



Estudio de la relación entre la conducción de vehículos motorizados y el tiempo de recuperación al deslumbramiento (fotoestrés) en adultos de la Universidad Antonio Nariño Sede Bogotá

Autor:

Heidy Vanessa Vargas Olaya

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:
Optómetra**

Modalidad de grado:

Investigación disciplinar de campo

Director científico:

Carolina Hernández Camargo Opt. Esp

Director metodológico:

Juan Fernando Oyasa Moncayo Opt. MSc

Línea de Investigación:

Investigación disciplinar de campo

Grupo de Investigación:

Grupo de investigación en Optometría

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Optometría

Bogotá, Colombia

2023



Nota de aceptación

El presente trabajo de grado cumple con los requisitos para optar el título de optómetra.

Juan Fernando Oyasa Moncayo
Firma director Metodológico

Carolina Hernández Camargo
Firma director Científico

Bogotá, noviembre de 2023



Tabla de Contenido

1. Introducción	5
2. Planteamiento del problema	6
2.1. Antecedentes	6
2.2. Problema de investigación	7
2.3. Hipótesis de investigación (H₁)	8
3. Objetivos	8
3.1. Objetivo General	8
3.2. Objetivos Específicos	8
4. Justificación	8
5. Marco Teórico	10
5.1. Deslumbramiento	10
5.2. Tipos de deslumbramiento	10
<i>5.2.1. Deslumbramiento incómodo</i>	11
<i>5.2.2. Deslumbramiento incapacitante</i>	11
<i>5.2.3. Deslumbramiento escotomático o fotoestrés:</i>	11
5.4. Factores fisiológicos que interfieren en el tiempo de deslumbramiento ...	11
5.7. Defectos refractivos	13
5.8. Tiempo de deslumbramiento, conducción y requisitos legales	14
6. Metodología	15
6.1. Diseño de investigación	15
6.2. Cálculo del tamaño de la muestra	16
6.3. Criterios de Inclusión	16
6.3. Criterios de exclusión	16
6.4. Procedimiento para investigación disciplinar de campo	17
7. Consideraciones éticas	18
7.1. Principios de la investigación	18
7.2. Beneficios	19
7.3. Riesgos	20
8. Resultados	20
9. Discusión	24



10. Conclusiones	27
11. Referencias Bibliográficas	27
12. Anexos	30

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1. Muestra de participantes.....	16
Ilustración 2. Consentimiento informado	300

Listado de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	18
Tabla 2. Caracterización de variables demográficas y variables de importancia para el tiempo de recuperación al deslumbramiento.....	212
Tabla 3. Diferencias entre el tiempo de recuperación al deslumbramiento.	223

Listado de figuras

Figura 1. Correlación entre el tiempo de conducción semanal y el tiempo de recuperación al deslumbramiento.	234
--	-----



1. Introducción

Una de las principales causas de dificultad en el ejercicio de la conducción es el deslumbramiento, que se define como la disminución de agudeza visual secundaria a la exposición del globo ocular a una luz intensa, que produce incomodidad, fatiga y molestias en el buen desempeño visual (1).

Las condiciones visuales durante la conducción nocturna son desafiantes para un conductor por la baja luminancia en las calles que da paso a una mala visibilidad, por deslumbramientos de las luces que se aproximan, y la necesidad de acoplarse a distintos tipos de iluminación, produciendo así una reducción en el rendimiento de la conducción nocturna (2).

Dado el aumento en el número de conductores y accidentes de tráfico, es necesario que los conductores se sometan a evaluaciones visuales regulares para asegurarse que cumplan las condiciones de conducción.

Dentro de las condiciones visuales requeridas para la conducción, además de las habituales como agudeza visual y motoras se encuentra la capacidad del tiempo de recuperación al fotoestrés (3), la cual es importante en este oficio para garantizar su rendimiento en condiciones nocturnas ante deslumbramientos (4).

De acuerdo con lo mencionado, se busca determinar la asociación entre el tiempo de recuperación al deslumbramiento en condiciones de fotoestrés, considerando la existencia de una correlación entre la conducción semanal y el tiempo de recuperación al deslumbramiento, con el fin de generar evidencias científicas de interés.



2. Planteamiento del problema

2.1. Antecedentes

Estudios científicos como el de Ortíz en el 2022, manifiesta que conducir es un ejercicio de importancia, donde el actor vial debe poseer destrezas, habilidades y conocimientos para reaccionar de forma espontánea a los posibles cambios que pueden suceder en la carretera, garantizando plena seguridad de él y su entorno. El ser humano por medio del sentido de la vista recibe la mayor parte de información en el acto de la conducción. Para que exista un correcto desarrollo en la función visual, la vía dorsal debe encontrarse en funcionamiento para procesar relaciones espaciales, en cambio la vía ventral se encargará de la información del objeto. En el transcurso de la conducción es esencial la visión periférica, porque mediante esta se domina el control de la dirección, el mantenimiento del carril y la evasión de peligros. Por lo tanto, la correcta integración de la información conduce a un comportamiento seguro evitando posibles accidentes (5).

Según un estudio realizado en España, el 80% de los conductores están de acuerdo, en que una persona con alteraciones de estados refractivos no corregidos tiene un alto riesgo de sufrir un accidente de tráfico. En el año 2010, la Fundación Alain Afflelou y RACE llevaron a cabo un estudio sobre salud visual y seguridad vial en el que se descubrió que el 45% de los participantes padecían defectos de refracción, de los cuales el 74% necesitaba lentes. Sin embargo, solo el 34% de ellos acudía a revisiones visuales periódicas. Los factores que más dificultan la conducción



eran la niebla (32%), el deslumbramiento (30%), las lluvias intensas (16%) y la conducción nocturna (12%) (6).

En cuanto a la conducción nocturna, Boadi en su estudio del 2021 realizado en Ghana afirma que el tiempo de recuperación al deslumbramiento (26,1 segundos) podría estar relacionado con el nivel de agudeza visual mesópica durante la conducción (20/25). Por lo tanto, esta medida podría estar relacionada con el desempeño en la conducción (7).

Jones y colaboradores, en 2022 llevaron a cabo una investigación en donde mediante un simulador evaluaron la capacidad de detección de peligros durante la noche en conductores mayores con una agudeza visual normal, relacionado con una medida habitual de alto contraste. Este innovador simulador sobre conducción nocturna ofrecía un método para imitar deslumbramientos de luces próximas del carril contrario, que demostró que la sensibilidad al contraste era menor al experimentar deslumbramientos durante la conducción y en función de la edad, dando origen a que la conducción fuera ineficaz (8).

2.2. Problema de investigación

La prueba del deslumbramiento es una herramienta importante tanto para diagnosticar patologías maculares como determinar la suficiencia del nivel visual para una conducción segura, lo cual es de gran importancia ya que, la conducción es una actividad común en la vida diaria de muchas personas. Por otra parte, debido a la exposición luminosa que reciben los conductores es posible que esta actividad este modificando el tiempo de recuperación del deslumbramiento, es necesario averiguar



si existe dicha relación en el sistema visual ante este tipo de fenómenos ópticos. Lo cual nos lleva a la siguiente pregunta: ¿Puede haber una relación significativa entre la conducción semanal y la disminución del tiempo de recuperación en condiciones deslumbrantes?

2.3. Hipótesis de investigación (H₁)

El tiempo de conducción a la semana podría estar relacionado con el tiempo de recuperación al deslumbramiento.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Determinar la asociación entre el tiempo de conducción semanal de vehículos motorizados y el tiempo de deslumbramiento ocular de pacientes adultos de la Universidad Antonio Nariño de la sede Bogotá.

3.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar el estado refractivo, agudeza visual con corrección, diámetro pupilar y el fondo de ojo de la muestra estudiada.
2. Caracterizar el tiempo de conducción de vehículos motorizados.
3. Determinar las diferencias entre grupos.

4. Justificación

El problema que se pretende abordar en esta investigación es la falta de conocimiento sobre la asociación entre el tiempo de recuperación visual al



deslumbramiento con el tiempo de horas conducidas a la semana. Por ende, la identificación de estos cambios puede establecer un diagnóstico diferencial entre conductores y peatones que cumplen con una adecuada recuperación al deslumbramiento dentro del rango y el límite de normalidad, entre 15-35 segundos en conductores y peatones (9), en dónde no exista ningún tipo de alteración que altere la conducción (3).

Se llevará a cabo la relación entre la capacidad de recuperación visual en condiciones de deslumbramientos, el estado de refracción y la experiencia entre conductores y peatones, mediante una evaluación objetiva y subjetiva.

En general, se ejecutarán pruebas diagnósticas precisas que se requieran para demostrar la salud ocular de cada sujeto de estudio.

Esta investigación es realizada con el fin de evaluar el umbral de visión de deslumbramiento y los tiempos de recuperación del mismo en la conducción para garantizar su rendimiento en las vías. El deslumbramiento es una respuesta temporal de la retina a una exposición intensa a la luz, que causa una disminución provisional de la capacidad y respuesta visual, afectando la agilidad de los conductores para detectar objetos en la carretera, calcular la velocidad, la distancia de otros vehículos y responder adecuadamente a las situaciones de conducción de riesgo principalmente en la noche (6).

En los peatones su capacidad visual se ve afectada aumentando el riesgo de tropiezos, caídas y accidentes. Por lo tanto, evaluar la capacidad de los conductores y peatones para recuperarse de deslumbramientos puede ayudar a identificar a



aquellos que pueden tener un mayor riesgo de accidentes y tomar medidas para mejorar la seguridad en carreteras. Esto puede incluir la recomendación de gafas de sol polarizadas o el ajuste de las condiciones de iluminación en las vías para reducir el efecto del deslumbramiento en la percepción visual de los conductores (6).

No hay una cifra específica para las muertes causadas por deslumbramientos en conductores, se sabe que la mala visibilidad es una de las principales causas de accidentes de tráfico (6). Por ende, es importante que los conductores tomen medidas para prevenir el deslumbramiento y estar alerta en todo momento mientras conducen.

El aporte a la línea de investigación del proyecto consiste en identificar si existe asociación entre el tiempo de conducción semanal de vehículos motorizados y el tiempo de recuperación al deslumbramiento ocular de pacientes adultos de la Universidad Antonio Nariño de la sede Bogotá.

5. Marco Teórico

5.1. Deslumbramiento

Fenómeno óptico que se conoce como sensación de ceguera originada por una luz relativamente intensa causando incomodidad, fatiga o interferencia en el buen desempeño visual (1). En cuanto a lo anterior, al llegar la luz a la retina, una parte de esta se difunde fuera de la imagen observada, produciendo la pérdida del contraste del objeto (10).

5.2. Tipos de deslumbramiento



5.2.1. *Deslumbramiento incómodo*: Producido por una luz más intensa de lo normal, que da lugar a que la persona sienta molestia ocular, lagrimeo y parpadeo continuo (1).

5.2.2. *Deslumbramiento incapacitante*: Se da por la pérdida del rendimiento visual cuando un objeto de alta luminosidad causa molestias en la realización de otras actividades y se manifiesta por la dispersión ocular que disminuye el contraste de las imágenes en la retina (1).

5.2.3. *Deslumbramiento escotomático o fotoestrés*: Produce discapacidad visual al momento en que una persona se exponga a una luz brillante y fija. El deslumbramiento incapacitante se puede confundir con el de fotoestrés por la discapacidad visual que ambos provocan, pero la diferencia de cada uno radica en que el deslumbramiento escotomático no analiza la incapacidad producida por el deslumbramiento, sino que, estudia cuanto tarda en recuperarse la visión (1).

El deslumbramiento reduce la percepción de la distancia, incrementa el tiempo de reacción y disminuye la probabilidad de detectar objetos o estímulos, aumentando así la predisposición a accidentes de tráfico (11).

La respuesta normal a encandilamientos mediante la prueba de deslumbramiento se encuentra alrededor de 5 segundos para conductores y de 15 a 35 segundos para peatones, luego de iluminar con una linterna un ojo aproximadamente por 10 segundos, este procedimiento medirá el tiempo de recuperación de la agudeza visual (9).

5.4. Factores fisiológicos que interfieren en el tiempo de deslumbramiento



En el momento, que el sistema visual es expuesto a una luz muy brillante, ocurre el fenómeno de deslumbramiento, para que la persona logre adaptarse, interfieren varios factores fisiológicos que facilitan la recuperación de forma progresiva a los inesperados estímulos luminosos.

Al producirse un deslumbramiento, lo primero que acontece es una reducción del diámetro a nivel pupilar (miosis) para disminuir la cantidad de luz que llega a la retina, y así poder protegerla de la brillantez luminosa. El otro mecanismo de adaptación es conocido como fototransducción, el cual se define como transformación de fotones de luz a impulsos nerviosos para generar respuestas a estímulos visuales (12); dicho cambio, ocurre dentro de los fotorreceptores en donde al estar expuestos a este nivel de intensidad luminosa todo el GMPc (monofosfato cíclico de guanosina) se consumirá y se producirá una hiperpolarización impetuosa en el segmento externo de los fotorreceptores con un máximo de -30 mV, dando lugar a que se produzca la impresión de ver la imagen durante más de un segundo y que el sistema visual sea incapaz de poder generar una respuesta a cualquier otro estímulo de luz (13).

Para que el sistema visual vuelva adaptarse correctamente, la hiperpolarización induce una ausencia definitiva del calcio para reconvertir rápidamente el GMPc, donde esté se unirá a los canales catiónicos dando paso a la entrada de iones para que finalmente la célula se despolarice, y que los ojos se puedan adaptar a los deslumbramientos y vuelvan a reaccionar nuevamente a otros estímulos visuales (13).

El ciclo visual es un proceso continuo por el cual los fotorreceptores de la retina se adaptan y recuperan su sensibilidad a la luz en respuesta a cambios en las



condiciones ambientales; en condiciones de deslumbramiento este ciclo no se ha cerrado, es decir, los pigmentos visuales no están listos para otro fotón, lo cual está reflejado en el tiempo de recuperación. La comprensión de este proceso es fundamental para entender cómo funciona el sistema visual humano y cómo se producen los fenómenos visuales como la adaptación a la oscuridad y la recuperación de la visión después de una exposición a la luz brillante (12).

5.7. Defectos refractivos

Dentro de los factores que pueden afectar el deslumbramiento se encuentran los defectos refractivos, como la miopía, donde se manifiesta cuando la córnea es muy curva o la longitud axial es mayor a la del promedio, provoca que los rayos luminosos provenientes del infinito se establezcan en un punto focal por delante de la retina, creando una imagen borrosa y difusa de lejos (14). En cuanto al tiempo de recuperación al deslumbramiento, los miopes presentan un mayor tiempo por cambios fisiológicos, ya que, la coroides y el epitelio pigmentario de la retina son más delgados, causando que la respuesta al cambio de iluminación sea mayor por la rápida regeneración del fotorreceptor en los fotorreceptores posterior al blanqueamiento (15).

La hipermetropía por su parte es el defecto refractivo que se distingue por poseer una longitud axial insuficiente, provocando que los rayos de luz externos se orienten por detrás de la retina, haciendo que estos pacientes observen las imágenes cercanas borrosas. Por tanto, el ojo hipermetrope para que pueda ver bien a cualquier



distancia de lejos o cerca necesita estimular su acomodación mediante lentes positivas (14).

En el astigmatismo, los meridianos no van a presentar el mismo poder refractivo, por esto los rayos luminosos emergentes del infinito van a converger en dos distintos puntos focales, uno es el meridiano más curvo o de mayor potencia; y el otro es el meridiano más plano o de menor potencia. Existirá una distancia entre ambos denominada Conoide de Sturm (14).

5.8. Tiempo de deslumbramiento, conducción y requisitos legales

En cuanto a requisitos visuales para el otorgamiento de la licencia de conducción, la agudeza visual es el factor que más se tiene en cuenta para saber si el conductor requiere de corrección óptica obligatoria al momento de encontrarse sobre vías.

La capacidad visual necesaria para conducir según la resolución N° 1555 de 2005 es de al menos 0.8 en un ojo y 0.5 en el otro, con o sin ayuda de lentes correctivas, y no debe exceder las 8 dioptrías (3).

Es importante tener en cuenta que la visión monocular no esté reducida a menos de 0,10 D, puesto que puede dificultar las maniobras de adelantamiento y cruzamiento, especialmente durante la conducción nocturna. También es necesario que el conductor tenga un campo visual de al menos 120 grados en el plano horizontal, sin disminuciones notables en ninguna dirección (3).

El conductor debe contar con un tiempo de recuperación al estrés luminoso entre 15-35 segundos y una reducción máxima de 3 líneas en la agudeza visual, esta



capacidad junto con la visión mesópica no deben estar afectadas de ninguna manera; tener buena sensibilidad al contraste, correcta motilidad palpebral, estereoagudeza alrededor de los 75 segundos de arco, policromacia normal, ningún tipo de nistagmus, forias que causen visión doble, deterioros progresivos de la capacidad visual o personas con afaquias y pseudoafaquias (3).

6. Metodología

6.1. Diseño de investigación

Estudio observacional analítico de cohortes, en adultos de la Universidad Antonio Nariño, Sede Circunvalar:

1. Cohorte de expuestos: Conformado por 23 conductores
2. Cohorte de no expuestos: Conformado por 21 sujetos que nunca antes habían conducido.

Para el tamaño de la muestra se escogieron estudiantes de primer a noveno semestre que poseían experiencia de conducción, realizando así un cálculo estadístico por medio de una calculadora de muestras en línea, con un margen de error del 10%, un nivel de confianza del 90% y un tamaño poblacional de 125, que corresponde al total de individuos de la Facultad de Optometría de la Universidad Antonio Nariño. Se eligieron veintitrés conductores y veintiún peatones que suman un total de ochenta y ocho ojos, pertenecientes a la población estudiantil y asistencial de la Universidad Antonio Nariño, sede circunvalar. Al ubicar los datos anteriormente dichos nos proporciona un tamaño muestral de 44 (Ilustración 1).

6.2. Cálculo del tamaño de la muestra

Tamaño de muestra: **44**

Ecuación Estadística para Proporciones poblacionales

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{(z^2(p \cdot q))}{N}}$$

n= Tamaño de la muestra

Z= Nivel de confianza deseado

p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito)

q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)

e= Nivel de error dispuesto a cometer

N= Tamaño de la población

Ilustración 1. Muestra de participantes

Nota: Fuente propia de autor 2023.

6.3. Criterios de Inclusión

- Hombres y mujeres entre 18 y mayores de 50 años.
- Pacientes que deseen participar en el estudio, previa firma de consentimiento informado.
- Pacientes con fondo de ojo posiblemente sano confirmado por oftalmoscopia.

6.3. Criterios de exclusión

- Pacientes diagnosticados con patologías de fondo de ojo: retinopatía diabética, retinopatía proliferativa y edema macular, que afecten la agudeza visual y el tiempo de recuperación al fotoestrés.
- Uso de terapia farmacológica: analgésicos, producen una disminución en la agudeza visual, incrementan la sensibilidad al deslumbramiento, somnolencia y despersonalización; ansiolíticos, provocan disminución de la capacidad de



reacción y atención, somnolencia; antihistamínicos producen somnolencia, reducción de la capacidad de reacción y visión borrosa (16).

6.4. Procedimiento para investigación disciplinar de campo

Antes del procedimiento los participantes firmaron un consentimiento informado aprobado por el Comité de trabajos de grado del programa de Optometría UAN (ver anexo), las evaluaciones se realizaron en el departamento de preclínicas y exámenes especiales en el siguiente orden:

1. Evaluación completa de anexos y estructuras oculares.
2. Paciente cómodamente sentado con espalda recta.
3. Realizar oftalmoscopia directa y descartar patologías en el fondo de ojo.
4. Por medio del autorrefractómetro obtener el estado refractivo del paciente.
5. Medida de agudeza visual monocular mediante el test de Logmar, en visión lejana y próxima, con corrección si el paciente lo requería.
6. Medida de diámetro pupilar con reglilla milimetrada.
7. Se generó el deslumbramiento con transiluminador (Welch Allyn), durante 10 segundos a 3 cm de cada globo ocular (9).
8. Transcurridos los 10 segundos, la persona reporta ver una mancha de deslumbramiento negra o de color (9).
9. Medir el tiempo en segundos que necesita el paciente para su recuperación, inmediatamente debe leer una línea anterior a su mejor agudeza visual mediante cartilla Log mar.

10. Realizar los mismos pasos para el ojo izquierdo y diligenciar los datos encontrados.

Cabe destacar que todos los procedimientos se llevaron de acuerdo con la declaración de Helsinki.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo de variable	Escala de medición
Edad	Años de vida que tiene el conductor	Tiempo transcurrido desde el nacimiento del conductor hasta la fecha de la entrevista.	Fecha de nacimiento	Cuantitativa discreta continua	Años
Agudeza visual	Capacidad del sistema visual para distinguir claramente detalles de forma nítida a una distancia determinada y bajo ciertas condiciones.	Mediante el optotipo LogMar a 6 metros, se mide la agudeza mínima legible y requiere la identificación de letras cuyos detalles precisan de ángulos a distancias específicas.	Mediana y percentiles P5 P95.	Cuantitativa	Logarítmicas
Tiempo de recuperación al deslumbramiento	Después de exponer la mácula a una fuente de luz, se requiere un tiempo para que la agudeza visual se recupere completamente.	Exponer al sujeto a una fuente de luz brillante por 10 segundos a 3 cm del ojo.	Momento en que se recupera la máxima agudeza visual	Cuantitativa discreta continua	Segundos
Ametropía	Defecto ocular que produce sobre la retina un enfoque inadecuado de la imagen.	Medida objetiva del error de refracción del conductor. Obtenida mediante autorrefracción.	Miopía, hipermetropía, presbicia	Cuantitativa	Dioptías

Fuente: Elaboración propia.

7. Consideraciones éticas

7.1. Principios de la investigación

Después de la firma del consentimiento informado, por parte de los participantes se explica que se presenta un riesgo mínimo para la salud, se incluye a un interrogatorio sobre su estado general, no se solicitó en ningún momento ingesta



de medicamentos. Como beneficio puede obtener conocimiento y educación sobre el deslumbramiento en el momento de la conducción o como peatón.

Todos los datos personales se tratarán de acuerdo con la Ley 1581 de 2012, que hace referencia a la protección de los datos personales, garantizando la anonimidad de los participantes y la custodia de la información de manera que no pudiera divulgarse sin la autorización del paciente, solo si se solicita.

Por último, pero no menos importante, la declaración de Helsinki, elaborada por la Asociación Médica Mundial, establece principios éticos que deben ser considerados en su totalidad para la investigación médica en seres humanos. Aunque la investigación es fundamental para el avance de la medicina, siempre debe estar sujeta a normas éticas para garantizar la protección de la salud y los derechos individuales de los participantes. El objetivo principal es generar nuevos conocimientos, pero nunca debe prevalecer sobre los derechos e intereses de las personas involucradas en la investigación. Es responsabilidad del médico proteger la vida, la salud, la dignidad, la integridad, el derecho a la autodeterminación, la privacidad y la confidencialidad de la información personal de los participantes (17).

7.2. Beneficios

1. Obtener conocimiento acerca del deslumbramiento o fotoestrés y su relación con el tiempo de recuperación.
2. Comprender que el deslumbramiento es un fenómeno que afecta la vida de conductores y peatones.



3. Investigación realizada con fines de proteger la vida de conductores y peatones de posibles accidentes de carretera producidos por deslumbramientos.

7.3. Riesgos

- Riesgo mínimo asociado a la investigación según la resolución 8430 de 1993, donde especifica que el procedimiento de este estudio no perjudicará la salud del participante (18).
- Posible riesgo de infección por contacto con el equipo, sin embargo, se garantiza la limpieza y desinfección previa al uso.

8. Resultados

En este estudio realizado en la Universidad Antonio Nariño en 88 ojos, pertenecientes a 44 personas. De los 88 ojos, 58 fueron miopes, 20 hipermétropes, 2 astigmatas puros y 8 emétropes, todos los pacientes fueron evaluados con su respectiva corrección (ninguno usó lentes de contacto) de lejos, tuvieron medios transparentes y fondos de ojo de aspecto sano.

Los participantes tuvieron rango etario de entre 18 y 60 años, con un promedio de 29,39. Divididos en un grupo de expuestos (conductores) y uno de no expuestos (aquellos que nunca condujeron). Ninguno de los participantes reportó sufrir de retinopatías o neuropatías ópticas, ninguno estuvo en terapia farmacológica con analgésicos, ansiolíticos ni antihistamínicos que puedan sesgar el resultado del estudio por sus efectos autonómicos (16).

El grupo de expuestos estuvo conformado por 23 sujetos de edad promedio 33,3 años, con equivalente esférico promedio -1.05 D, diámetro pupilar promedio 2,96

mm y tiempo promedio de conducción 10,85 horas a la semana. Mientras que el de no expuestos estuvo conformado por 21 sujetos de edad promedio 24,95 años, con equivalente esférico promedio -1,50 D y diámetro pupilar promedio 3,55 mm (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización de variables demográficas y variables de importancia para el tiempo de recuperación al deslumbramiento.

	Expuestos	No expuestos	p
n (número de ojos)	46	42	
M	20	10	
F	26	32	
Promedio de edad; desviación estándar (años)	33,30; 12,64	24,95; 8,32	0,0001
Promedio de equivalente esférico, desviación estándar (Dioptías)	-1,05; 1,70	-1,50; 1,21	0,1533
Promedio de diámetro pupilar, desviación estándar (mm)	2,96; 0,82	3,55; 0,74	0,0006
Promedio horas de conducción a la semana, desviación estándar	10,85; 6,31	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó que hay una diferencia significativa entre el promedio de edad de cada grupo (8,35 de diferencia, $p=0,0001$); en cuanto al promedio de equivalente esférico no hubo diferencias significativas. Finalmente, el grupo de no expuestos (que por coincidencia fue más joven que el de expuestos) presentaban un mayor diámetro pupilar (0,59 de diferencia, $p=0,0006$), lo que pudo llegar a provocar que la luz se disperse más en dicho grupo y aumentar el tiempo de recuperación al deslumbramiento (Ver tabla 2).

Posteriormente, se calculó la diferencia entre el tiempo de recuperación general de cada grupo y se subdividió el grupo de expuestos en dos estratos (uno que conduce menos y otro que conduce más de 10 horas a la semana). Se

determinaron las diferencias entre cada estrato de expuestos frente al de no expuestos mediante una prueba t de Student para muestras no relacionadas.

Luego de dicho análisis se encontró que el promedio del tiempo de recuperación de conductores de <10 horas a la semana fue de 10,38 segundos mientras que el promedio para el grupo de conductores de > de 10 horas a la semana fue de 9,31 segundos. Y se determinó que hay diferencias estadísticamente significativas para ambos estratos ($p= 0,0016$, $p= 0,0002$) así como también en el análisis global de todos los conductores ($p=0.0003$) (Ver tabla 3).

Tabla 3. Diferencias entre el tiempo de recuperación al deslumbramiento.

	No expuestos n=21	DE	Expuestos a <10h n=14	DE	p	Expuestos de >10h n=9	DE	p
Promedio del tiempo de recuperación	17,20	11,03	10,38	6,30	0,0016	9,31	4,26	0,0002

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a eso, se calculó la correlación de Pearson entre el tiempo de conducción semanal y el tiempo de recuperación al deslumbramiento. El índice de correlación fue $r= -0,30$ con un $r^2= 0.088$, lo que significa que existe una correlación inversamente proporcional entre el tiempo de conducción a la semana y el tiempo de recuperación. Es decir que a mayores horas de conducción menor es el tiempo de recuperación (Ver figura 1).

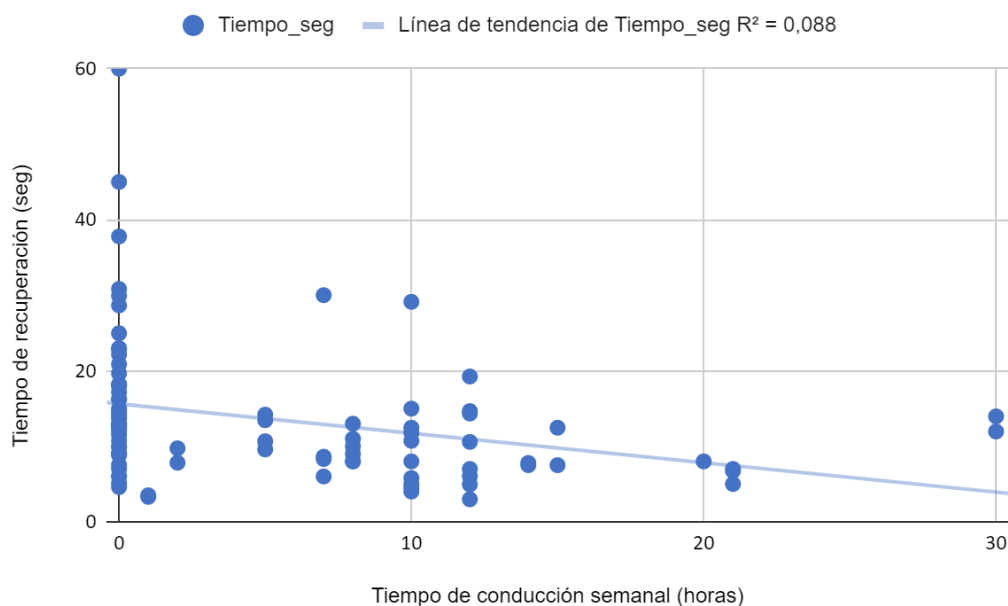


Figura 1. Correlación entre el tiempo de conducción semanal y el tiempo de recuperación al deslumbramiento.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 1 manifiesta un $-0,30$ de los 88 tiempos de recuperación medida en cada uno de los 44 participantes, hallando que la correlación de los datos con el tiempo de conducción a la semana es débil, ya que, se encuentran dispersos y poseen una leve tendencia, que demuestra que, cuando aumenta el tiempo de conducción disminuye el tiempo de recuperación al deslumbramiento, lo que confirma que si hay correlación.

En general el tiempo de recuperación del grupo expuestos (9,96 segundos) y el de no expuestos (17,20 segundos) está dentro de los valores fisiológicos (15-35 segundos) reportado por Caicedo en 2010 (9), lo cual se relaciona con el hecho de que ninguno de los participantes sufre de patologías.

9. Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que existe una asociación entre el tiempo de conducción semanal y el tiempo de recuperación al deslumbramiento en conductores, es decir, que la experiencia en la conducción podría ser un factor protector para que los conductores se adapten mejor a diferentes condiciones de luz, lo cual a su vez podría mejorar el rendimiento en la conducción.

Se ha reportado que el tiempo de conducción agiliza el tiempo de recuperación desde 1995, en donde Ranney y colaboradores reportaron un tiempo de recuperación entre 10 y 30 segundos posteriores al deslumbramiento producido experimentalmente en conductores de camiones. Los autores resaltan que, dicho deslumbramiento no afectaba el rendimiento en la conducción si no que podría mejorarla, puesto que, los conductores se adaptaban más rápido 10 segundos después del deslumbramiento (19). Actualmente no se hallan más reportes de ese tipo, si no sobre los posibles riesgos del deslumbramiento en la conducción; por ejemplo, Delgado en 2019 aseguró que los deslumbramientos son un peligro trascendental en la conducción segura que incrementaban el riesgo de accidentes de tránsito, salidas de la vía o colisiones por alcance (10).

Es esencial recalcar que el tiempo de recuperación depende de factores fisiológicos y patológicos. Por ejemplo, Ávila y colaboradores en 2023, evidenciaron que los miopes jóvenes sanos demoraban 1,2 y 0,3 segundos más en recuperar la función visual que los emétopes al observar estímulos de alto y bajo contraste, esto se debía a que los ojos miopes axiales sin ningún tipo de retinopatía mostraban diferencias anatómicas y fisiológicas con respecto a los emétopes (15).



De igual manera es fundamental resaltar que Brandl y asociados en el mismo año, realizaron un artículo en donde evaluaron el tiempo de recuperación luego de la prueba del deslumbramiento en 288 individuos con degeneración macular relacionada a la edad (DMAE) temprana y 78 con DMAE tardía, en donde se evidenció que la prueba mencionada es sensible para detectar degeneración macular relacionada con la edad (20). Es decir que, el tiempo de recuperación al deslumbramiento puede ser una prueba sensible para retinopatías.

Por otro lado, el rendimiento en la conducción nocturna es un factor importante para la seguridad del conductor, por esto, Egboka en 2016 demuestra que encontrarse bajo condiciones escotópicas ocasiona cambios fisiológicos visuales que disminuyen la resolución espacial, la sensibilidad al contraste y la percepción cromática por presencia de faros y marcas viales reflectantes. Cuando el tiempo de recuperación en los conductores se encuentra retrasado, estos tendrán dificultades para localizar con rapidez objetos con iluminación deficiente y de bajo contraste lo que hará que el rendimiento en la conducción sea deficiente (21).

Por lo tanto, el deslumbramiento indudablemente puede afectar el rendimiento en la conducción, pero al mismo tiempo también puede estar mejorando el tiempo de recuperación. En el presente estudio se demostró que entre más horas de conducción a la semana el tiempo de recuperación al deslumbramiento será menor, posiblemente por que los pigmentos visuales consiguen regenerarse en segundos, agilizando el cierre del ciclo visual por cuestiones de adaptación, de este proceso aún no se encuentra una explicación fisiológica dentro de la literatura.



Los resultados del presente estudio pueden estar sesgados por la falta en el control de iluminación en la habitación, porque el transiluminador no proyectó siempre la misma intensidad de luz en todos los participantes, los participantes no expuestos eran más jóvenes que los expuestos, el diámetro pupilar de los expuestos fue mayor al de los no expuestos, no se consideró hace cuánto tiempo conducen vehículos ni si los sujetos de estudio tenían filtros en su corrección óptica.

Se recomienda que estudios futuros realicen investigaciones del tiempo de recuperación, en donde se cuantifique la transparencia de los medios refringentes, ya que, esto puede alterar los tiempos de recuperación al deslumbramiento; fotos del fondo del ojo para identificar la presencia de retinopatías, ya que, la prueba del tiempo de recuperación al deslumbramiento es sensible para la detección de las mismas. Cabe recalcar que el tiempo del grupo expuestos (ver tabla 3) se encontraba por encima de los 5 segundos requeridos para la conducción segura de acuerdo a la resolución 1555 de 2005, esto debería reevaluar dicho valor porque no se puede comparar con los valores fisiológicos (15-35 segundos). De igual manera, se recomienda un estudio que compare el grosor del epitelio pigmentario y la densidad de los fotorreceptores entre sujetos expuestos y no expuestos a la conducción, para identificar las causas fisiológicas del tiempo de recuperación de los conductores.

Así mismo, si existe cambios en el tiempo de recuperación al deslumbramiento podrían existir cambios en la campimetría. Por otra parte, sería conveniente determinar el efecto del tiempo de recuperación al deslumbramiento en las habilidades de conducción, ya que, servirían como base para el desarrollo de políticas de seguridad vial más efectivas. En cuanto a lo anterior, extender la comprensión



presentada en esta investigación podría ser de utilidad para conocer el rendimiento en la conducción y el tiempo de reacción frente a deslumbramientos.

10. Conclusión

En el presente estudio se evidenció que el tiempo de recuperación al deslumbramiento de los conductores es menor que el de los sujetos no expuestos; lo que significa que posiblemente la conducción produce cambios fisiológicos en la retina que necesitan ser identificados.

11. Referencias

1. Sánchez I. Valoración de la recuperación de la visión ante el deslumbramiento provocado por el deslumbrómetro inopsa [Internet]. [Barcelona]: Universitat Politècnica de Catalunya; 2020 [cited 2023 Aug 1]. Available from: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/336987/TFM%20INMACULADA%20S%C3%81NCHEZ%20CONTRERAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Kimlin JA, Black AA, Wood JM. Nighttime driving in older adults: Effects of glare and association with mesopic visual function. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2017 May 1;58(5):2796–803.
3. Ministerio de Transporte. RESOLUCIÓN N° 001555. Bogotá; 2005 Jun.
4. Theeuwes J. Relation Between Glare and Driving Performance. *Hum Factors.* 2002;44(1):95–107.
5. Ortíz S, Casares M, Castro JJ, Anera RG, Artal P. Effect of peripheral refractive errors on driving performance. *Biomed Opt Express.* 2022 Oct 1;13(10):5533.
6. Fundación Allain Afflelou. *Conducción y Visión Nocturna.* 2012.
7. Boadi S, Austin E, Abu SL, Holdbrook S, Morny EKA. Disability glare and nighttime driving performance among commercial drivers in Ghana. *J Occup Health.* 2021 Jan 1;63(1).
8. Jones PR, Ungewiss J, Eichinger P, Wörner M, Crabb D, Schiefer U. Contrast Sensitivity and Night Driving in Older People: Quantifying the Relationship Between Visual Acuity, Contrast Sensitivity, and Hazard



Detection Distance in a Night-Time Driving Simulator. *Front Hum Neurosci.* 2022 Jul 29;16.

9. Caicedo A, Aguilar P. Determinación del tiempo de recobro al fotoestrés mediante el test de deslumbramiento en pacientes diabéticos tipo II y pacientes sanos. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular.* 2010 Dec 1;8(2):43–9.

10. Delgado A. DISPERSIÓN DE LA LUZ Y DESLUMBRAMIENTO ASOCIADO AL ENVEJECIMIENTO [Internet]. [Barcelona]: Universitat Politècnica de Catalunya; 2019 [cited 2023 Jul 12]. Available from: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/191133/alejandro.delgado.torres%20-%20DEFINITIVO%20CON%20FIRMA%20obert.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

11. Ortíz Peregrina S. Influencia del rendimiento visual y factores de accidentabilidad durante la conducción en sujetos con visión normal y con patología ocular [Internet]. [Granada]: Universidad de Granada; 2020. Available from: <http://hdl.handle.net/10481/63622>

12. Riquelme D. La transducción visual. *Annals d'Oftalmologia.* 2010;18(3):130–6.

13. Urtubia C. Neurobiología de la visión. 2nd ed. Universitat Politècnica de Catalunya, editor. Barcelona; 1999.

14. Toledo F, Faccia P, Liberatore L. Manual práctico: optometría clínica. 1st ed. Universidad Nacional de la Plata, editor. Buenos Aires: Edulp; 2020. 20–29 p.

15. Ávila FJ, Casado P, Ares J. Photostress Recovery Time after Flash-Lighting Is Increased in Myopic Eyes. *Photonics.* 2023 Jan 1;10(1).

16. Casado Banco M, Esteve Sala E, Fernandez Marcos C, Mauro J, Llamazares Robles J, Llodra Calvo J, et al. Documento de consenso sobre medicamentos y conducción en España: Información a la población general y papel de los profesionales sanitarios. Madrid; 2016 May.

17. Asamblea Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la AMM: Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Finlandia; 1964 Jun.

18. Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993. 8430 Colombia; Oct 4, 1993.



19. Ranney T. Immediate and Long-Term Effects of Glare from Following Vehicles on Target Detection in Driving Simulator. *TRANSPORTATION RESEARCH RECORD* . 1996;1550(1):16–22.
20. Brandl C, Zimmermann M, Herold J, Helbig H, Stark K, Heid I. Photostress Recovery Time as a Potential Predictive Biomarker for Age-Related Macular Degeneration. *Transl Vis Sci Technol* [Internet]. 2023 Feb 1 [cited 2023 Jul 17];12(2). Available from: <https://tvst.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2785359>
21. Egboka C. Photostress Recovery Time Among Commercial Drivers In Nigeria. *The Tropical Journal of Health Sciences*. 2016 Oct;23(3):20–6.

12. Anexos

Consentimiento informado

Yo _____ identificado (a) con cédula de ciudadanía No. _____ de _____, manifiesto que he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos, pero de ninguna manera se difundirán datos que revelen mi identidad. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Firma del participante

Nombres y apellidos: _____

Cédula de identidad: _____

Firma del testigo 1

Nombres y apellidos: _____

Cédula de identidad: _____

Firma del testigo 2

Nombres y apellidos: _____

Cédula de identidad: _____

Declaración juramentada de los investigadores

Yo Heydi Vanessa Vargas Olaya con identificación número 1'000.048.187 responsable del presente proyecto de investigación, certificó que he explicado en forma individual la naturaleza y propósito del estudio, la metodología, los beneficios potenciales y riesgos, además de haber respondido todas las preguntas que han surgido.

Firma del investigador 1

Nombres y apellidos: _____

Cédula de identidad: _____

Ilustración 2. Consentimiento informado
Nota: Fuente propia de autor 2023.