

TRABAJO FIN DE MÁSTER

EFEECTO DE DISTINTAS FUENTES LUMINOSAS SOBRE EL DESLUMBRAMIENTO MOLESTO E INCAPACITANTE

Máster en Investigación en Ciencias de la Visión – Universidad de Valladolid

Isabel Bermejo Rodríguez

Tutores: Dr. Miguel J. Maldonado López, Alfredo Holgueras López

Curso 2021-2022



Universidad de Valladolid

ÍNDICE

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| DOCUMENTO DE VISTO BUENO | 4 |
| CURRICULUM VITAE | 5 |
| RESUMEN EN ESPAÑOL Y EN INGLÉS | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| OBJETIVOS | 13 |
| Principal | 13 |
| Secundarios..... | 13 |
| MATERIALES Y MÉTODOS: | 14 |
| Diseño del estudio | 14 |
| Criterios de inclusión/ exclusión | 14 |
| Metodología..... | 14 |
| Análisis estadístico..... | 19 |
| RESULTADOS | 20 |
| 1. Análisis descriptivo de la muestra | 20 |
| 2. Análisis descriptivo del deslumbramiento incapacitante | 22 |
| 2.1 Contraste en la condición basal | 22 |
| 2.2 Contraste en la condición deslumbrante 1..... | 23 |
| 2.3 Contraste en la condición deslumbrante 2..... | 24 |
| 3. Análisis descriptivo del deslumbramiento molesto | 25 |
| 4. Diferencias asociadas al deslumbramiento incapacitante | 26 |
| 4.1. Diferencias entre las tres condiciones en función de la baja frecuencia de contraste | 26 |
| 4.2. Diferencias entre las tres condiciones en función de la alta frecuencia de contraste | 27 |
| 5. Diferencias en el deslumbramiento molesto medido mediante la escala de Boer en las condiciones deslumbrantes 1 y 2 | 27 |
| 6. Diferencias entre las condiciones basal y las condiciones deslumbrantes (1 y 2) en las distintas frecuencias en función de las variables | 28 |
| 6.1 Diferencias entre la condición 0 y la condición 1 en función de las variables en la baja frecuencia. | 28 |
| 6.2 Diferencias entre la condición 0 y la condición 1 en función de las variables en la alta frecuencia..... | 29 |
| 6.3 Diferencias entre la condición 0 y la condición 2 en función de las variables en la baja frecuencia | 31 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.4 Diferencias entre la condición 0 y la condición 2 en función de las variables en la alta frecuencia..... | 32 |
| 7. Diferencias entre la escala de De Boer en las condiciones deslumbrantes 1 y 2 en función de distintas variables. | 33 |
| DISCUSIÓN..... | 35 |
| CONCLUSIONES..... | 37 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 38 |
| ANEXOS..... | 40 |
| ANEXO 1 – Aprobación de la Comisión de Investigación | 40 |
| ANEXO 2 – Aprobación del Comité Ético..... | 41 |

CURRICULUM VITAE

I

RESUMEN EN ESPAÑOL Y EN INGLÉS

- **Objetivo:** El objetivo principal de este trabajo de investigación es conocer de manera más amplia el efecto del deslumbramiento incapacitante y molesto provocado por la exposición a distintas fuentes luminosas.
- **Metología:** Se realizó un estudio experimental consistente en una serie de pruebas para valorar la sensibilidad al contraste en baja (1.5 ciclos/grado) y alta (12 ciclos/grado) frecuencia espacial en tres condiciones lumínicas: sin deslumbramiento (basal) y con dos fuentes deslumbrantes de diferente intensidad (deslumbramiento 1 y deslumbramiento 2). Además, se realizaron medidas con una cámara y una luz infrarroja para evaluar el diámetro pupilar. También se emplearon los cuestionarios Night Vision Driving Questionnaire (NVD-Q) y de Boer. Se incluyeron sujetos mayores de 18 años sin patología que comprometiese a la visión.

- Resultados: Se reclutaron un total de 40 sujetos con una media de edad de 43,39 años y un equivalente esférico medio de -1,37 dioptrías. La media de puntuación en el cuestionario NVD-Q fue de 3,36. El diámetro pupilar medio fue de 6,83 milímetros. En cuanto a los datos de sensibilidad al contraste obtenidos en la condición basal fueron mayores en la alta frecuencia con respecto a la baja. En la condición deslumbrante 1, también se obtuvo una media de contraste mayor y la máxima puntuación en el test de sensibilidad al contraste (120) con la alta frecuencia. Igualmente, se obtuvo una media mayor para la alta frecuencia en la condición deslumbrante 2. Con respecto a la evaluación del deslumbramiento molesto mediante la escala de Boer, se obtuvo una puntuación mayor en la condición deslumbrante 2, con un mínimo y un máximo de puntuación igual en las dos condiciones.
- Conclusión: Deslumbramientos producidos por iluminaciones de baja intensidad, típicas del alumbrado público, que podrían ser comparables a las utilizadas en el presente estudio, no causan un perjuicio considerable en la función visual de sujetos sin patología ocular. La edad resulta un factor que explica las diferencias que se producen en las frecuencias espaciales altas al enfrentarse a un deslumbramiento. ($p < 0,027$ en la condición 1 y $p < 0,046$ en la condición 2).

..Palabras clave: deslumbramiento molesto, deslumbramiento incapacitante, contraste.

- Objective: The main objective of this research work is to gain a broader understanding of the effect of disabling and annoying glare caused by exposure to different light sources.

- Methodology: A non-invasive cross-sectional experimental study was carried out. A series of tests were included to assess contrast sensitivity at low (1.5 cycles/degree) and high (12 cycles/degree) spatial frequency in three light conditions: without glare (baseline) and with two glare sources of different intensity (glare 1 and glare 2). In addition, measurements were taken with a camera and an infrared light to evaluate pupil diameter. The Night Vision Driving Questionnaire (NVD-Q) and de Boer questionnaires were also used. Subjects over 18 years of age without pathology compromising vision were included.

- Results: A total of 40 subjects were recruited with a mean age of 43.39 years and a mean spherical equivalent of -1.37 diopters. The mean score on the NVD-Q questionnaire was 3.36. The mean pupillary diameter was 6.83 millimeters. As for the contrast data obtained in the baseline conditions were higher in the high frequency with respect to the low frequency. In the glaring condition 1, a higher contrast mean was also obtained and the maximum score with the high frequency. Similarly, a higher mean for the high frequency was obtained in glaring condition 2. With respect to the assessment

of annoying glare using the Boer scale, a higher score was obtained in glaring condition 2, with an equal minimum and maximum score in the two conditions.

- Conclusion: Glare produced by low-intensity illuminations, typical of street lighting, which could be comparable to those used in the present study, does not cause considerable impairment of visual function in subjects without ocular pathology.

-Key words: annoying glare, disabling glare, contrast.

INTRODUCCIÓN

Entre los parámetros básicos de evaluación de la función visual destacan la agudeza visual y la sensibilidad al contraste.

La agudeza visual es una medida del límite espacial de la discriminación visual, y está acotada por la óptica del ojo y por la anatomía y fisiología del sistema visual. Por ello se puede considerar como una medida clínica clave de la integridad de la función ocular. Para la determinación clínica de la agudeza visual se utilizan los optotipos, basados en el test de Snellen, que consiste en letras o signos de tamaño progresivamente decreciente. Para evaluar de manera correcta la agudeza visual mediante estos optotipos es necesario que se den una serie de condiciones: que exista una iluminación suficiente y uniforme y que estén aproximadamente situados a 6 metros del paciente para poder considerar que los rayos se enfocan desde el infinito óptico. Dentro de la definición general de agudeza visual, se reconocen varias subdivisiones, que se valoran con una serie de criterios diferentes: mínimo discriminable (es la capacidad de reconocer correctamente formas u objetos o su orientación), mínimo resoluble (es la habilidad para ver separados dos objetos próximos), y mínimo visible (es el tamaño mínimo que el objeto debe tener para ser visto a una distancia determinada)⁽¹⁾.

La agudeza visual, por tanto, define el detalle más pequeño que puede llegar a ser visto y se valora con contraste alto (ya que son objetos negros sobre un fondo blanco); sin embargo, los elementos del mundo real tienen distintos niveles de contraste. Los objetos se descomponen en patrones simples llamados ondas sinusoidales, que son hasta cinco veces más sensibles que las letras. Los objetos grandes se evalúan con frecuencias espaciales bajas, mientras que los pequeños se evalúan con frecuencias altas.^(2,3)

La sensibilidad al contraste se define como la medida de la cantidad de luminosidad que tiene un objeto en comparación con su fondo. El umbral

de contraste es la diferencia más pequeña que puede ser distinguida entre la luz y la oscuridad de un objeto y su fondo. El contraste se expresa como el inverso del umbral de contraste: si aumenta el contraste, disminuye el umbral. ⁽¹⁾ Muchas de las actividades del día a día se relacionan con la sensibilidad al contraste, por ejemplo: distinguir un escalón, bajar una escalera o el reconocimiento de objetos durante la conducción. ⁽²⁾

Existen dos formas básicas para valorar la sensibilidad al contraste: por medio de letras que poseen un contraste decreciente o por medio de test de enrejado.

- Mediante letras de contraste decreciente existe la prueba de Pelli-Robson, la cual se realiza con una tabla de letras, con el paciente situado a un metro de distancia. Esta tabla está formada por filas de letras de igual tamaño, agrupadas en grupos de tres letras con un contraste decreciente de 0,15 unidades logarítmicas de izquierda a derecha y de arriba abajo. El paciente debe leer las filas de letras hasta que alcance el grupo de tres letras de menor resolución, evaluándose la sensibilidad al contraste en una sola frecuencia espacial (Figura 1).



Figura 1. Prueba de Pelli-Robson ⁽³⁾

- Con respecto a los test de enrejado, se tratan de rejillas sinusoidales (ondas sinusoidales), por ejemplo, el Vistech Contrast Test System o el test Funtional Acuity Conrast Test (FACT), cuyos resultados obtenidos dan lugar a una curva que representa la sensibilidad del paciente ante diferentes frecuencias espaciales. Estas pruebas consisten en el sujeto vea una secuencia de rejillas con contraste cada vez más bajo.

Uno de los test mediante ondas sinusoidales más utilizado es el Vistech Contrast Test System (VCTS); el cual está compuesto por cuatro frecuencias espaciales con ocho niveles de contraste. En los cuatro primeros el contraste va disminuyendo en 0,17 unidades logarítmicas y en los cuatro siguientes en 0,15 unidades logarítmicas. Cada frecuencia está forma por dos líneas de círculos, uno de ellos contiene una rejilla con la frecuencia espacial. El test tiene su propio sistema de iluminación (85 cd/m²). El sujeto se debe situar a 2 metros de distancia y debe indicar en que fila se encuentra la rejilla. La prueba finaliza cuando no es capaz de determinar la presencia de la rejilla (Figura 2)⁽⁴⁻⁸⁾

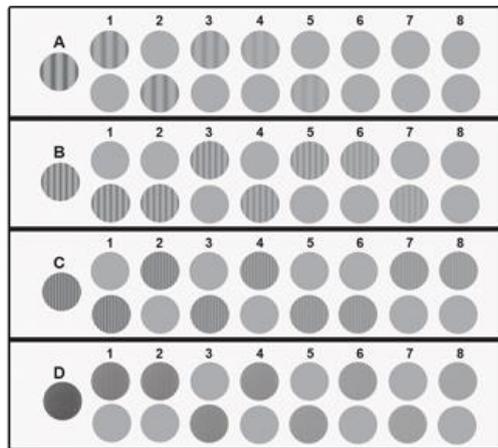


Figura 2. Test de Vistech Contrast Test System ⁽⁷⁾

El test FACT, es una segunda generación del test VCTS. Este está formado por rejillas de ondas sinusoidales de cinco frecuencias espaciales y nueve niveles de contraste. Dos de las principales diferencias con respecto al test VCTS es que presenta un fondo de color gris que disminuye el contraste de los círculos y otra es que la aminoración de contraste es uniforme de una columna a otra. Las rejillas sinusoidales tienen tres posibles orientaciones: rectas, inclinado a la derecha o a la izquierda. La manera de representación y su realización por el paciente son similares al test VCTS (Figura 3). ⁽⁹⁾

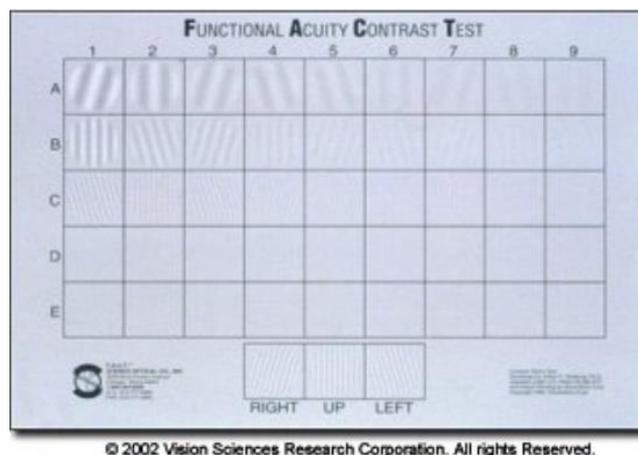


Figura 3. Test FACT ⁽⁷⁾

Cuando se valora la sensibilidad al contraste, lo que se obtiene es una curva que se compara con la curva normal en población no patológica. En general, algunas patologías que afectan a la visión alteran la curva (neuritis óptica, glaucoma, degeneración macular asociada a la edad). ^(10,11) Personas con facoescclerosis presentan una disminución de la curva de sensibilidad al contraste. Así mismo, se observa una marcada disminución de la sensibilidad al contraste en pacientes con catarata, además en función del tipo de catarata, se describe mayor afectación en cataratas corticales y subcapsulares posterior que en nucleares. ⁽¹²⁾ Pacientes con facoescclerosis o bien catarata con agudezas visuales de 20/40 o incluso 20/20, podrían presentar dificultades en sus actividades diarias como por ejemplo reconocer personas o incluso tropezar con objetos. En tales casos, la prueba de sensibilidad al contraste puede ser útil en el diagnóstico y en la decisión de tratamiento. ^(13,14) Además, tras la cirugía de cataratas, la sensibilidad al contraste mejora en la mayoría de los pacientes. ⁽¹⁵⁾

Una de las actividades cotidianas que más se puede ver afectada por problemas en la función visual es la conducción. Una luminancia reducida y la edad son dos de los factores que tienen un efecto perjudicial en la agudeza visual y sensibilidad al contraste. Se ha demostrado que los estándares que se utilizan para la obtención de las licencias para conducir, que miden la agudeza visual en condiciones fotópicas, no predicen la capacidad de reconocimiento de los conductores. En este sentido, la sensibilidad al contraste ha demostrado ser un mejor predictor de la habilidad para reconocer elementos mientras se conduce, especialmente en las condiciones nocturnas. ⁽¹⁶⁾

Se considera, por tanto, que la sensibilidad al contraste es una herramienta más efectiva que la agudeza visual para evaluar la función

visual en determinadas ocasiones, y se observa que muchas veces la pérdida de visión medida mediante la agudeza visual no representa el grado de severidad real.⁽¹⁵⁾

La pupila es la encargada de regular la entrada de luz al interior del ojo. Está controlada por el sistema nervioso autónomo, produciendo el sistema parasimpático la contracción del esfínter la pupila (miosis), a través del III par craneal, y el sistema nervioso simpático produce dilatación de la pupila (midriasis) por la contracción del músculo dilatador de la pupila. ⁽⁴⁾

Cuando existe una alta luminancia (condiciones fotópicas), la pupila se encuentra contraída para así reducir la cantidad de luz que entra en el ojo y evitar que un exceso de luz afecte a la visión. En situaciones de luminancia baja o media (condiciones mesópicas o escotópicas), por ejemplo, durante la conducción nocturna, la pupila se encuentra dilatada, siendo así más sensible a posibles deslumbramientos.^(1,17)

El deslumbramiento es la situación en la que se produce una entrada excesiva de luz en el sistema visual, mayor que la luminancia a la que se adaptan los ojos. Esto ocurre debido al fenómeno de dispersión de la luz que se produce cuando un rayo de luz atraviesa un medio no uniforme.

La dispersión de la luz ocurre porque esta es dividida a su paso desde la córnea hasta la retina debido a que los medios del ojo presentan algunas estructuras microscópicas y ultramicroscópicas imperfectas que no son uniformemente transparentes a la luz incidente. La falta de homogeneidad en los medios ópticos, por ejemplo, por su turbidez y opacificación, produce una mayor dispersión de la luz en la retina, causando así un mayor deslumbramiento y produciendo una disminución del contraste de la imagen en la retina.

Existen una serie de factores que contribuyen a la dispersión de la luz en la imagen retiniana; entre ellos destacan: la difracción de la luz (siempre que la pupila tenga un diámetro inferior a 2 mm), o las aberraciones ópticas (causadas por los rayos de luz que penetran por la periferia de la pupila que no convergen sobre el punto geométrico de la imagen). ⁽¹⁾

Existen dos tipos de deslumbramiento, ambos pueden aparecer por efecto directo o por reflexión sobre una superficie:

- El que puede producir una alteración de la función visual, siendo en este caso un deslumbramiento incapacitante ^(18,19)
- El que puede producir una sensación de incomodidad, siendo así considerado molesto.

Por un lado, el deslumbramiento incapacitante; sí que afecta a la capacidad de visión, causando discapacidad visual en la persona debido a una elevada luminancia. Como consecuencia reduce el campo visual y causa una disminución de la función visual.

Por otro lado, el deslumbramiento molesto aparece cuando hay demasiada luz en un momento determinado, afectando esto al confort visual, produciendo fatiga. Este deslumbramiento es el percibido por el sujeto y se considera con independencia de que afecte a la capacidad de visión. La luz solar sería un ejemplo típico, donde el ojo tiende a parpadear o mirar hacia otro lado para evitar el deslumbramiento. Este puede ser medido mediante la escala de Boer, en el cual el paciente clasifica el deslumbramiento en: insoportable, molesto, aceptable, leve o inapreciable. ⁽²⁰⁾

El deslumbramiento, en cualquiera de sus dos formas, puede afectar de forma importante a la calidad de vida de algunas personas, ya que perjudica al rendimiento visual y causa cierto grado de incomodidad, como por ejemplo durante la conducción, disminuyendo la percepción de las distancias, aumentando el tiempo de reacción y reduciendo la probabilidad de detección de algunos objetos o estímulos, como los peatones, incrementándose así la posibilidad de sufrir un accidente. Conducir de noche es especialmente exigente a nivel visual debido a la baja iluminación ambiental⁽²¹⁾.

El efecto del deslumbramiento en la función visual aumenta con la edad, aunque es cierto que sujetos jóvenes sin trastornos oculares muestran una reducción en la sensibilidad al contraste en condiciones mesópicas con deslumbramiento. En varios estudios se demuestra que existe una reducción en la sensibilidad al contraste con deslumbramiento tanto en condiciones fotópicas como mesópicas, siendo mucho mayor en la condición mesópica.

Para evaluar las dificultades visuales en la conducción nocturna, se desarrolló el cuestionario Vision Night Driving Questionnaire (VND-Q). (Figura 4). ^(18,22)

How much difficulty do you have or would you have with the following night-driving tasks:

| | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|
| Q1 | Seeing dark coloured cars when driving at night? |
| Q2 | Seeing pedestrians or animals on the road side when driving at night? |
| Q3 | Reading street signs when driving at night? |
| Q4 | Seeing the road because of oncoming headlights when driving at night? |
| Q5 | Seeing because of glare when driving at dusk or dawn? |
| Q6 | Adjusting after passing headlights from oncoming cars when driving at night? |
| Q7 | Judging the distance to your turn-off or exit while driving at night? |
| Q8 | Judging the distance between you and other moving cars while driving at night? |
| Q9 | Seeing the road in rain or poor weather when driving at night? |

(1) No difficulty; (2) a little difficulty; (3) moderate difficulty; (4) a lot of difficulty; (5) extreme difficulty.

Figura 4. Test de Vision Night Driving Questionnaire para evaluación de las dificultades visuales durante la conducción nocturna. (23)

Por lo tanto, conocer y analizar la forma en que distintas fuentes luminosas afectan al deslumbramiento molesto e incapacitante podría permitir, entender y prevenir factores que influyen en la afectación visual causada por el deslumbramiento.

HIPÓTESIS

La presencia de deslumbramiento afecta a la calidad de visión y varía en función de la exposición a fuentes luminosas con determinadas características.

OBJETIVOS

Principal

- Conocer de manera más amplia el efecto en la función visual, a través de la evaluación de la sensibilidad al contraste, del deslumbramiento provocado por la exposición a distintas fuentes luminosas.

Secundarios

- Evaluar la variación del efecto del deslumbramiento incapacitante en la función visual, a través de la evaluación de la sensibilidad al contraste, por la exposición a fuentes deslumbrantes.
- Determinar la percepción subjetiva del deslumbramiento molesto originado por las diferentes fuentes deslumbrantes.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Diseño del estudio

Se trata de un estudio experimental no invasivo, en el que se pretende analizar la afectación de la función visual, a través de la evaluación de la sensibilidad al contraste, originada por la exposición a diferentes fuentes luminosas.

Se obtuvo el dictamen favorable de la Comisión de Investigación del IOBA, así como del Comité de Ética del Área de Salud de Valladolid. (Anexos 1 y 2)

Criterios de inclusión/ exclusión

Los criterios de inclusión en el estudio fueron los siguientes:

- Personas mayores de 18 años sin ninguna patología ocular ni cirugía ocular a lo largo de su vida.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Personas menores de 18 años.
- personas que presenten alguna patología que afecte a la visión.
- Personas sometidas a cualquier tipo de cirugía ocular con repercusión visual.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en una única visita en la que se realizaron las siguientes pruebas:

- Evaluación de la sensibilidad al contraste mesópica bajo distintas condiciones lumínicas mediante el test FACT: se realizaba la prueba en tres condiciones lumínicas, siendo siempre la primera de ellas sin ningún estímulo deslumbrante, y a continuación se realizaba con dos condiciones deslumbrantes diferentes en orden de aparición aleatorio.
- Medida del diámetro pupilar basal tras cinco minutos de adaptación a la oscuridad mediante una cámara con un foco infrarrojo situado en el interior del simulador, el cual procesaba las imágenes y las enviaba un ordenador para medir el diámetro pupilar.

- Realización de la escala de Boer para la evaluación del deslumbramiento molesto tras la exposición a la condición deslumbrante, clasificando el deslumbramiento en: insoportable, molesto, aceptable, leve o inapreciable. El cuestionario se realizaba al sujeto al finalizar la prueba en las dos condiciones deslumbrantes, leyendo en voz alta las cuestiones y anotando las respuestas del sujeto en el cuestionario.

- Evaluación subjetiva de la visión durante la conducción nocturna mediante el cuestionario VND-Q adaptado al castellano, este cuestionario se compone de 9 puntos, donde cada uno de ellos puede ser evaluado en una escala de 5 puntos (desde 1 = 'sin dificultad' hasta 5 = 'dificultad extrema') en función de situaciones comunes que ocurren durante la conducción nocturna. Se aplicó una puntuación en escala de Rasch que comprende de 0 a 10 ⁽²³⁾ (Figura 5).



IOBA | Clínica | Cuestionario de visión y conducción nocturna

Adaptación de Vision and Night Driving Questionnaire (VND-Q)

Kimlin JA, Black A, Djaja N, Wood JM. (2016) Development and validation of a vision and night driving questionnaire. Ophthalmic and Physiological Optics, 36(4), 466-476.



Nombre _____ Fecha _____

Este cuestionario le pregunta sobre sus dificultades visuales cuando conduce por la noche.

Para cada pregunta, seleccione la respuesta que mejor describa su situación y responda como si estuviera usando las gafas o lentes de contacto que normalmente usaría (si fuera el caso) para conducir de noche.

¿Cuánta dificultad tiene o tendría con las siguientes tareas durante la conducción nocturna?

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Viendo coches de color oscuro cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |
| 2. Viendo peatones o animales en la calzada cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |
| 3. Leyendo las señales cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |
| 4. Viendo la carretera mientras pasan coches en dirección contraria con los faros encendidos cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |
| 5. Viendo debido al resplandor del sol cuando conduce al amanecer o al anochecer. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |

Continúa por detrás. ↗





IOBA | Clínica | Cuestionario de visión y conducción nocturna

Adaptación de Vision and Night Driving Questionnaire (VND-Q)

Kimlin JA, Black A, Djafo N, Wood JM. (2016) Development and validation of a vision and night driving questionnaire. Ophthalmic and Physiological Optics, 36(4), 465-476.



| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Adaptándose tras el paso de coches en dirección contraria con los faros encendidos cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |
| 7. Estimando la distancia a su desvío o salida cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |
| 8. Estimando la distancia entre su coche y otros coches en movimiento cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |
| 9. Viendo la carretera mientras llueve o con mal tiempo cuando conduce por la noche. | Sin dificultad 1 Un poco de dificultad 2 Dificultad moderada 3 Mucha dificultad 4 Dificultad extrema 5 |

Observaciones:

.....

.....

.....



IOBA – Campus Miguel Delibes – Paseo de Belén 17 – 47011 – Valladolid
Tel. 983 42 35 59 | Fax 983 18 37 23 | ioba@ioba.med.uva.es | www.ioba.es

Figura 5. Adaptación al castellano del “Vision Night Driving Questionnaire”. (23)

Las pruebas se llevaron a cabo en las instalaciones habilitadas para ello, localizadas en el Campus Miguel Delibes de la Universidad de

Valladolid. Para las pruebas se empleó un simulador de conducción nocturna formado por (Figura 6):

- La parte delantera un coche real.
- Un frontal situado a seis metros de distancia donde se presenta el test FACT para la evaluación de la sensibilidad al contraste. Esta evaluación se realiza mediante el volante del propio coche, que posee botoneras; vertical, derecha e izquierda para dar respuesta según el lado al que se presente desplazado el optotipo del test FACT.
- Una cámara para evaluar la dinámica pupilar.
- Foco infrarrojo.
- Dispositivos deslumbrantes, de 0,07 lux y de 0,13 lux.

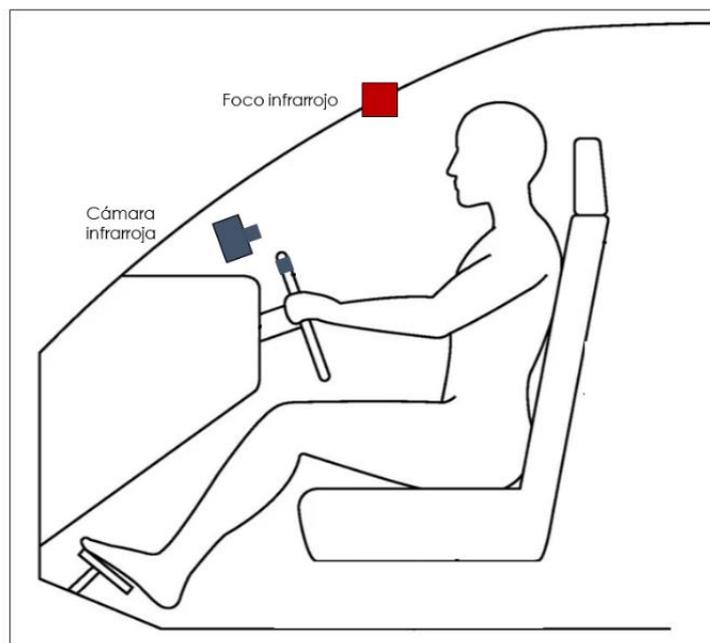


Figura 6. Esquema del simulador utilizado durante las pruebas.

En primer lugar, se realizó una fase de entrenamiento, para que los pacientes se habituasen a la dinámica de la prueba y al uso de los pulsadores del volante. Posteriormente, se realizó el test FACT de sensibilidad al contraste en tres condiciones lumínicas diferentes, siendo la primera de ellas siempre en condiciones de baja iluminación sin

deslumbramiento (condición 0) y a continuación con dos condiciones deslumbrantes (0,07 lux en la condición 1 y 0,13 lux en la condición 2), siendo el orden de aparición aleatorio. Se evaluaron las frecuencias espaciales bajas (1,5 ciclos/grado) y altas (12 ciclos/grado).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de la base de datos obtenidos a través de las pruebas realizadas a los participantes se realizó con el programa SPSS versión 20 para Windows®. Se efectuó un análisis estadístico descriptivo de todas las variables objeto de estudio. Se utilizó el test de Shapiro-Wilk para conocer la normalidad de la distribución de los datos. Para buscar posibles diferencias entre las tres condiciones en función de la frecuencia del contraste, se utilizó un análisis de varianzas de dos vías por rangos de Friedman.

Para evaluar la influencia de las distintas variables en las diferencias encontradas en la evaluación de la sensibilidad al contraste en las diferentes condiciones luminosas, se realizó una regresión lineal simple, mediante un test ANOVA.

Todas las comparaciones fueron bilaterales y se consideró que un resultado alcanzaba significación estadística si el valor de p fue inferior a 0,05.

Los sujetos voluntarios se reclutaron de entre los pacientes que acudieron a las consultas del Instituto Universitario de Oftalmobiología Aplicada (IOBA) y del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, siempre asegurando previamente el cumplimiento de los criterios de inclusión expresados anteriormente. Además, todos ellos fueron previamente informados de la naturaleza del estudio. Asimismo, debieron comprender y firmar el consentimiento informado antes del inicio de las pruebas.

RESULTADOS

1. Análisis descriptivo de la muestra

Las variables son cuantitativas y se describieron utilizando la media, mediana, los valores mínimo y máximo, desviación típica, el intervalo de confianza del 95% para la media. Además, se comprobó la hipótesis de normalidad utilizando el contraste de Shapiro-Wilk (SW).

De los participantes (Tabla 1), la media de edad fue de 43,39 años, con un máximo de 70 y un mínimo de 18 años. Entre los sujetos la refracción media fue de -1,37 dioptrías (Tabla 2). En la versión adaptada al castellano del cuestionario NVD-Q la media de puntuación fue de 3,36, con un mínimo de 1,46 y un máximo de 6,28 (Tabla 3) En cuanto al diámetro pupilar basal medio de los participantes fue de 6,83, un mínimo de 4,84 y un máximo de 8,34. (Tabla 4).

Tabla 1. Edad de los participantes

| | | | |
|------------------------|---------------------------------------------|-----------------|---------------|
| Edad (años) | Media | | 43,39 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 38,46 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite superior | 48,32 |
| | Mediana | | 44,00 |
| | Desviación estándar | | 15,619 |
| | Mínimo | | 18 |
| | Máximo | | 70 |

Tabla 2. Equivalente esférico de los participantes

| | | | |
|-----------------------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| EE (dioptrías) | Media | | -1,37903 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | -2,20861 |
| | | Límite superior | -0,54945 |
| | Mediana | | -0,75000 |
| | Desviación estándar | | 2,261656 |
| | Mínimo | | -6,250 |
| | Máximo | | 3,375 |

EE: equivalente esférico

Tabla 3. Puntuación del test NVD-Q

| | | | |
|--------------|---------------------------------------------|-----------------|----------------|
| NVD-Q | Media | | 3,3668 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 2,9365 |
| | | Límite superior | 3,7972 |
| | Mediana | | 3,2600 |
| | Desviación estándar | | 1,36334 |
| | Mínimo | | 1,46 |
| | Máximo | | 6,28 |

Tabla 4. Diámetro pupilar basal (mm)

| | | | |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|----------------|
| Diámetro pupilar basal (mm) Medida Manual | Media | | 6,8349 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 6,5486 |
| | | Límite superior | 7,1212 |
| | Mediana | | 6,8100 |
| | Desviación estándar | | 0,90708 |
| | Mínimo | | 4,84 |
| | Máximo | | 8,34 |

2. Análisis descriptivo del deslumbramiento incapacitante

2.1 Contraste en la condición basal

En cuanto a los datos obtenidos en la condición 0 o basal sin fuente deslumbrante, el contraste de media fue mayor en la alta frecuencia con respecto a la baja, siendo la máxima puntuación obtenida también en la frecuencia alta (Tabla 5).

Tabla 5. Valores descriptivos del contraste en la condición 0

| | | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| Baja frecuencia 0 | Media | | 44,41 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 35,98 |
| | | Límite superior | 52,85 |
| | Mediana | | 36,00 |
| | Desviación estándar | | 26,729 |
| | Mínimo | | 13 |
| | Máximo | | 100 |
| Alta frecuencia 0 | Media | | 75,24 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 61,31 |
| | | Límite superior | 89,18 |
| | Mediana | | 60,00 |
| | Desviación estándar | | 44,139 |
| | Mínimo | | 0 |
| | Máximo | | 120 |

2.2 Contraste en la condición deslumbrante 1

En la condición deslumbrante 1 también se obtuvo una media de contraste mayor y la máxima puntuación con la alta frecuencia. (Tabla 6).

Tabla 6. Valores descriptivos del contraste en la condición 1

| | | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| Baja frecuencia 1 | Media | | 51,12 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 40,72 |
| | | Límite superior | 61,52 |
| | Mediana | | 36,00 |
| | Desviación estándar | | 32,944 |
| | Mínimo | | 13 |
| | Máximo | | 100 |
| Alta frecuencia 1 | Media | | 73,88 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 59,38 |
| | | Límite superior | 88,38 |
| | Mediana | | 85,00 |
| | Desviación estándar | | 45,939 |
| | Mínimo | | 0 |
| | Máximo | | 120 |

2.3 Contraste en la condición deslumbrante 2

Se obtuvo una media mayor para las altas frecuencias espaciales en la condición deslumbrante 2 (Tabla 7).

Tabla 7. Valores descriptivos del contraste en la condición 2

| | | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| Baja frecuencia 2 | Media | | 51,10 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 42,09 |
| | | Límite superior | 60,10 |
| | Mediana | | 36,00 |
| | Desviación estándar | | 28,526 |
| | Mínimo | | 18 |
| | Máximo | | 100 |
| Alta frecuencia 2 | Media | | 76,85 |

| | | | |
|--|---------------------------------------------|-----------------|--------|
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 62,40 |
| | | Límite superior | 91,31 |
| | Mediana | | 120,00 |
| | Desviación estándar | | 45,802 |
| | Mínimo | | 0 |
| | Máximo | | 120 |

3. Análisis descriptivo del deslumbramiento molesto

Con respecto a la evaluación del deslumbramiento molesto mediante la escala de Boer, se obtuvo una puntuación mayor en la condición deslumbrante 2, con un mínimo y un máximo de puntuación igual en las dos condiciones (Tabla 8).

Tabla 8. Valores descriptivos de la escala de Boer

| | | | |
|-----------------|---------------------------------------------|-----------------|-------|
| deBoer 1 | Media | | 6,37 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 5,78 |
| | | Límite superior | 6,95 |
| | Mediana | | 7,00 |
| | Desviación estándar | | 1,841 |
| | Mínimo | | 3 |
| | Máximo | | 9 |

| | | | |
|-----------------|---------------------------------------------|-----------------|-------|
| deBoer 2 | Media | | 6,56 |
| | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 5,99 |
| | | Límite superior | 7,13 |
| | Mediana | | 7,00 |
| | Desviación estándar | | 1,817 |
| | Mínimo | | 3 |
| | Máximo | | 9 |

Tabla 9. Prueba de normalidad utilizando el contraste de Shapiro-Wilk

| | Shapiro-Wilk | | |
|----------------------------------------------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. |
| Edad | 0,944 | 41 | 0,045 |
| EE | 0,973 | 31 | 0,600 |
| NVD-Q | 0,921 | 41 | 0,008 |
| Diámetro pupilar basal (mm) Medida Manual | 0,954 | 41 | 0,099 |
| Baja frecuencia 0 | 0,860 | 41 | 0,000 |
| Alta frecuencia 0 | 0,775 | 41 | 0,000 |
| Baja frecuencia 1 | 0,753 | 41 | 0,000 |
| Alta frecuencia 1 | 0,765 | 41 | 0,000 |
| deBoer 1 | 0,901 | 41 | 0,002 |
| Baja frecuencia 2 | 0,831 | 41 | 0,000 |
| Alta frecuencia 2 | 0,736 | 41 | 0,000 |
| deBoer 2 | 0,919 | 41 | 0,006 |

4. Diferencias asociadas al deslumbramiento incapacitante

4.1. Diferencias entre las tres condiciones en función de la baja frecuencia de contraste

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la determinación del contraste en la frecuencia espacial baja (1,5 ciclos/grado) entre las distintas condiciones lumínicas evaluadas. (Tabla 10)

Tabla 10. Deslumbramiento incapacitante en el contraste en la frecuencia espacial baja (1,5 ciclos/grado)

Resumen de prueba de hipótesis

| | Hipótesis nula | Prueba | Sig. | Decisión |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|
| 1 | Las distribuciones de Baja frecuencia 0, Baja frecuencia 1 and Baja frecuencia 2 son las mismas. | Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas | .442 | Retener la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

4.2. Diferencias entre las tres condiciones en función de la alta frecuencia de contraste

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la determinación del contraste en la frecuencia espacial alta (12 ciclos/grado) entre las distintas condiciones lumínicas evaluadas. (Tabla 11)

Tabla 11. Deslumbramiento incapacitante en el contraste en la frecuencia espacial baja (1,5 ciclos/grado)

Resumen de prueba de hipótesis

| | Hipótesis nula | Prueba | Sig. | Decisión |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|
| 1 | Las distribuciones de Alta frecuencia 0, Alta frecuencia 1 and Alta frecuencia 2 son las mismas. | Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas | .426 | Retener la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

5. Diferencias en el deslumbramiento molesto medido mediante la escala de Boer en las condiciones deslumbrantes 1 y 2

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la valoración del deslumbramiento molesto entre las dos condiciones analizadas. (Tabla 12)

Tabla 12. Deslumbramiento molesto

| Resumen de prueba de hipótesis | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------|
| | Hipótesis nula | Test | Sig. | Decisión |
| 1 | Las distribuciones de deBoer 1 and deBoer 2 son las mismas. | Análisis de dos vías de Friedman de varianza por rangos de muestras relacionadas | 1.000 | Retener la hipótesis nula. |

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es .05.

6. Diferencias entre las condiciones basal y las condiciones deslumbrantes (1 y 2) en las distintas frecuencias en función de las variables

6.1 Diferencias entre la condición 0 y la condición 1 en función de las variables en la baja frecuencia.

En el análisis ANOVA, no se encuentran significación estadística que explique la influencia de las variables en las diferencias encontradas entre las condiciones 0 y 1. (Tabla 13)

Tabla 13. ANOVA con variables dependientes baja frecuencia en la condición 0 y 1

| ANOVA ^a | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| Modelo | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| 1 Regresión | 9755,157 | 4 | 2438,789 | 2,584 | ,061 ^b |
| Residual | 24536,585 | 26 | 943,715 | | |
| Total | 34291,742 | 30 | | | |

a. Variable dependiente: baja_frec_0_1

b. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

Ninguna variable parece explicar las variaciones en la baja frecuencia entre las dos condiciones. (Tabla 14)

Tabla 14. Tabla de coeficientes con variables dependientes baja frecuencia en la condición 0 y 1

| Coeficientes ^a | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------|------|
| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | t | Sig. |
| | B | Error típ. | Beta | | |
| 1 (Constante) | 107,310 | 72,115 | | 1,488 | ,149 |
| Edad | -,335 | ,484 | -,140 | -,691 | ,496 |
| EE | 5,612 | 2,751 | ,379 | 2,040 | ,052 |
| NVD_Q | ,468 | 4,387 | ,020 | ,107 | ,916 |
| diam_pupilar | -14,319 | 8,121 | -,352 | -1,763 | ,090 |

a. Variable dependiente: baja_frec_0_1

Un 28,4% de variación del modelo estaría explicado por las variables predictoras. (Tabla 15)

Tabla 15. Tabla de resumen del modelo

| Resumen del modelo | | | | |
|--------------------|-------------------|------------|----------------------|-----------------------------|
| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típ. de la estimación |
| 1 | ,533 ^a | ,284 | ,174 | 30,71994 |

a. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

6.2 Diferencias entre la condición 0 y la condición 1 en función de las variables en la alta frecuencia

En la tabla ANOVA, se muestra que las variables predictoras podrían tener influencia en la variación entre las condiciones 0 y 1 en la alta frecuencia. (Tabla 16)

Tabla 16. ANOVA con variables dependientes alta frecuencia en la condición 0 y 1

ANOVA^a

| Modelo | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| 1 Regresión | 9854,261 | 4 | 2463,565 | 3,044 | ,035 ^b |
| Residual | 21045,610 | 26 | 809,447 | | |
| Total | 30899,871 | 30 | | | |

a. Variable dependiente: alta_frec_0_1

b. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

En la tabla de coeficientes la edad resulta significativa en la explicación del modelo. (Tabla 17)

Tabla 17. Tabla de coeficientes con variables dependientes alta frecuencia en la condición 0 y 1

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | t | Sig. |
|---------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------|------|
| | B | Error típ. | Beta | | |
| 1 (Constante) | -88,831 | 66,788 | | -1,330 | ,195 |
| Edad | 1,051 | ,449 | ,465 | 2,343 | ,027 |
| EE | 5,145 | 2,548 | ,366 | 2,019 | ,054 |
| NVD_Q | 6,033 | 4,063 | ,265 | 1,485 | ,150 |
| diam_pupilar | 4,116 | 7,521 | ,107 | ,547 | ,589 |

a. Variable dependiente: alta_frec_0_1

Un 31,9% de variación del modelo estaría explicado por las variables predictoras. (Tabla 18)

Tabla 18. Tabla del resumen del modelo

| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típ. de la estimación |
|--------|-------------------|------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 | ,565 ^a | ,319 | ,214 | 28,45077 |

a. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

6.3 Diferencias entre la condición 0 y la condición 2 en función de las variables en la baja frecuencia

No se encontraron relaciones entre las variables predictoras y la variable dependiente. (Tabla 19)

Tabla 19. ANOVA con variables dependientes baja frecuencia en la condición 0 y 2

ANOVA^a

| Modelo | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------|-------------------|----|------------------|------|-------------------|
| 1 Regresión | 1596,985 | 4 | 399,246 | ,745 | ,570 ^b |
| Residual | 13933,789 | 26 | 535,915 | | |
| Total | 15530,774 | 30 | | | |

a. Variable dependiente: baja_frec_0_2

b. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

No se encontró significación estadística que explique la influencia de las variables en la variación de la sensibilidad al contraste en las dos condiciones. (Tabla 20)

Tabla 20. Tabla de coeficientes con variables dependientes baja frecuencia en la condición 0 y 2

Coefficientes^a

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | t | Sig. |
|---------------|--------------------------------|------------|--------------------------|-------|------|
| | B | Error típ. | Beta | | |
| 1 (Constante) | 31,062 | 54,344 | | ,572 | ,573 |
| Edad | -,144 | ,365 | -,090 | -,394 | ,697 |
| EE | 2,496 | 2,073 | ,251 | 1,204 | ,239 |
| NVD_Q | -,798 | 3,306 | -,049 | -,241 | ,811 |
| diam_pupilar | -4,290 | 6,120 | -,157 | -,701 | ,490 |

a. Variable dependiente: baja_frec_0_2

Un 10,3% de variación del modelo estaría explicado por las variables predictoras. (Tabla 21)

Tabla 21. Resumen del modelo

| Resumen del modelo | | | | |
|--------------------|-------------------|------------|----------------------|-----------------------------|
| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típ. de la estimación |
| 1 | ,321 ^a | ,103 | -,035 | 23,14984 |

a. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

6.4 Diferencias entre la condición 0 y la condición 2 en función de las variables en la alta frecuencia

No se encontraron relaciones entre las variables predictoras y la variable. (Tabla 22)

Tabla 22. ANOVA con variables dependientes baja frecuencia en la condición 0 y 2

| ANOVA ^a | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| Modelo | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| 1 Regresión | 6481,059 | 4 | 1620,265 | 1,611 | ,201 ^b |
| Residual | 26141,779 | 26 | 1005,453 | | |
| Total | 32622,839 | 30 | | | |

a. Variable dependiente: alta_frec_0_2

b. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

Parece que la edad podría explicar las diferencias encontradas entre los resultados obtenidos en el contraste en las variables 0 y 2. (Tabla 23)

Tabla 23. Tabla de coeficientes con variables dependientes baja frecuencia en la condición 0 y 2

| Coeficientes ^a | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------|------|
| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | t | Sig. |
| | B | Error típ. | Beta | | |
| 1 (Constante) | -102,659 | 74,437 | | -1,379 | ,180 |
| Edad | 1,048 | ,500 | ,451 | 2,096 | ,046 |
| EE | 3,081 | 2,840 | ,213 | 1,085 | ,288 |
| NVD_Q | 2,667 | 4,528 | ,114 | ,589 | ,561 |
| diam_pupilar | 7,128 | 8,382 | ,180 | ,850 | ,403 |

a. Variable dependiente: alta_frec_0_2

Un 19,9% de variación del modelo estaría explicado por las variables predictoras. (Tabla 24)

Tabla 24. Tabla del resumen del modelo

| Resumen del modelo | | | | |
|--------------------|-------------------|------------|----------------------|-----------------------------|
| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típ. de la estimación |
| 1 | ,446 ^a | ,199 | ,075 | 31,70888 |

a. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

7. Diferencias entre la escala de De Boer en las condiciones deslumbrantes 1 y 2 en función de distintas variables.

No se encontraron relaciones entre las variables predictoras y la variable dependiente. (Tabla 25)

Tabla 25. ANOVA con variables dependientes De Boer en la condición 1 y 2.

ANOVA^a

| Modelo | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|-------------|-------------------|----|------------------|------|-------------------|
| 1 Regresión | 2,892 | 4 | ,723 | ,309 | ,869 ^b |
| Residual | 60,785 | 26 | 2,338 | | |
| Total | 63,677 | 30 | | | |

a. Variable dependiente: deBoer_1_2

b. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

No parece haber relación entre las distintas variables explicativas y las diferencias encontradas en la escala de Boer entre las condiciones deslumbrantes 1 y 2. (Tabla 26)

Tabla 26. Tabla de coeficientes con variables dependientes De Boer en la condición 1 y 2.

Coeficientes^a

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | t | Sig. |
|---------------|--------------------------------|------------|--------------------------|-------|------|
| | B | Error típ. | Beta | | |
| 1 (Constante) | 2,417 | 3,589 | | ,673 | ,507 |
| Edad | -,013 | ,024 | -,123 | -,525 | ,604 |
| EE | -,005 | ,137 | -,007 | -,035 | ,972 |
| NVD_Q | -,203 | ,218 | -,197 | -,932 | ,360 |
| diam_pupilar | -,236 | ,404 | -,135 | -,584 | ,564 |

a. Variable dependiente: deBoer_1_2

Un 4,5% de variación del modelo estaría explicado por las variables predictoras. (Tabla 27)

Tabla 27. Tabla de resumen del modelo

Resumen del modelo

| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado corregida | Error típ. de la estimación |
|--------|-------------------|------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 | ,213 ^a | ,045 | -,101 | 1,52901 |

a. Variables predictoras: (Constante), diam_pupilar, NVD_Q, EE, Edad

DISCUSIÓN

En el estudio, la edad media de la muestra se correspondió con la de una población adulta de mediana edad. La mayor parte de la muestra presentaba una miopía leve y en el test NVD-Q se obtuvo una puntuación baja, por lo tanto, podemos intuir que estos leves miopes de mediana edad no presentaban dificultades durante la conducción nocturna de forma habitual. La media del diámetro pupilar de 6,83 mm en condición escotópica podría considerarse dentro de los límites normales, ya que en condiciones mesópicas la medida normal del diámetro pupilar se encuentra entre 3 y 6 mm, dependiendo de factores como la edad.⁽¹⁾

De los resultados encontrados en este trabajo de investigación se aprecia que, en población no patológica, no existen diferencias con respecto a la medida de contraste sin deslumbramiento, ni en baja, ni en alta frecuencia, al ser evaluada haciendo frente a las dos condiciones deslumbrantes que simulan condiciones lumínicas ambientales típicas de la conducción nocturna, las cuales podrían ser comparadas con el deslumbramiento del alumbrado público o bien la iluminación de un móvil en el interior del vehículo (utilizado por el acompañante).

Comparando los resultados obtenidos con otros estudios similares realizados en población joven sin patología ocular, en los cuales mediante una metodología similar, se expone al participante a varias fuentes de deslumbramiento de intensidad creciente, se comprueba que una condición deslumbrante menor de 0,28 lux no ejerce efectos deletéreos sobre la calidad de visión, si bien una condición deslumbrante de más 0,55 lux si reduce la capacidad de detectar objetos en la carretera.⁽²⁴⁾ En diferentes pruebas de medida directa del deslumbramiento diferentes a la sensibilidad al contraste, se ha demostrado que el deslumbramiento producido estaría directamente relacionado con la intensidad y tamaño de la fuente luminosa⁽²⁵⁾, por lo que quizás el emplear otra fuente deslumbrante hubiera propiciado diferencias en el deslumbramiento incapacitante y en el deslumbramiento molesto.

Con respecto al tipo de población estudiada, es una muestra representativa de la sociedad, es decir, personas de mediana edad sin patología ocular que comprometa la visión. Sin embargo, está demostrado que en personas mayores, incluso sin patología ocular, la sensibilidad al contraste disminuye tanto en presencia como en ausencia de deslumbramiento.⁽²⁶⁾

Uno de los motivos de esta pérdida de sensibilidad al contraste en personas mayores puede estar relacionada con el hecho con de que todas

ellas presentan un grado variable de opacificación del cristalino, aumentando así la dispersión introcular de la luz y degradando la imagen retiniana reduciéndose así el contraste de la imagen retiniana.⁽²⁷⁾

Por lo tanto, el análisis nos muestra que la ausencia de patología ocular es un factor protector frente al deslumbramiento similar al del entorno de la conducción nocturna, por lo tanto sería interesante comparar la muestra de este estudio con población patológica, ya que por ejemplo, es sabido que pacientes con cataratas presentan una disminución de la sensibilidad al contraste⁽²⁶⁾, también otras patologías como por ejemplo el ojo seco, en el que las aberraciones ópticas formadas por el acortamiento del tiempo de rotura lagrimal contribuyen a la disminución en la calidad de la imagen⁽²⁸⁾. Además, también sería interesante comparar a pacientes sometidos a alguna intervención quirúrgica oftalmológica, como por ejemplo la cirugía de cataratas, intervención muy frecuente en nuestra sociedad.⁽²⁹⁾

En cuanto al deslumbramiento molesto, parece que este tipo de intensidades causan un grado de incomodidad aceptable/leve (escala de Boer), tanto en el tipo 1 o tipo 2, sin ser diferente entre ambos iluminantes.

Probablemente, como se menciona con anterioridad, esto puede estar influenciado por el tipo de población estudiada, es decir población joven y sana. En varios estudios se demuestra que la luminancia ambiental tiene solo un pequeño efecto en la calificación de Boer.⁽²⁵⁾

Una de las consideraciones a tener en cuenta mencionadas en varios estudios es que una fuente deslumbrante que cause un malestar puede no afectar directamente la visión, pero puede resultar en un comportamiento de adaptación para reducir las molestias del deslumbramiento. Esta adaptación conductual, como apartar la mirada de la fuente de deslumbramiento, puede conducir a una peor detección de objetos.⁽²⁴⁾

El hecho de que los conductores adapten su comportamiento para reducir la incomodidad también puede afectar su calificación del grado de molestia del deslumbramiento. En realidad, se ha demostrado que los conductores de mayor edad suelen tener una fuerte tendencia a adaptar su comportamiento para reducir el efecto perturbador de la fuente de deslumbramiento; como consecuencia, esto puede resultar en menos molestias (calificaciones más bajas en la escala de Boer).⁽²⁴⁾

En cuanto a las diferencias encontradas en el contraste en la condición basal (condición 0) comparándola con las condiciones 1 y 2, parece que la edad influye y que explica diferencias encontradas en las altas frecuencias. Esto puede ser debido a los participantes mayores presentes

en la muestra, que como se menciona con anterioridad presentan un deterioro en la sensibilidad al contraste de forma fisiológica por aumento de la dispersión intraocular. ⁽¹⁾

La refracción no parece ser una variable que explique las diferencias, por lo tanto, se podría intuir que los errores refractivos menores, es decir, aquellos que posee la mayor parte de la población, no modifican la calidad de visión con fuentes deslumbrantes moderadas en condiciones de baja iluminación.

La mayoría de los participantes obtuvieron una puntuación baja en el test NVD-Q, por lo tanto, parece que la ausencia de dificultades para la conducción nocturna no influye en el efecto del deslumbramiento leve.

CONCLUSIONES

De modo general, a partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se puede afirmar que deslumbramientos producidos por iluminaciones de baja intensidad, típicas del alumbrado público, que podrían ser comparables a las utilizadas en el presente estudio, no causan perjuicio en la función visual de sujetos sin patología.

Específicamente se puede concluir que:

- Las personas sin patología que afecte a su función visual no ven disminuida su capacidad de discriminación de contraste, ni en bajas ni en altas frecuencias espaciales al ser iluminados con fuentes deslumbrantes de moderada intensidad, aunque la edad resulta un factor que explica las diferencias que se producen en las frecuencias espaciales altas al enfrentarse a un deslumbramiento.
- El grado de malestar generado por fuentes de moderada intensidad en condiciones de oscuridad es aceptable en sujetos sin patología que afecte a su visión, y es óptimo para realizar tareas como conducir en condiciones lumínicas ambientales nocturnas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Davson H. *Physiology of the Eye*. Physiology of the Eye. 1990.
2. Lopez Y. Importancia de la valoración de sensibilidad al contraste en la practica optométrica. *Cienc Tecnol para la Salud Vis y Ocul*. 2009;7(2):99–114.
3. Roark MW, Stringham JM. Visual Performance in the “Real World”: Contrast Sensitivity, Visual Acuity, and Effects of Macular Carotenoids. *Mol Nutr Food Res*. 2019;63(15):1–7.
4. Becker FG, Cleary M, Team RM, Holtermann H, The D, Agenda N, et al. Salmon JF, editor. *Kanski. Oftalmologia Clinica: Un Enfoque Sistemático*. 9a ed. Elsevier; 2021. Vol. 7, Syria Studies. 2015. 37–72 p.
5. Franco S, Silva AC, Carvalho AS, Macedo AS, Lira M. Comparison of the VCTS-6500 and the CSV-1000 tests for visual contrast sensitivity testing. *Neurotoxicology*. 2010;31(6):758–61.
6. Scialfa CT. Age Differences in Vistech Near Contrast Sensivity. 1998. p. 951–6.
7. López Aguirre MY, Figueroa Olarte LF. Valores de normalidad de sensibilidad al contraste en niños entre cuatro y siete años de la localidad de Chapinero, Bogotá. *Cienc Tecnol para la Salud Vis y Ocul*. 2012;10(1):87.
8. Terzi E, Bühren J, Wesemann W, Kohnen T. Das “Frankfurt-Freiburg Contrast and Acuity Test System” (FF-CATS). Ein neuer test zur kontrastsensitivitätsbestimmung unter variablen beleuchtungs- und blendbedingungen. *Ophthalmologe*. 2005;102(5):507–13.
9. Martín R, Vecilla G. *Manual de optometría*. 2010;(1):95–6.
10. Ichhpujani P, Thakur S, Spaeth GL. Contrast Sensitivity and Glaucoma. *J Glaucoma*. 2020;29(1):71–5.
11. López A. Y. Importancia de la valoración de sensibilidad al contraste en la práctica optométrica. *Cienc Tecnol para la Salud Vis y Ocul*. 2009;7(2):99–114.
12. Stifter E, Sacu S, Thaler A, Weghaupt H. Contrast acuity in cataracts of different morphology and association to self-reported visual function. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2006;47(12):5412–22.
13. Denis G. Pelli Peter Bex. Pelli DG, Bex P. Measuring contrast sensitivity. *Vision Res. NIH*. 2013;1999(September):10–14.
14. Augustin VA, Weller JM, Kruse FE, Tourtas T. Influence of corneal guttae and nuclear cataract on contrast sensitivity. *Br J Ophthalmol*. 2021;105(10):1365–70.
15. Bellucci R, Pucci V, Morselli S, Bonomi L. Cataract surgery in eyes with early cataracts. *J Cataract Refract Surg [Internet]*. 1995;21(5):522–7. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350\(13\)80210-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350(13)80210-6)
16. Joanne M, Science V. STANDARD MEASURES OF VISUAL ACUITY DO NOT PREDICT DRIVERS " RECOGNITION PERFORMANCE UNDER DAY OR NIGHT CONDITIONS Centre for Health Research-Optometry , Queensland University of Technology , Kelvin Grove , Queensland , 4059 , Australia , Whitely Psycholog. 2005;82:698–705.
17. Jos J, Valls N, Collar V. Tesis doctoral. 2012;

18. Kimlin JA, Black AA, Wood JM. Older drivers' self-reported vision-related night-driving difficulties and night-driving performance. *Acta Ophthalmol.* 2020;98(4):e513–9.
19. Ferreira-Neves H, Macedo-de-Araújo R, Rico-del-Viejo L, da-Silva AC, Queirós A, González-Méijome JM. Validation of a method to measure light distortion surrounding a source of glare. *J Biomed Opt.* 2015;20(7):075002.
20. Holgueras López A. Estudio del deslumbramiento en personas con opacidades de medios ópticos en condiciones mesópicas. 2016; Available from: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/19483/TFM-M297.pdf?sequence=1>
21. Adrian J, Hue D, Porte S, Le Brun J. Validation of the driver ecological glare test. *J Safety Res [Internet].* 2020;72(December):139–43. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.12.007>
22. Kimlin JA, Black AA, Djaja N, Wood JM. Development and validation of a vision and night driving questionnaire. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2016;36(4):465–76.
23. Vision T. Vision and Night Driving Questionnaire (VND-Q) Vision and Night Driving Questionnaire (VND-Q). 2016;1–4.
24. Theeuwes J, Alferdinck JWAM, Perel M. Relation between glare and driving performance. *Hum Factors.* 2002;44(1):95–107.
25. Vos JJ. On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation. *Clin Exp Optom.* 2003;86(6):363–70.
26. Holladay JT, Prager TC, Trujillo J, Ruiz RS. Brightness acuity test and outdoor visual acuity in cataract patients. *J Cataract Refract Surg [Internet].* 1987;13(1):67–9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350\(87\)80016-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0886-3350(87)80016-0)
27. Sloane ME, Owsley C, Alvarez SL. Aging, senile miosis and spatial contrast sensitivity at low luminance. *Vision Res.* 1988;28(11):1235–46.
28. Chiang CC, Lin JM, Bair PJ, Chen WL, Tseng SH, Tsai YY. Effects of laser in situ keratomileusis on the corneal endothelium. *Kaohsiung J Med Sci.* 2005;21(6):272–6.
29. Kimlin JA, Black AA, Wood JM. Nighttime driving in older adults: Effects of glare and association with mesopic visual function. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58(5):2796–803.