

Análisis de la transmisibilidad de la luz en lentes con tratamiento de protección contra luz azul y antirreflejo verde de distintos materiales ofertados en Bucaramanga en el año 2025

**Juan Antonio Carvajal Rivera, Juan David Gómez Quintero y Robert Daniel
Rincón González**

Trabajo de grado para optar el título de Optómetra

Director

Nohora Beatriz Celis Duarte

Optómetra Especialista en Segmento Anterior

Codirector

Juan José Barrios Arlante

Magíster en Física

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División Ciencias de la Salud

Facultad de Optometría

2026

Contenido

Introducción	11
1. Análisis de la transmisibilidad de la luz en lentes con tratamiento de protección contra luz azul y antirreflejo verde de distintos materiales ofertados en Bucaramanga en el año 2025	15
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2. Justificación.....	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
2. Marco referencial	17
2.1 Marco teórico	18
2.1.1 Lentes oftálmicos.....	18
2.1.2 Transmisibilidad de la luz.....	20
2.1.3. Luz azul	21
2.1.4 Filtro de luz azul	22
2.1.5 Antirreflejo verde	23
2.2 Marco legal.....	23
2.3. Legislación Colombiana en salud visual.....	24
2.3.1. Ley 650 de 2001	24
2.3.2. Decreto 1030 de 2007.....	24
2.4. Normativas sobre dispositivos médicos oftálmicos	25
3. Método	25
3.1. Población.....	26

3.1.1. Criterios de inclusión.....	26
3.1.2. Criterios de exclusión	26
3.1.3. Muestreo	26
3.1.4. Tamaño de muestra.....	27
4. Análisis de Datos.....	28
4.1. Procedimiento.....	29
4.1.1. Selección de la muestra	29
4.1.2 Calibración del espectrofotómetro UV-VIS.....	29
4.1.3. Primera medición de la transmisibilidad de luz.....	30
4.1.4. Exposición a condiciones ambientales	30
4.1.5. Segunda y tercera medición después de la exposición ambiental	30
4.1.6. Análisis y comparación de resultados	31
4.2. Instrumentos de medición	31
4.3. Prueba piloto	32
4.4. Análisis de sesgos.....	33
4.5. Consideraciones éticas	34
5. Resultados	34
6. Discusión.....	40
7. Conclusiones.....	41
8. Recomendaciones	42
Referencias.....	43
Apéndices.....	48

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Muestra</i>	27
Tabla 2. <i>Operacionalización de variables</i>	27
Tabla 3. <i>Análisis univariado</i>	28
Tabla 4. <i>Resultados de las condiciones ambientales en promedios semanales</i>	34
Tabla 5. <i>Resultados de variables ambientales</i>	38
Tabla 6. <i>Descripción de resultados de transmisibilidad en las diferentes mediciones.</i>	39

Lista de figuras

Figura 1. <i>Lentes oftálmicos</i>	11
Figura 2. <i>Piedras para Leer</i>	12
Figura 3. <i>Antirreflejo verde</i>	13
Figura 4. <i>Transmisibilidad</i>	14
Figura 5. <i>Filtro de luz azul</i>	15
Figura 6. <i>Espectrofotómetro U.V VIS</i>	16
Figura 7. <i>Tipos de lentes oftálmicas</i>	19
Figura 8. <i>Transmisión de la luz</i>	21
Figura 9. <i>The weather channel</i>	32
Figura 10. <i>Descripción de los resultados de transmisibilidad promedio</i>	37

Resumen

La exposición a la luz azul de alta energía (HEV) proveniente de dispositivos electrónicos y fuentes artificiales ha aumentado, generando riesgos como la fatiga ocular, alteraciones del sueño y patologías maculares. En Colombia, y específicamente en Bucaramanga, es necesario evaluar la eficacia, la trasmisibilidad de los lentes oftálmicos con recubrimientos de protección contra la luz azul, el mejoramiento de la refracción de la luz por el número ABBE en materiales delgados donde el uso del antirreflejo verde mejora la calidad visual en dispersiones cromáticas y calidad de trasmisibilidad de luz. **Objetivo** este estudio se analizó la trasmisibilidad de la luz en lentes oftálmicos con filtros de protección contra luz azul y antirreflejo verde, utilizando distintos materiales disponibles en Bucaramanga en el año 2025. **Metodología** para el estudio de estos recubrimientos fue necesario evaluar el comportamiento de la trasmisibilidad en 18 lentes con el filtro contra la luz azul, 18 lentes con filtro antirreflejo verde y 6 lentes sin ningún tipo de tratamiento. Este comportamiento se evaluó en diferentes materiales por medio de mediciones de longitud de onda, para estas se utilizó el espectrofotómetro UV-VIS, el cual es un dispositivo electrónico que se usó para recolectar datos prácticos sobre la trasmisibilidad de espectros de onda de luz. Además, se analizó el efecto de diversas condiciones meteorológicas en los tratamientos de protección contra la luz azul. **Resultados** este estudio permitió evidenciar que la trasmisibilidad de la luz azul turquesa se mantiene en prácticamente alta todas las muestras con filtro azul. Por otro lado, en la luz azul violeta, las trasmisibilidades de los lentes fueron considerablemente menores, confirmando su función de bloqueo. Por el contrario, en los lentes con antirreflejo verde la trasmisibilidad es generalmente más alta tanto en la luz turquesa como en la violeta. Este estudio contribuyó a la toma de decisiones en la atención de salud visual en la óptica local y a la promoción de información sobre en los recubrimientos de filtros protectores.

Conclusión ambos tratamientos mantuvieron una estabilidad a pesar del pasar del tiempo, y las diferencias observadas se pueden llegar a atribuir a variaciones características de cada tratamiento y casa comercial.

Palabras clave: lentes oftálmicos, luz azul, transmisibilidad, filtros, espectrofotómetro UV/VIS

Abstract

Exposure to high energy blue light (HEV) from electronic devices and artificial sources has increased, generating risks such as eye fatigue, sleep disturbances and macular pathologies. In Colombia, and specifically in Bucaramanga, it is necessary to evaluate the efficacy, the transmittance of ophthalmic lenses with blue light protection coatings, the improvement of light refraction by ABBE number in thin materials where the use of green anti-reflection improves visual quality in chromatic dispersions and quality of light transmittance. **Objective** of this study is to analyze the light transmittance in ophthalmic lenses with these blue light protection filters and green anti-reflective coatings, using different materials available in Bucaramanga in the year 2025. **Methodology** for the study of these coatings It was necessary to evaluate the transmissibility behavior in 18 lenses with blue light filters, 18 lenses with green anti-reflective filters, and 6 lenses without any type of treatment. This behavior was evaluated in different materials by measuring wavelength using a UV-VIS spectrophotometer, an electronic device used to collect practical data on the transmissibility of light wave spectra. In addition, the effect of various weather conditions on blue light protection treatments was analyzed. **Results** This study showed that the transmissibility of turquoise blue light remains high in practically all samples with a blue filter. On the other hand, in violet blue light, the transmissibility of the lenses was considerably lower, confirming their blocking function. In contrast, in green anti-reflective lenses, transmissibility is generally higher in both turquoise and violet light. This study contributed to decision-making in visual health care in local optometry and to the promotion of information on protective filter coatings. **Conclusion** Both coatings remained stable over time, and the differences observed can be attributed to variations characteristic of each coating and manufacturer.

Keywords: ophthalmic lenses, blue light, transmissibility, filters, UV/VIS spectrophotometer

Glosario

Defectos refractivos: anomalías en el ojo que impiden que la luz se enfoque correctamente en la retina, lo que resulta en visión borrosa. Ejemplos comunes incluyen la miopía, hipermetropía y astigmatismo (1).

Lentes oftálmicos: lentes correctivos que se colocan en gafas para corregir defectos de refracción y mejorar la visión. También pueden ofrecer protección contra radiaciones dañinas (2).

Luz azul: parte del espectro visible con longitudes de onda cortas y alta energía, emitida por el sol y fuentes artificiales como pantallas electrónicas y luces LED (3).

Espectro visible: rango de longitudes de onda de la luz que el ojo humano puede detectar, que va desde aproximadamente 380 nm (violeta) hasta 750 nm (rojo) (4).

Refracción: cambio en la dirección de la luz cuando pasa de un medio a otro con diferente densidad, como el aire al vidrio o al agua (5).

Introducción

Una de las funciones de los profesionales de la salud visual es el diagnóstico y corrección de los defectos refractivos, usando para ello los lentes oftálmicos, mediante la modificación de la trayectoria de la luz al atravesarlos. Otro propósito se relaciona con la protección ocular contra las radiaciones electromagnéticas que potencialmente dañan las estructuras oculares, como la radiación ultravioleta, la infrarroja y la luz de alta energía (HEV) del espectro visible, conocida como luz azul (2) (Ver Figura 1).

Figura 1. *Lentes oftálmicos*



Adaptado de lentes oftálmicos en el tratamiento de ojo seco, por Grupo Franja, 2022

Los lentes oftálmicos están conformados por dos superficies: una anterior y una posterior, las cuales son transparentes y tienen propiedades ópticas tanto por la geometría de sus caras como por el material del que están hechos. El primer lente evidenciado que hubo en el mundo fue el que construyó Aristófanés en el año 424 A.C con un globo de vidrio soplado lleno de agua y su propósito no era la de amplificar imágenes sino la de concentrar la luz solar. Entre los años 965-1039 D.C, el físico iraquí Al-Haitham realizó enormes aportaciones a la óptica, descubriendo así

las leyes de la refracción. Siguiendo las teorías de Al-Haitham, los frailes de la edad media desarrollaron las llamadas “piedras para leer” (Ver Figura 2), las cuales eran de cristal o de alguna de las llamadas piedras semipreciosas (2)(6).

Figura 2. *Piedras para Leer*



Adaptado de Piedras de Lectura, por El Capitán, 2009

Por otra parte, las radiaciones ionizantes como lo es la luz azul se encuentran en nuestra vida cotidiana. El sol es la principal fuente de la luz azul, por lo que las personas están más expuestas a esta cuando se encuentran realizando actividades al exterior; otras fuentes de luz azul son las internas o las fabricadas por el hombre como pantallas de televisor, lámparas led, fluorescentes, entre otras. La luz azul la conforma una longitud de onda corta, lo que significa que tiene más energía en comparación con otras partes del espectro visible (7).

Sus repercusiones en la salud visual han tomado mayor importancia en los últimos años por el aumento en el uso de dispositivos electrónicos. Dentro de ellas se pueden contar: Riesgos de patología macular, fatiga ocular, alteración del sueño (8, 9).

Recientemente la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) ha escrito sobre el riesgo de la luz azul:

El riesgo por luz azul está sometido al cumplimiento de una normativa, la normativa de seguridad UNE-EN 62471:2019. En el caso de fuentes LED para iluminación general, estas se clasifican como máximo en RG2 (Riesgo moderado); también aconseja precaución en el uso de fuentes con un alto contenido de luz azul en los casos en los que haya una exposición continuada a niveles cercanos a los límites definidos (Candeltec.es. 2019) (10).

Figura 3. *Antirreflejo verde*



Adaptado de Lentes Antirreflejantes, Por Laura Amado, 2023

La industria de los laboratorios ópticos ha desarrollado recubrimientos para lentes oftálmicos como lo es el antirreflejo verde (Ver Figura 3), que entre sus características incluye la reducción de los reflejos y una significativa mejoría en la claridad visual, y el antirreflejo de absorción selectiva, conocido como filtro azul (Ver Figura 5), el cual tiene como fin reducir el ingreso de este tipo de radiación ionizante al interior del globo ocular (11, 12).

Comúnmente se mencionan 3 tipos de filtro de luz azul:

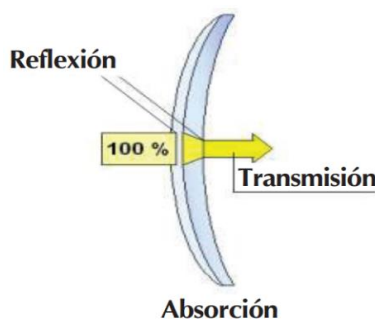
Interno o en masa. Como su nombre lo sugieren es fabricado dentro de la masa de la lente y gracias a este diseño se evitan los reflejos azules característicos de estos filtros haciendo que el cristal sea más transparente y suelen filtrar un 20% de la luz azul.

Externo o en película. Este diseño es el más utilizado es una capa delgada colocada en la superficie del lente oftálmico. En este diseño se hace evidente los reflejos azules o verdes dependiendo de la calidad del cristal y, además, los lentes sin tintar se ven un poco más amarillentos. Pueden filtrar un 20 % de la luz azul.

Combinado. Es un filtro que combina la forma de fabricación de los dos anteriores logrando mejorar así la filtración, siendo capaz de filtrar un 30% de la luz azul (13).

La transmisibilidad (Ver figura 4) en lentes oftálmicos se refiere a la capacidad del material y los tratamientos aplicados para permitir el paso de distintas longitudes de onda. Este factor es crucial en el diseño de filtros especializados, como el filtro azul y los antirreflejos verdes, que buscan optimizar la calidad visual y proteger los ojos de posibles daños. Evaluar la transmisibilidad permite determinar qué porcentaje de luz visible y de alta energía, como la luz azul, es bloqueado o transmitido.

Figura 4. *Transmisibilidad*



Adaptado de información para el profesional de la salud visual, por Vertex, 2020

Figura 5. Filtro de luz azul

1. Análisis de la transmisibilidad de la luz en lentes con tratamiento de protección contra luz azul y antirreflejo verde de distintos materiales ofertados en Bucaramanga en el año 2025

1.1 Planteamiento del problema

La tecnología y uso desmedido de dispositivos electrónicos en visión cercana incrementaron la exposición de la población a la luz azul, puede generar efectos adversos que pueden ser fatiga visual, alteraciones del ciclo circadiano, ardor ocular, entre otros. Para minimizar los efectos que puede causar la luz azul y ofrecer mayor comodidad a los usuarios, se han implementado diferentes métodos para añadir protección directamente en los materiales de los lentes oftálmicos. Las opciones más utilizadas son el filtro azul y el antirreflejo verde, por lo que analizar cuánta luz de alta energía dejan pasar y comparar sus resultados se vuelve clave al momento de decidir cuál recomendar. (9)(11)(14).

Además, es importante entender cómo las condiciones del entorno pueden influir en el desempeño de estos tratamientos, ya que los lentes están expuestos todos los días a cambios de clima y factores ambientales que podrían modificar su efectividad frente a la luz azul. En este contexto surge la pregunta ¿Cuál es la transmisibilidad de la luz en lentes con filtro azul y antirreflejo verde de distintos materiales ofertados en Bucaramanga en el año 2025?

1.2. Justificación

Este proyecto cuantificó el paso de luz azul en los tratamientos de protección contra luz azul y antirreflejo verde aplicados a lentes oftálmicos ofertados en los centros de atención de salud visual del área metropolitana. Dicha medición se realizó mediante equipos optoelectrónicos que registraron las ondas de luz para analizarlas y, con ello, se logró emitir un juicio fundamentado sobre la eficacia del filtro de luz azul y el antirreflejo verde, con el propósito de brindar orientación a los profesionales en la recomendación de los tratamientos más adecuados para sus pacientes.

El estudio contó con el uso del espectrofotómetro UV-VIS (ver Figura 6), un dispositivo electrónico que recolectó datos prácticos sobre los espectros de onda de luz. A partir de estos datos, se analizó la absorción de la radiación ionizante azul, con el objetivo de aportar evidencia científica a un tema poco explorado. Además, se consideró relevante examinar la influencia del medio ambiente, al exponer los lentes oftálmicos con estos tratamientos a diversas condiciones meteorológicas (16).

Figura 6. *Espectrofotómetro U.V VIS*



1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la transmisibilidad de la luz en lentes oftálmicos con filtro de protección contra luz azul y antirreflejo verde de distintos materiales ofertados en Bucaramanga en el año 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

Describir el comportamiento de la transmisibilidad del filtro azul y verde en diferentes materiales de lentes oftálmicos a través de la medición de longitud de onda con el espectrofotómetro UV. VIS.

Evaluar el efecto de diferentes condiciones meteorológicas en los distintos tratamientos de protección contra luz azul en lentes oftálmicos de diferentes materiales distribuidos en Bucaramanga en el año 2025.

2. Marco referencial

Se han publicado una gran cantidad artículos y estudios en los cuales se mencionan los posibles efectos que tiene la luz azul sobre el ojo humano, estos estudios se centraron en las consecuencias causadas principalmente por el uso de pantallas por tiempos prolongados o la exposición a cualquiera de las otras fuentes de luz azul. Entre los posibles efectos se incluye la disminución de parpadeos por minuto causando sequedad y ardor ocular, la alteración del ciclo circadiano, entre otras. Debido a lo anterior mencionado se comenzó a comercializar el ya conocido filtro azul, que ofrece protección frente a la luz azul proveniente de pantallas u otras fuentes, sin embargo, la American Academy of Ophthalmology (AAO) menciona que no existe

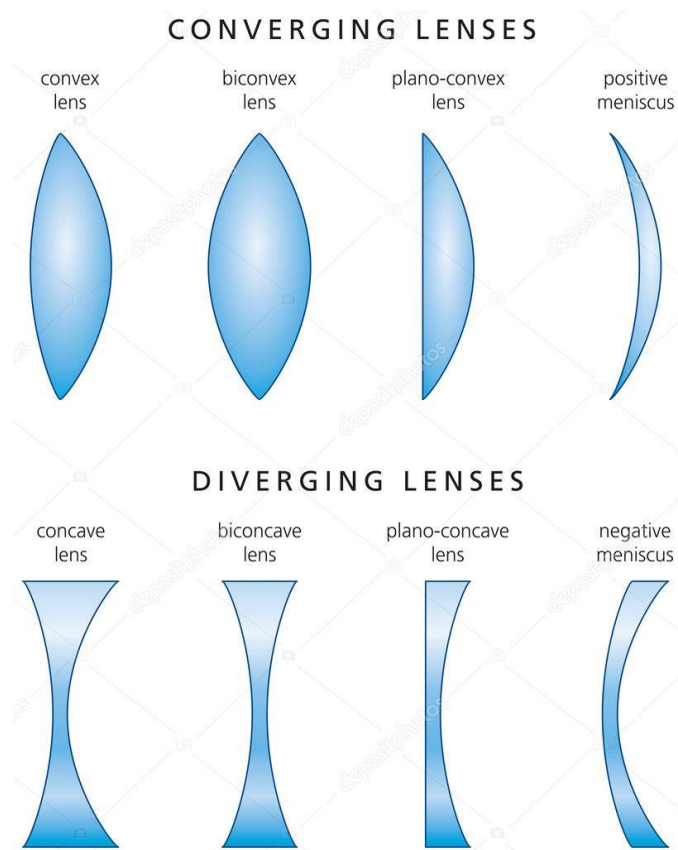
evidencia científica suficiente para recomendar el uso de gafas con este filtro. Por lo tanto, se decidió llevar a cabo este proyecto donde se realizó una comparación de la transmisibilidad de la luz azul entre el filtro azul con un filtro antirreflejo verde convencional, con el objetivo de ofrecer evidencia sobre la utilidad de estos filtros para la salud visual (8).

2.1 Marco teórico

2.1.1 Lentes oftálmicos

Las lentes oftálmicas son un medio refractante limitado por sus dos caras, las cuales son dos superficies transparentes y curvas, estas superficies poseen características ópticas determinadas por la geometría del lente y por la naturaleza de dicho medio. Las lentes oftálmicas son de gran relevancia en el campo óptico ya que son utilizadas como una ayuda óptica en defectos refractivos como la miopía, hipermetropía y astigmatismo (16).

Las lentes oftálmicas se pueden clasificar de dos formas, por su geometría y por su material, su clasificación geométrica es convergente y divergente (Ver Figura 7).

Figura 7. Tipos de lentes oftálmicas

Adaptado de Deposit Photos, por Furian, 2013

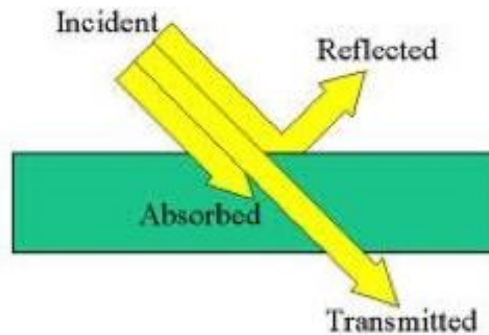
La segunda clasificación de las lentes es dependiendo del material por el que está diseñado, de los cuales los más comunes son:

- *CR-39*. Este es el nombre por el que se le conoce comercialmente al material de resina, alildiglicolcarbonato, este tiene aproximadamente la mitad del peso del vidrio y posee un índice de refracción de 1.498. Es un material estable, resistente, no se raya tan fácil, tiene buena calidad óptica y se puede tintar. Entre sus desventajas esta que es un material más pesado y grueso que los materiales desarrollados posteriormente y tiene baja resistencia al impacto (17).

- *Polycarbonato*. Tiene un índice de refracción 1,58. Los lentes procesados con este material son más livianos que el 1.56, tiene buen aislamiento térmico, buena resistencia a los impactos y estabilidad dimensional. Entre sus puntos negativos se encuentra su baja resistencia química, problemas para colorear y alta dispersión de la luz (17).
- *Alto índice*. Los lentes de alto índice son fabricados con materiales de alta densidad, los cuales se caracterizan por poseer la capacidad de desviar en gran manera la luz. Esto les permite ser más delgados, más planos en su geometría y más ligeros que los lentes estándar. Cuanto más alta es la prescripción necesaria del lente, mayor será la desviación de la luz necesaria. Para que un lente estándar pueda ofrecer una desviación similar a la que ofrece un alto índice, deberá ser muy grueso. Los de alto índice ofrecen una capacidad superior para desviar la luz, lo cual les da la ventaja de ser más finos (18).

2.1.2 Transmisibilidad de la luz

Cuando un haz de luz incide en un lente, existe una porción de dicha luz que es reflejada, otra que es absorbida y el resto se transmite a través de la lente (Ver figura 8). Esto se define como la transmisibilidad de la luz, lo cual se entiende como el cociente del flujo radiante espectral transmitido por un material. En otras palabras, es el flujo que transmite un material según la longitud de onda de la radiación incidente (19).

Figura 8. *Transmisión de la luz*

Adaptado de transmisión de la luz: fuente, propagación y absorción, por José Fernández, 2014

2.1.3. Luz azul

La luz azul, también conocida como luz de alta energía, es una onda electromagnética que se encuentra incluida en el espectro de luz visible y que posee una longitud de onda corta, la cual se encuentra entre 400 y 495 nm, lo cual puede ser perjudicial para el ojo. Este tipo de luz puede provenir tanto del sol como de fuentes artificiales, tales como la luz LED o bombillas. En la actualidad, con el uso en aumento de dispositivos electrónicos como los smartphones, tablets y ordenadores, los ojos se ven expuestos a una cantidad superior de radiación. Las lentes que poseen filtro para luz azul deben bloquear de forma apropiada esta radiación, de manera que disminuyan el daño causado, pero sin afectar las funciones visuales. En exceso esta radiación es perjudicial para el ojo, pero aun así la luz azul es necesaria para una función visual adecuada. Por ejemplo, la luz azul juega es crucial en la percepción de colores y en la visión nocturna. Además, la exposición durante el día a la luz azul regula el ritmo circadiano puesto que estimula al cerebro a permanecer despierto, gracias a que inhibe la secreción de melatonina (19).

Es importante diferenciar entre la luz azul-violeta y la luz azul-turquesa. La luz azul-violeta corresponde a una longitud entre 400 y 450 nm, es decir, ondas cortas, por lo que es una radiación de mayor energía, y en consecuencia más dañina. Por el contrario, la luz azul-turquesa es la

radiación comprendida entre 450 y 495 nm, y no perjudica el ojo ni para el organismo, sino que es incluso beneficiosa (19).

El peligro de este tipo de radiación se debe a que el ojo humano no posee ningún mecanismo natural para bloquearla, por lo que, en su mayoría, la luz azul que incide en el ojo llega a la retina, ya sea buena o mala para esta. Una exposición constante a la luz azul puede producir daño fotoquímico en la retina, lo cual a largo plazo puede relacionarse con DMAE, que consiste en un daño en la mácula, que puede derivar en una pérdida de visión. Por otra parte, el excesivo uso de dispositivos electrónicos en la actualidad puede producir fatiga visual, debido a que al ser esta luz azul de alta energía y de longitud de onda corta se dispersa más en el ojo, lo que provoca un mayor esfuerzo para enfocarla en la retina causando manifestaciones clínicas o síntomas como ojos rojos, secos, dolor de cabeza, entre otros (19).

2.1.4 Filtro de luz azul

Los filtros en lentes oftálmicos se caracterizan por la capacidad de modificar la entrada de luz mediante el bloqueo o la atenuación de una parte específica del espectro visible. Los filtros de luz azul reducen la cantidad de luz con longitud de onda corta que ingresa al ojo. Los filtros de luz azul son útiles tanto en el tratamiento de trastornos psiquiátricos y neurológicos como trastorno bipolar, depresión, TDAH, y de afecciones de la retina como la monocromacia de bastones/acromatopsia, retinosis pigmentaria. Aunque tiene otras utilidades el filtro de luz azul es usado principalmente para reducir la fotofobia inespecífica y la fatiga visual. La característica única y fundamental de un filtro es su transmisibilidad, que es una especificación cuantificada de cuánta luz pasa a través del filtro en una determinada longitud de onda (20).

2.1.5 Antirreflejo verde

El antirreflejo, también conocido como recubrimiento antirreflejante o AR, es una capa que se aplica a los lentes oftálmicos. La película antirreflejo es un tratamiento que se le da a los lentes oftálmicos, su objetivo principal es reducir la reflexión de la luz. Los reflejos que se dan por diferentes factores del medio generan la reflexión en la luz emitida por diferentes elementos, estas reflexiones en las áreas de los lentes son mayores, a medida que crece el índice de refracción. El tratamiento antirreflejo es un recubrimiento antirreflejante delgado y transparente aplicado a la superficie de una lente, este tratamiento tiene como propósito reducir los reflejos no deseados de la superficie de un lente y aumentar la cantidad de luz que realmente pasa a través de la lente para el ojo (21).

2.2 Marco legal

En Colombia, la práctica de la optometría y la fabricación, comercialización y uso de dispositivos médicos oftálmicos están regulados por diversas normativas que buscan garantizar la seguridad y eficacia en la atención de la salud visual. Este marco legal establece los lineamientos que deben seguir los profesionales y fabricantes para asegurar la calidad de los productos y servicios ofrecidos a la población.

2.3. Legislación Colombiana en salud visual

2.3.1. Ley 650 de 2001

La Ley 650 de 2001 establece el código de ética profesional de optometría en Colombia. Esta ley define las responsabilidades y obligaciones de los optómetras en el ejercicio de su profesión. Entre sus disposiciones relevantes se incluyen:

- *Responsabilidad profesional:* El optómetra tiene la obligación de aplicar sus conocimientos y medios diagnósticos para la detección precoz de enfermedades oculares, tanto de origen local como sistémico (22).
- *Publicidad y propiedad intelectual:* La ley regula la forma en que los optómetras pueden publicitar sus servicios, prohibiendo la promoción de métodos o tratamientos cuya eficacia no esté científicamente comprobada. Además, establece que los profesionales deben ceñirse a la normativa sobre propiedad intelectual y derechos de autor en sus actividades investigativas y científica (22).

2.3.2. Decreto 1030 de 2007

El Decreto 1030 de 2007 establece los requisitos de seguridad y funcionamiento para los dispositivos médicos sobre medida para la salud visual y ocular. Entre los aspectos más destacados se encuentran:

- *Requisitos de seguridad y funcionamiento:* Los dispositivos deben cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante, asegurando que su uso no comprometa la salud o seguridad de los pacientes. Esto incluye eliminar o reducir riesgos inherentes al diseño y

fabricación, adoptar medidas de protección frente a riesgos no eliminables e informar a los usuarios sobre los riesgos residuales.

- *Condiciones técnico-sanitarias:* Los laboratorios oftálmicos, talleres ópticos y ópticas sin consultorio deben cumplir con las disposiciones que garanticen un adecuado desempeño en sus actividades, asegurando la calidad y seguridad de los productos elaborados y comercializados.

2.4. Normativas sobre dispositivos médicos oftálmicos

En Colombia, los dispositivos médicos, incluyendo los oftálmicos, están regulados para garantizar su seguridad y eficacia. Aunque no se dispone de una referencia directa en los resultados de búsqueda, es importante mencionar que el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) es la entidad encargada de la regulación y vigilancia de estos dispositivos en el país. Los fabricantes y comercializadores deben asegurarse de que sus productos cumplan con las normativas vigentes y cuenten con los registros sanitarios correspondientes.

3. Método

El trabajo de grado titulado análisis de la transmisibilidad de la luz en lentes con tratamiento de protección contra luz azul y antirreflejo verde de distintos materiales ofertados en Bucaramanga en el año 2025, se encontró anidado en el área de investigación de cuidado primario de la salud visual y ocular desde el desarrollo de la optometría basada en evidencia. Teniendo en cuenta las líneas de investigación del Grupo Interdisciplinario de Investigaciones Epidemiológicas en el Sistema Visual GIESVI de la facultad de optometría, correspondió a la línea 3, debido a que

se evaluó la efectividad de los tratamientos aplicados con lentes oftálmicos y tratamientos ópticos en la modificación de la transmisibilidad de la luz.

Esta investigación se realizó por medio de un ensayo de laboratorio, ya que se realizaron mediciones específicas mediante equipos optoelectrónicos y un espectrofotómetro UV-VIS en diferentes momentos del estudio. A través del análisis de datos obtenidos en un entorno controlado de laboratorio.

3.1. Población

3.1.1. Criterios de inclusión

- Lentes oftálmicos de material 1.56, policarbonato y 1.60 con tratamiento de filtro azul o antirreflejo verde.
- Lentes sin uso previo.
- Disponibilidad en ópticas y laboratorios del área metropolitana de Bucaramanga.

3.1.2. Criterios de exclusión

- Lentes con rayones, daños o defectos de fabricación.

3.1.3. Muestreo

La técnica de muestreo a que se empleó en este trabajo de grado fue no probabilística por conveniencia, ya que los lentes oftálmicos se seleccionaron a conveniencia teniendo en cuenta la disponibilidad para el acceso.

3.1.4. Tamaño de muestra

La población del estudio estuvo compuesta *por lentes oftálmicos con filtro azul y antirreflejo verde* que se comercializan en ópticas y laboratorios ópticos del área metropolitana de Bucaramanga en 2025.

Tabla 1. *Muestra*

Casa comercial			1
Material del lente	Filtro azul	Antirreflejo verde	Total
1.56	3	3	6
Policarbonato	3	3	6
1.60	3	3	6
Total	9	9	18
Casa comercial			2
Material del lente	Filtro azul	Antirreflejo verde	Total
1.56	3	3	6
Policarbonato	3	3	6
1.60	3	3	6
Total	9	9	18

A continuación, se presentan las variables que se analizaron en el estudio, considerando su relevancia para evaluar la transmisibilidad de la luz en los lentes oftálmicos.

Tabla 2. *Operacionalización de variables*

Objetivo	Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Analizar la transmisibilidad de la luz en lentes oftálmicos con filtro de protección contra luz azul y antirreflejo verde de distintos materiales ofertados en Bucaramanga en el año 2025.	Transmisibilidad de la luz	Propiedad óptica de los lentes que permite el paso de ciertas longitudes de onda de luz.	Porcentaje
	Tipo de filtro	Tratamiento óptico aplicado a los lentes para modificar la transmisión de la luz.	filtro azul y antirreflejo verde.
	Material del lente	Composición del lente oftálmico que puede	1.56, policarbonato, 1.60.

Objetivo	Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Describir el comportamiento de la transmisibilidad del filtro azul y verde en diferentes materiales de lentes oftálmicos a través de la medición de longitud de onda con el espectrofotómetro UV-VIS.	Casas comerciales	afectar la transmisión de la luz. Lugar de donde provienen los lentes oftálmicos.	Labacosta, servioptica.
	Longitud de onda transmitida	Espectro de luz que atraviesa los lentes oftálmicos con diferentes tratamientos.	lambda (λ)
	Índice de refracción del lente	Capacidad del material del lente para desviar la luz.	
Evaluar el efecto de diferentes condiciones meteorológicas en los distintos tratamientos de protección contra luz azul en lentes oftálmicos de diferentes materiales distribuidos en Bucaramanga en el año 2025.	Radiación Ultravioleta	Energía electromagnética no visible emitida por el sol y luces artificiales	IUV (Escala que mide intensidad de radiación)
	Temperatura	Es un elemento del clima que mide el calor o el frío del aire en un lugar y momento determinados	Grados Celsius °C
	Humedad	Cantidad de vapor de agua que hay en el aire	Porcentaje
	Viento	movimiento del aire en relación con la superficie terrestre	Km/h

4. Análisis de Datos

Tabla 3. *Análisis univariado*

Variable	Naturaleza	Clasificación según escala de medición	Análisis univariado	Gráfica
Transmisibilidad de la luz	Cuantitativa continua	Razón	1. Evaluación de la distribución: coeficiente de asimetría de Fisher y curtosis	Histograma
Longitud de onda transmitida	Cuantitativa continua	Razón	2. Cálculo de medidas de tendencia central: media en caso de distribución normal y mediana en caso contrario	Histograma
Índice de refracción	Cuantitativa continua	Razón	3. Cálculo de medida de dispersión, desviación estándar en caso de distribución normal y rango intercuartil en caso contrario	Diagrama de caja y bigotes
Tiempo exposición	Cuantitativa discreta	Intervalo		Gráfico de líneas

Variable	Naturaleza	Clasificación según escala de medición	Análisis univariado	Gráfica
+Temperatura	Cuantitativa continua	Razón		Gráfico de líneas
Humedad	Cuantitativa continua	Razón		Gráfico de líneas
Viento	Cuantitativa continua	Razón		Gráfico de líneas
Tipo de filtro	Cualitativa nominal	Nominal dicotómica	Frecuencia absoluta frecuencia relativa	Gráfico de barras
Material del lente	Cualitativa nominal	Nominal politómica		Gráfico de barras
Casas comerciales	Cualitativa nominal	Nominal politómica		Gráfico de barras

4.1. Procedimiento

4.1.1. Selección de la muestra

Se seleccionaron 36 lentes oftálmicos con tratamientos de filtro azul y antirreflejo verde y 6 lentes sin filtros, asegurando una muestra representativa de tres tipos de materiales (1.56, policarbonato y 1.60) y provenientes de dos casas comerciales. Cada casa comercial aportó tres lentes por cada tipo de tratamiento óptico. Antes de iniciar las mediciones, se realizó una inspección visualmente para descartar defectos de fabricación o alteraciones previas que puedan influir en los resultados.

4.1.2 Calibración del espectrofotómetro UV-VIS

El proceso dio inicio en el laboratorio de química de la Universidad Santo Tomas con la calibración del espectrofotómetro UV-VIS, un paso fundamental para garantizar la precisión de las mediciones. Antes de cada sesión, se empleó un estándar de referencia, como una cubeta con aire o un material de alta transmisión óptica, con el fin de establecer una base de comparación sin interferencias. Se realizaron mediciones de prueba para verificar la estabilidad del equipo, si se

detectaban variaciones en los valores de referencia, se repetía la calibración y se ajustaba la alineación del sistema óptico antes de iniciar las mediciones oficiales.

4.1.3. Primera medición de la transmisibilidad de luz

Cada lente fue colocado individualmente en el soporte del espectrofotómetro UV-VIS, el cual reporta los datos en intervalos de 5nm. Se aseguro que el haz de luz atravesase el centro óptico del lente para registrar con precisión la cantidad de luz transmitida en diferentes longitudes de onda, la luz azul turquesa que abarca la longitud de 380nm a 435nm, y la luz azul violeta que va desde los 440nm a 500nm. Los datos obtenidos se registraron como medición inicial de referencia.

4.1.4. Exposición a condiciones ambientales

Para evaluar la influencia del ambiente en la eficacia de los tratamientos ópticos, los lentes fueron ubicados en un balcón asegurando que estuvieran expuestos permanentemente a la luz solar, el aire, la humedad y la lluvia. Se estima que recibieron aproximadamente 8 horas diarias de luz solar directa.

4.1.5. Segunda y tercera medición después de la exposición ambiental

Durante el periodo de exposición, se registraron semanalmente las condiciones climáticas, incluyendo temperatura, humedad, radiación ultravioleta y velocidad del viento. Para ello, se utilizó una aplicación móvil que extrae datos en tiempo real de *The Weather Channel* y se complementó con *Weather Spark*, *Weather Atlas* y *msn el tiempo*. Este seguimiento permitió evaluar el impacto de estos factores en la posible degradación de los tratamientos ópticos. (23–25)

Se realizaron mediciones mensuales del progreso a lo largo de dos meses, los lentes fueron trasladado al laboratorio de química para repetir el mismo proceso de calibración y medición en el espectrofotómetro UV-VIS. Se garantizó que todos los parámetros de análisis sean consistentes con la primera toma de datos, permitiendo así una comparación precisa del comportamiento óptico de los lentes antes y después de la exposición ambiental.

4.1.6. Análisis y comparación de resultados

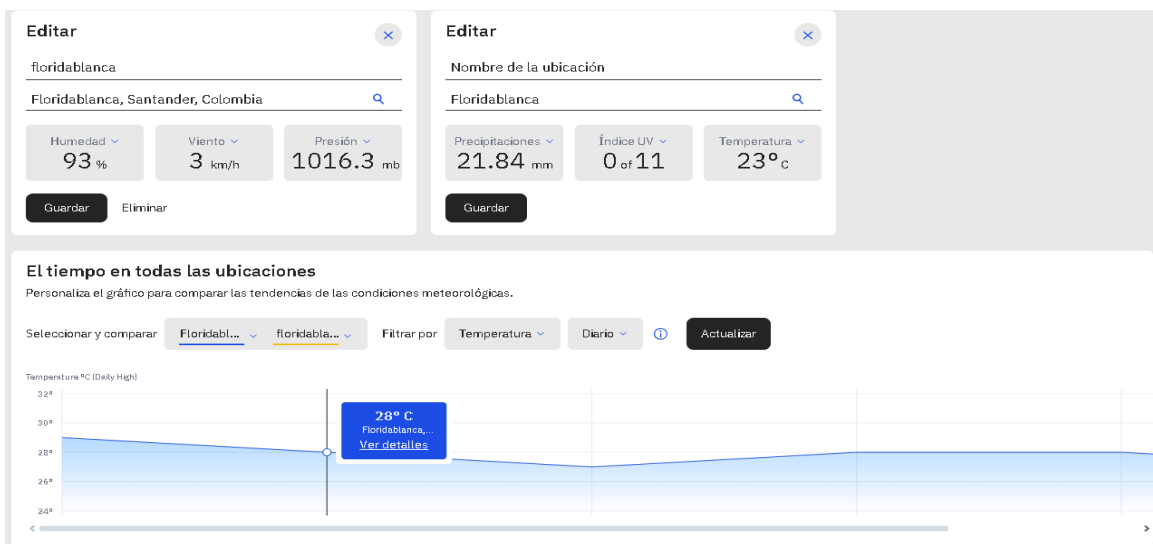
Los datos obtenidos en ambas mediciones fueron organizados y analizados estadísticamente. Se comparó la transmisibilidad de la luz entre los diferentes materiales, tratamientos y condiciones ambientales. Se interpretaron los resultados para determinar la efectividad de los filtros de luz azul y antirreflejo verde en cada caso.

4.2. Instrumentos de medición

- *Espectrofotómetro UV-VIS*: Permite medir la cantidad de luz transmitida a través de los lentes en diferentes longitudes de onda, Se realizarán dos tomas por lente con la fecha y hora para evitar variación en las medidas, la información obtenida será registrada en la planilla ubicada en anexo A
- *The weather channel*: Esta aplicación permitió tener el promedio semanal de las condiciones meteorológicas, la información es proporcionada por una cadena televisiva que revisa el estado de la atmosfera y siguen patrones para dar los pronósticos, esta información es confiable ya que se basa en datos recopilados por estaciones meteorológicas, satélites y modelos climáticos avanzados. Esto garantizó un registro

preciso y actualizado de las condiciones ambientales a las que estarán expuestos los lentes durante el estudio.

Figura 9. *The weather channel*



Adaptado de The Weather Channel, por The Weather Channel

4.3. Prueba piloto

Antes de iniciar la fase de recolección de datos se llevó a cabo una prueba piloto con cuatro lentes oftálmicos (dos con filtro azul y dos antirreflejos verdes). El objetivo de esta prueba fue validar el protocolo de medición, verificar la correcta calibración del espectrofotómetro UV-VIS y evaluar la viabilidad del procedimiento experimental en condiciones controladas y ambientales.

Para ello, se seleccionaron 4 lentes de diferentes materiales (1.56, policarbonato y 1.60) o provenientes de las casas comerciales incluidas en el estudio. Estos lentes fueron sometidos a un primer análisis en el laboratorio de química, donde se evaluó su transmisibilidad inicial de luz en diferentes longitudes de onda. Se realizaron ajustes en la técnica de medición en caso de detectar variaciones o inconsistencias en los resultados obtenidos.

Posteriormente, estos lentes fueron expuestos a las condiciones ambientales definidas para el estudio en un balcón sin techo, donde estuvieron expuestos a luz solar directa, humedad y otros factores meteorológicos. Durante esta etapa, se utilizó una aplicación móvil para registrar semanalmente datos de temperatura, humedad y presión atmosférica con el fin de validar la metodología de monitoreo.

Tras dos semanas de exposición, se repitió el análisis con el espectrofotómetro UV-VIS para determinar si hubo alteraciones en la transmisibilidad de la luz. Los resultados obtenidos en la prueba piloto permitirán ajustar cualquier aspecto técnico o metodológico antes de iniciar la medición, asegurando la confiabilidad y precisión del estudio principal.

4.4. Análisis de sesgos

En el presente estudio se tuvo en cuenta sesgos de selección, de medición, condiciones ambientales y de confusión:

- *Sesgo de selección:* Puede ocurrir si la muestra de lentes se seleccionara por conveniencia asegurando que se incluyan distintas casas comerciales, materiales y tratamientos ópticos.
- *Sesgo de medición:* Se puede generar por errores en la calibración del espectrofotómetro UV-VIS, Por lo cual se realizó una calibración previa del equipo antes de cada sesión de medición. En el caso de la medición de condiciones ambientales son datos confiables suministrados por la aplicación the weather channel.
- *Sesgo de confusión:* La composición química de las películas de recubrimiento o filtros puede variar según la casa comercial, lo que pudo influir en los resultados. Dado que no se tuvo acceso a esta información específica, se consideró esta limitación en el análisis e interpretación de los datos.

4.5. Consideraciones éticas

El estudio se realizó bajo normativas éticas de investigación, asegurando la transparencia en la recolección y análisis de datos. No se manipularon lentes de uso clínico ni se involucraron a pacientes, por lo que no se requieren consentimientos informados.

5. Resultados

En este estudio se analizaron 42 lentes oftálmicos, de los cuales 18 con filtros azul, 18 con filtro verde y 6 lentes sin ningún tratamiento, a los cuales se les realizaron tres mediciones de porcentaje de transmisibilidad (T%) en los rangos de 500–440 nm (Azul turquesa) y 435–380 nm (Azul violeta), efectuadas en diferentes periodos de tiempo y registrando en cada una de ellas las condiciones ambientales de temperatura, humedad, índice de radiación UV (escala de 0 a 11, siendo 11 la mayor radiación) y velocidad del viento a las que estuvieron expuestos.

En la Tabla 4 se presentan los promedios semanales de las variables ambientales registradas durante el desarrollo del estudio. La estabilidad observada en los valores de temperatura, humedad, índice de radiación UV y la velocidad del viento, Esta constancia ambiental es importante porque redujo la probabilidad de que fluctuaciones externas afectaran la transmisibilidad espectral medida en los lentes oftálmicos.

Tabla 4. Resultados de las condiciones ambientales en promedios semanales

SEMANA	HUMEDAD (%)	VIENTO (km/h)	RADICION UV	TEMPERATURA (°C)
1	82,5	4,5	5	23,2
2	83,4	4,7	5	23
3	78,9	4,5	5	22,7
4	82,3	4,7	5	23,1
5	79,4	4,5	5	22,9
6	82,8	4,4	5	23
7	82,7	4,4	5	23,2

SEMANA	HUMEDAD (%)	VIENTO (km/h)	RADICION UV	TEMPERATURA (°C)
8	81,4	4,4	5	22,7
9	79,4	4,4	5	22,9
10	83,2	4,4	5	22,2
11	81,8	4,5	5	22,4

En la figura 10 se observa que la transmisibilidad promedio organizadas por casa comercial (A y B), según índice de refracción o material (1.56, 1.59 [policarbonato] y 1.60) y tipo de recubrimiento (RA para antirreflejo azul, RV para antirreflejo verde y BLANCO para lentes sin filtros). Para cada muestra se reportan los valores obtenidos en las tres mediciones realizadas en el rango de luz turquesa (500–440 nm) y violeta (435–380 nm), permitiendo observar el comportamiento individual de cada lente a lo largo del estudio...

En general, se evidencia que los lentes con recubrimiento RA presentan valores de transmisibilidad altos y estables en la luz turquesa, con variaciones mínimas entre mediciones y entre casas comerciales. Los valores de transmisibilidad en la luz azul turquesa se mantienen en prácticamente alta todas las muestras RA, independientemente del índice de refracción. Por otro lado, en el rango violeta, las transmisibilidades de los lentes RA son considerablemente menores, especialmente en los modelos 1.56 y 1.59, confirmando su función de bloqueo de longitudes de onda cortas. Sin embargo, algunas muestras de índice 1.60 muestran valores más bajos y una dispersión mayor entre mediciones.

En contraste, los lentes con recubrimiento RV (antirreflejo verde) muestran transmisibilidades generalmente más altas tanto en la luz turquesa como en la violeta. Los valores del rango turquesa se mantienen entre 96 % y 102 %, mientras que en el rango violeta alcanzan valores superiores a los obtenidos por los RA, incluso por encima del 70 % en varios casos. Esto

confirma que el recubrimiento verde permite un mayor paso de luz violeta en comparación con el azul, funcionando más como un antirreflejo convencional que como un filtro selectivo.

Respecto a las casas comerciales, se observan comportamientos similares, aunque las muestras de la casa B presentan algunos casos específicos con mayor dispersión, principalmente en las muestras RA160 y RA159 donde los valores del violeta muestran caídas más marcadas o fluctuaciones entre mediciones. Los lentes blancos incluidos como control muestran valores intermedios que corresponden a la ausencia de recubrimiento filtrante, confirmando la efectividad de los tratamientos RA y RV.

Figura 10. Descripción de los resultados de transmisibilidad promedio

Muestra	AZUL_TURQUESA 1ª	AZUL_VIOLETA 1ª	AZUL_TURQUESA 2ª	AZUL_VIOLETA 2ª	AZUL_TURQUESA 3ª	AZUL_VIOLETA 3ª
A156RA1	94,72	67,47	94	40,36	93,38	40,01
A156RA2	95,03	67,49	92,08	39,37	91,26	38,87
A156RA3	93,4	40,78	96,04	41,31	94,79	40,82
A156RV1	102,03	71,58	100,73	70,78	98,83	69,6
A156RV2	102,05	71,58	97,91	68,09	97,25	67,92
A156RV3	102,02	71,6	100,38	69,66	97,58	67,85
A159RA1	95,41	70,62	91,4	66,88	89,98	65,53
A159RA2	95,33	71,01	91,41	66,84	89,98	65,58
A159RA3	95,24	70,98	93,1	68,55	87,31	63,18
A159RV1	102	72,53	101,06	72,5	99,23	71,29
A159RV2	102,85	72,33	100,96	71,06	100,06	70,49
A159RV3	101,12	70,87	100,6	71,2	100,06	70,54
A160RA1	88,79	27,49	88,2	27,09	83,08	26,03
A160RA2	88,24	27,06	92,47	28,16	91,1	28,35
A160RA3	89,77	28,12	91,67	28,11	87,33	27,32
A160RV1	97,29	29,86	96,24	30,49	92,7	30,05
A160RV2	96,52	29,55	96,42	30,95	90,9	29,67
A160RV3	97,96	30,12	83,67	26,4	87,61	28,17
ABLANCO156	94,69	67,46	93,89	66,82	92,22	65,25
ABLANCO159	95,7	70,34	95,16	69,95	94,35	68,95
ABLANCO160	92,82	26,08	92,44	25,83	89,49	24,84
B156RA1	96,09	22,24	95,26	22,37	94,54	22,25
B156RA2	96,1	22,33	95,91	22,7	93,02	21,85
B156RA3	97,01	22,71	96,9	22,74	94,91	22,22
B156RV1	102,39	72,75	95,36	20,82	100,68	72,9
B156RV2	102,3	72,05	94,84	20,79	101,15	72,06
B156RV3	102,6	73,81	96,07	21,08	99,76	72,24
B159RA1	93,15	25,73	74,92	20,67	66,93	18,35
B159RA2	96,7	25,1	96,31	24,77	94,13	24,13
B159RA3	95,85	26,48	93,98	25,92	92,39	25,34
B159RV1	102,33	65,16	102,23	65,89	102,05	65,67
B159RV2	102,35	65,41	101,38	64,93	99,75	63,87
B159RV3	102,62	63,74	101,51	63,39	99,53	62,02
B160RA1	94,96	25,41	95,31	25,33	93,44	24,84
B160RA2	99,51	27,17	95,56	25,74	93,55	25,01
B160RA3	99,92	27,05	72,14	19,27	70,16	18,66
B160RV1	99,73	22	101,83	73,52	93,89	20,44
B160RV2	99,76	22,3	101,79	72,42	94,2	20,67
B160RV3	99,79	22,12	101,37	73,47	93,43	20,38
BBLANCO156	93,01	69,46	92,98	68,81	90,29	66,22
BBLANCO159	95,72	59,55	81,91	51,36	50,67	31,63
BBLANCO160	91,69	20,03	91,45	20,03	90,33	19,69

En la tabla 6 se describen los resultados de las variables ambientales obtenidos durante las mediciones, utilizando la mediana y el rango intercuartil debido a que no presentaron normalidad en la distribución.

La radiación UV se mantuvo constante con un valor de 5 en todas las mediciones, lo que indica condiciones homogéneas de radiación durante el periodo de toma de datos.

La temperatura presentó una mediana de 22,9 °C, con un rango intercuartílico entre 22,7 °C y 23,1 °C, lo que evidencia una variación mínima y condiciones térmicas estables a lo largo de las mediciones.

En cuanto a la humedad promedio, se obtuvo una mediana de 82,3 %, con un rango intercuartílico entre 79,4 % y 82,8 %, mostrando valores consistentes y sin fluctuaciones importantes durante el proceso.

Finalmente, la velocidad del viento mostró una mediana de 4,5 km/h, con un rango intercuartílico muy estrecho entre 4,4 km/h y 4,5 km/h, lo que indica que esta variable permaneció prácticamente constante durante el desarrollo del estudio.

Tabla 5. *Resultados de variables ambientales*

Variable	Mediana	Curtosis	Coefficiente de asimetría	Rango intercuartil
Radiación UV	5	No se tiene dato	No se tiene dato	No se tiene dato
Temperatura	22,9	0,19	-0,92	22,7 - 23,1
Humedad	82,3	-1,01	-0,79	79,4 - 82,8
Viento	4,5	0,41	1,21	4,4 - 4,5

En la tabla 7 se observa los resultados de la transmisibilidad por rangos en sus diferentes mediciones al no tener distribución normal se decidió reportar mediana y rango intercuartil como medidas principales de tendencia central y dispersión. El azul turquesa en la primera medición obtuvo una mediana de transmisibilidad de 96,6% y un rango intercuartil de 94,90 a 102,01% lo cual indica una variabilidad baja y valores concentrados en niveles altos de transmisión.

En la segunda medición, la luz azul turquesa presentó una mediana de 95,3 %, manteniéndose dentro de valores altos y estables. El rango intercuartílico, comprendido entre 92,35 % y 100,34%, confirma que la dispersión sigue siendo reducida.

En la tercera medición, la mediana fue de 93,4 %, siendo ligeramente menor que en las mediciones anteriores, aunque todavía dentro de un rango elevado de transmisibilidad. El rango intercuartílico, que fue de 90,21 % a 97,89 %, evidencia nuevamente una baja variabilidad entre muestras, manteniéndose la consistencia en la transmisión del filtro azul turquesa a lo largo del tiempo.

Por otro lado, el azul violeta mostró valores notablemente menores en comparación con el turquesa. En la primera medición, obtuvo una mediana del 50,17 %, con un rango intercuartílico entre 25,99 % y 70,90 %, evidenciando una dispersión amplia y mayor variabilidad entre los lentes evaluados.

En la segunda medición, la mediana del azul violeta fue de 39,86 %, con un rango intercuartílico de 25,19 % a 68,62 %, lo cual muestra alta variabilidad y valores de transmisibilidad considerablemente inferiores respecto al turquesa.

Finalmente, en la tercera medición, el azul violeta presentó su valor más bajo, con una mediana de 35,25 % y un rango intercuartílico entre 24,66 % y 66,63 %, manteniendo la tendencia de dispersión amplia y menor transmisibilidad. Esto refleja que, a diferencia del azul turquesa, el rango azul violeta presenta mayor variabilidad y menores porcentaje de transmisión en todas las mediciones y lentes usadas.

Tabla 6. Descripción de resultados de transmisibilidad en las diferentes mediciones.

Transmisibilidad	Mediana	Curtosis	Coefficiente de asimetría	Rango intercuartil
AZUL TURQUESA 1ª	96,61	-0,67	-0,31	94,90 - 102,01

Transmisibilidad	Mediana	Curtosis	Coefficiente de asimetría	Rango intercuartil
AZUL VIOLETA 1 ^a	50,165	-1,99	-0,01	25,99 - 70,90
AZUL TURQUESA 2 ^a	95,335	3,45	-1,65	92,35 - 100,34
AZUL VIOLETA 2 ^a	39,865	-1,88	0,13	25,19 - 68,62
AZUL TURQUESA 3 ^a	93,435	8,68	-2,62	90,21 - 97,89
AZUL VIOLETA 3 ^a	35,25	-1,86	0,19	24,66 - 66,63

6. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que los lentes con antirreflejo azul presentaron transmisibilidades consistentemente altas en el rango de luz turquesa (500–440 nm), con variaciones mínimas entre mediciones y entre casas comerciales. Los recubrimientos diseñados para filtrar luz azul mantienen una transmisión estable en las longitudes de onda útiles para la visión, particularmente en el rango azul-turquesa. En contraste, en el rango violeta (435–380 nm) la transmisibilidad fue considerablemente menor, lo cual refleja la función filtrante propia del tratamiento azul. No obstante, esta región mostró una variabilidad mayor entre muestras, especialmente en lentes de índice y material 1.60 y en modelos de la casa comercial B. los recubrimientos con función filtrante pueden presentar diferencias atribuibles a variaciones en el proceso de fabricación o en la estructura de las capas ópticas aplicadas (26,27).

Por su parte, los lentes con antirreflejo verde demostraron transmisibilidades superiores tanto en el rango turquesa como en el violeta, lo que confirma su menor capacidad de bloqueo frente a longitudes de onda cortas. Los tratamientos antirreflejo verdes presentan una filtración mínima en el rango violeta en comparación con los recubrimientos azul. A pesar de estas diferencias entre tratamientos, las tres mediciones realizadas en distintos periodos mostraron estabilidad temporal en ambos tipos de recubrimiento. los recubrimientos antirreflejo tienden a mantener una estabilidad óptica consistente cuando se encuentran en condiciones ambientales controladas. En esta investigación, las variables ambientales permanecieron estables, lo que

permite confirmar que las variaciones observadas corresponden al comportamiento intrínseco de cada tratamiento y no a influencias externas (28,29).

Finalmente, las diferencias encontradas entre casas comerciales e índices de refracción o materiales reflejan un fenómeno ampliamente descrito en la literatura. La variabilidad entre fabricantes, procesos de recubrimiento y calidad del material base es un aspecto esperado en la evaluación de lentes oftálmicos, especialmente cuando se comparan diferentes lotes o tecnologías de tratamiento. En conjunto, los hallazgos del presente estudio coinciden con la evidencia disponible, confirmando que el antirreflejo azul reduce de manera selectiva la transmisión de luz violeta mientras mantiene altos niveles de transmisión en la luz turquesa, y que estas características se mantienen estables a lo largo del tiempo bajo condiciones ambientales constantes (30).

7. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que los lentes evaluados, provenientes de dos casas comerciales y con diferentes índices de refracción, mantuvieron un comportamiento estable en la transmisibilidad de luz turquesa (500–440 nm) y violeta (435–380 nm) a lo largo de las tres mediciones realizadas. En general, los lentes con filtro antirreflejo azul (RA) presentaron transmisibilidades altas y consistentes en el rango de luz turquesa, con variaciones mínimas entre mediciones y entre casas comerciales, lo que refleja un desempeño óptico similar. En cambio, las mediciones en el rango de luz violeta mostraron valores significativamente menores, lo cual es coherente con la función selectiva del tratamiento antirreflejo azul, diseñado para disminuir la transmisión de longitudes de onda cortas. No obstante, este rango evidenció una mayor variabilidad entre lentes, especialmente en los filtros azul de índice 1.60 y en algunos modelos de la casa comercial B, lo que sugiere diferencias propias a la

fabricación o a la estructura del recubrimiento. Por su parte, los lentes con filtro verde (RV) exhibieron transmisibilidades elevadas tanto en el rango turquesa como en el violeta, con valores superiores a los del filtro azul, mostrando menor capacidad de bloqueo en el espectro violeta y menor variabilidad entre mediciones. Los lentes blancos utilizados en la prueba piloto presentaron un comportamiento intermedio y coherente con la ausencia de recubrimientos filtrantes. En conjunto, los hallazgos confirman que el recubrimiento antirreflejo azul cumple su función de reducir la transmisión de luz violeta mientras mantiene altos niveles de transmisión en el rango turquesa, y que su desempeño se mantiene estable en el tiempo bajo condiciones ambientales controladas. Las diferencias observadas entre muestras y casas comerciales pueden atribuirse a variaciones propias del proceso de fabricación y deben considerarse en futuras evaluaciones o comparaciones de desempeño.

8. Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda ampliar el número de muestras y realizar un análisis diferenciado por índice de refracción y por lote de fabricación, con el fin de determinar si la variabilidad observada en la transmisibilidad del rango violeta está asociada a diferencias técnicas en la aplicación del recubrimiento o a características propias del material. También sería conveniente extender el periodo de seguimiento, incorporando mediciones adicionales que permitan evaluar el efecto del desgaste y la degradación del antirreflejo a largo plazo. Asimismo, se sugiere incluir pruebas funcionales con usuarios reales para relacionar el desempeño espectral con el confort visual y la fatiga frente a pantallas. Finalmente, se propone comparar diferentes tecnologías de filtrado azul disponibles en el mercado, así como integrar análisis de reflectancia que complementen la caracterización óptica de los recubrimientos evaluados.

Referencias

1. Peraza Nieves J, Hereu M. ¿Qué son los defectos refractivos? 2020. <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/defectos-refractivos> (accessed March 31, 2025).
2. Perdomo C. Fundamentos en lentes oftálmicos 2009. <https://research-ebSCO-com.craI-ustadigital.usantotomas.edu.co/linkprocessor/plink?id=517baf02-2efb-3978-bb2f-3f8a4a029b4f> (accessed September 8, 2024).
3. Vicario M. Efectos De La Luz Azul En La Salud Ocular 2022. <http://hdl.handle.net/2117/365425> (accessed March 31, 2025).
4. Coluccio Leskow E. Espectro visible 2024. <https://concepto.de/espectro-visible/> (accessed March 31, 2025).
5. Instituto Nacional Dpto de Física. Refracción De La Luz 2012. <https://institutonacional.cl/wp-content/uploads/2015/12/1-Fisica-Refraccion.pdf> (accessed March 31, 2025).
6. Neita S, Arteaga L. Historia de la Óptica a Nivel Mundial y Presentación de los Instrumentos Ópticos del Museo de Optometría de la Universidad de la Salle 2007. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1150&context=optometria> (accessed September 17, 2024).
7. Bonnin C, Gutiérrez S, Rodríguez X, Sánchez C. Diferentes Fuentes de Luz Artificial 2018. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/13294969-b7ff-4183-8ff7-6948c61148dc/content> (accessed August 30, 2024).
8. Vimont C. Debe preocuparnos el uso de la luz azul 2017. <https://www.aaO.org/salud-ocular/consejos/debe-preocuparnos-el-uso-de-la-luz-azul> (accessed September 8, 2024).

9. Rivas Barrigón S. Análisis de los efectos de la exposición a pantallas en la salud visual 2024. <https://saera.eu/wp-content/uploads/2024/05/Sandra-Rivas-Barrigon2024.-Analisis-de-los-efectos-de-la-exposicion-a-pantallas-en-la-salud-visual.-SAERA---School-of-Advanced-Education-Research-and-Accreditation.pdf> (accessed October 8, 2024).
10. CandelTEC. El riesgo de la luz azul, posicionamiento de la CIE 2019. <https://www.candeltec.es/el-riesgo-de-la-luz-azul-posicionamiento-de-la-cie> (accessed June 16, 2024).
11. Giraldo Giraldo LF. Estudio sobre el confort visual en pacientes Emetropes usuarios de lentes antirreflejo verde y azul que usen más de 6 horas el computador 2022. <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/1904> (accessed October 22, 2024).
12. Escobar Silva JC. Estudio Comparativo de la Calidad y Confort Visual en Usuarios de Antirreflejo Tradicional y Control Luz Azul en la Ciudad de Quito Sector Sur “Optica Premium” en el Período 2018 Campañas de Divulgación Informativa 2019. <https://apidspace.cordillera.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a67e12d5-9b08-4bee-9a9b-f47b4e9cc442/content> (accessed October 22, 2024).
13. Redondo L, Tutelado F, Mateos D, Sara V, Anta H. Filtros de luz azul: caracterización espectral y análisis de su uso 2020. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/44452/TFG-G4710.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed September 8, 2024).
14. Ocaña S, Tenelema R. Luz Azul y su Incidencia en la Fatiga Visual en los Jóvenes de la Comunidad Caseiche Herapamba de la Ciudad de Guaranda 2024. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/17407/TIC-UTB-FCS-OPT.R-000028.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed October 8, 2024).

15. Vimont C. Debe preocuparnos el uso de la luz azul 2017.
16. Abril Frontela D. Polímeros en Óptica y Optometría 2017.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/31151/TFG-G2953.pdf?sequence=>
(accessed March 16, 2025).
17. Grupo Franja. Materiales de lentes en el mercado oftálmico de hoy 2023.
<https://grupofranja.net/materiales-de-lentes-en-el-mercado-oftalmico-de-ho> (accessed
March 16, 2025).
18. Grupo Franja. Beneficios y Recomendaciones en Lentes de Alto Índice 2019.
<https://grupofranja.net/beneficios-y-recomendaciones-en-lentes-de-alto-indice/> (accessed
March 16, 2025).
19. García Frontaura L. Tratamientos en Lentes Oftálmicas para Bloquear la Luz Azul,
Ultravioleta e Infrarroja 2023. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/63117/TFG-G6563.pdf?sequence=> (accessed March 16, 2025).
20. Ruiz Sánchez D. Eficacia De Los Filtros De Bloqueo De La Luz Azul. Evidencia Científica
2022. <https://idus.us.es/items/08022b0e-e39e-46c3-8690-e6aa0f0ec32f> (accessed March
22, 2025).
21. Ramírez N, Trujillo J. Película Antirreflejo Con Bloqueo De Luz Azul Relacionada Con La
Visión Cromática 2024.
[https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/7ed17afe-0dae-4c2c-bea6-
16bd08654714/content](https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/7ed17afe-0dae-4c2c-bea6-16bd08654714/content) (accessed March 16, 2025).
22. Ministerio de Justicia y del Derecho. Sistema Único de Información Normativa - SUIN n.d.
<https://www.suin-juriscol.gov.co> (accessed February 15, 2025).

23. msn el tiempo. El tiempo en Floridablanca Santander 2025. <https://www.msn.com/es-co/el-tiempo/pronostico/in-Floridablanca,Santander?loc=eyJzIjoiRmxvcmlkYWJsYW5jYSIsInIiOiJTYW50YW5kZlIiLCJyMil6IkZsb3JpZGFibGFuY2EiLCJlIjoiQ29sb21iaWEiLCJpIjoiQ08iLCJ0IjoxMDIsImciOiJlcy1jbyIsIngiOiItNzMuMDg1OCIsInkiOiI3LjA2MjUifQ%3D%3D&weadegree type=C> (accessed November 22, 2025).
24. Weather Atlas. Clima y previsión meteorológica mensual Floridablanca, Colombia 2025. <https://www.weather-atlas.com/es/colombia/floridablanca-clima> (accessed November 22, 2025).
25. Weather Spark. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Floridablanca 2025. https://es.weatherspark.com/y/24393/Clima-promedio-en-Floridablanca-Colombia-durante-todo-el-año#google_vignette (accessed November 22, 2025).
26. Leung TW, Li RWH, Kee CS. Blue-light filtering spectacle lenses: Optical and clinical performances. *PLoS One* 2017;12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169114>.
27. Rampersad N, Hansraj R. Effect of high-energy visible light–filtering spectacle lenses on high and low contrast distance visual acuity. *J Optom* 2025;18. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2025.100574>.
28. Giraldo Giraldo LF. Estudio sobre el confort visual en pacientes Emetropes usuarios de lentes antirreflejo verde y azul que usen más de 6 horas el computador. 2022.
29. Augusto D, Neves C, Chen FG, Latorre AL. Resistencia al impacto de materiales para lentes oftálmicas. n.d.

30. Metsing TI, Carlson AS. A comparison of pre-coated stock antireflection coating lenses in terms of transmission, durability and quality. *African Vision and Eye Health* 2022;81. <https://doi.org/10.4102/aveh.v81i1.688>.
31. Grupo Franja. (2022). Lentes oftálmicos en el tratamiento de ojo seco. <https://grupofranja.net/lentes-oftalmicos-en-el-tratamiento-de-ojo-seco/>
32. El Capitán. (2009). Piedras de lectura. <https://devnll.wordpress.com/2009/10/06/piedras-de-lectura/>
33. Amado L. (2023). Lentes Antirreflejantes. <https://www.colgafas.com/blog/lentes-antirreflejantes>
34. Vertex. (2020). Información para el profesional de la salud visual. <https://vertexlab.com.mx/file/lentes/vertex-tips.pdf>
35. Furia. (2013). Tipos y clasificación de lentes simples. <https://depositphotos.com/es/vector/types-and-classification-of-simple-lenses-32674261.html>
36. Fernández JM. (2014). Transmisión de la luz: fuente, propagación y absorción. <https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-2---disponibilidad-de-luz/2-1-transmision-de-la-luz.html>
37. The Weather Channel. El tiempo. <https://weather.com/es-CO/tiempo/hoy/l/COXX0004:1:CO?Goto=Redirected>

Apéndices**Apéndice A. Plantilla de recolección de datos**

MATERIAL	CASA COMERCIAL	TIPO DE FILTRO	Índice de refracción	TRANSMISIBILIDAD		FECHA DE TOMA
				TOMA 1	TOMA 2	

Apéndice B. *Planilla datos de exposición ambiental*

SEMANA	HUMEDAD	VIENTO	RADIACION UV	TEMPERATURA	FECHA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					