



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE CIENCIAS

# **Grado en Óptica y Optometría**

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

## **EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESOTÓPICA**

Presentado por Sergio Gorrín González.

Tutelado por: Dr. Miguel J. Maldonado López  
y Alfredo Holgueras López.

Tipo de TFG:  Revisión  Investigación

En Valladolid a, 29/05/2021.

# S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESCOTÓPICA.



Avda. Ramón y Cajal, 3 - 47003 Valladolid  
Tel.: 983 42 00 00 - Fax 983 25 75 11  
gerente.hcu@saludcastillayleon.es



## COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS ÁREA DE SALUD VALLADOLID

Valladolid a 28 de enero de 2021

En la reunión del CEIm ÁREA DE SALUD VALLADOLID ESTE del 28 de enero de 2021, se procedió a la evaluación de los aspectos éticos del siguiente proyecto de investigación.

PI 21-2115 TFG NO HCUV	EXAMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESCOTÓPICA. IOBA-2020-56	I.P.: MIGUEL J. MALDONADO LÓPEZ, ALFREDO HOLGUERAS LÓPEZ EQUIPO: SERGIO GORRÍN GONZÁLEZ IOBA
------------------------------	---	--

A continuación, les señalo los acuerdos tomados por el CEIm ÁREA DE SALUD VALLADOLID ESTE en relación a dicho Proyecto de Investigación:

Considerando que el Proyecto contempla los Convenios y Normas establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética, se hace constar el **informe favorable** y la **aceptación** del Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos Área de Salud Valladolid Este.

Un cordial saludo.

F. Javier Álvarez

Dr. F. Javier Álvarez.  
CEIm Área de Salud Valladolid Este  
Hospital Clínico Universitario de Valladolid  
Farmacología, Facultad de Medicina,  
Universidad de Valladolid,  
c/ Ramón y Cajal 7,47005 Valladolid  
alvarez@med.uva.es,  
[jalvarezoo@saludcastillayleon.es](mailto:jalvarezoo@saludcastillayleon.es)  
tel.: 983 423077



## RESUMEN:

**Introducción:** El número de conductores mayores con cataratas en las carreteras aumenta drásticamente cada año produciendo un riesgo a la sociedad, por lo que en este trabajo nos centraremos en la revisión de artículos sobre la evaluación de la función visual en conductores mayores con esta patología, porque conducir es una actividad esencial para que estos sujetos puedan mantener una vida independiente. Además, tendremos en cuenta las condiciones de baja iluminación porque es una de las situaciones de conducción más desafiantes para la mayoría de los conductores, y especialmente para los de edad avanzada con cataratas.

**Material y Métodos:** Revisión sistemática de artículos científicos consultando las bases de datos MEDLINE y Google Scholar en los idiomas español e inglés desde 1990 hasta la actualidad. No se hicieron restricciones respecto al tipo de estudio.

**Resultados:** Se hace una revisión de veintitrés artículos con gran nivel de evidencia científica y de ámbito clínico experimental, en el que se utilizan diferentes metodologías para evaluar la función visual implicada en la conducción. La metodología más utilizada en los estudios de investigación de este campo son las pruebas clínicas –agudeza visual, sensibilidad al contraste, campo visual...- encontrándose estas evaluaciones en todos los artículos revisados. Asimismo, los investigadores prefieren emplear cuestionarios para identificar las principales autorregulaciones. Además, la metodología más utilizada para evaluar la conducción es el simulador. Entre los factores que definen la función visual con la participación en accidentes en sujetos con cataratas, la sensibilidad al deslumbramiento y la dispersión intraocular son las pruebas que tienen mayor relación con el rendimiento en la conducción, por lo que su correcta medida es esencial para asegurar la seguridad vial a este tipo de conductores. Por otro lado, entre las principales autorregulaciones en conductores con cataratas se encuentra el evitar conducir por la noche.

**Conclusiones:** Existen múltiples metodologías para la evaluación de la conducción en condiciones nocturnas en sujetos con opacidades de medios. Las más empleadas son las pruebas clínicas de evaluación como la agudeza visual y de la sensibilidad al contraste. Si bien, la medida clínica de la agudeza visual tiene limitaciones y podría ser más útil centrarse en pruebas que evalúen la sensibilidad al deslumbramiento porque éste se considera un factor de riesgo para sufrir accidentes. Además, no es seguro que las personas con cataratas conduzcan, porque que tienen una tasa de accidentes más elevada, y un mayor riesgo de participar en accidentes, aunque autorregulen su comportamiento en la conducción, lo que también supone una limitación porque esta práctica puede afectar a la salud psicológica.

**Palabras clave:** Catarata, conducción nocturna, función visual, metodología, autorregulación.

## ÍNDICE:

RESUMEN.....	Página 3
1. INTRODUCCIÓN.....	Página 6
1.1. MARCO CONCEPTUAL.....	Página 6
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	Página 8
1.3. HIPÓTESIS.....	Página 9
1.4. OBJETIVOS.....	Página 9
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	Página 10
2.1. ESTRATEGIA DE BUSQUEDA.....	Página 11
3. RESULTADOS.....	Página 11
3.1. RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS.....	Página 11
3.2. RESULTADOS DE CONTENIDO.....	Página 13
4. DISCUSIÓN.....	Página 18
4.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS.....	Página 18
4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE CONTENIDO.....	Página 18
5. CONCLUSIONES.....	Página 20
6. BIBLIOGRAFÍA.....	Página 21

**LISTA DE ABREVIATURAS:**

**AV:** Agudeza visual.

**AO:** Ambos ojos.

**BAT:** Brightness acuity test.

**CV:** Campo visual.

**DMAE:** Degeneración macular asociada a la edad.

**LOCS III:** Lens opacities classification system III.

**SC:** Sensibilidad al contraste.

**TFG:** Trabajo fin de grado.

## 1. INTRODUCCIÓN:

### 1.1 Marco conceptual:

Conducir es una actividad neuromotora que está principalmente guiada por la visión.<sup>1</sup> Esto significa que todo aquello que pueda afectar al sistema visual tendrá una repercusión en la conducción. De tal modo que los problemas visuales, además de otros relacionados con la edad como los sensoriales, cognitivos, psicológicos o físicos pueden afectar a la seguridad vial.<sup>1</sup>

Los componentes de la función visual esenciales para desarrollar la conducción son la agudeza visual (AV), el campo visual (CV), la percepción de la profundidad y la sensibilidad al contraste (SC).<sup>2</sup> Estos elementos se pueden ver alterados por afecciones o alteraciones oculares que en muchos casos son fisiológicas, propias del transcurso de la vida, como por ejemplo las cataratas.

Las cataratas son la patología ocular más frecuente en las personas mayores de 40 años.<sup>3</sup> Es una condición típicamente bilateral en la que, con el paso de los años, el cristalino se vuelve opaco y se produce una pérdida en su transparencia, lo que provoca disminución de la AV y de la SC, así como un aumento del deslumbramiento incapacitante, visión borrosa, sensibilidad a la luz o dificultad para ver de noche, entre otros síntomas. Las cataratas son una de las causas más comunes de pérdida de la visión útil, y la principal causa de ceguera reversible en el mundo, con aproximadamente 16 millones de personas afectadas.<sup>3</sup>

En España, en el año 2017, aproximadamente el 15,68% de la población con edades comprendidas entre los 65 y 74 años padecían esta patología. Además, esta cifra aumentaba hasta un 23,5% en edades comprendidas entre los 75 y los 84 años.<sup>3</sup>

En su evolución se han identificado varios factores de riesgo además del aumento de la edad: composición genética, exposición a la luz ultravioleta y diabetes. Sin embargo, por el momento ningún método para detener la formación de cataratas ha demostrado ser eficaz.<sup>4</sup>

Un estudio publicado en septiembre de 2010<sup>5</sup> reveló que las cataratas que más afectaban a la conducción eran las subcapsulares posteriores y las cortico-nucleares debido a que reducían en mayor medida la SC y aumentaba drásticamente la dispersión intraocular. Asimismo, esta investigación concluyó que los pacientes con cataratas subcapsulares posteriores y cortico-nucleares requerían operarse antes porque tenían más síntomas de deslumbramiento que otros sujetos con otros tipos de cataratas, a pesar de que la AV era similar.<sup>5</sup>

Y es que actualmente las cataratas solo pueden tratarse con cirugía y en muchos casos se debe esperar un periodo prolongado hasta la operación quirúrgica, corriendo un riesgo potencial en la carretera debido al detrimento de la función visual durante este tiempo.<sup>2</sup>

## S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESOTÓPICA.

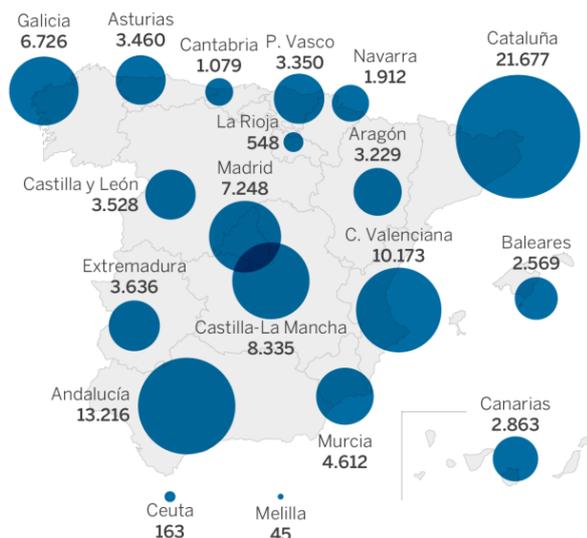


Figura 1. Pacientes en espera para intervención quirúrgica de catarata a 30 de junio de 2018.<sup>6</sup>

Es por todo esto por lo que existen conductores con cataratas que no cumplen los requisitos necesarios para conducir con seguridad, obtener una licencia de conducir, o mantenerla en vigor.<sup>6</sup>

La disminución de la capacidad visual debida a las cataratas puede ocasionar dificultades para conducir en condiciones visualmente exigentes como de noche, bajo la lluvia o con mucho tráfico donde deban reconocer señales, detectar peligros, controlar la velocidad del vehículo o la distancia de frenado.<sup>7</sup>

Por otro lado, se prevé que el número de conductores mayores con cataratas en las carreteras aumente drásticamente en las próximas décadas.<sup>1</sup> Esto se debe al envejecimiento de la población y a que los conductores mayores conservan sus licencias de conducción durante más tiempo.<sup>1</sup> Por lo que las cataratas seguirán siendo un problema de salud pública de primer orden y un contratiempo en la seguridad vial que cobrará importancia a medida que aumente la población y se amplíe la esperanza de vida en todo el mundo.<sup>5</sup>

En consecuencia, la relación entre catarata y seguridad vial parece evidente: si el 90% de la información al conducir proviene de la vista, y la catarata dificulta la visión, el control del estado de la capacidad visual es vital evaluar la función visual y desaconsejar la conducción cuando esté afectada y no se pueda compensar.<sup>8</sup> Por tanto, existe la necesidad de conocer, basándose en la evidencia disponible, los métodos y herramientas más adecuados para el examen de función visual en condiciones que tengan relación con la conducción nocturna, en particular en aquellas personas de avanzada edad.

Si bien, la evidencia científica sugiere que los pacientes con cataratas pueden autorregular su conducción,<sup>9</sup> es decir, modificar su comportamiento o rutina habitual en la conducción, lo que potencialmente debería reducir el riesgo de sufrir un accidente. Pero la autorregulación del conductor implica que

## S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESOTÓPICA.

el individuo evalúe sus propias capacidades funcionales y realice ajustes en su comportamiento de conducción que además debe coincidir adecuadamente con sus capacidades cognitivas, sensoriales y motoras.

Cabe señalar que no se ha demostrado si los conductores mayores son capaces de reconocer su necesidad de autorregulación y realizar cambios que sean apropiados para adaptar su capacidad de conducción, sin dar lugar a situaciones peligrosas en la carretera o una restricción excesiva de la conducción.<sup>9</sup> Esto es debido a que para algunos usuarios la autorregulación puede suponer una tarea muy complicada porque deben ajustar perfectamente sus capacidades a las tareas de conducción. En algunos casos, son capaces de realizar este ajuste sin ningún problema, pero en otros casos, se plantean dejar de conducir, teniendo como resultado la pérdida de la independencia que puede tener consecuencias emocionales negativas muy graves como la depresión. Y es que la conducción puede proporcionar a los adultos mayores movilidad, actividad social, independencia, autoestima, control y puede influir en su salud y bienestar.<sup>1</sup>

En resumen, en esta revisión nos centraremos en la conducción de la población de mayor edad puesto que es una actividad esencial para que estos sujetos puedan mantener una vida independiente. Asimismo, es el estrato social que más afectación visual tiene a causa del desarrollo de cataratas. Además, tendremos en cuenta las condiciones de baja iluminación porque es una de las situaciones de conducción más desafiantes para la mayoría de los conductores, y especialmente para los de edad más avanzada y con cataratas. La tasa de mortalidad es más alta por la noche,<sup>2</sup> y aunque existen múltiples factores, la principal causa es el bajo nivel de luz, que agrava los problemas de visibilidad. Y este factor se ve incrementado en sujetos que sufren cataratas.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN:**

La esperanza de vida actualmente va en aumento, lo que ocasiona un envejecimiento de la población y un aumento del número de conductores con cataratas. Estos individuos van a tener que seguir realizando tareas como la conducción para no perder la independencia, incluso en condiciones visualmente exigentes como puede ser la conducción nocturna, por lo que conocer el estado actual en la evidencia científica sobre ese tema es necesario para entender las peculiaridades de la conducción de este grupo poblacional.

### **1.3. HIPÓTESIS:**

Existen suficientes evidencias científicas sobre los exámenes de función visual que se realizan bajo condiciones de iluminación mesópica-escotópica a sujetos con cataratas que demuestran que éstas, son un riesgo para sufrir accidentes, además de limitar la movilidad a estos usuarios.

### **1.4 OBJETIVOS:**

#### **1.4.1. Objetivo general:**

El objetivo general o finalidad de este Trabajo Fin de Grado (TFG) es realizar una revisión bibliográfica para analizar la información que se conoce en relación con la evaluación de la función visual en condiciones ambientales de conducción nocturna en personas que presentan cataratas y su relación con la conducción segura.

#### **1.4.2. Objetivos específicos:**

1. Determinar qué metodologías se utilizan para evaluar conductores con cataratas en condiciones nocturnas.
2. Describir la influencia del deslumbramiento en la conducción nocturna en sujetos con cataratas.
3. Identificar si es seguro conducir con cataratas.
4. Justificar la supuesta limitación que supone conducir a ciertas edades.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS:

La metodología escogida para realizar este trabajo es de revisión bibliográfica, basada en la evidencia científica que existe actualmente sobre las metodologías de evaluación de la función visual en la conducción, los factores de riesgo visual para la conducción nocturna, los hábitos de conducción, y el riesgo de accidentes en individuos mayores con cataratas.

Para realizar la búsqueda en inglés se emplearon las siguientes combinaciones de palabras: "Cataract and drive", "cataract and glare and driving", "driving safety and cataract", "headlight and cataract", "night and reaction time", "older drivers and evaluation", "self-regulation and drivers".

Posteriormente, se procedió a la realización de la búsqueda de los artículos científicos. Para ello se empleó la base de datos MEDLINE con el motor de búsqueda Pubmed. También fue utilizado Google Académico.

Los artículos fueron seleccionados según sus títulos y sus *abstracts* o resúmenes. Si eran de interés para esta revisión eran incluidos, en el caso de comprobarse que no abordaban directamente la temática o no cumplían los criterios de inclusión previamente establecidos, eran excluidos de esta revisión.

La búsqueda en Pubmed se realizó en inglés, debido a que la mayor cantidad de literatura científica la encontramos en este idioma. Por otro lado, en Google Académico se realizó la búsqueda en lenguaje español e inglés.

Como los resultados de búsqueda arrojaron poca evidencia científica escrita en español, para una mejor comprensión del lenguaje técnico específico escrito en lengua inglesa se utilizaron las plataformas de traducción DeepL y WordReference.

Los artículos seleccionados fueron clasificados según su nivel de evidencia científica de acuerdo a la clasificación *US Agency for Healthcare Research and Quality*. Además, se extrajeron de la bibliografía de estos artículos aquellas referencias que podían resultar de interés para este trabajo y que no habían sido localizadas por los términos o combinaciones de palabras clave.

Para la realización del apartado bibliográfico de este TFG se utilizó el programa Mendeley. Por último, para la redacción de esta memoria se empleó el programa Microsoft Office Word.

## 2.1 Estrategia de búsqueda:

En primer lugar se determinaron los términos o palabras clave para encontrar las primeras investigaciones y documentos relacionados con el tema. Se establecieron los criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los artículos de manera que, si cumplían todos los criterios de inclusión eran de interés para esta revisión y de no ser así y cumplir algún criterio de exclusión eran descartados.

En la búsqueda de revisiones sistemáticas y estudios científicos se aplicaron como criterio de inclusión los siguientes:

- Sujetos con cataratas.
- Individuos con cataratas simuladas.
- Fecha de publicación entre 1990 y la actualidad.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Patología distinta a la catarata.
- Individuos con problemas de movilidad.
- Publicación escrita en una lengua diferente al español o el inglés.

## 3. RESULTADOS:

### 3.1. Resultados bibliométricos:

Tras una primera búsqueda, se localizaron setecientos cuarenta y cinco estudios científicos relacionados con las palabras claves utilizadas. Se excluyeron setecientos veintidós porque no eran relevantes para el objetivo de esta revisión bibliográfica, no cumplían los criterios de inclusión o cumplían algún criterio de exclusión. El principal criterio de exclusión fue que los individuos del estudio tuvieran otra patología, siendo la más citada la degeneración macular asociada a la edad (DMAE). Finalmente, fueron seleccionados veintitrés artículos científicos, los cuales, revisando su resumen y en caso necesario el artículo completo, coincidían con el objetivo de este trabajo, obteniendo información relevante para esta revisión.

El espacio temporal abarcado en esta revisión va desde 1993 hasta 2020, año este último en el que un 18,1% de los artículos revisados en este trabajo fueron publicados, coincidiendo con el pico más alto de publicaciones sobre el tema a tratar.

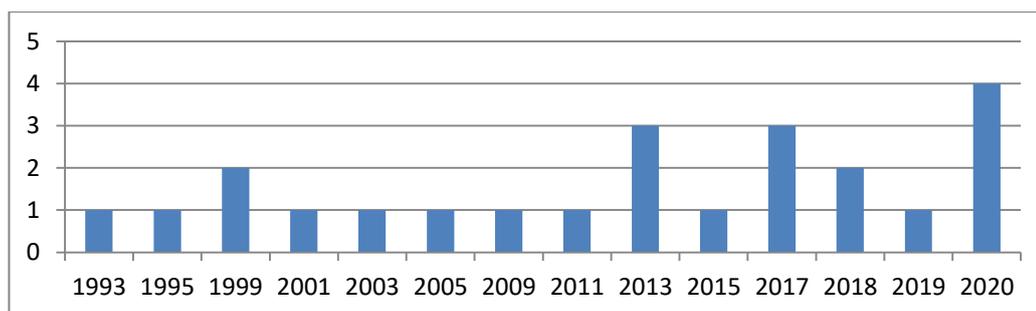


Figura 2. Cantidad de artículos revisados en año de publicación.

**S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESOTÓPICA.**

El 45,4% de los artículos encontrados tenían como objetivo principal establecer metodologías para evaluar conductores con cataratas, un 31,9% de los artículos trataban la influencia del deslumbramiento en la conducción nocturna, explicando las causas de este fenómeno, demostrando mediante simuladores las consecuencias y estableciendo criterios objetivos para predecir y evitar que esto ocurra en sujetos con cataratas. Finalmente, el 22,7% de los artículos seleccionados trataban la autorregulación, hábitos de conducción y riesgo, argumentando si esta práctica afecta a la salud mental de los individuos que conducen con cataratas.

ARTICULOS OBTENIDOS.	ENSAYOS CLÍNICOS	SERIE DE CASOS	REVISIONES	CASO CLÍNICO	Nº DE ARTÍCULOS SELECCIONADOS
“Cataract” and “drive”	216	16	184	0	14
“Cataract” “glare” and “driving”	14	10	53	0	5
“Headlight” and “cataract”	6	0	0	0	2
“Older drivers” and “evaluation”	40	28	87	0	1
“Self-regulation” and “drivers”	23	12	53	1	0
“Night” and “reaction time” and “cataract”	1	0	0	1	0
“Driving safety” and “cataracts”	0	0	0	0	0

Tabla 1. Artículos clasificados por tipo de estudio.

En la tabla 1 se muestran los artículos obtenidos para cada búsqueda bibliográfica, así como los artículos seleccionados de cada grupo, clasificándolos por tipo de estudio. Del total de artículos obtenidos se seleccionaron aquellos artículos que ofrecían mayor nivel de evidencia científica. Finalmente se utilizaron para la revisión veintitrés artículos científicos de los cuales cuatro eran artículos de revisión, quince eran ensayos clínicos, cuatro eran estudio de series de casos y no se seleccionó ningún estudio de caso clínico. En la tabla 2 se exponen los artículos seleccionados clasificados según su nivel de evidencia de acuerdo a la clasificación *US Agency for Healthcare Research and Quality*.

	ENSAYOS CLÍNICOS		SERIE DE CASOS			REVISIONES		CASO CLÍNICO
<b>Artículos seleccionados.</b>	15		4			4		0
<b>Nivel de evidencia.</b>	2 Ia	0 IIb	13 III	1 IIb	0 III	3 IV	0 IIb	4 III

Tabla 2. Artículos seleccionados clasificados según su nivel de evidencia.

### 3.2. Resultados de contenido:

En este apartado se van a exponer los resultados de contenido en los que podemos diferenciar principalmente cuatro clases:

#### 3.2.1 Metodologías.

Todos los artículos seleccionados para esta revisión son estudios de ámbito clínico experimental, en el que se utilizan diferentes métodos para examinar el rendimiento de los participantes en la conducción. Se utilizaron principalmente:

##### Circuito real:

Wood et al 1994,<sup>10</sup> utilizaron un circuito cerrado de conducción donde evaluaban el tiempo de reacción mediante cuatro LED montados en el interior del parabrisas del vehículo que los participantes tenían que pilotar. Estos LED se iban encendiendo, proporcionando estímulos a los que el sujeto debía reaccionar pisando el pedal del freno. Así eran capaces de medir con precisión el tiempo entre la iluminación del estímulo LED y el frenado.

Cinco años más tarde, en 1999, Wood et al<sup>11</sup> realizaron otro estudio en un circuito que incluía colinas, curvas y tramos rectos, con marcas y señales de tráfico estándar. Además, mojaban el circuito para evaluar el desempeño en suelo mojado. Los sujetos llegaban a cruzarse incluso con otros participantes que también estaban tomando parte del estudio mientras recorrían el circuito en dirección contraria.

Finalmente, Wood et al en 2006<sup>12</sup> emplearon un circuito para valorar una serie de características de conducción que incluyen visión periférica, marcha atrás, tiempo de reacción, estimación de velocidad, posicionamiento en la carretera y tiempo para completar el recorrido. Además, evaluaban el reconocimiento de señales y de peatones.

##### - Simulador:

De los artículos revisados, los estudios publicados por Meuleners et al,<sup>13</sup> Hwang et al,<sup>2</sup> Manda et al,<sup>14</sup> Ortiz-Peregrina et al<sup>15</sup> y Ortiz et al<sup>16</sup> utilizaban esta metodología para evaluar el rendimiento en la conducción. Se trata de un dispositivo que sirve para reproducir las condiciones propias de la conducción en diferentes escenarios como pueden ser: autopista o autovía, carreteras sinuosas, por montaña, con mucho tráfico o lloviendo. Cada escenario de conducción contiene al menos veinticuatro situaciones para detectar peatones, que abarcan cuatro condiciones: peatones que caminan por el lado izquierdo del camino, peatones que andan por el lado derecho del camino, peatones que cruzan el camino de izquierda a derecha y peatones que cruzan de derecha a izquierda. Además, podían medir la detección de peatones cuando el conductor era influenciado por el deslumbramiento de faros delanteros de los coches que se cruzaban en sentido contrario en la carretera.

## S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESCOTÓPICA.



Figura 3. Simulador utilizado en el estudio de Hwang et al.<sup>2</sup>

### - Dispositivos de control:

Agramunt et al 2018<sup>17</sup> utilizaron un dispositivo de control, llamado Geotab -G06™-, para evaluar los patrones de autorregulación del conductor. Este instrumento estaba integrado en el propio vehículo del sujeto y contaba con un receptor GPS para registrar los patrones de conducción durante un período de siete días.

### - Cuestionarios:

Owsley et al<sup>1</sup> y Agramunt et al<sup>17</sup> utilizaron cuestionarios validados de función visual en sus investigaciones. La autorregulación de los sujetos con cataratas se midió mediante un cuestionario The Driving Habits Questionnaire -DHQ- al igual que los patrones de autorrestricción en la conducción nocturna. En los artículos que miden la relación entre la depresión y la conducción con cataratas, Agramunt et al<sup>18</sup> y Fraser et al<sup>19</sup> también realizaban una prueba cognitiva, Mini Mental State -MMSE-. Los síntomas depresivos se evaluaron utilizando la Escala de Depresión del Centro de Estudios Epidemiológicos -CES-D-.

### - Entrevistas:

Meuleners et al<sup>13</sup> y Fraser et al<sup>19</sup> utilizaban una entrevista de hábitos de conducción para evaluar el estado actual de los individuos, y además se les preguntaba sobre dificultades para conducir, calidad de vida y experiencias al volante. De forma resumida se centraron en:

- Estado actual de la conducción: evalúa, por ejemplo, el uso de gafas, el uso de cinturón de seguridad, la velocidad de la conducción y la autopercepción de la calidad de la conducción.
- Exposición a la conducción: preguntan por el número medio de días que se conduce a la semana y por los lugares en los que se conduce en una semana normal. Se hace una estimación del número de lugares a los que se viaja, el número de viajes realizados y el número de kilómetros conducidos en una semana.
- Dependencia de otros conductores: evaluación detallada de con quién viaja el encuestado en coche de forma habitual.

## S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESCOTÓPICA.

### - Registro de accidentes y de multas:

Mäntyjärvi et al 1999,<sup>20</sup> Owsley et al 2001<sup>1</sup> y Dattoma et al 2017<sup>21</sup> tenían en cuenta en sus investigaciones los datos de accidentes y de multas. Esta información era obtenida de registros estatales para relacionar las pruebas clínicas realizadas con el número de accidentes en los últimos cinco o diez años.

### - Pruebas clínicas:

En todos los artículos experimentales revisados, se realizaban pruebas clínicas para la medida de la AV (con optotipos Snellen), SC (mediante el test Pelli-Robson), la influencia del deslumbramiento incapacitante (dispositivo Brightness Acuity Test -BAT-), la dispersión intraocular con un medidor computerizado, la estereopsis se evaluó mediante el Titmus Fly Stereotest (Stereo Optical Co., Inc.) y el CV (con campimetría computerizada). Las cataratas se clasificaban utilizando el sistema Lens Opacities Classification System III (LOCS III) que clasifica las opacidades del cristalino sin dilatación pupilar. De este modo se pueden cuantificar el grado de opacidad nuclear, cortical, y subcapsular posterior.

Se aprecia una evolución en las metodologías escogidas para realizar las pruebas clínicas. En las publicaciones revisadas de 1993 a 1999 se comparaba la AV y SC. Posteriormente se fueron incluyendo pruebas como el CV o la estereopsis. En 2009, Michael et al<sup>22</sup> introdujeron el medidor computerizado para la dispersión intraocular. Finalmente, en 2018, Hwang et al<sup>2</sup> apostaron por una nueva prueba clínica, el deslumbramiento incapacitante.

### **3.2.2 Factores que definen la función visual con la participación en accidentes.**

En términos generales, las investigaciones incluidas en esta revisión examinan la correlación entre los valores de las pruebas realizadas y la participación en accidentes. Los resultados se han ordenado según su correlación con la participación en accidentes y corresponden a los artículos publicados por los autores Mäntyjärvi et al 1999,<sup>20</sup> Owsley et al 2001,<sup>1</sup> Bal et al 2010,<sup>5</sup> Ortiz-Peregrina et al 2020.<sup>16</sup>

1. Para el rango de AV de 10/35 a 20/50 parecía que podía haber una relación con la participación en accidentes, pero no era estadísticamente significativo, por lo que se concluyó que la AV no tiene correlación con la participación en accidentes.
2. El deterioro de la SC en ambos ojos (AO) tiene una fuerte correlación con la participación en accidentes, llegando a tener hasta casi seis veces más posibilidades de sufrir un accidente con un vehículo motorizado. Además, aumenta su correlación a medida que empeora la AV.
3. Con respecto al deslumbramiento incapacitante, la deficiencia que provoca el deslumbramiento en AO o en un solo ojo solo se relaciona con una gran participación en accidentes nocturnos, pero no parece tener mucha relación en condiciones fotópicas.

**S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESOTÓPICA.**

4. La dispersión intraocular es la que mayor relación tiene con las opacidades del cristalino y la participación en accidentes.

Los valores de corte propuestos en estos artículos para una conducción segura se establecen en 1,25 logSC y 1,4 log de dispersión intraocular. Además, se corrobora que una AV de 0.5 con la mejor corrección no es un valor suficiente para medir el rendimiento de la conducción ya que el 100% de los participantes del estudio de Bal et al<sup>5</sup> en 2010 eran aptos para seguir conduciendo porque su AV todavía era por encima del requisito europeo actual, pero el 31% de los participantes resultó no ser apto para conducir por tener valores inferiores a 1,25 logSC. Además, el 78% no llegaba al valor de corte de 1.4 log de dispersión intraocular.

**3.2.3 Influencia del deslumbramiento.**

Autores como Hwang et al 2018<sup>2</sup> o Manda et al 2019<sup>14</sup> estudiaron el impacto del resplandor de los faros delanteros en un grupo de conductores con cataratas y en otro grupo control que participaban con su corrección habitual, con una catarata simulada (lámina Bangerter 0.8) o con un clip-on ópticamente borroso. Los resultados obtenidos por Hwang et al<sup>2</sup> se recogen en la tabla 3.

<b>TIPO DE VISIÓN</b>	<b>CATARATA REAL</b>	<b>CORRECIÓN HABITUAL</b>	<b>CATARATA LEVE SIMULADA</b>	<b>CLIP-ON BORROSO</b>
<b>Con deslumbramiento de faros</b>	Reduce el rendimiento de detección de peatones	Reduce poco el rendimiento de detección de peatones	Reduce el rendimiento de detección de peatones	Reduce el rendimiento de detección de peatones
<b>Tasas de accidente</b>	6%	0.5%	6%	6%
<b>Sin deslumbramiento de faros</b>	No reduce el reconocimiento de peatones	No reduce el reconocimiento de peatones	No reduce el reconocimiento de peatones	Reduce mucho el reconocimiento de peatones
<b>Tasa de accidentes</b>	0.5%	0%	0.5%	5%

Tabla 3. Resultados del estudio de Hwang et al.<sup>2</sup>

Con cataratas reales y con el deslumbramiento que provocan los faros delanteros, las tasas de detección de peatones disminuyeron y los tiempos de respuesta aumentaron. Esto significa que hay un impacto significativo de la catarata en la detección de peatones en presencia de deslumbramiento. El aumento en el tiempo de respuesta da como resultado, reacciones o respuestas erróneas, por lo que hay un mayor riesgo de colisión. Además, la proximidad de los peatones a la fuente de deslumbramiento también tenía un papel importante porque contribuye a la reducción del reconocimiento de peatones.

Igualmente Manda et al<sup>14</sup> verificaron el efecto del deslumbramiento de los faros delanteros formando dos grupos: uno con sujetos con visión normal a los que se les simulaba una catarata unilateral (lámina Bangerter 0.8), y otro con sujetos con cataratas en al menos un ojo.

## S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESOTÓPICA.

La metodología empleada era de características similares al del estudio de Hwang et al.<sup>2</sup> Los resultados se recogen en la tabla 4.

	CATARATA UNILATERAL SIMULADA	LENTE TRANSPARENTE	CON CATARATA REAL
Con deslumbramiento de faros	49%	18%	72%
Sin deslumbramiento de faros	17%	10%	25%

Tabla 4. Porcentaje de respuestas erróneas según la circunstancia y condición del conductor

### 3.2.4 Autorregulación, hábitos de conducción y riesgo de accidentes.

Owsley et al 1999<sup>23</sup> y Fraser et al 2013<sup>19</sup> publicaron investigaciones sobre prácticas de autorregulación y riesgo de accidentes en conductores con cataratas. Los resultados obtenidos fueron similares.

En comparación, los conductores de edad avanzada que presentaban cataratas tenían aproximadamente dos veces más probabilidades de referir menos días de conducción y menor número de destinos por semana, conduciendo más lento que el flujo de tráfico general y prefiriendo delegar la conducción en otra persona, que aquellos que no tenían cataratas. Además, aquellos con cataratas tenían cinco veces más probabilidades de haber recibido consejos sobre cómo limitar la conducción y eran cuatro veces más propensos a reportar dificultades en situaciones desafiantes. Los conductores con cataratas tenían dos veces más probabilidades de tener un historial de participación en un accidente en los cinco años previos.

Se preguntaba a los sujetos cuáles eran las situaciones desafiantes en las que se sentían inseguros o con algún tipo de riesgo y que por tanto solían evitar. Un 40% de los sujetos refería tener dificultades para conducir por la noche, un 18% conducir en autovía y un 10% estacionando en paralelo.

Fraser et al 2013<sup>19</sup> describieron las diferencias entre autorreguladores y no autorreguladores para determinar la asociación entre la autorregulación del conductor y la puntuación de los síntomas depresivos, teniendo como resultado que la autorregulación de conductores con cataratas se asoció significativamente con un aumento de los síntomas depresivos.

Del mismo modo Agramunt et al 2017<sup>18</sup> y Meuleners et al 2018<sup>13</sup> hicieron estudios sobre características de autorreguladores. Asociaron la autorregulación a peores puntuaciones de SC binocular, al aumento de la edad y al hecho de ser mujer. Si bien la autorregulación era común entre los pacientes con cataratas, una proporción de los que tenían mala visión no se autorregulaba.

## **4. DISCUSIÓN:**

### **4.1. Discusión de los resultados bibliométricos:**

Aunque la tendencia ha sido estable a lo largo del tiempo, ha habido un auge en las publicaciones de esta temática este último año que podría estar asociada a que las investigaciones previas han demostrado que conducir con cataratas supone un riesgo de sufrir un accidente que no solo afecta al conductor, sino a los acompañantes y al entorno. Realizar estudios que demuestren las posibles correlaciones de sufrir un accidente automovilístico, asociados a metodologías que se puedan aplicar para mejorar las técnicas de evaluación actuales, ha despertado especial interés en la comunidad científica.

Los artículos excluidos correspondían en su mayoría a estudios de evaluación de la conducción en pacientes con DMAE o glaucoma. Se puede asociar este incremento de artículos a que también son enfermedades oculares muy relacionadas con el deterioro de la función visual, que podrían estar afectando mucho a la población o perjudicando la conducción y, por tanto, ser motivo de riesgo de accidentes. Pero estas enfermedades no eran objetivo de este estudio y por ese motivo esos artículos fueron excluidos.

Con las palabras clave empleadas se percibe una tendencia al alza de estudios que evalúan el rendimiento de conducción en pacientes con lente intraocular post-cirugía de cataratas. Esto puede deberse a que es importante conocer el rendimiento de la conducción en ese grupo poblacional una vez se ha operado. Pero esta temática excedía los límites del objetivo de este TFG. La localización de estos artículos se puede deber principalmente a la similitud de los términos clave en esas investigaciones.

### **4.2 Discusión de los resultados de contenido:**

Entre las principales metodologías utilizadas para realizar los estudios sobre rendimiento en la conducción, las pruebas clínicas visuales se encontraban en todos los artículos. Esto se debe a que es absolutamente esencial saber en qué condiciones visuales se encuentra la población de estudio. Asimismo, los investigadores prefieren emplear cuestionarios que identifican las principales autorregulaciones en vez de realizar entrevistas. Esto puede deberse a que, si los estudios tienen un tamaño de muestra grande, entrevistar a cada sujeto consume demasiado tiempo. Además, la metodología más utilizada para evaluar la conducción es el simulador, seguramente sea debido a que este permite personalizar y cambiar de forma sencilla los escenarios a los que se exponen los sujetos participantes del estudio.

Entre los factores que definen la función visual con la participación en accidentes en sujetos con cataratas, parece ser que la AV no es una prueba que esté bien relacionada.<sup>24</sup> Esta débil correlación podría deberse al hecho de que una buena AV no se traduce en un alto nivel de seguridad, ya que las habilidades de conducción relacionadas con la AV en pruebas como el reconocimiento de letras pueden no ser suficientes para evitar colisiones. Por otro lado, la SC se ajusta mejor y tiene más correlación con el rendimiento en la

## S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESOTÓPICA.

conducción.<sup>25</sup> Esto seguramente se deba a que la AV nos define unos valores de cantidad de visión en unas condiciones muy específicas con un alto contraste y una buena iluminación, condiciones que no se ven reflejadas en la conducción real porque a la hora de conducir, especialmente por la noche, hay situaciones exigentes visualmente donde la cantidad de visión no es tan relevante como el contraste que puede haber entre los objetos a detectar en la vía. Sin embargo, la sensibilidad al deslumbramiento y la dispersión intraocular son las pruebas que tienen mayor relación con el rendimiento en la conducción. La dispersión intraocular aumenta significativamente durante el envejecimiento ocular<sup>26</sup> y más aún en presencia de cataratas por lo que, el rendimiento de la conducción en conductores mayores podría predecirse en gran medida mediante el índice de dispersión ocular. Hay que tener en cuenta que este parámetro reúne una serie de características importantes y, como tal, es totalmente objetivo, evitando errores provocados por la disminución de las habilidades cognitivas y motoras de los conductores mayores, y siendo sensible al componente de discapacidad visual por el aumento de la dispersión, además de ser fácil de realizar.

En los artículos citados se han establecido unos parámetros de corte de 1,25 logSC y 1,4 log de dispersión intraocular pero estos valores son meras suposiciones basadas en vivencias previas de los sujetos en lugar de evaluaciones objetivas.<sup>16</sup> Además, hasta la fecha no existe un método estándar para medir el deslumbramiento incapacitante en los conductores que pueda arrojar un valor de corte a partir del cual puedan presentar problemas en la conducción nocturna. Por ello, debería ser indispensable que los parámetros mencionados –SC y dispersión intraocular- se midan cuidadosamente y se tengan en cuenta. Además, los conductores deben ser informados de que la capacidad para conducir de noche en presencia de cataratas puede verse afectada, incluso si la AV es suficiente<sup>27</sup>.

Por otro lado, entre las principales autorregulaciones que refieren los conductores con cataratas se encuentra el no conducir por la noche. Esto probablemente se deba a que estos usuarios han tenido una experiencia frente al volante visualmente incapacitante en el que se han sentido con inseguridad y desprotegidos, y además con altas probabilidades de participar en algún accidente. Probablemente por eso prefieran no conducir de noche, en autovía o bajo la lluvia, y optan por delegar la conducción en otra persona o conducir por zonas familiares donde tienen una amplia experiencia previa y conocen de antemano los peligros que pueden llegar a aparecer.

## 5. CONCLUSIONES:

1. Existen múltiples metodologías para la evaluación de la conducción en condiciones nocturnas en sujetos con opacidades de medios, aunque las más empleadas son las pruebas clínicas de evaluación de la agudeza visual y de la sensibilidad al contraste. Si bien, la medida clínica de la agudeza tiene limitaciones y podría ser más útil centrarse en pruebas que evalúen la sensibilidad al contraste, la sensibilidad al deslumbramiento o los niveles de dispersión intraocular.
2. El deslumbramiento en la conducción nocturna en sujetos con cataratas se considera un factor de riesgo de accidentes. Además, reduce la detección de peatones y aumenta los tiempos de respuesta.
3. No es tan seguro conducir con cataratas como conducir sin ellas. Se ha demostrado que la tasa de accidentes es más elevada en conductores con esta patología.
4. Conducir con cataratas lleva a realizar cambios en los hábitos de conducción, lo cual supone una limitación que puede afectar a la salud psicológica. Además, la disminución de los trayectos recorridos en la conducción provoca síntomas depresivos, llegando a ocasionar el abandono de la conducción y por consiguiente una gran limitación en la independencia de estas personas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Owsley C, Stalvey B, Wells J, Sloane ME. Conductores mayores y cataratas: hábitos de conducción y riesgo de accidentes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1999; 54 (4): M203-11.
2. Hwang AD, Tuccar-Burak M, Goldstein R, Peli E. Impacto del deslumbramiento de los faros delanteros con cataratas: un estudio piloto. *Psicol delantero*. 2018; 9: 164.
3. A. Díaz. Cataratas: incidencia en personas mayores por edad 2017. <https://es.statista.com/estadisticas/638474/porcentaje-de-personas-mayores-con-cataratas-por-edad-en-espana/> (01 de marzo de 2021)
4. Asbell PA, Dualan I, Mindel J, Brocks D, Ahmad M, Epstein S. Catarata relacionada con la edad. *Lanceta*. 2005; 365 (9459): 599–609.
5. Bal T, Coeckelbergh T, Van Looveren J, Rozema JJ, Tassignon MJ. Influencia de la morfología de las cataratas en la luz difusa y la sensibilidad al contraste y su relevancia para la aptitud para conducir. *Ophthalmologica*. 2011; 225 (2): 105-11.
6. Martín-Arroyo J. La espera para borrar las cataratas va por comunidades. [https://elpais.com/sociedad/2019/03/22/actualidad/1553247344\\_474129.html](https://elpais.com/sociedad/2019/03/22/actualidad/1553247344_474129.html) (01 de marzo 2021)
7. Elliott DB. Evaluating visual function in cataract. *Optom Vis Sci*. 1993;70(11):896–902
8. Brabyn JA, Schneck ME, Lott LA, Haegerström-Portnoy G. Night driving self-restriction: vision function and gender differences. *Optom Vis Sci*. 2005;82(8):755–64.
9. Mildred Cabrejas Quintana. Cataratas y conducción. <https://temas.sld.cu/seguridadvial/2017/03/27/cataratas-y-conduccion/>(24 de Marzo de 2021)
10. Wood JM, Troutbeck R. Effect of visual impairment on driving. *Hum Factors*. 1994;36(3):476–87.
11. Wood JM. How do visual status and age impact on driving performance as measured on a closed circuit driving track? *Ophthalmic Physiol Opt*. 1999;19(1):34–40.
12. Wood JM, Carberry TP. Bilateral cataract surgery and driving performance. *Br J Ophthalmol*. 2006;90(10):1277–80.
13. Meuleners LB, Agramunt S, Ng JQ, Morlet N, Keay L, McCluskey P, et al. The cataract extraction and driving ability research study protocol: characterisation of deficits in driving performance and self-regulation among older drivers with bilateral cataract. *Inj Prev*. 2015;21(6):424–9.
14. Manda S, Castle R, Hwang AD, Peli E. Impact of headlight glare on pedestrian detection with unilateral cataract. *Proc Int Driv Symp Hum Factors Driv Assess Train Veh Des*. 2020;2019:36–42.
15. Ortiz-Peregrina S, Ortiz C, Salas C, Casares-López M, Soler M, Anera RG. Intraocular scattering as a predictor of driving performance in older adults with cataracts. *PLoS One*. 2020;15(1):e0227892.
16. Ortiz C, Ortiz-Peregrina S, Casares-López M, Castro-Torres JJ, Jiménez Del Barco L, Anera RG. Impact of age-related vision changes on driving. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(20):7416.

## S. GORRÍN. EXÁMEN DE FUNCIÓN VISUAL EN PRUEBAS DE CONDUCCIÓN BAJO ILUMINACIÓN MESÓPICA-ESCOTÓPICA.

17. Agramunt S, Meuleners L, Fraser ML, Chow K, Ng J, Raja V, et al. Do older drivers with bilateral cataract self-regulate their driving while waiting for first eye cataract surgery? *Clin Interv Aging*. 2017;12:1911–20.
18. Agramunt S, Meuleners LB, Fraser ML, Chow KC, Ng JQ, Raja V. First and second eye cataract surgery and driver self-regulation among older drivers with bilateral cataract: a prospective cohort study. *BMC Geriatr* 2018;18(1).
19. Fraser ML, Meuleners LB, Ng JQ, Morlet N. Driver self-regulation and depressive symptoms in cataract patients awaiting surgery: a cross-sectional study. *BMC Ophthalmol*. 2013;13:45.
20. Mäntyjärvi M, Tuppurainen K. Cataract in traffic. *Arbeitsphysiologie*. 1999;237(4):278–82.
21. Dattoma LL. Evaluation of the older driver. *Prim Care*. 2017;44(3):457–67.
22. Michael R, van Rijn LJ, van den Berg TJTP, Barraquer RI, Grabner G, Wilhelm H, et al. Association of lens opacities, intraocular straylight, contrast sensitivity and visual acuity in European drivers. *Acta Ophthalmol*. 2009;87(6):666–71.
23. Owsley C, Stalvey BT, Wells J, Sloane ME, McGwin G Jr. Visual risk factors for crash involvement in older drivers with cataract. *Arch Ophthalmol*. 2001;119(6):881–7.
24. Brabyn JA, Schneck ME, Lott LA, Haegerström-Portnoy G. Night driving self-restriction: vision function and gender differences. *Optom Vis Sci*. 2005;82(8):755–64.
25. Babizhayev MA. Glare disability and driving safety. *Ophthalmic Res*. 2003;35(1):19–25.
26. Bohren C. Scattering by particles. In: Optical Soc.of America, ed. *Handbook of Optics*. New York: McGraw-Hill; 1995:6-19. *Dispersión intraocular*.
27. Gruber N, Mosimann UP, Müri RM, Nef T. Vision and night driving abilities of elderly drivers. *Traffic Inj Prev*. 2013;14(5):477–85.