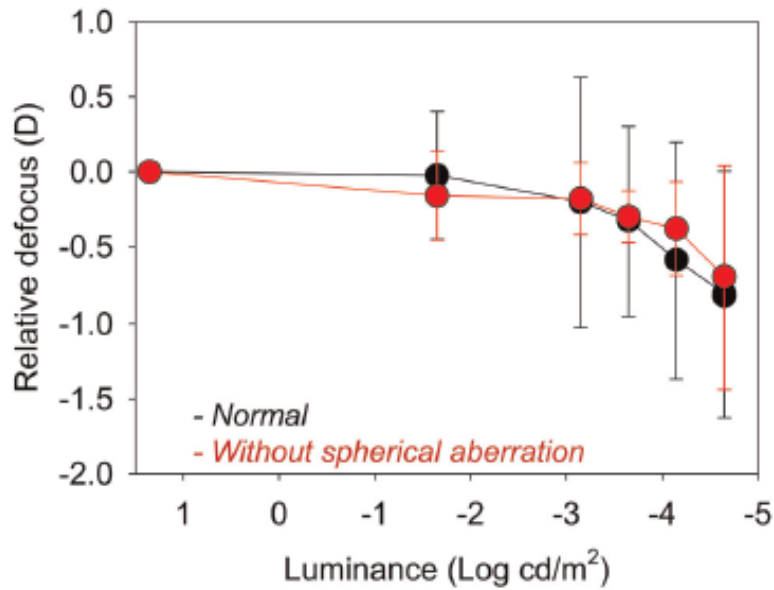


Figura 4. Promedio relativo del desenfoque entre las aberraciones naturales (negro) y las compensadas (rojo).³

- Por último se compara el desenfoque relativo entre la acomodación no compensada y compensada. En este caso los resultados (Figura 5) son más variables, por tanto la acomodación influye en la presencia de la Miopía Nocturna.³

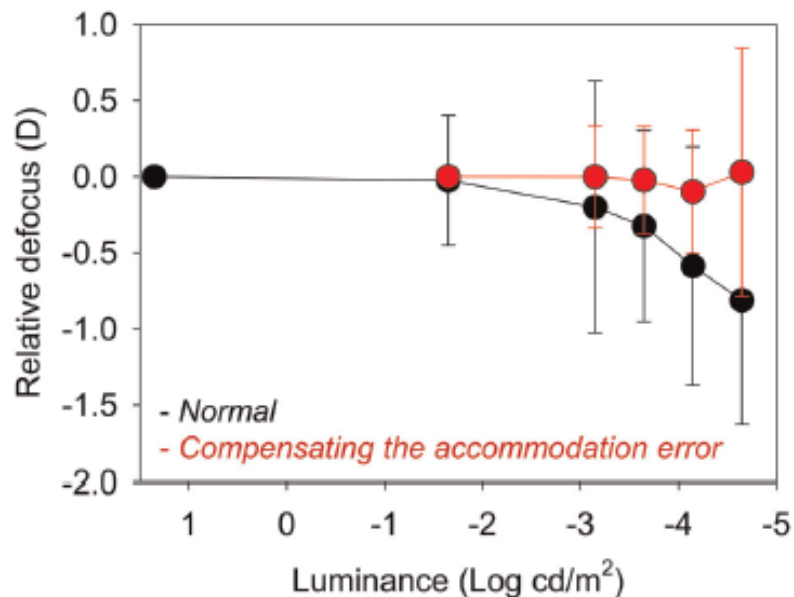


Figura 5. Curvas comparativas del desenfoque producido con acomodación (negro) y sin acomodación (rojo).³

Artal y su equipo de investigación demostraron que la Miopía Nocturna que se manifestó fue de poca cuantía y sólo se produjo en condiciones de muy poca luz y después de un periodo de adaptación a la oscuridad. El desenfoque relativo promedio en condiciones de baja luminancia fue explicado por los

errores de acomodación, llegando a la conclusión de ser ésta el origen del fenómeno de la Miopía Nocturna.³

Capítulo 2: Concepto de Miopía Nocturna

2.1 Definición

Se trata de un tipo de miopía de curvatura que afecta al sistema visual manifestándose únicamente en condiciones de baja iluminación cuando se quiere mirar un objeto lejano.

Puede afectar a cualquier individuo, ya sea emétrope o amétrope, sobre todo a gente joven, mientras que la visión diurna puede ser incluso normal.³⁷

2.2 Explicación funcional y anatómica

El origen de la Miopía Nocturna sigue siendo muy discutido, pues intervienen en su génesis diversos factores, en los que hay que destacar la aberración cromática (efecto de Purkinje), la SA y el aumento de la curvatura de las caras del cristalino, es decir, la acomodación.

Para una mejor comprensión, vamos a explicar cada uno de los factores determinantes por separado:

- La aberración cromática se debe a que las longitudes de onda cercanas al azul son más refractadas por la córnea y el cristalino que la luz roja, por lo que un ojo es más miope para los azules que para los rojos (Figura 6). En visión fotópica el ojo tiene el máximo de sensibilidad espectral en el verde, aproximadamente 555 nm, entonces si el sujeto es emétrope, los rayos de esta longitud de onda se enfocan en la retina.³⁸

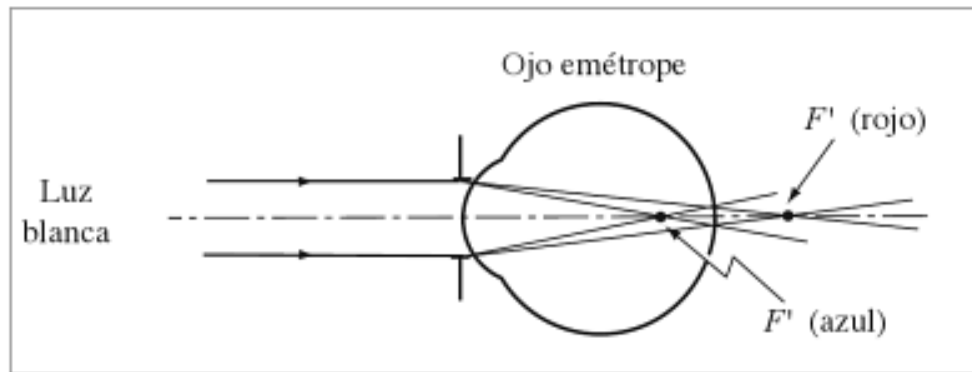


Figura 6. Aberración cromática en un ojo emétrope.³⁸

En condiciones escotópicas, la curva de sensibilidad espectral manifiesta un desplazamiento hacia la zona del espectro de longitudes de onda más cortas, de manera que el máximo de sensibilidad que en la zona de los azules, aproximadamente 510 nm. Este fenómeno es conocido como el desplazamiento de Purkinje, que hace que en condiciones de baja iluminación el ojo tenga su máxima sensibilidad en las longitudes de onda donde el ojo es más miope.³⁸

Este desplazamiento justificaría una miopía de -0,50 a -0,75 D, según el italiano Ronchi⁹ y alrededor de -0,35 D según García, Muñoz y Furlan.³⁸

- En condiciones de baja iluminación, la pupila se dilata y como consecuencia la SA del ojo se vuelve un factor muy importante. Los rayos que penetran por la pupila periférica, convergen por delante de los que entran próximos al eje óptico, ya que lo hacen en el foco paraxial. El efecto que resulta es un desplazamiento del plano de mejor imagen de la retina hacia la pupila, lo que también contribuye evidentemente a miopizar el ojo (Figura 7). La influencia de dicha aberración va a depender del diámetro de la pupila y por lo tanto hay una gran variabilidad entre individuos, pudiendo llegar a $-0,75D$.³⁸

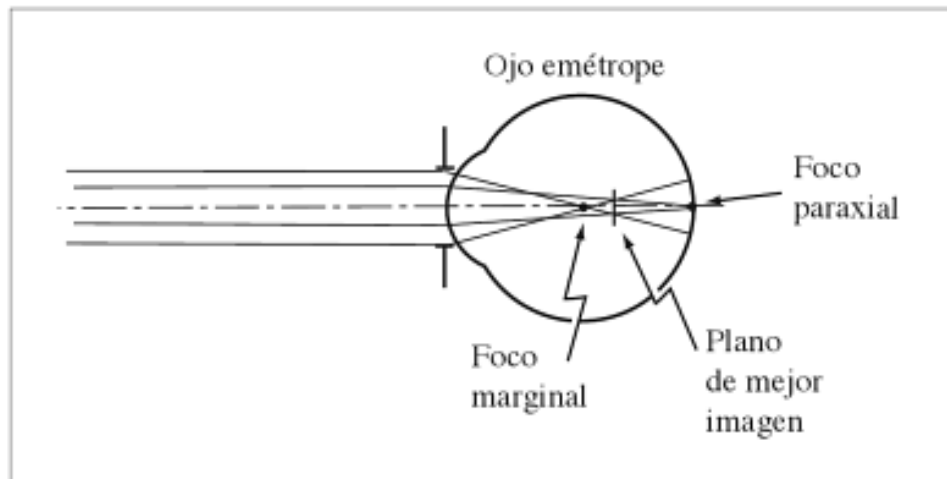


Figura 7. Aberración esférica de un ojo emétrepe.³⁸

- En estas condiciones de luminosidad baja, el ojo suele tender a un estado de reposo acomodativo o acomodación tónica, conocido como “*dark focus*”, en el cual queda ligeramente acomodado entre $1,00 D$ o $2,00 D$.^{4, 36} La explicación de este fenómeno es que, aunque al acomodar el ojo de lugar a imágenes desenfocadas en la retina de objetos alejados, el sistema visual no es capaz de apreciarlo al no poder apreciar sus detalles. Éstos no se aprecian porque condiciones escotópicas, la visión resulta esencialmente diferente a las condiciones fotópicas, debido a que son empleados los bastones para ver en vez de los conos, lo que nos permite apreciar luces mucho más tenues. Pero, a cambio, no se aprecian los colores y se pierde una gran parte de los detalles de los objetos.⁴

Capítulo 3: Conducción nocturna

Una gran parte de la población considera ciertas dificultades para poder ver nítidamente durante la noche y realizar tareas como conducir y apreciar los faros de otros coches o letreros luminosos. Se trata de un problema importante debido a que el 90% de la información que recibimos a la hora de conducir nos llega a través del sentido visual.³⁹ Por ello, nos hemos centrado en la conducción nocturna y la influencia que tiene la Miopía Nocturna en dicha tarea.

Debido a la importancia de una visión precisa para poder conducir con seguridad, preocupa principalmente la relación que podría existir entre la Miopía Nocturna y los accidentes producidos durante la noche. Por ello, un grupo de científicos realizaron un estudio, donde se relaciona el índice de accidentes automovilísticos con el valor de Miopía Nocturna presentada en los sujetos.⁴⁰

Examinaron a 136 conductores profesionales con una edad media de 21 años, midiendo su refracción en dos condiciones de iluminación. Primero en condiciones de alta iluminación (100 cd/m²) y después, tras un periodo de adaptación a la oscuridad durante 5 minutos. Se relacionó la variación entre ambas refracciones, indicadora de la Miopía Nocturna, y la cantidad de accidentes automovilísticos en los cuales el conductor estaba involucrado, detallado en archivos personales y mediante un cuestionario de quejas visuales.⁴⁰

La Miopía Nocturna fue encontrada en el 25% de los conductores, en un rango comprendido entre -0,75 D a -3,50 D con una media de - 1,20 D. Por el día se registraron más accidentes en los sujetos normales que en los sospechosos de Miopía Nocturna, un total de 64 accidentes respecto a 17 accidentes, respectivamente. En cambio, los accidentes durante la conducción nocturna eran superiores en sujetos que presentaban el fenómeno.⁴⁰

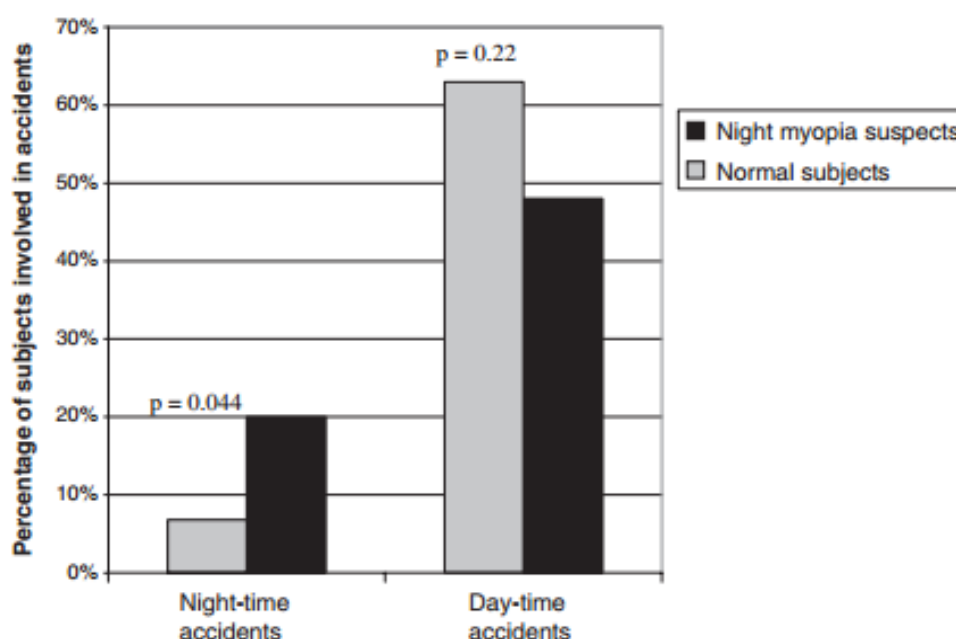


Figura 8. Porcentaje de conductores involucrados en accidentes diurnos y nocturnos, en personas con Miopía Nocturna y personas con visión normal.⁴⁰

La conclusión obtenida es que no había ninguna diferencia estadísticamente significativa entre estos conductores y el resto del grupo en cuanto a los resultados del cuestionario de quejas visuales, o en el número de accidentes diurnos; y que los sujetos con Miopía Nocturna superior a - 0,75 D tenían más probabilidades de estar involucrados en los accidentes nocturnos.

También se han encontrado evidencias de investigadores que buscan la compensación del fenómeno con el fin de mejorar la tarea de la conducción durante la noche. Uno de ellos es un estudio publicado en el año 2008, donde se analiza la mejora en la calidad de visual nocturna que se pueden inducir empleando una compensación con lentes negativas durante la conducción.

Para ello tomaron a 20 individuos con una agudeza visual de 1,00 sin compensación ni patología, con una edad media de 42,5 años y se compararon los resultados con la experiencia visual al conducir en condiciones escotópicas. Ésta fue analizada mediante el cuestionario adaptado Visual Function Questionnaire-25 del NEI evaluado con una escala de puntos del 0 al 100. ⁴¹

Los datos obtenidos (Figura 9) muestran que el 75% de los individuos manifestaban mala visión al conducir de noche con un nivel de concordancia mayor de 50 puntos; el 40% de ellos notó mejoría con el uso de lentes de -0,50 D y el 13% con -1,00 D. En cuanto a las dificultades para ver las señales de tráfico, un 70% tuvo una concordancia de más de 50 puntos, de los cuales el 50% mejoró con lentes de -0,50 D y el 28% con -1,00 D. Por último, la queja del deslumbramiento y seguridad en la conducción nocturna se manifestó en el 70%, de los cuales también hubo mayor proporción de mejorías con -0,50 D. ⁴¹

Enunciado del VFQ / Resultado de las	Concordancia mayor a 50 puntos sin	Mejoría de más de 25 puntos con uso de -0.50	Mejoría de más de 25 puntos con -1.00 (% , N)	Mejoría con uso de -0.50 y -1.00 (en puntos)
Tengo mala visión nocturna al manejar	75.15	40.6	13.3.2	19.5, -3.2
Tengo dificultad para leer señalamiento de noche	70.14	50.7	28.6. 4	15.8, -0.8
Las luces de otros vehículos me deslumbran	70.14	85.7,	35.7. 5	27.1,2.1
No me siento seguro al manejar de noche	70.14	64.2,	36.7. 5	22.4, 10.5

Figura 9. Enunciado del VFQ/Resultados de las mediciones (modificado). ⁴¹

Como conclusión obtuvieron que el 80% de los sujetos conseguían mejor calidad visual con lentes de -0,50 D. Por tanto, el uso de una corrección con lente negativa de dicha potencia, produce una mejora en la experiencia visual nocturna durante la conducción en comparación con el uso de -1,00 D.

Capítulo 4: Medición y Compensación de la Miopía Nocturna

4.1 Medición

Algunos de los instrumentos empleados para medir la Miopía Nocturna en los distintos estudios que han sido analizados en este trabajo son:

- Un optómetro de campo abierto (Gran Seiko WAM5500) se utilizó en el experimento “Shedding light on night myopia” para medir objetivamente el estado de refracción paraxial del ojo sobre el centro pupilar, mientras que el otro ojo estaba obstruido. El observador tiene una visión de los estímulos visuales a través de un espejo que refleja la luz infrarroja del optómetro. Para maximizar la calidad de la imagen se incorporó una lente Badal entre el espejo y una lente móvil para ajustar la convergencia de estímulo. El estímulo era una fuente puntual mediante un diodo emisor de luz blanca LED o una carta de letras ETDRS retroiluminada. Ambos estímulos fueron similares, lo que sugiere un cambio insignificante de refracción cromática entre los dos estímulos.³⁵
- El trabajo elaborado por Artal en 2012 fue posible mediante un analizador visual de óptica adaptativa con luz infrarroja invisible, permitiendo al sujeto ver un estímulo bajo condiciones controladas de luminancia entre otros factores.³
- En el estudio “Relationship between night myopia and night-time motor vehicle accidents” se examinó la refracción, mediante el autorefractómetro de infrarrojos Nidek AR-1000.⁴⁰

4.2 Compensación

Con el objetivo de mejorar la sintomatología producida por la Miopía Nocturna, algunos autores indagaron en la posible compensación mediante lentes. Un ejemplo de ello es Monnier, según el cual la corrección óptica nocturna haría disminuir la intensidad y extensión de los haces luminosos que se irradian alrededor de las superficies luminosas intensas y puntuales, como ocurre con las estrellas.⁹ Sin embargo, en la actualidad no es considerado un proceso fácil, la Miopía Nocturna varía de un individuo a otro y según el nivel de iluminación, pudiendo haber también variaciones a corto plazo por factores no visuales como el estrés psicológico. Por tanto la compensación plantea una serie de problemas: pueden precisarse varias refracciones en días distintos y la prescripción encontrada sería adecuada sólo para una serie limitada de condiciones.⁴²

La Association of Optometrists publicó un informe en 1990 sobre la prescripción de una corrección al fenómeno donde sugiere que la naturaleza variable de la miopía producida a niveles bajos de iluminación crea un problema en la prescripción. Cuando se conduce de noche nunca existe oscuridad total, teniendo en cuenta los faros de los coches, el alumbrado de las calles, etc. Por tanto la prescripción dependerá del nivel de iluminación presentado. Asimismo, si se proporciona una compensación, el conductor

puede tener problemas en un área bien iluminada debido a los efectos que genera una lente negativa.⁴²

Conclusiones

El análisis y la revisión bibliográfica realizada acerca del fenómeno de la Miopía Nocturna llevan a una serie de conclusiones:

1. Su etiología a pesar de ser el principal objeto de estudio, sigue siendo en la actualidad un tema de debate y un enigma sin resolver. Los estudios realizados se centran principalmente en tres causas. La mayoría de las teorías se basa en la existencia de un estado de acomodación como consecuencia de una disminución de la nitidez del objeto observado en condiciones de baja iluminación. También protagonizan varias teorías la SA y aberración cromática por el aumento del diámetro pupilar y el desplazamiento de la curva de sensibilidad espectral, respectivamente. A menudo se ha sugerido que una combinación de todos estos factores produciría el efecto de la Miopía Nocturna con diferentes contribuciones de cada factor.
2. El valor de la miopía ocasionada en condiciones nocturnas, no es una medida exacta ni fácil de obtener debido a su alta sensibilidad a los cambios de iluminación, sistemas de medida, características del estudio, autor, etc.
3. La sintomatología ocasionada por el fenómeno, se podría compensar con el uso de lentes oftálmicas o lentes de contacto similares a las empleadas para la corrección del resto de ametropías. El problema reside en que la prescripción de éstas, no resulta tan fácil y genera problemas por la naturaleza variable de la Miopía Nocturna.

Líneas de investigación futuras

Después de comprobar la gran importancia e incidencia en la población que representa la Miopía Nocturna, mediante los estudios analizados, creo conveniente investigar más sobre el tema. A pesar de la existencia de numerosos experimentos, ninguno aporta una forma de medida exacta, las condiciones necesarias de iluminación, ni la una compensación adecuada a cada sujeto. Por ello se debería de analizar más esos aspectos para obtener una mejora de los efectos de la Miopía Nocturna.

Bibliografía

1. Otero JM, Plaza L, Salaverri F. Absolute thresholds and night myopia. *Journal of the Optical Society of America*. 1949; 39:167–172.
2. Otero JM, Duran A. Influencia del efecto de Purkinje combinado con la aberración cromática del ojo en la miopía nocturna. *Anales de Física y Química*. 1943; 39:567–578.
3. Artal P, Schwarz C, Cánovas C, Mira-Agudelo A. Night Myopia Studied with an Adaptive Optics Visual Analyzer. *PLoS ONE*. 2012; 7(7).
4. C Villa Collar. Recientes investigaciones ofrecen una nueva explicación al fenómeno de la Miopía Nocturna. *Gaceta de optometría y Óptica oftálmica*. 2012; 473.
5. Charman WN. Night myopia and driving. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 1996; 16: 474–485.
6. Cohen Y, Zadok D, Barkana Y, Shochat Z, Ashkenazi I, Avni I, et al. Relationship between night myopia and night-time motor vehicle accidents. *Acta Ophthal Scand*. 2007; 85: 367–370.
7. Fejer TP. Correction of night myopia and glare for night driving. *Canadian Journal of Ophthalmology*. 1995; 30:25–27.
8. Peixoto de Matos S. Prevalência e Grau de Miopia Noturna em Jovens Adultos Condutores de Automóveis. Tesis de Master. Universidade do Minho. Braga. 2011.
9. Sánchez L, Mayorga C, Ortiz M. Grado de incidencia de la miopía en relación con el rendimiento académico, en estudiantes adolescentes en la parroquia La Matriz del Catón Mocha, Tungurahua. <http://repositorio.pucesa.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/51/1/75002.pdf> (23 de Marzo de 2014).
10. Bohman CE, Saladin JJ. The relation between night myopia and accommodative convergence. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 1980; 57:551–558.
11. Leibowitz HW, Gish KW, Sheehy JB. Role of vergence accommodation in correcting for night myopia. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 1988; 65:383–386.
12. Rosenfield M. Refractive status of the eye. En: William J. B. Borish's *Clinical Refraction*; London: Butterworth-Heinemann; 2006: Pag.8.
13. Rayleigh L. On the invisibility of small objects in a bad light. *Proc Camb Phil Soc*. 1883; 4: 324.
14. De Andrés JR. Actividad en la óptica. En: De Andrés JR. José María Otero de Navascués Enríquez de la Sota, Marqués de Hermosilla: La baza nuclear y científica del mundo hispánico durante la Guerra Fría; Colonia San Rafael (México): 2005; Pag.39-41.
15. Urtubia Vicario C. Neurobiología de la adaptación a la iluminación. En: Urtubia Vicario C. *Neurobiología de la visión*; Barcelona: Edicions UPC; 1999: Pag. 119.
16. Calvo ML, Gómez-Reino C. In memoriam: Armando Durán Miranda. http://pendientedemigracion.ucm.es/info/giboucm/pdf_articulos/In%20Memoriam.pdf (16 de Mayo de 2014).
17. Palacios Martínez J, Fernández y Rodrigues O. De la miopía y de la presbicia nocturna; Madrid: Estades Artes Gráficas; 1994: Pag. 29.
18. Epstein D. Accommodation as the primary cause of night myopia. *Klin Monbl Augenheilkd*. 1982; 181(5):400-1.

19. Campbell F.W. Twilight myopia. *Journal of the Optical Society of America*. 1953; 43:925–926.
20. Johnson C. A. Effects of luminance and stimulus distance on accommodation and visual resolution. *Journal of the Optical Society of America*. 1976; 66:138–142.
21. Owens D. A, Leibowitz, H.W. Night myopia: cause and a possible basis or amelioration. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 1976; 53:709–717.
22. Simonelli N. M, Roscoe S. N. Apparent Size and Visual Accommodation under Day and Night Conditions. *Tech*. 1979; Report Eng Psy-79-3/AFOSR-79-3.
23. Braddick O, Ayling L, Sawyer R, Atkinson J. A photorefractive study of dark focus and refraction. *Vision Research*. 1981; 21:1761–1764.
24. Epstein D. Accommodation as the primary cause of low-luminance myopia. *Acta Ophthalmol*. 1983; 61:424–430.
25. Kotulak J. C, Morse S. E, Rabin J. C. Optical compensation for night myopia based on dark focus and CA/C ratio. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 1995; 36:1573–1580.
26. Young T. The Bakerian Lecture: on the mechanism of the eye. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 1801; 91:23–88.
27. Ivanoff A. On the influence of accommodation on spherical aberration in the human eye, an attempt to interpret night myopia. *Journal of the Optical Society of America*. 1947; 37:730.
28. Lopez Gil N, Fernandez Sanchez V, Legras R, Montes Mico R, Lara F, Nguyen Khoa J. L. (2008). Accommodation-related changes in monochromatic aberrations of the human eye as a function of age. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2008; 49:1736–1743.
29. Lopez Gil N, Fernandez Sanchez V. The change of spherical aberration during accommodation and its effect on the accommodation response. *Journal of Vision*. 2010; 10(13):1–15.
30. Koomen M, Scolnik R, Tousey R. A study of night myopia. *Journal of the Optical Society of America*. 1951; 41:80–83.
31. Schober H. Die Nachtmyopie und ihre Ursachen. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 1947; 148: 171–186.
32. Rachel V. North. Rendimiento visual. En: Rachel V. North. *Trabajo y ojo*; Barcelona: Masson, S.A; 1996: 11.
33. Wald G, Griffin D.R. 1947. The Change in Refractive Power of the Human Eye in Dim and Bright Light. *JOSA*. 1947; 37: 321-334.
34. Aoshima S, Nagata T, Watanabe I. Simulation of Night Myopia in Pseudophakic Eyes. *Jpn J Ophthalmol*. 2000; 44(6): 691-692.
35. López Gil N, Peixoto de Matos S. C, Thibos L. N, González Méijome J. M. Shedding light on night myopia. *Journal of Vision*. 2012; 12(5):4, 1–9.
36. Borish I. M. *Clinical refraction*; Chicago: The Professional Press, Inc; 1970: 1.
37. ABC. Miopía Nocturna. <http://www.longitudeonda.com/index.php/miopia-nocturna/> (12 de Abril de 2014)
38. Furlan W, García Monreal J, Muñoz Escrivá L. Refracción ocular. Acomodación y ametropías. En: Furlan W, García Monreal J, Muñoz Escrivá L. *Fundamentos de optometría:Refracción ocular*; Valencia (España): PUV; 2009: Pag. 47-48.

39. Massimino N. Cambios funcionales conducción nocturna. <http://www.medicosporlaseguridadvial.com/cambios-funcionales-conduccion-nocturna> (19 de Mayo de 1014).
40. Cohen Y, Zadok D, Barkana Y, Shochat Z, Ashkenazi I, Avni I, MoY. Relationship between night myopia and night-time motor vehicle accidents. *Acta Ophthalmologica Scand.* 2007; 85: 367–370.
41. Blanco Garavito R, Macías Rodríguez Y, Villarreal Muraira AL. Experiencia visual con corrección miópica nocturna en pacientes emétopes. *Revista Mexicana de Oftalmología.* 2008; 82(6):376-380.
42. Rachel V. North. Conducción. En: Rachel V. North. *Trabajo y ojo*; Barcelona: Masson, S.A; 1996: 228-229.