



FACULTAD DE FARMACIA

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

# **“INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN EN LA MEDIDA DE LA AGUDEZA VISUAL”**

JUDITH RODRÍGUEZ MATEOS

SEVILLA, 18 DE JUNIO DE 2018





UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# **“INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN EN LA MEDIDA DE LA AGUDEZA VISUAL”**

ALUMNA: JUDITH RODRÍGUEZ MATEOS

SEVILLA, 18 JUNIO DE 2018

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

TUTOR: MARIA JOSÉ BAUTISTA

TIPOLOGÍA DEL PROYECTO: EXPERIMENTAL



## **RESUMEN**

En este estudio de campo, se ha analizado si la iluminación ambiental interfiere en los resultados obtenidos en la agudeza visual, tanto en condiciones monoculares como binoculares, con y sin corrección, en visión lejana.

Para poder llevarlo a cabo, se escogió una muestra de treinta sujetos, entre ellos había diez pacientes miopes, diez hipermétropes y diez emétopes, con edades comprendidas entre 20 y 25 años.

Se dispuso el gabinete en tres condiciones distintas de iluminación ambiental, fotópicas (400 lux), mesópicas (200 lux) y escotópicas (10 lux), que era el menor nivel de iluminación que podía acondicionarse en el gabinete con el optotipo encendido. Todas estas condiciones fueron medidas con el luxómetro.

De igual manera, se utilizó el test ETDRS, para poder determinar las agudezas visuales alcanzadas por los distintos pacientes y condiciones de iluminación, éste test se disponía siempre con la luminancia de fondo que poseía, y con la misma intensidad de color de los caracteres del optotipo.

A partir de los valores de agudeza visual obtenidos, y mediante la elaboración de un análisis estadístico, se concluyó que la agudeza visual sí se encuentra influenciada por la iluminación ambiental del gabinete.



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. ANATOMÍA OCULAR	
1.2. ÓPTICA DE LA VISIÓN	
1.3. AGUDEZA VISUAL (AV)	
1.4. EMETROPÍA Y DEFECTOS DE REFRACCIÓN	
1.5. ILUMINACIÓN	
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	15
3.1. SELECCIÓN DE PACIENTES (CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN)	
3.2. MATERIAL UTILIZADO	
3.3. DESCRIPCIÓN DE MATERIAL UTILIZADO	
3.4. PROCEDIMIENTO	
3.5. MEDIDAS Y PARÁMETROS UTILIZADOS	
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
4. RESULTADOS.....	19
4.1. AV PACIENTES MIOPE, HIPERMÉTROPES Y EMÉTROPES	
4.1.1. AV MONOCULAR SIN CORRECCIÓN	
4.1.2. AV MONOCULAR CON CORRECCIÓN	
4.1.3. AV BINOCULAR SIN CORRECCIÓN	
4.1.4. AV BINOCULAR CON CORRECCIÓN	
5. DISCUSIÓN.....	30
6. CONCLUSIONES.....	33
7. BIBLIOGRAFÍA.....	34

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: TABLA CÁLCULO AV A 4 METROS**

LOGMAR CALCULATION CARD for Chart at 4M or Near Card at 40cm												
Last line read ↓	TOTAL NUMBER of LETTERS MISSED											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.3	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	-	-	-	-	-	-
1.2	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	-	-
1.1	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32
1.0	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22
0.9	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12
0.8	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02
0.7	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92
0.6	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82
0.5	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72
0.4	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
0.3	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52
0.2	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42
0.1	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32
0.0	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22
-0.1	-0.10	-0.08	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
-0.2	-0.20	-0.18	-0.16	-0.14	-0.12	-0.10	-0.08	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.02
-0.3	-0.30	-0.28	-0.26	-0.24	-0.22	-0.20	-0.18	-0.16	-0.14	-0.12	-0.10	-0.08

*If Subject cannot see chart at 4M, move chart to 2M. Adjust refraction if required and use the LogMAR Calculation Card for 2m instead.*

### **ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO**

#### **FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Según lo establecido en el art. 8.2 de la Ley Básica 41/2002 Reguladora de la Autonomía del Paciente y de los Derechos y Obligaciones en Materia de Información y Documentación Clínica, el consentimiento escrito será necesario en los procedimientos de diagnóstico, pronóstico y terapéuticos que se le apliquen al paciente y que vayan a ser utilizados en un proyecto docente y de investigación y que dicha actividad en ningún caso podrá comportar riesgo adicional para su salud.

#### **1. Información sobre el estudio**

Este estudio tiene como objetivo evaluar los cambios que se producen en la Agudeza Visual al cambiar la iluminación ambiente del gabinete, para lo que habrá que realizar una refracción objetiva y subjetiva del paciente, así como varias medidas de la Agudeza Visual. Estas técnicas de uso en clínica no comportan riesgo para el paciente.

Los datos obtenidos serán custodiados siguiendo lo recogido en la Ley Básica 41/2002.

#### **2. CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, D/D<sup>a</sup> \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_



1. Manifiesto que decido libremente participar en esta investigación sobre Agudeza Visual.
2. Que la naturaleza y propósito de este estudio han sido explicados satisfactoriamente por el investigador y lo he discutido con él.
3. Comprendo que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento.
4. Doy mi consentimiento de participación libre y voluntariamente.

Fdo.



## 1. INTRODUCCIÓN

El ser humano es un animal visual. Los humanos, con visión normal, reaccionan ante el mundo a través del sentido de la vista, más que por otros sentidos como son el oído, el gusto, el olfato y el tacto (Pocock y Richards 2002).

### 1.1. ANATOMÍA OCULAR

Los ojos están protegidos dentro de las cavidades óseas de las orbitas. Únicamente una tercera parte de ellos no están protegidos por hueso. El globo ocular es, más o menos, esférico y su pared está constituida por una capa dura, llamada esclerótica, que lo protege (Pocock y Richards 2002).

En el polo anterior del ojo se encuentra, en primer lugar, la esclerótica, que en su porción anterior se modifica, dando lugar a la córnea, que es la zona transparente y avascular del ojo, está formada por la pupila y el iris. Éste último, constituye una zona pigmentada que deja en su centro una apertura central llamada pupila, por la cual pasan los rayos de luz hasta llegar a las células fotorreceptoras de la retina (Pocock y Richards 2002).

En el polo posterior, el cristalino está situado por detrás del iris, suspendido en una posición determinada, gracias al ligamento suspensorio formado por las fibras zonulares del cuerpo ciliar que lo rodean (Ira Fox 2003). También, se encuentra ubicada una capa pigmentada muy vascularizada llamada coroides, gracias a esta vascularización las distintas estructuras oculares pueden nutrirse (Pocock y Richards 2002), (Ganong et al. 2006). Tras la coroides, se encuentra la retina, que ocupa los dos tercios posteriores de la misma. Ésta, está constituida por tejido neural, que contiene células fotorreceptoras, junto con una extensa red de células nerviosas (Pocock y Richards 2002), (Ganong et al. 2006). (Figura 1):

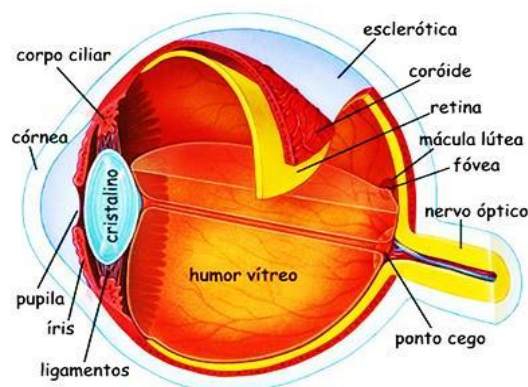


Figura 1: Anatomía ocular

En la retina existe una zona de suma importancia para el proceso de la visión llamada fovea, y dentro de la misma, se encuentra la mácula lútea (Ira Fox 2003), que es una zona diminuta situada en el centro de la retina, y está especializada en la visión aguda y detallada del mundo que nos rodea (Hall 2016). Ésta zona está compuesta, fundamentalmente, por unas células fotorreceptoras, conocidas como conos, y las regiones más periféricas de la retina contienen una mezcla de los dos tipos de fotorreceptores, conos y bastones (Ira Fox 2003).

Por tanto, una de las zonas de mayor importancia en el proceso de la visión es la retina, debido a que toda ella, está constituida por una extensión de tejido cerebral (Ira Fox 2003), ésta está formada por diez capas también llamadas estratos celulares. (Figura 2):

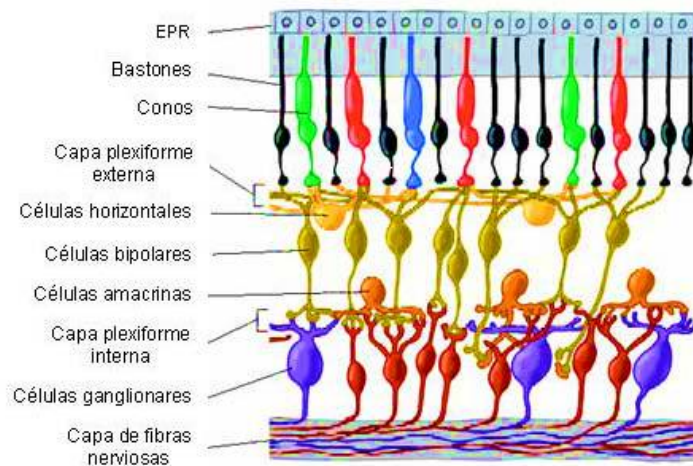


Figura 2: Capas de la retina

Dentro de las células fotorreceptoras, los conos, son los responsables de la visión de los colores, por el contrario, los bastones, detectan la luz tenue, y son los responsables de que podamos ver en blanco y negro, en ausencia de luz (Hall 2016). Por lo tanto, los conos son, fundamentalmente, los fotorreceptores utilizados durante el día, es decir, cuando la cantidad de luz que llega a los ojos es alta, y se conoce como visión en condiciones fotópicas. Por el contrario, cuando los niveles de iluminación ambiental son bajos, las células fotorreceptoras predominantes son los bastones, encargados de la visión en condiciones de oscuridad, esto es conocido, como visión escotópica, y se caracteriza por la ausencia de visión de los colores y una elevada sensibilidad al contraste (Pocock y Richards 2002).

La sensibilidad al contraste es la capacidad del sistema visual de un individuo de discriminar entre un amplio rango de tamaños de caracteres de diferentes contrastes (Aparicio et al.,2010).

En condiciones ambientales de media iluminación, se utilizan tanto conos como bastones, esto es conocido con el nombre de visión en condiciones mesópicas, se podrían asemejar a las que se dan durante el atardecer (Pocock y Richards 2002).

El ser humano es tricrómata, esto significa que posee tres tipos de conos que pueden llamarse de varias maneras, en función a la región del espectro visible en el cual el pigmento de cada cono absorbe mejor la luz, se pueden clasificar en conos azules, conos verdes y conos rojos. Los conos azules absorben longitudes de onda cortas, es decir, de unos 420 nanómetros, son conocidos como conos S (short); los conos verdes absorben longitudes de onda media, en torno a unos 530 nanómetros, por ello se les conoce como conos M (medium); y por último, los conos rojos absorben longitudes de onda larga, es decir, unos 562 nanómetros, y se les conoce como conos L (large) (Ira Fox 2003).

Tanto conos como bastones contienen moléculas de pigmento, los bastones contienen rodopsina, que es un pigmento de color púrpura, y los conos contienen un pigmento llamado retineno, que está asociado a tres proteínas llamadas fopsinas, y dependiendo de qué tipo de cono se active el retineno estará asociado a una proteína u otra. Ante la presencia de luz se disocian, y esto da lugar a unos potenciales de acción en conos, bastones y en el nervio óptico, de esta manera se procede al mecanismo de formación de las imágenes (Ira Fox 2003). Estos impulsos, iniciados en retina, son conducidos hacia la corteza visual cerebral, dando lugar a la sensación de visión de la siguiente manera (Raff et al. 2013): una vez que los rayos de luz estimulan a las células receptoras de la retina, situadas en la capa de conos y bastones, éstas hacen sinapsis, y transmiten las señales a la capa plexiforme externa donde se encuentran las células bipolares y horizontales. Éstas últimas, hacen sinapsis con las células bipolares de la retina, las cuales transmiten las señales, desde los conos, bastones y células horizontales, en sentido vertical hacia la capa plexiforme interna, donde se encuentran las células amacrinas y ganglionares que reciben las señales. Las células ganglionares, envían las señales de salida a través del nervio óptico hacia el cerebro (Ira Fox 2003), (Hall 2016). (Figura 3):

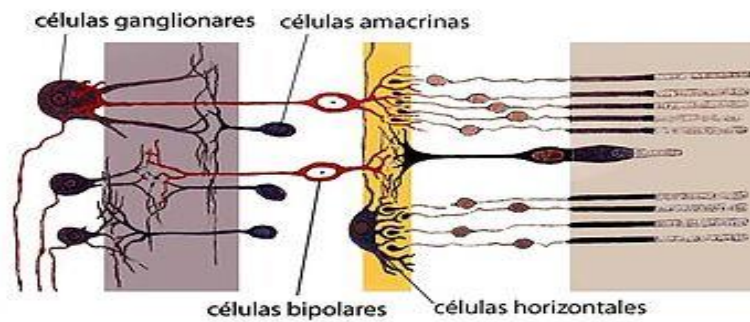


Figura 3: Células de la retina.

## 1.2. ÓPTICA DE LA VISIÓN

En el ojo, cada medio tiene una densidad distinta, un índice de refracción determinado, y por ello, cuanto más distinto sea del anterior, mayor refracción producirá en los rayos incidentes (Ganong et al. 2006). Esta refracción ocurre en el ojo porque el sistema ocular está compuesto por cuatro superficies refractivas que son las siguientes:

- Aire y cara anterior de la córnea.
- Cara posterior de la córnea y humor acuoso, siendo este último un líquido claro que se produce en el cuerpo ciliar, el cual fluye por la cámara anterior del ojo, que es una región constituida por la córnea en su porción anterior, y por el cristalino, en su porción posterior, por lo tanto es el encargado de nutrirlos (Ganong et al. 2006).
- Humor acuoso y cara anterior del cristalino
- Cara posterior del cristalino y humor vítreo, éste es un material gelatinoso que rellena el espacio constituido por el cristalino y la retina (Ganong et al. 2006), (Guyton 2011).

La mayor diferencia de índice de refracción se produce cuando un rayo pasa del aire a la córnea, tras pasar esta primera superficie, los rayos de luz viajan a través del ojo, hasta llegar al cristalino, que es el segundo medio que tienen que atravesar los rayos para ser enfocados finalmente en la retina. Del mismo modo, el cristalino posee un índice de refracción distinto al de la córnea, por lo que cuando los rayos lo atraviesan, se produce una refracción de los mismos. De esta manera, el índice de refracción también depende de la curvatura de la superficie sobre la que estén incidiendo los rayos procedentes del medio externo, por ello, en el cristalino se produce una refracción de la luz diferente, ya no solo por tener una densidad distinta, sino por ser éste mucho más irregular que la córnea. Las propiedades refractivas del

cristalino son las que permiten que el enfoque de luz en retina sea preciso (Ira Fox 2003), (Hall y Guyton 2012), (Ganong et al. 2006). Cuando un objeto provisto de nuestra atención está próximo, los músculos del cuerpo ciliar deben contraerse, de esta manera se reduce la tensión de las fibras zonulares, y el cristalino adquiere una forma redondeada y convexa debido a la flexibilidad propia del mismo. De igual manera la forma de la pupila cambia, se produce miosis, es decir, las pupilas reducen su tamaño (Ira Fox 2003).

Los objetos fijados en el centro del campo visual se ven con gran detalle y precisión, mientras que, los objetos situados en las regiones más periféricas se perciben con menos nitidez (Pocock y Richards 2002).

Cabe destacar que, la refracción de la luz es la causante de que la imagen que se forma en retina se disponga de manera invertida, y de igual manera, la refracción producida por el paso de los rayos de luz, a través de la córnea y del cristalino, origina que la mitad derecha del campo visual se proyecte en zona izquierda de la retina, y la mitad izquierda se proyecte en la mitad derecha. Esta información se dirige hacia los núcleos geniculados externos a través de quiasma óptico, que es la zona donde ambas informaciones confluyen, y finalmente, las neuronas de los dos cuerpos geniculados se proyectan en la corteza estriada cerebral (Ira Fox 2003). (Figura 4):

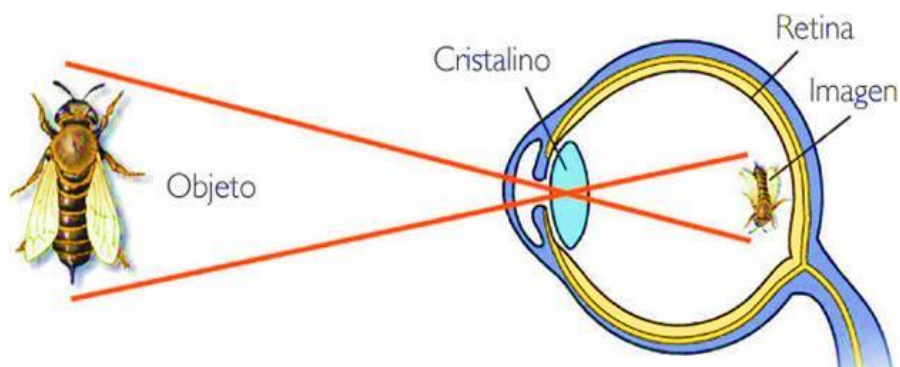


Figura 4: Formación de imágenes

### 1.3. AGUDEZA VISUAL (AV)

La AV es un término abstracto que, ópticos y físicos definen de distintas maneras, pero todas las definiciones poseen el mismo contenido y finalidad, ya sea en términos físicos o en términos acondicionados a las ciencias de la salud.

La AV es la nitidez con la que se visualiza una imagen, esto depende del poder de resolución del sistema visual de cada individuo, es decir, de la capacidad del sistema visual para distinguir dos puntos que están muy cercanos entre sí (Ira Fox 2003). La separación mínima es la menor distancia por la cual pueden estar separadas dos líneas, percibiéndose como dos líneas distintas y no por una sola línea (Ganong et al. 2006).

En optometría se utilizan optotipos, que pueden ser tarjetas impresas, proyectores o sistemas de videopantalla, que contienen figuras o símbolos subtendidos bajo un ángulo determinado a una distancia definida, que sirven para determinar la AV del paciente. En su diseño consideran los principios fisiológicos de la AV.

Los optotipos impresos se fabrican con materiales opacos, y tienen que ser directamente iluminados, otros se fabrican con materiales translucidos, iluminados mediante retroiluminación. Éstos últimos, son los más indicados para mantener un mejor contraste e iluminación, ambos son factores importantes a la hora de medir la AV. En ocasiones, el contraste se ve afectado por la iluminación de la sala.

Existe bastante controversia en cuanto al optotipo a utilizar para determinar la AV, en el pasado, el uso de distintos optotipos fue surgiendo de las diferentes aplicaciones a las que el investigador deseaba dirigir la medida de la AV (Marcet 2010).

Existen diversos tipos de optotipos, pero fundamentalmente, todos ellos se basan en dos tipos de escalas, que son los optotipos de escala aritmética, o tipo Snellen, y los optotipos de escala logarítmica, o de Bailey-Lovie. (Figura 5):

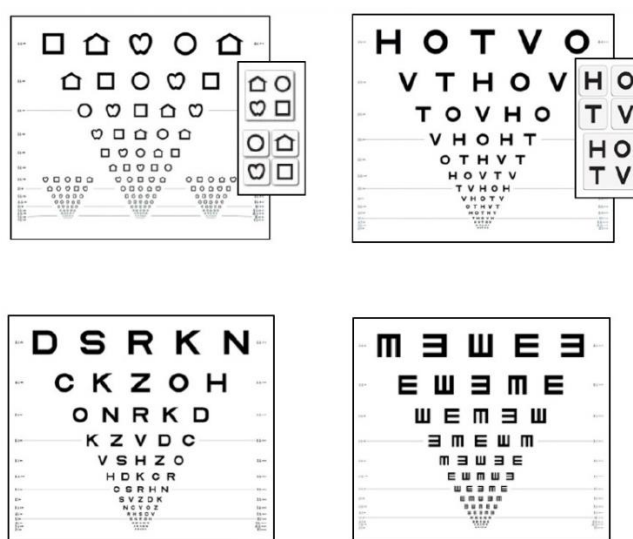


Figura 5: Optotipos



A la hora de cuantificar la AV existen múltiples factores que pueden afectar, como son:

- Físicos: iluminación ambiental, optotipo utilizado y las características refractivas del propio ojo en cuestión.
- Fisiológicos: como cantidad y disposición de células fotorreceptoras del sujeto, motilidad ocular, edad del sujeto, enfermedades, factores cerebrales, etc.
- Psicológicos: como fatiga física o mental, efecto de aprendizaje, experiencias previas, etc.

La medida de la AV puede realizarse en todas condiciones ambientales de iluminación, pero esto puede ocasionar que la AV varíe en cada medida de la misma (Fermandois 2011).

Para anotar la AV se han desarrollado distintos métodos:

- En la fracción de Snellen se expresa la relación entre el tamaño angular del optotipo, donde cada letra subtende un ángulo de cinco minutos de arco, la distancia a la que se debe presentar el optotipo utilizado y el tamaño del mismo. Se escribe de la siguiente manera: distancia al test / tamaño del test.
- La escala decimal es la más utilizada en España, lo que se hace en esta escala es resolver la fracción de Snellen. La máxima AV se corresponde con la unidad y la mínima con el cero.
- En la escala de mínimo ángulo de resolución (MAR) se expresa la AV en minutos de arco, y se indica el tamaño angular de mínimo detalle que el sujeto es capaz de resolver satisfactoriamente en el optotipo. Se calcula realizando la inversa de la AV obtenida en la escala decimal.
- Los optotipos que presentan la escala logarítmica del mínimo ángulo de resolución (LogMAR) contienen cinco letras por línea, y la misma separación entre filas y caracteres, así cada uno de ellos tiene asignado un valor de 0,02 unidades logarítmicas. La máxima AV se corresponde con el cero o valores negativos, y la mínima con la unidad. A efectos teóricos, se ha demostrado que esta escala es la más precisa para determinar la AV, pero su uso está poco extendido en la práctica (Fermandois 2011) (Anexo 1).

#### 1.4. EMETROPÍA Y DEFECTOS DE REFRACCIÓN

La emetropía, o visión normal, se produce cuando los rayos de luz procedentes de un objeto alejado, quedan enfocados con nitidez en la retina, es decir, cuando el músculo ciliar se encuentra relajado por completo, el cristalino no está actuando, por lo tanto, no se está poniendo en juego la acomodación. Para la visión cercana, un ojo emétrope, debe poner en juego la acomodación, por tanto, el musculo ciliar se va a contraer, y el cristalino debe desplazarse hacia adelante, de manera que el ojo va a ser capaz de enfocar el objeto de interés (Guyton 2011).

Ser emétrope, o tener una buena AV, quiere decir que el sujeto es capaz de apreciar pequeños detalles de una imagen, mientras que, una mala AV implica que el sujeto solo es capaz de apreciar rasgos gruesos de la imagen, como ocurre en los defectos refractivos explicados a continuación (Marcet 2010).

La hipermetropía, o hiperopía, suele producirse debido a la presencia de un globo ocular demasiado corto (desde su vértice hasta su base) (Hall y Guyton 2012), o a veces, el ojo está integrado por un sistema de lentes con un poder refractivo insuficiente, y por ello, los rayos de luz procedentes de un objeto lejano se enfocan por detrás de la retina (Ganong et al. 2006). El sistema de lentes de estos ojos, cuando se encuentra relajado, no desvía lo suficiente los rayos de luz paralelos para que lleguen a estar enfocados en el momento de alcanzar la retina. Para vencer esta anomalía, el músculo ciliar debe contraerse, con el fin de incrementar la potencia del cristalino. Un hipermétrope, cuando pone en juego la acomodación, es capaz de enfocar los objetos alejados en la retina (Guyton 2011). El esfuerzo continuado del músculo ciliar, provoca que el sistema visual se agote y, a su vez, que la persona se sienta también agotada, ocasionando cefalea y visión borrosa. La convergencia prolongada de los ejes visuales que se relaciona con la acomodación puede causar estrabismos. (Figura 6):

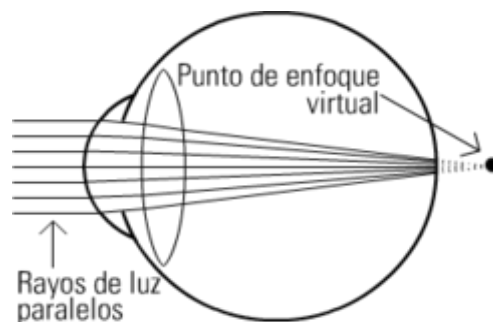


Figura 6: Ojo hipermétrope.

La hipermetropía puede corregirse con lentes convexas o positivas, las cuales ayudan al poder de refracción del ojo mediante el acortamiento de la distancia focal (Ganong et al. 2006).

En la miopía, el diámetro anteroposterior del globo ocular es muy grande, por ello se dice que la miopía puede ser de origen genético, sin embargo, la miopía puede aparecer en adultos jóvenes debido al extenso trabajo a corta distancia que implican actividades como el estudio, que acelera su desarrollo (Ganong et al. 2006). También puede deberse a un excesivo poder dióptrico. No existe ningún mecanismo para reducir la potencia del cristalino por debajo de la que existe cuando el músculo ciliar se encuentra relajado por completo, por tanto, las personas miopes son incapaces de enfocar con nitidez los objetos alejados sobre la retina. Una persona miope posee un “punto lejano” concreto, que es el límite para la visión nítida (Guyton 2011). (Figura 7):

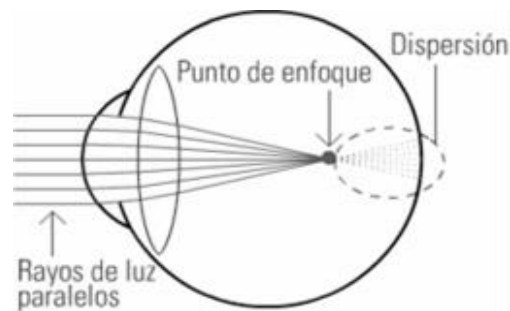


Figura 7: Ojo miope.

Este defecto refractivo puede corregirse con lentes cóncavas o negativas, que disminuyen la refracción, y ocasiona una divergencia de los rayos de luz incidentes. De esta manera, la luz procedente del objeto alejado en cuestión, hará que pueda ser enfocado en retina y podrá ser visto con nitidez (Hall y Guyton 2012).

El astigmatismo es un trastorno frecuente, en el cual, la curvatura de la córnea no es uniforme, es decir, que existe mayor o menor curvatura en un meridiano de la córnea que en los demás. De esta manera, cuando los rayos de luz procedentes de un objeto, inciden sobre dicho meridiano, se refractan a un foco diferente (Ganong et al. 2006), esa imagen queda enfocada a una distancia distinta a la que correspondería con su plano perpendicular (Guyton 2011). (Figura 8):

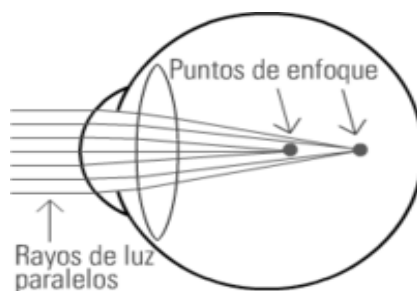


Figura 8: Ojo con astigmatismo.

Este defecto refractivo puede corregirse con lentes cilíndricas, colocadas de tal manera, que igualen la refracción en todos los meridianos del ojo (Ganong et al. 2006).

### 1.5. ILUMINACIÓN

La iluminación ambiental es un factor determinante a la hora de examinar la AV, debido a que produce cambios en:

- El sistema visual del paciente.
- La luminancia y el contraste de los estímulos presentados.

No existe un nivel concreto de iluminación ambiental, aunque sea un parámetro muy importante a la hora de medir la AV. Hasta el momento, este parámetro lo determina el examinador que realiza la medida.

Las magnitudes fotométricas que han sido utilizadas son las siguientes:

- Iluminación: “flujo luminoso incidente por unidad de superficie. Su unidad de medida es el lux” (Escofet Soteras 2005).
- Luminancia: “la superficie que emite la luz se encuentra dispuesta de manera perpendicular a la dirección de la propagación. Se define como la intensidad de luz emitida por unidad de superficie” (Escofet Soteras 2005).
- Contraste: “diferencia de luminancia entre el objeto y el fondo” (Escofet Soteras 2005).

Los cambios que se producen a nivel fisiológico cuando se pasan de unas condiciones a otras son los siguientes:

- Tamaño pupilar: éste oscila entre unos 2-8mm. A medida que las condiciones de luz disminuyen, la pupila sufre un cambio en su diámetro, aumentando su tamaño, esto produce un cambio en la difracción de los rayos de luz, un aumento de las aberraciones y un cambio en la profundidad de foco (Urtubia Vicario y Aguilar Rico 1997).

- Adaptación a los distintos niveles de iluminación: si un sujeto pasa de una sala de luz intensa a otra de total oscuridad, durante unos instantes, su sensibilidad retiniana se torna mínima, hasta que no termina el proceso de adaptación a la oscuridad, el individuo no es capaz de distinguir las zonas más claras del lugar. Por el contrario, cuando un sujeto pasa de una sala oscura a otra de intensa luz, en un primer instante, su ajuste retiniano será ineficaz, tendrá que pasar el proceso de adaptación a la luz para ser capaz de distinguir las zonas más oscuras de la imagen y ésta no tendrá contrastes.

La adaptación a la oscuridad se produce pasados 20-30 minutos tras la exposición a ese nivel de iluminación, es cuando los conos y bastones se estabilizan, y entonces se alcanza la máxima sensibilidad del sistema visual (Urtubia Vicario y Aguilar Rico 1997).

- Miopía nocturna: al dilatarse la pupila, la aberración esférica aumenta, produciéndose un desajuste en el enfoque de la imagen retiniana en un cuarto de dioptría.

De igual manera, el cristalino modifica el radio, tanto de su cara anterior como posterior, todo ello conlleva que, en condiciones escotópicas, un ojo normal adquiera una miopía de unas 2 dioptrías (Urtubia Vicario y Aguilar Rico 1997).

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo principal de este trabajo es la medida de la AV con diferentes niveles iluminación: condiciones fotópicas, mesópicas y escotópicas, en pacientes con distintos errores refractivos.

Como objetivos secundarios se plantean:

1. Realizar una comparación de la AV obtenida en las distintas condiciones de iluminación entre los grupos de pacientes.
2. Comprobar si existe alguna correlación entre la refracción y los cambios de AV obtenidos, según la cantidad de iluminación de la sala.

## **3. MATERIAL Y MÉTODO**

### **3.1. SELECCIÓN DE PACIENTES (CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN)**

En la realización de este estudio se han incluido pacientes jóvenes, sin importar el sexo, entre 18 y 30 años, para evitar la implicación de la presbicia y pérdida de acomodación.

Se incluyeron miopes o hipermétropes aunque tuvieran astigmatismo, pese a que este valor no se tuvo en cuenta a la hora de discutir los resultados obtenidos en la AV en las distintas condiciones lumínicas ambientales.

De igual manera, se excluyó a aquellos pacientes con patologías sistémicas con implicación ocular, patologías oculares y/o anomalías del sistema visual, y aquellos que estuviesen en tratamiento con algún fármaco que pudiese alterar la reacción pupilar normal a la luz.

### **3.2. MATERIAL UTILIZADO**

En el gabinete optométrico se utilizaron los siguientes aparatos:

- Metro
- Frontofocómetro manual
- Retinoscopio
- Foróptero
- Test u optotipo ETDRS móvil
- Luxómetro
- Regulador de intensidad lumínica del gabinete

### **3.3. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL UTILIZADO**

- La cinta métrica se utilizó para disponer el optotipo a la distancia indicada.
- El frontofocómetro manual, para determinar la potencia de las gafas que usaban los pacientes de manera habitual, y de esta manera proceder en la realización de la refracción subjetiva.
- El retinoscopio es un instrumento que permite la determinación objetiva de la refracción de los ojos objeto de estudio. El retinoscopio que hemos utilizado fue el de franja, éste proyecta una franja de luz en el ojo del paciente y, observando los reflejos procedentes del ojo del mismo, podemos determinar la refracción objetiva del individuo.
- El foróptero es un instrumento constituido por una serie de lentes que permiten determinar la graduación con la que el sistema visual del paciente consigue obtener la máxima AV.

- Entre todos los optotipos que se podían utilizar, hemos optado por el ETDRS móvil debido a que, como se comentó en la introducción, es el más preciso a la hora de determinar la AV del paciente, aunque su uso hoy en día sigue siendo poco difundido entre los profesionales.
- El luxómetro es un instrumento de medida de la iluminación real de un ambiente, y se usó para verificar que las condiciones lumínicas del gabinete eran las adecuadas para realizar las medidas.
- El regulador de intensidad lumínica del gabinete lo utilizamos para poder acondicionar la sala a los niveles de iluminación que se requerían.

### 3.4. PROCEDIMIENTO

En primer lugar, adecuamos el gabinete de tal manera que, se pudiera proceder con rapidez y eficacia a la hora de conseguir las medidas oportunas para realizar el estudio.

Para comenzar, se dispuso el optotipo ETDRS a 4 metros medidos con el metro desde la silla del foróptero, lugar que iba a ocupar el test en todas las pruebas que se iban a llevar a cabo, exceptuando esa disposición en aquellos pacientes que sin corrección no alcanzaban a distinguir ninguna letra del optotipo a esa distancia. En estos casos se disponía el test a 2 metros, y se realizaba una conversión de la medida a esa distancia con la que realmente tendría a 4 metros mediante una tabla. (Figura 9):

2M testing distance		---LOGMAR CALCULATION CARD---											2m testing distance	
Last Line read ↓	TOTAL NUMBER of LETTERS MISSED													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1.0	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	-	-	-	-	-	-	-	
0.9	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	-	-	-	
0.8	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.34	
0.7	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	
0.6	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	
0.5	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	
0.4	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	
0.3	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	
0.2	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	
0.1	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	
0.0	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	
-0.1	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	
-0.2	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	
-0.3	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	

*If Subject cannot see chart at 2M, move chart to 1M. Add 0.30 to final score above based on Last Line Read and number of letters missed.*

Figura 9: Tabla conversión AV a 2 metros.

El test se disponía con la máxima iluminación posible, de tal manera que el paciente pudiera distinguir adecuadamente las letras gracias al contraste entre el fondo blanco del optotipo, la luz procedente de ese mismo fondo (esto es conocido como retroiluminación) y las letras del test que eran de color negro. De esta manera beneficiamos la toma de AV, ya que el test poseía un adecuado contraste.

A continuación, se medía la potencia de la gafa con el frontofocómetro manual. La refracción obtenida nos servía como punto de partida para llevar a cabo la refracción subjetiva.

En los casos en los cuales el paciente no trajera su corrección habitual se realizaba la refracción objetiva mediante retinoscopía.

La refracción subjetiva, se realiza con el foróptero y con la sala totalmente iluminada. Primero se realiza la refracción subjetiva de manera monocular y tras esto, se lleva a cabo de manera binocular. La refracción subjetiva en aquellos pacientes que en la refracción objetiva eran emétopes, fue realizada mediante "fogging". La refracción subjetiva se realizó de manera monocular, y a continuación de manera binocular hasta alcanzar la máxima AV.

Tras esto, procedimos a disponer el gabinete en las distintas condiciones de luz necesarias para la realización del estudio. Las condiciones lumínicas fueron las siguientes:

- Fotópicas: gabinete dispuesto con la máxima iluminación posible, en nuestro caso, 400 lux.
- Mesópicas: gabinete dispuesto con unas condiciones de media iluminación, 200 lux.
- Escotópicas: gabinete dispuesto con la mínima iluminación posible, 10 lux.

El gabinete se dispuso, en primer lugar, en condiciones fotópicas mediante el regulador de intensidad de luz para realizar las medidas de AV sin corrección, en condiciones monoculares y binoculares (en ese orden). Después se realizó la medida de AV con corrección, tanto en monocular como en binocular.

Seguidamente, se dispuso el gabinete en condiciones mesópicas consiguiendo una iluminación de 200 lux para proceder a la medida de AV en estas nuevas condiciones. Aunque en la introducción se comentó que se debían dejar unos 30 minutos entre medición y medición para la adaptación de los fotorreceptores a la oscuridad, dejamos 5 minutos para conocer cuantas líneas de caracteres perdían los pacientes en un cambio de iluminación más o menos rápido, de esta manera obtendríamos la AV real ante esos cambios. Si se dejara todo el tiempo indicado en la bibliografía, los pacientes alcanzarían su máxima AV en oscuridad y no la AV ante esos cambios.



Después, se hizo el mismo procedimiento de manera mono y binocular pero con la corrección, y se anotó de nuevo la AV en estas nuevas condiciones.

Finalmente, pasamos a escotópicas, es decir, a oscuras, de nuevo mediante el regulador de intensidad, y la mínima iluminación que indicó el luxómetro era de 10 lux.

### **3.5. MEDIDAS Y PARÁMETROS UTILIZADOS**

Para poder determinar de qué manera cambia la AV en las distintas condiciones de iluminación, se tuvieron en cuenta distintos datos y éstos, fueron recogidos en una tabla.

Los parámetros que se anotaron en todos los grupos fueron:

- La refracción del paciente: esfera, cilindro y eje.
- La AV que alcanzaba con esa graduación en escala logMar.
- Los resultados de AV obtenidos de manera mono y binocular, con y sin corrección en condiciones fotópicas, mesópicas y escotópicas.

### **3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos se recogieron en un tabla de Excel (Microsoft Office 2010), programa utilizado para el tratamiento estadístico de los mismos, análisis individual de las pruebas y la creación de los gráficos y tablas correspondientes.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. AV PACIENTES MIOPE, HIPERMÉTROPES Y EMÉTROPES**

#### **4.1.1. AV MONOCULAR SIN CORRECCIÓN (sc)**

Se ha estudiado la AV de 30 pacientes, 60 ojos, 20 en cada grupo, miopes, hipermetropes y emetropes.

**Pacientes miopes (tabla 1):**

MIOPES MONOCULAR SC					
AVSC FOTÓPICAS		AVSC MESÓPICAS		AVSC ESCOTÓPICAS	
OD	OI	OD	OI	OD	OI
0,2	0,3	0,2	0,28	0,2	0,26
0,5	0,56	0,58	0,58	0,66	0,46
0	0	0	-0,1	0,2	-0,02
0,14	0,18	0,18	0,2	0,42	0,4
1	0,8	0,8	0,8	0,8	1,04
1,2	1,12	1,22	0,8	1,2	1
0,8	0,86	0,86	0,8	0,94	0,92
0,72	0,9	0,9	0,6	1,16	1,12
1,04	1,04	1,08	0,6	1,08	1
0,42	0,36	0,5	0,6	0,5	0,6

Tabla 1: AV miopes monocular sc.

El 50% de los miopes, alcanzaban una menor AV cuando se pasaban de condiciones fotópicas a escotópicas. En este grupo, la media de pérdida de líneas del optotipo al cambiar a condiciones mesópicas fue de 3,7 caracteres, y al pasar a condiciones escotópicas de 10,57 caracteres. Un 25% de ellos, alcanzaban mejores resultados en condiciones de media iluminación que en condiciones de máxima iluminación, y al pasar a oscuridad, la AV disminuía. La media de AV de este grupo es de 0,6242, con una desviación estándar de  $\pm 0,3686$ .

**Pacientes hipermétropes (tabla 2):**

HIPERMETROPES MONOCULAR SC					
AVSC FOTÓPICAS		AVSC MESÓPICAS		AVSC ESCOTÓPICAS	
OD	OI	OD	OI	OD	OI
0,2	0,26	0,2	0,24	0,22	0,26
0,3	0,4	0,32	0,4	0,4	0,4
0,2	0	0,4	0,16	0,22	0,12
0,26	0,4	0,26	0,3	0,2	0,3
0,5	0,4	0,38	0,3	0,5	0,4
-0,06	0	-0,08	0,04	-0,08	0,14
0	0	0,02	0,1	0	0
0	0	0	0	0	0
0,2	0,14	0,2	0,1	0,2	0,1
0,12	0,12	0,14	0,12	0,1	0,1

Tabla 2: AV hipermétropes monocular sc

El 30% de los ojos hipermétropes, experimentaron un aumento en la AV a medida que la iluminación dispuesta era menor y por tanto, cuando el contraste entre el fondo y el optotipo era mayor. Estos pacientes ganaron una media de 3,33 caracteres al pasar a condiciones de media iluminación, y de 3,29 caracteres al pasar a oscuridad. El 20% de ellos, no sufrían variaciones en los resultados cuando se disponían condiciones lumínicas menores. La AV media de los hipermétropes es de 0,1770, y una desviación estándar de  $\pm 0,1553$ .

**Pacientes emétopes (tabla 3):**

EMETROPES MONOCULAR SC = CC					
AVSC FOTO		AVSC FOTO		AVSC FOTO	
OD	OI	OD	OI	OD	OI
-0,2	-0,18	-0,14	-0,18	-0,18	-0,18
-0,2	-0,2	-0,24	-0,2	-0,28	-0,26
-0,24	-0,24	-0,24	-0,28	-0,26	-0,3
-0,28	-0,1	-0,16	-0,2	-0,1	-0,12
-0,1	-0,12	-0,12	-0,2	-0,12	-0,12
-0,1	-0,1	-0,16	-0,1	-0,16	-0,14
-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,16
-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,14	-0,16
-0,16	-0,18	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
-0,12	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1

Tabla 3: AV emétopes monocular.

El 50% de los emétopes, conseguían unos resultados de AV mayores a medida que la iluminación ambiental disminuía, y aumentaba la sensibilidad al contraste. Estos pacientes, obtenían una ganancia media de 3,22 caracteres al pasar a condiciones mesópicas, y de 2 al pasar a escotópicas. Un 25% de ellos, alcanzaban la misma AV en las tres condiciones lumínicas.

En otro 25% de éstos, se experimentaban cambios cuando se pasaban a condiciones ambientales de media iluminación. En la mayoría de ellos, la máxima AV se obtenía en estas condiciones.

Los pacientes emétopes poseen una media de AV de -0,1603, y una desviación estándar de  $\pm 0,0623$ . Se puede observar como la media de AV de estos pacientes es mayor, puesto que poseen una visión normal, y además de eso, las desviaciones estándares que experimentan las AV de los emétopes son mucho menores que en los casos anteriores.

#### 4.1.2. AV MONOCULAR CON CORRECCIÓN (cc)

Pacientes miopes (tabla 4):

MIOPE MONOCULAR CC					
AVCC FOTO		AVCC MESO		AVCC ESCO	
OD	OI	OD	OI	OD	OI
-0,08	-0,1	0	-0,1	0	-0,08
-0,14	-0,1	-0,14	-0,1	-0,12	-0,12
-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,02	-0,02
-0,1	-0,18	-0,1	-0,1	-0,08	-0,1
-0,1	-0,2	0	-0,1	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	-0,14	-0,1	-0,1	-0,04
-0,04	-0,04	-0,04	0	-0,04	-0,04
-0,06	-0,06	-0,04	-0,08	-0,12	-0,08
-0,24	-0,22	-0,2	-0,08	0	-0,1

Tabla 4: AV miopes monocular cc.

En el 50% de los ojos miopes, a medida que disminuía la iluminación ambiental, también lo hacía la AV. Éstos pacientes perdían una media de 3,75 al pasar a condiciones de media iluminación, y de 3,25 caracteres al cambiar a oscuridad. El 30% de los casos no experimentaron cambios en los resultados a medida que se disponían las distintas condiciones de luz ambiental en el gabinete. La media de los resultados de AV obtenidos por este grupo es de -0,0907, y la desviación estándar de esta media de AV es de  $\pm 0,0512$ , es decir, que entre ellos las AV no variaron mucho con respecto a esa media.

**Pacientes hipermétropes (tabla 5):**

HIPERMÉTROPES MONOCULAR CC					
AVCC FOTÓPICAS		AVCC MESÓPICAS		AVCC ESCOTÓPICAS	
OD	OI	OD	OI	OD	OI
0	-0,06	0,04	0	0,02	0
0	0	0	0	0	0
0	-0,1	0	-0,06	0,1	-0,02
0	0	0	-0,02	0	0
0,1	0	0,1	0	0,1	0
-0,1	0	-0,1	0	-0,1	0
-0,04	-0,04	0	0	-0,1	-0,04
-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0	0
0	-0,06	-0,1	-0,06	-0,08	-0,06

Tabla 5: AV hipermétropes monocular cc.

En el 50% de los ojos examinados, la AV no se encuentra afectada por la disminución de las condiciones lumínicas ambientales. En todos los casos, la AV se mantenía constante.

En el 25% de ellos, se produjo una disminución de la AV cuando se pasaban de condiciones de máxima a mínima iluminación. La media de los resultados de esta tabla es de: -0,0280, y el valor de desviación estándar es de  $\pm 0,0559$ , como se puede observar es un valor menor que sin corrección.

#### 4.1.3. AV BINOCULAR sc

Pacientes miopes (tabla 6):

MIOPEs BINOCULAR SC		
AVSC FOTO	AVSC MESO	AVSC ESCO
0,2	0,2	0,2
0,5	0,58	0,6
0	-0,1	0
0,12	0,14	0,46
1	0,8	0,9
0,9	0,9	1
0,7	0,8	0,9
0,74	0,74	1
0,98	1	1
0,4	0,4	0,4

Tabla 6: AV miopes binocular sc.

El 60% de estos pacientes, experimentaban una disminución de la AV a medida que la iluminación ambiental también lo hacía. Éstos sufrían una pérdida de unos 2,75 caracteres al acondicionar una iluminación media, y perdieron 7,14 al pasar a condiciones de oscuridad. La AV media de este grupo de pacientes era de 0,5280 y la desviación producida en este valor era de  $\pm 0,3575$ .

Pacientes hipermétropes (tabla 7):

HIPERMÉTROPES BINOCULAR SC		
AVSC FOTO	AVSC MESO	AVSC ESCO
0,22	0,14	0,2
0,3	0,3	0,3
0,12	0,08	0,16
0,22	0,2	0,2
0,32	0,22	0,24
-0,06	0	-0,08
0	0	0
0	0	0
0,1	0,1	0,04
0,1	0,1	0,1

Tabla 7: AV hipermétropes binocular sc.

El 40% de los pacientes hipermétropes, no sufrieron variaciones en la AV a medida que se disponían las distintas condiciones lumínicas en la sala. El 30% de ellos, alcanzaron su mayor AV en condiciones de media iluminación. La media de los resultados de la tabla es de  $0,1207 \pm 0,1154$ .

**Pacientes emétopes (tabla 8):**

EMÉTOPES BINOCULAR		
AV FOTO	AV MESO	AV ESCO
-0,2	-0,22	-0,2
-0,26	-0,14	-0,28
-0,3	-0,3	-0,3
-0,18	-0,26	-0,2
-0,1	-0,18	-0,08
-0,16	-0,18	-0,18
-0,24	-0,2	-0,2
-0,1	-0,16	-0,18
-0,2	-0,18	-0,18
-0,18	-0,18	-0,14

Tabla 8: AV emétopes binocular

El 40% de los pacientes emétopes, sufrían cambios en la AV al pasar a condiciones mesópicas, y en estas condiciones, alcanzaban (la mayoría de ellos), su máxima AV. El 30% de ellos, alcanzaron AV menores al disponer condiciones de luz inferiores en el gabinete. Éstos, al pasar a mesópicas, perdían 3 caracteres, y al pasar a escotópicas 2,75. Los pacientes emétopes obtienen una media de AV de  $-0,1603 \pm 0,0623$ .



#### 4.1.4. AV BINOCULAR cc

Pacientes miopes (tabla 9):

MIOPE BINOCULAR CC		
FOTÓPICAS	MESÓPICAS	ESCOTÓPICAS
-0,16	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	-0,1
-0,12	-0,18	-0,16
-0,18	-0,18	-0,1
-0,16	-0,16	-0,1
-0,14	-0,12	-0,1
-0,2	-0,2	-0,18
-0,08	-0,04	-0,08
-0,1	-0,14	-0,12
-0,22	-0,2	-0,2

Tabla 9: AV miopes binocular con corrección

El 60% de los miopes, consiguieron una menor AV al pasar de condiciones fotópicas a escotópicas progresivamente. Los miopes, perdieron una media de 2,2 caracteres al cambiar a mesópicas, y de 1,4 al pasar a escotópicas. El 30% de ellos, sufrieron cambios en la AV al pasar a condiciones de media iluminación y la mayoría de éstos alcanzaron su máxima AV en estas condiciones. La media es de -0,1400, con una desviación de este valor de  $\pm 0,0481$ .

Pacientes hipermétropes (tabla 10):

HIPERMÉTROPES BINOCULAR CC		
FOTÓPICAS	MESÓPICAS	ESCOTÓPICAS
-0,1	0	0
0	0	0
-0,1	-0,08	-0,04
-0,06	-0,1	-0,08
0	0	0
-0,08	-0,1	-0,08
-0,08	-0,08	-0,08
-0,1	-0,1	-0,1
-0,1	-0,1	-0,1
-0,08	-0,1	-0,1

Tabla 10: AV hipermétropes binocular cc.

El 50% de los hipermétropes, obtienen AV similares en las tres condiciones lumínicas. Éstos pacientes, obtuvieron una media de los resultados de  $-0,0720$  con una desviación de esa media de  $\pm 0,0402$ .

Contrastando los resultados obtenidos de los diferentes grupos, se obtuvo que:

Monocularmente y sin corrección, el grupo sufría una disminución de la AV, cuando la iluminación ambiental era menor. Éstos cambios son más constantes y regulares si los comparamos con los hipermétropes, cuyas AV variaban al disponer condiciones de media iluminación, en éstos la AV es mayor en condiciones mesópicas, que en fotópicas. Sin embargo, los emétropes alcanzaban mayores AV al disminuir gradualmente la iluminación ambiental. (Figura 10):

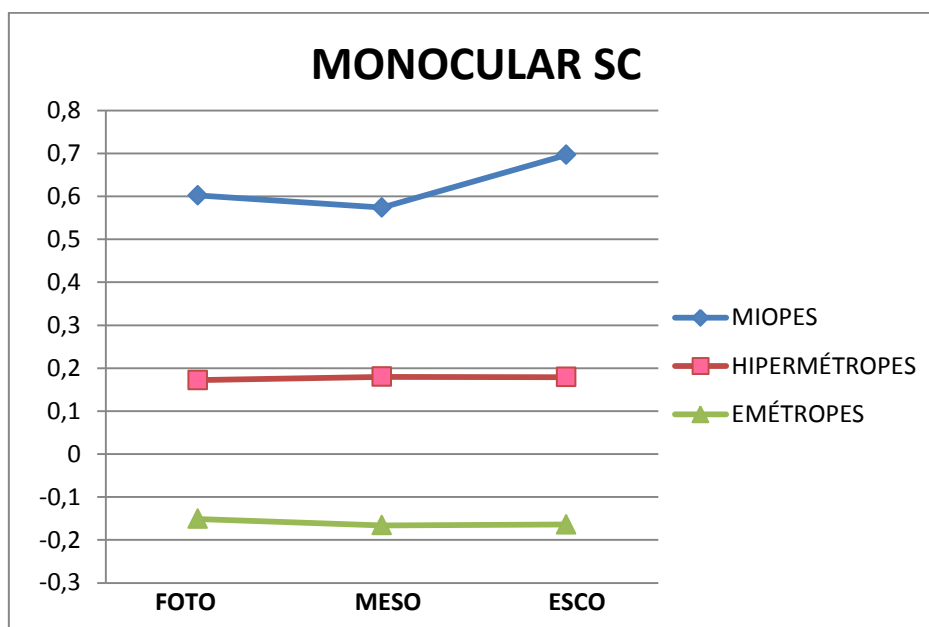


Figura 10: Media AV monocular sc.

De manera monocular, y con el error refractivo compensado, los miopes alcanzaron AV menores al disminuir la iluminación del gabinete, contrariamente a lo que les ocurría a los emétropes, que sufrían aumentos en la AV al disminuir la luz y aumentar el contraste. Por otro lado, los hipermétropes no experimentaron cambios en los resultados al modificar la iluminación ambiental. (Figura 11):

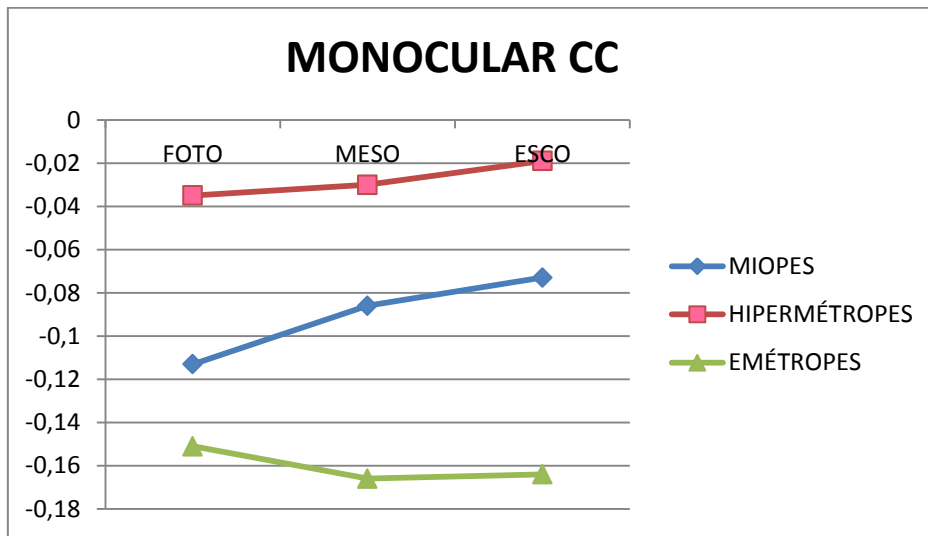


Figura 11: Media AV monocular cc.

Binocularmente y sin corrección, los miopes sufrieron disminuciones en la AV a medida que se acondicionaban menores iluminaciones. A los hipermetropes, no les afectaba la iluminación en la AV alcanzada. Mientras que, los emetropes, obtuvieron AV variables al disponer condiciones de media iluminación. (Figura 12):

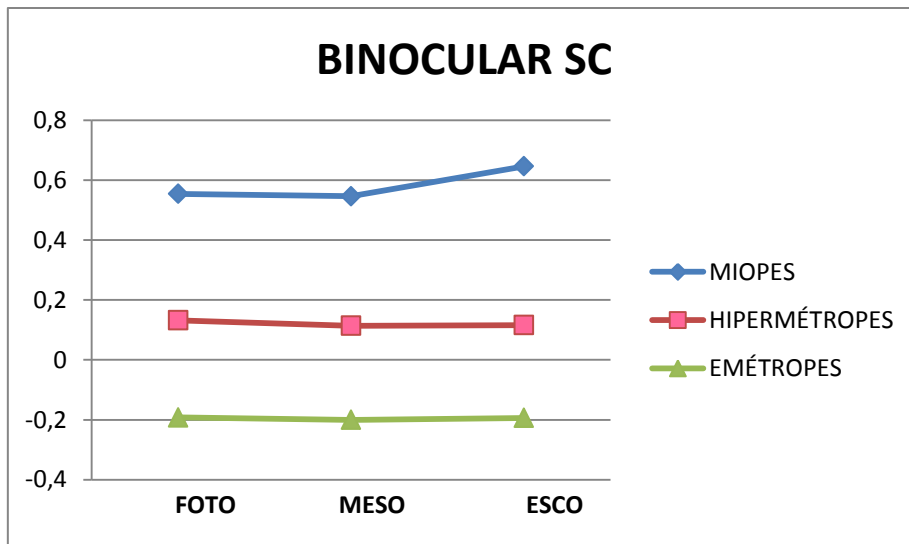


Figura 12: Media AV binocular sc.

Con corrección, en condiciones binoculares, el grupo de miopes alcanzaron menores AV al disponer de condiciones de iluminación inferiores. Los hipermétropes, no experimentaron modificaciones en la AV al disminuir la iluminación ambiental. Por último, los emétropes alcanzaron AV distintas, al pasar de condiciones fotópicas a mesópicas, siendo en estas últimas, la mayor o menor AV alcanzada por estos pacientes. (Figura 13):

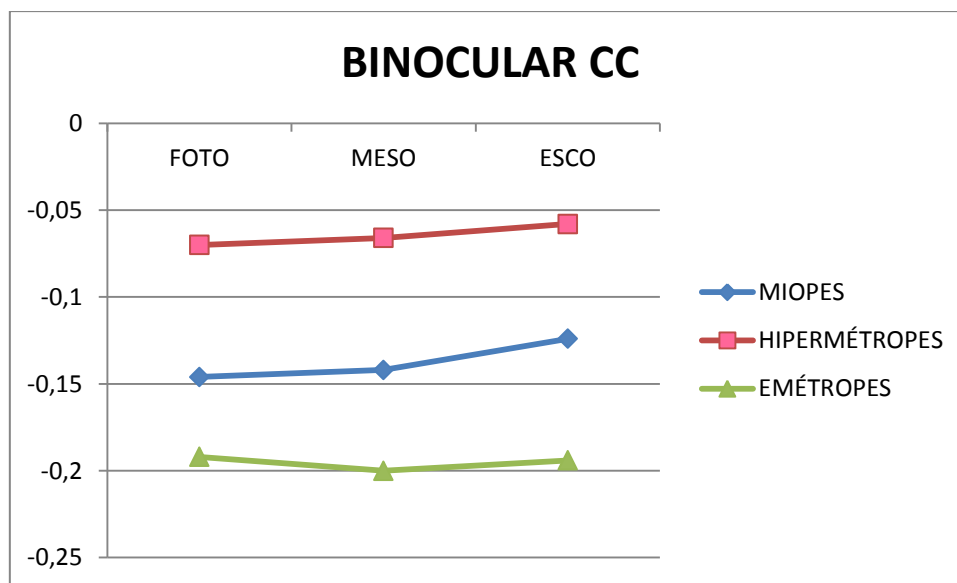


Figura 13: Media AV binocular cc.

## 5. DISCUSIÓN

Al examinar los resultados, obtenemos que la iluminación ambiental afecta a todos los grupos estudiados, ya sean emétropes, miopes o hipermétropes. En los artículos revisados (Aparicio et al.), (Durst et al. 2011), se expone que existen muchos factores que afectan a la AV, entre los que cabe destacar, la iluminación ambiental, y otros como son: las aberraciones, el tamaño pupilar, acomodación, deslumbramientos, sensibilidad al contraste, edad, luminancia del fondo del optotipo, etc.

Dentro de los tres tipos de pacientes, existían casos en los cuales se produjo una disminución en la AV, en éstos, se debe tener en cuenta que el deslumbramiento producido por la luminancia del fondo del optotipo, puede influir en los resultados de AV (Aparicio et al. 2010).

Del mismo modo, se debe considerar que este trabajo ha sido realizado en pacientes jóvenes, si hubiese sido en pacientes mayores, los cambios en el tamaño pupilar, aberraciones, desalineamiento ocular, deslumbramientos, ametropías residuales y la acomodación hubiesen

ocasionado una mayor disminución de la AV (Tidbury et al. 2016).

El tamaño pupilar es uno de los parámetros ópticos que más varía al cambiar la iluminación del entorno, y éste, es considerado uno de los que más afectan a la hora de medir la AV. (Comastri, 2004)

Todo esto influye en la calidad de la imagen retiniana, siendo esto clave a la hora de identificar y diferenciar caracteres en un optotipo (Aparicio et al. 2010).

En lo que concierne a los ojos de pacientes miopes, el 50% en condiciones monoculares con corrección y sin corrección, sufrieron un descenso de la AV a medida que se dispusieron condiciones menores de iluminación, esto se produjo en algunos artículos revisados en distintas bases de datos, en los cuales se trata acerca de la miopía nocturna (Lopez-Gil et al. 2012). Al acondicionar el gabinete en condiciones escotópicas, los pacientes miopes se vuelven más miopes, y por ello alcanzan una menor AV, del mismo modo, el tamaño pupilar aumenta y esto produce una menor profundidad de foco y, un aumento de las aberraciones inherentes al ojo. La baja iluminación afecta al cambio en el desenfoque, por lo que la miopía nocturna se puede dar por errores en la acomodación (Chirre et al. 2016), (Lopez-Gil et al. 2012).

Binocularmente, con corrección y sin ella, el 60% de estos pacientes sufrieron el mismo descenso que en condiciones monoculares. Sin embargo, en un artículo encontrado, se obtuvo que en condiciones binoculares la disminución en la AV no fue tan evidente como en condiciones monoculares (Chirre et al. 2016).

Kobashi et al., realizaron un estudio donde se tomaban medidas de AV en miopes con una anisometropía menor de 1 dioptría, bajo dos condiciones de luz que eran: luces encendidas y luces apagadas. En este artículo, los resultados fueron contrarios a los expuestos, ya que en éste, la AV no se veía afectada a medida que se cambiaban las condiciones de luz ambiental (Kobashi et al. 2015).

En nuestro caso, en la mayoría de los hipermétropes se producían variaciones al acondicionar en el gabinete iluminaciones mesópicas. Acerca de este tema, se ha encontrado un artículo de Hiraoka, dónde se producían diferencias en la AV, y unas desviaciones mayores en condiciones mesópicas que en condiciones fotópicas y escotópicas en todo tipo de pacientes, incluyendo a los emétropes (Hiraoka et al. 2015).

Aparicio et al., obtuvieron que los pacientes que poseen una mayor AV, normalmente emétopes, presentan una mayor sensibilidad al contraste que aquellos con una AV menor. Por lo que, los miopes e hipermetropes alcanzarían AV menores con corrección que los pacientes emétopes (Aparicio et al. 2010).

Las variaciones producidas en la sensibilidad al contraste, parecen tener una mayor relación con los procesos de adaptación a la luz y a la oscuridad que ocurren a nivel neuronal (Aparicio et al. 2010).

Por el contrario, en condiciones binoculares se producían cambios en los resultados al pasar a mesópicas. Este suceso también se ha expuesto en un artículo de Hiraoka, donde se trata que la iluminación ambiental en condiciones mesópicas, produce variaciones en los resultados tanto de hipermetropes como miopes, siendo mucho más frecuentes en estos casos, pero también en emétopes (Hiraoka et al. 2015).

Tidbury et al., realizaron un estudio similar con un rango de edades mucho más extenso, en el cual se afirmaba que si se dispone el gabinete en unas condiciones de iluminación de unos 400/600 lux, los emétopes alcanzan su máxima AV, y de esta manera, evitamos cualquier efecto que pueda producir los cambios de iluminación (Tidbury et al. 2016).

## 6. CONCLUSIONES

Según los resultados expuestos, podemos concluir:

1. La disposición fotométrica del gabinete, interfiere en mayor o menor medida en la mayoría de los pacientes, ya sean miopes, hipermétropes o emétropes.
2. El 50% de los pacientes miopes, de manera monocular cc y sc, obtuvieron unos resultados de AV peores a medida que se acondicionaba una menor iluminación ambiental en el gabinete.
3. Binocularmente con graduación, más de la mitad del grupo de los miopes sufrían un empobrecimiento de la AV al cambiar de condiciones fotópicas a mesópicas, y de mesópicas a escotópicas.
4. De manera monocular y sin compensar su defecto refractivo, los pacientes hipermétropes respondieron de manera distinta dependiendo de las condiciones de intensidad lumínica dispuestas. Por ello, se puede afirmar que estos pacientes no siguieron una pauta de respuesta en la AV a medida que se cambiaban las condiciones de luz.
5. Al pasar de condiciones fotópicas a escotópicas, los ojos hipermétropes con corrección alcanzaron AV similares en todas ellas.
6. Binocularmente cc y sc, los pacientes hipermétropes alcanzaban AV similares en las tres condiciones de iluminación adaptadas en la sala.
7. Los pacientes emétropes en condiciones monoculares les ocurre que, cuando se reduce la iluminación ambiental la AV obtenida en condiciones mesópicas y escotópicas es mayor que en condiciones de máxima iluminación.
8. En condiciones binoculares, los pacientes emétropes sufren fluctuaciones dependiendo del nivel lumínico ambiental dispuesto.
9. En todos los grupos de pacientes, existían casos donde al disponer condiciones mesópicas la AV variaba, en muchos casos se obtenía una mayor AV que en el resto de condiciones lumínicas.
10. Sería necesario considerar otros factores físicos, como la luminancia del optotipo y la sensibilidad al contraste; factores fisiológicos, como el cambio en el tamaño pupilar, las aberraciones oculares inherentes al sistema óptico, la acomodación y la edad; y también factores psicológicos, como el efecto de aprendizaje, para poder llegar a explicar las fluctuaciones obtenidas en algunas de las situaciones examinadas.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

Aparicio JA, Luis C, Santiago AI, Sardaña M. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA LUMINANCIA AMBIENTAL SOBRE LA MEDIDA DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE DE LETRAS. Valladolid;

Chirre E, Prieto PM, Schwarz C, Artal P. Night myopia is reduced in binocular vision. *J. Vis.* 22 de junio de 2016;16(8):1-10.

Comastri, S. A., Echarri, R., & Issolio, E. C. L.. RELACION ENTRE ILUMINACION AMBIENTE , TAMAÑO PUPILAR, 2004; 16, 73–77

Durst W, Peters T, Wilhelm B. Testing acuity and contrast vision under standardised lighting conditions. *Br. J. Ophthalmol.* 2011;95(11):1506-8.

Escofet Soteras J. *Optica geométrica : ejercicios de trazado gráfico de rayos.* Ariel; 2005.

Fernandois T. *Agudeza Visual.* 1. 2011;17.

Ganong WF, Castellanos Urdaibay MA, Martínez Moreno M. *Fisiología médica.* México D.F. : El Manual Moderno; 2006.

Guyton AC. *Tratado de fisiología médica / Arthur C. Guyton, John E. Hall.* Madrid [etc.] : Elsevier,; 2011.

Hall JE (John E. Guyton y Hall. *Tratado de fisiología médica.* Elsevier Health Sciences Spain - T; 2016.

Hall JE, Guyton AC. *Compendio de fisiología médica.* Elsevier; 2012.

Hiraoka T, Hoshi S, Okamoto Y, Okamoto F, Oshika T. Mesopic functional visual acuity in normal subjects. *PLoS One.* 2015;10(7):1-11.

Ira Fox S. *Fisiología humana (7a. ed.).* McGraw-Hill España; 2003.

Kobashi H, Kamiya K, Handa T, Ando W, Kawamorita T, Igarashi A, et al. Comparison of Subjective Refraction under Binocular and Monocular Conditions in Myopic Subjects. *Sci. Rep.* Nature Publishing Group; 2015;5(July):1-8.

Lopez-Gil N, Peixoto-de-Matos SC, Thibos LN, Gonzalez-Meijome JM. Shedding light on night myopia. *J. Vis.* 2012;12(5):4-4.



Marcet AF. Diplomatura en Óptica y Optometría Óptica Fisiológica. Tema III: La calidad de la imagen: agudeza visual. 2010

Pocock G, Richards CD. Fisiología humana : la base de la medicina. Masson; 2002.

Raff H, Levitzky MG, Rivera Muñoz B, Arias Rebatet G. Fisiología médica : un enfoque para aparatos y sistemas. McGraw Hill; 2013.

Tidbury LP, Czanner G, Newsham D. Fiat Lux: the effect of illuminance on acuity testing. Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology; 2016;254(6):1091-7.

Urtubia Vicario C, Aguilar Rico M. Neurobiología de la visión. UPC; 1997.