



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**COMPARACIÓN DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE Y
LA VISIÓN AL COLOR EVALUADA CON CSV1000 Y HRR
EN PACIENTES JÓVENES SANOS CON
Y SIN FILTROS DE ABSORCIÓN**

TESIS

Para obtener el título de
Licenciada en Optometría

PRESENTA

MIRIAM GUADALUPE GRANADOS MEJIA

DIRECTORA DE TESIS

DRA. MYRNA MIRIAM VALERA MOTA

ASESORAS

MTRA. LUZ ELENA MAYA LÓPEZ

MTRA. CECILIA ISLAS VARGAS

DICTAMINADORAS

DRA. NADIA Yael MORALES RODRIGUEZ

MTRA. MARIA CONSEPCIÓN RODRÍGUEZ SALGADO



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2024.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Después de cinco años conociendo el mundo de la optometría, agradezco que Dios pusiera en mi camino personas increíbles y con un corazón tan grande. Sin su apoyo, orientación y aliento, este trabajo no habría sido posible.

En primer lugar, agradezco a la UNAM por haberme otorgado más que solo educación, por regalarme experiencias únicas y amistades incondicionales.

Mi agradecimiento se extiende al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) convocatoria 2023 por proporcionar el apoyo financiero necesario para llevar a cabo el proyecto número IN207323 que lleva por título "Evaluación de la visión al color, sensibilidad al contraste y agudeza visual utilizando filtros Zeiss en pacientes sanos, discromatas congénitos y con discromatopsia adquirida inducida por glaucoma de ángulo abierto retinopatía diabética.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Dra. Myrna por haberme guiado y enseñado tanto en este proceso, siempre llevaré en el corazón sus palabras y consejos.

Mi gratitud se extiende a mis asesoras y a todos aquellos que dedicaron tiempo a leer y revisar este trabajo, enriqueciendo con su experiencia el proyecto.

A mis profesores, espero algún día poder retribuir al menos una parte de todo lo que he recibido de su parte a lo largo de mi formación.

A los alumnos de la carrera de optometría por participar desinteresadamente en el proyecto.

A mis amigos que fueron mis compañeros de clase y de servicio, con los que pude compartir momentos que atesoraré toda mi vida, les agradezco de corazón.

A mi familia, por su inquebrantable fe en mí y por brindarme la fuerza necesaria para seguir adelante, espero hacerlos sentir orgullosos.

A mi Mamá, Ma. Cruz Mejía Padilla, por ser mi guía constante a lo largo de los años, por estar en cada logro y en cada tropiezo. Espero que sientas en tu corazón todo el amor y la gratitud que te tengo. Te amo mamá, siempre llevo tus lecciones y tu amor conmigo en cada paso que doy.

De corazón, gracias.

"La gratitud es la memoria del corazón." - Jonh F. Kennedy

A mi mamá.

*Por todos los días de trabajo, las noches de desvelos
y por todos los sacrificios hechos para que saliéramos adelante.*

Índice

INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
HIPÓTESIS	10
Objetivo general.....	11
Objetivos particulares	11
ANTECEDENTES	12
CAPITULO I: LUZ Y RETINA.....	18
Espectro de luz visible	18
Retina	19
Capa pigmentaria:.....	19
Capa Neural:.....	19
Capa de células Fotorreceptoras:	20
CAPITULO II: SENSIBILIDAD AL CONTRASTE	22
Bases teóricas.....	23
Pruebas	25
Vision Contrast Test System (VCTS)	25
Functional Acuity Contrast Test (FACT).....	26
Test CSV 1000	26
CAPITULO III: VISIÓN AL COLOR	28
Teoría tricromática.....	28
Discromatopsias	29
Clasificación	29
Pruebas	33

Pruebas pseudoisocromaticas.....	34
Pruebas de ordenación.....	36
CAPITULO IV: FILTROS	37
Características.....	37
Tipos de Filtro.....	37
Filtros polarizados.....	37
Filtros espejados.....	37
Filtros de absorción.....	38
METODOLOGÍA	41
JUSTIFICACIÓN	42
FASES DEL ESTUDIO	43
Fase 1	43
Fase 2.....	43
Fase 3.....	43
RECURSOS	44
Recursos humanos.....	44
Recursos materiales	44
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	45
ESQUEMA DEL CAPITULADO	46
RESULTADOS	47
HRR.....	48
Sensibilidad al contraste	52
DISCUSIÓN	55
CONCLUSIÓN.....	58

APÉNDICES	61
Apéndice 1. Consentimiento informado.....	61
Apéndice 2. Hoja de registro HRR.....	62
Apéndice 3. Hoja de registro de Sensibilidad al contraste.	63
REFERENCIAS.....	64

Índice de gráficos

Gráfico 1. Cantidad de pacientes.	47
Gráfico 2. Edades.....	47
Gráfico 3. Pacientes tricrómatas y sin diagnóstico OD.....	49
Gráfico 4. Pacientes tricrómatas y sin diagnóstico OI.	49
Gráfico 5. Diagnósticos de HHR deutan OD.....	49
Gráfico 6. Diagnósticos de HHR deutan OI.....	49
Gráfico 7. Diagnósticos de HHR protan OD.	50
Gráfico 8. Diagnósticos de HHR protan OI.	50
Gráfico 9. Diagnósticos de HHR tritan OD.	50
Gráfico 10. Diagnósticos de HHR tritan OI.	50
Gráfico 11. Diagnósticos de HHR tetran OD.	51
Gráfico 12. Diagnósticos de HHR tritan OI.....	51
Gráfico 13. Pacientes Acrómatas y diagnósticos dobles OD.	51
Gráfico 14. Pacientes Acrómatas y diagnósticos dobles OI.....	51
Gráfico 15. Promedio de la frecuencia A OD.....	53
Gráfico 16. Promedio de la frecuencia A OI.....	53
Gráfico 17. Promedio de la frecuencia B OD.	53
Gráfico 18. Promedio de la frecuencia B OI.....	53
Gráfico 19. Promedio de la frecuencia C OD.....	54
Gráfico 20. Promedio de la frecuencia C OI.....	54
Gráfico 21. Promedio de la frecuencia D OD.....	54
Gráfico 22. Promedio de la frecuencia D OI.....	54

Índice de tablas

Tabla 1. Numero de figuras reconocidas por el Px. OD.	48
Tabla 2. Número de figuras reconocidas por el Px. OI.	48
Tabla 3. Probabilidad de frecuencias en SC.	52

INTRODUCCIÓN

El presente estudio compara y analiza los datos de sensibilidad al contraste y visión al color obtenidos mediante la evaluación de pacientes sanos que acuden al gabinete de visión al color en la clínica de optometría de la FES Iztacala haciendo uso de los test HRR y CSV1000 para comprobar los efectos inmediatos (aumento o disminución del contraste y alteración o conservación de la percepción al color) que tiene el uso de filtros de absorción Zeiss (F60, F80, F90, F540, F560, F580, F451, F452, Z1), filtro rojo y filtro verde en la visión al color y la sensibilidad al contraste.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo del tiempo se han creado tratamientos ópticos como los filtros con distintos objetivos; como ayuda óptica para pacientes con baja visión e incluso tratar o compensar las deficiencias en la percepción al color. En la actualidad el uso de filtros es indiscriminado y los usuarios principalmente son jóvenes de entre 18 y 30 años de edad. Existen varios estudios que se enfocan en los tratamientos con filtros de absorción, lentes Enchroma, Chomagen y/o filtros "medicinales", sin embargo, en la mayoría de ellos sus resultados no proporcionan pruebas de una mejora significativa en la visión al color y la sensibilidad al contraste, lo que nos lleva a cuestionar el comportamiento de las mismas en pacientes sanos con filtros, llegando a la siguiente pregunta.

¿Existe un cambio significativo en la visión al color y la sensibilidad al contraste con y sin filtros de pacientes sanos?

HIPÓTESIS

Con el uso de filtros habrá una mayor alteración en la visión al color y la sensibilidad al contraste en los pacientes sanos.

Objetivo general

Analizar las variaciones de sensibilidad al contraste y percepción al color con y sin filtros de absorción Zeiss, Filtro Rojo y Filtro Verde en pacientes jóvenes sanos que acudan al gabinete de color en la clínica de optometría de la FES Iztacala mediante la aplicación de test CV1000 y HRR.

Objetivos particulares

- Aplicar la historia clínica de visión al color para descartar problemas de salud general, ocular y/o adicciones
- Medir la sensibilidad al contraste y la visión al color monocular sin filtros en pacientes sanos que acuden a la clínica utilizando el test CSV 1000 y HRR
- Valorar la sensibilidad al contraste y la visión al color monocular con filtros en pacientes sanos que acuden a la clínica empleando el test CSV 1000 y HRR
- Comparar los datos con filtro y sin filtro obtenidos en las evaluaciones de sensibilidad al contraste y visión al color para comprobar si existe variación entre ambos.

ANTECEDENTES

En 2011 en Argentina se realizó un reporte de caso publicado en la gaceta de óptica y optometría se evaluó a un paciente de 32 años con diagnóstico “deuteranope” que fue evaluado únicamente en visión al color con el test Ishihara. Al paciente se le colocaron filtros aéreos de la marca Foucault y Zeiss F580 específicamente con los filtros Zeiss F60, Zeiss F80, Zeiss F451, Zeiss F452, Foucault FA450, Foucault FA500, Foucault FRA20, Foucault FRA10, Foucault FZ10 y Foucault FA550. Los resultados mostraron que el paciente podía percibir 5 láminas con dificultad y 9 láminas con claridad utilizando los filtros Foucault FRA20 y Zeiss F580, siendo el mejor resultado que el paciente obtuvo.¹

Un estudio realizado en 2014 en la Universidad de Valladolid se realizó la evaluación de la agudeza visual y la sensibilidad al contraste con y sin filtros de absorción de 20 pacientes con DEMAЕ que tenían una edad de entre 18 y 90 años con el fin de comparar dos métodos de prescripción de filtros para comprobar su efectividad. La evaluación de la Agudeza visual se realizó con la cartilla ETDRS, el test de Sensibilidad al contraste Pelli Robinson y la caja de pruebas de los filtros de absorción selectiva Multilens (400, 450, 450, Pol1, 500, 511, 527, 550, Pol1, Pol3). Después de evaluar los datos únicamente se centraron en la comparación de protocolos y concluyeron que no existe una diferencia significativa entre ambos protocolos.

En el estudio se muestran las diferencias de sensibilidad al contraste y agudeza visual con la elección de filtro según cada protocolo para poder demostrar con cual existe mayor mejora de la AV y la SC en cada paciente, sin comparar los datos con y sin filtros.²

En la Universidad de Valladolid se llevó a cabo un estudio en 2016 en el que se realizaron pruebas de agudeza visual, sensibilidad al contraste y velocidad de lectura con y sin filtro de absorción de 450 nm a 9 pacientes divididos en dos grupos, uno de ellos sin discapacidad visual siendo el grupo control fueron evaluados con el Test de SC Pelli Robson en un iPad para valorar la sensibilidad al contraste. Los resultados de las pruebas mostraron que no existía diferencia significativa entre los datos con y sin filtro del grupo control.³

Según una investigación llevada a cabo en el Departamento de Optometría y Ortóptica dentro de la Facultad de Medicina de Masaryk en 2017 se le realizaron pruebas de visión a color a tres grupos: el primero un grupo de 13 personas sanas con edad media de 23 años; el segundo grupo formado por 13 pacientes con una edad media de 68 años diagnosticados con degeneración macular y el tercer grupo de 13 personas con edad media de 63 años sin diagnóstico de enfermedades oculares o sistémicas. Para la evaluación de la visión cromática se emplearon las pruebas Farnsworth-Munsell de forma digitalizada, el test de color de Lanthony y un filtro verde.

Con el análisis de resultados se concluyó que en el grupo de jóvenes sanos el puntaje promedio de error de la prueba aumentó significativamente, la visión al color se vio afectada de modo que con el uso del filtro no se encontró una diferencia estadística significativa entre el grupo de pacientes jóvenes sanos y el grupo con enfermedades maculares.⁴

En la Universidad de Zaragoza en España en el año 2017 se realizó un estudio a 31 pacientes con un rango de edad de entre 20 a 27 años que fueron elegidos aleatoriamente dentro de la universidad. A cada uno se le aplicó la prueba D-100 sin ningún tipo de filtro y posteriormente con tres filtros diferentes: Rojo, Naranja y Amarillo. Los resultados arrojaron que con el uso de filtros aumenta el porcentaje de error a comparación de los resultados sin filtro. Sin embargo, dentro del estudio realizan una variación, haciendo la prueba con tres tipos distintos de iluminación, lo que puede arrojar datos distintos a los buscados.⁵

En el año 2019 en la Universidad de Aguascalientes se realizó un estudio en el que se evaluaron a 100 pacientes jóvenes sanos de entre 12 y 18 años de edad, las pruebas que se realizaron fueron sensibilidad al contraste, visión al color y estereopsis con y sin filtros de absorción, todo esto lo asociaron al estado refractivo. Las pruebas se aplicaron con un iPad en la que se instalaron las siguientes aplicaciones: sensibilidad al contraste con la

App Store Vision C, visión al color con la App Store Color Eye Exam que es un test ishihara y estereopsis con la App Store Stereo TAB a una distancia de 40 cm además que los filtros utilizados fueron de material CR39 y tenían tratamiento antirreflejante básico del laboratorio Carl Zeiss.

En los resultados se aprecia que la estereopsis mejora con el filtro verde y ámbar, la sensibilidad al contraste disminuye con el filtro ámbar y aumenta con el filtro Azul, Rosa y Verde, por último, la visión al color no sufre alteración, pues el 100% de los pacientes tuvo una percepción a los colores ideal con y sin filtros. Al final del análisis de los datos no se presentan cambios significativos en las pruebas aquí realizadas con y sin filtros.⁶

En la Universidad Complutense de Madrid en 2019 se evaluó la Agudeza Visual, la Sensibilidad al Contraste, la Visión al color y el diámetro pupilar de 43 pacientes jóvenes. Con y sin filtro de absorción de la marca Multilens de 450 nm. Se empleó la cartilla ETDRS para la agudeza visual, el test CV-1000 para la sensibilidad al contraste y el test ishihara para la evaluación de la visión al color y los resultados de las pruebas no muestran una mejora significativa en la AV, ni en el diámetro pupilar y tampoco en la visión al color con el uso del filtro de absorción, únicamente se encontró una mejora significativa en la SC para frecuencias medias-altas.

Por lo tanto, se concluyó que el filtro de absorción de 450nm no produce mejoría significativa en las pruebas llevadas a cabo en la investigación.⁷

En el año 2019 se publicó una tesis en la Universidad Autónoma de Aguascalientes en la que se evaluó a 21 pacientes con ambliopía en un rango de edad de 14 a 44 años con el objetivo de medir el impacto de prismas y filtros en la agudeza visual, sensibilidad al contraste sin filtros y con filtros (rojo, verde, azul, amarillos, gris, ámbar). Para la prueba de agudeza visual se utilizó la cartilla de Snellen y para la toma de sensibilidad al contraste se utilizó la prueba Functional Acuity Contrast Test. Los resultados muestran que la AV se observa que existe una mejoría con los filtros rojo, verde, azul, amarillo y ámbar después de la terapia visual.

Con el filtro gris la agudeza visual disminuye, pues antes de la terapia se reporta 0.16 y después de la terapia baja a 0.15. El filtro amarillo es el que alcanza mejor agudeza visual con 0.20. En la SC se observa que existe una mejoría con los filtros verde, azul y amarillo después de la terapia visual. Con el filtro gris existe una disminución en la sensibilidad al contraste, pues antes de la terapia se reporta 0.24 y después de la terapia con el filtro gris baja a 0.2. El filtro amarillo es el que alcanza mejor agudeza visual con 0.4 y concluyendo que sí existe efectividad en la función visual con algunos filtros como el amarillo, rojo, verde, azul y ámbar, logrando mejorías en la visión de los pacientes.⁸

En la Universidad de Quebec se realizó un estudio en el año 2020 donde se evaluó la visión al color con el test HRR de dos grupos: el primero fue un grupo control de 5 pacientes tricrómatas de entre 20 y 61 años y el segundo compuesto por 9 pacientes con discromatopsias congénitas. En ambos grupos se les realizó la prueba con un filtro de absorción selectiva “enchroma CX25 y CX65” bajo condiciones de iluminación controlada. En los resultados se encontró que los datos del test HRR en el grupo control no se vieron alterados determinando que su visión al color con y sin filtros era normal.⁹

CAPITULO I: LUZ Y RETINA

Espectro de luz visible

El espectro electromagnético se clasifica en regiones: rayos gamma, rayos X, rayos ultravioletas (UVA, UVB, UVC), espectro de luz visible, infrarrojo, microondas y ondas de radio; el espectro va de mayor a menor frecuencia y por lo tanto de menor a mayor longitud de onda, de esta forma, logramos localizar o ubicar cada parte del espectro.¹⁰

El espectro de luz visible es una zona aproximada de 1 mm dentro del espectro electromagnético que logra ser percibida por el ojo humano y que se interpreta como una serie de colores, su longitud de onda va de los 400 a los 700 nm donde el color que corresponde a la longitud de onda más corta es el violeta y el color con longitud de onda más largo es el rojo.¹¹ (figura 1)

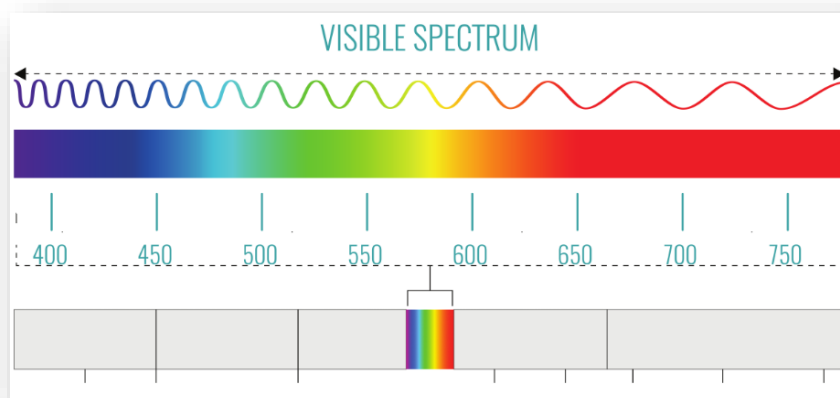


Figura 1. Espectro de luz visible. Recuperado de: CANVA

Retina

El ojo posee tres capas que forman la pared del globo ocular; la capa fibrosa, la vascular y la sensorial, en esta última se encuentra la retina que forma la capa más interna del globo ocular con un espesor aproximado de 500 micras en la periferia y 200 micras en fovea; la retina se divide en tres capas (Figura 2).

Capa pigmentaria:

La capa pigmentada se encuentra localizada entre la coroides y la región nerviosa de la retina, está formada por células epiteliales con melanina y tiene el objetivo de ayudar a absorber los rayos de luz evitando que se dispersen, a su vez, facilita la absorción de células muertas o parásitos.

Capa Neural:

En esta capa se procesan los datos visuales antes de enviar la información de la imagen a los axones del nervio óptico. Se encuentra formada por tres capas de células: la capa de células ganglionares, la capa de células bipolares y la capa de las células fotorreceptoras; a ellas las divide dos zonas sinápticas una interna y la otra externa. Dentro de las células bipolares existen dos más que modifican las señales transmitidas a lo largo de la vía visual llamadas células Horizontales y células Amácrinas.^{12,13}

Capa de células Fotorreceptoras:

En la capa existen dos tipos de células fotorreceptoras, los conos y los bastones; los seres humanos poseemos de 5 a 6 millones de conos y de 100 a 125 millones de bastones, ambos distribuidos y localizados en zonas diferentes de retina (Figura 3).

Los bastones: Se concentran alrededor de la fóvea y en la periferia de la retina, nos permiten tener visión escotópica ya que los bastones son estimulados con una baja intensidad luminosa, por lo tanto, con ellos solo percibimos los colores blancos, negro y una gama intermedia de grises.

Los conos: Se encuentran concentrados en una zona de la retina llamada fóvea y su concentración se va reduciendo en la periferia. Estos fotorreceptores nos permiten tener visión fotópica pues las condiciones en las que se estimulan son de una mayor intensidad luminosa, los seres humanos poseemos tres tipos de conos que son estimulados por diferentes longitudes de onda y que pertenecen a los colores: rojo, verde y azul logrando así la gama de colores que vemos ^{12, 13, 14}.

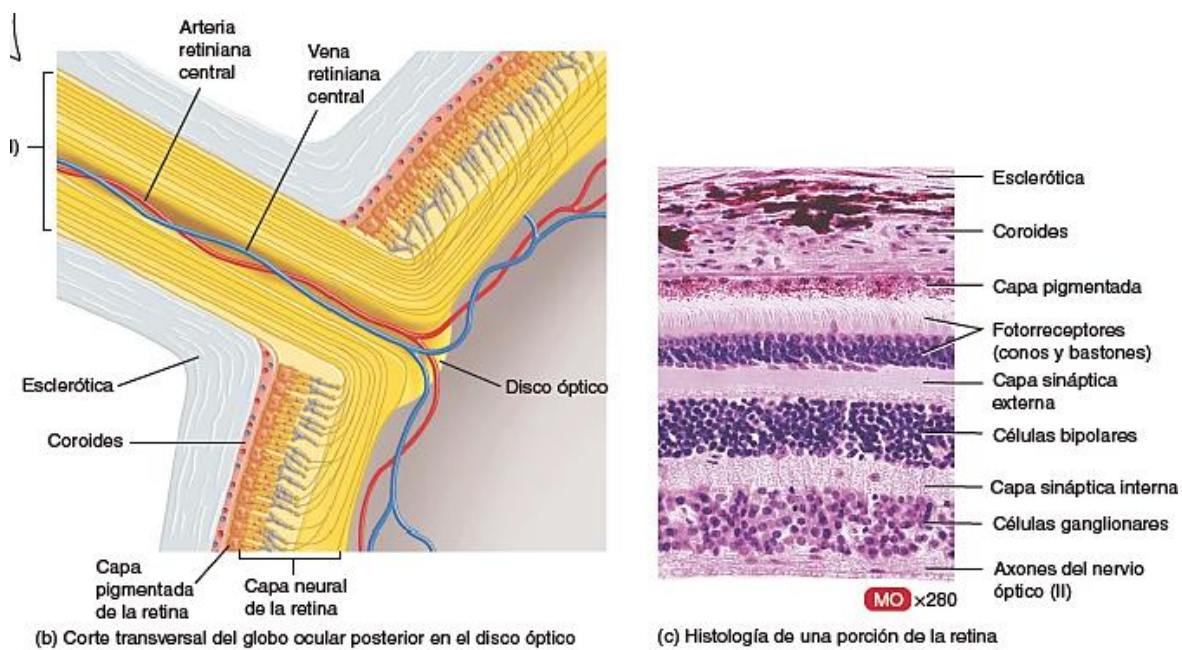


Figura 3. Capas de la retina. ¹³

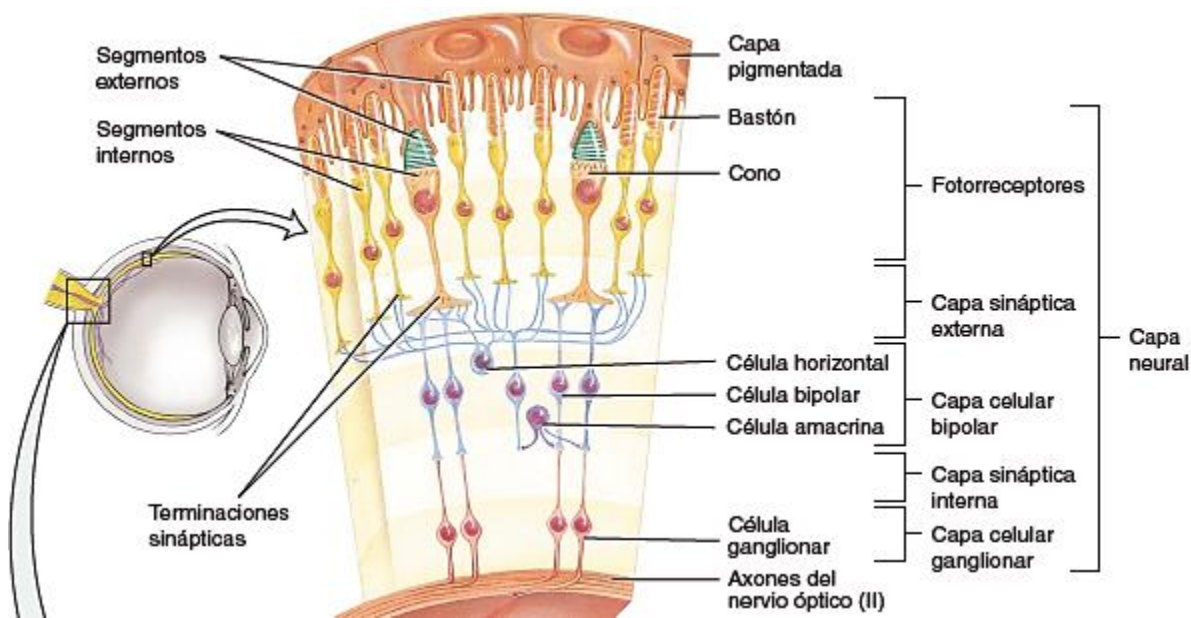


Figura 2. Capa de células fotorreceptoras. ¹³

CAPITULO II: SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

La sensibilidad al contraste es la capacidad que posee el sistema visual de un individuo para diferenciar cambios en la luminancia entre un objeto y el fondo ^{15,16} (figura 4).

Técnicamente al evaluar la SC de una persona determinamos si requiere mucho o poco contraste para lograr distinguir algún objeto. Por ejemplo: si un paciente solo ve una frecuencia de alto contraste poseerá una mala calidad visual y por consecuencia una sensibilidad al contraste disminuida, por el contrario, si logra observar el objeto que posee un bajo contraste el sujeto tendrá una buena calidad visual y una alta sensibilidad al contraste. ¹⁷



Figura 4. objetos con contrastes distintos. Creación propia

Bases teóricas

Para medir la sensibilidad al contraste se emplean diferentes frecuencias espaciales con umbrales de contraste, es decir, con el mínimo contraste necesario para que la red sinusoidal u optotipo sea visible al observador; por consecuencia deben tener ciertas características:

Ciclo: Es la distancia que se forma entre dos valles de una onda, o si lo trasladamos a una red sinusoidal es el equivalente a una franja blanca y una negra (figura 5).

Frecuencia: Se puede definir como el número de ciclos por cada grado, es decir, en una red sinusoidal entre más franjas quepan dentro de un grado mayor será la frecuencia (figura 6).

Contraste: El contraste de los cada test se determina de diferentes maneras, por ejemplo, los test donde empleamos optotipos (test Pelli-Robson) se usa el contraste de Weber para calcularlos y en los test con redes sinusoidales se utiliza el contraste de Michelson (CV1000). En el cálculo de cada uno se considera la diferencia de luminancia mínima y luminancia máxima de la red sinusoidal u optotipo, cuanto más grande sea la diferencia mejor se logrará distinguir el objeto del fondo (figura 7).^{17,18,19,20,21}

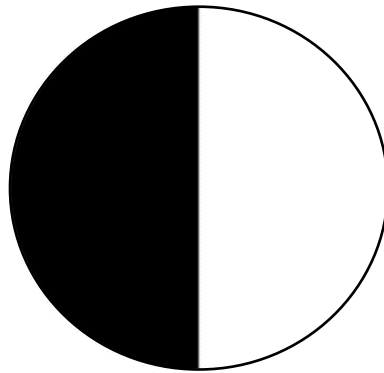


Figura 5. Ciclo en una red sinusoidal (Creación propia).



Figura 6. Frecuencia (Creación propia).



Figura 7. Contraste (Creación propia).

Pruebas

Vision Contrast Test System (VCTS)

Esta prueba es una lámina con círculos con franjas que tienen inclinaciones diferentes, ordenados en 5 filas y 9 columnas. Las filas contienen frecuencias espaciales distintas que corresponden a 1, 5, 3, 6, 12 y 18 ciclos cubriendo aceptablemente el espectro de frecuencias correspondientes a la visión humana. En cada frecuencia o fila se presentan distintos niveles de contraste que disminuyen de izquierda a derecha en pasos de 0,25 unidades.²²

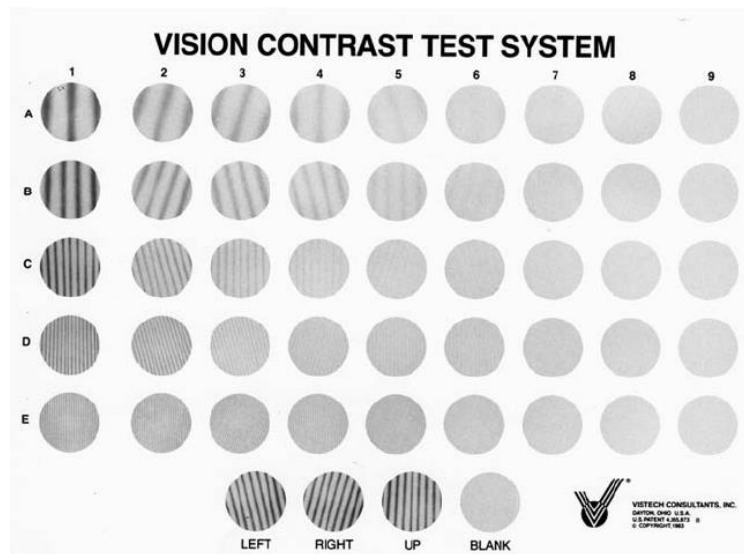


Figura 8. Test VCTS. Recuperado de: [ResearchGate.net](https://www.researchgate.net)

Functional Acuity Contrast Test (FACT)

Es la segunda generación de VCTS sin embargo a diferencia de este el FACT posee un fondo de color gris disminuyendo el umbral de contraste. La disminución del contraste va de 0.155 unidades logarítmicas (figura 9) ²³.

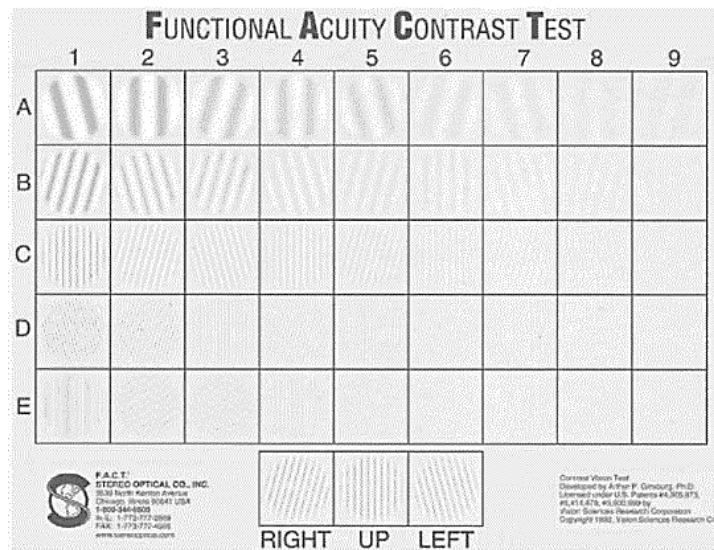


Figura 9. Test FACT. Recuperado de: ResearchGate.net

Test CSV 1000

Presenta cuatro frecuencias espaciales de 3, 6, 12 y 18 ciclos/grados situados en 4 filas de manera que se aprecian dos láminas circulares por nivel de contraste para cada

frecuencia espacial. Ambas están situadas una encima de otra, en una de las láminas se representa la red sinusoidal mientras que la otra se representa un patrón gris uniforme. Para cada frecuencia espacial se representan 8 niveles de contraste en pasos de 0,14 unidades logarítmicas, en forma de columnas. En esta prueba se dan dos respuestas alternativas una con y otra sin red sinusoidal el sujeto debe identificar cuál es la lámina circular que presenta la red sinusoidal en cada nivel de contraste indicando si se sitúa en el círculo superior o inferior; Una ventaja de este test es que está retroiluminado para minimizar la influencia de la iluminación en el resultado de la prueba (figura 10) ^{21,24}.

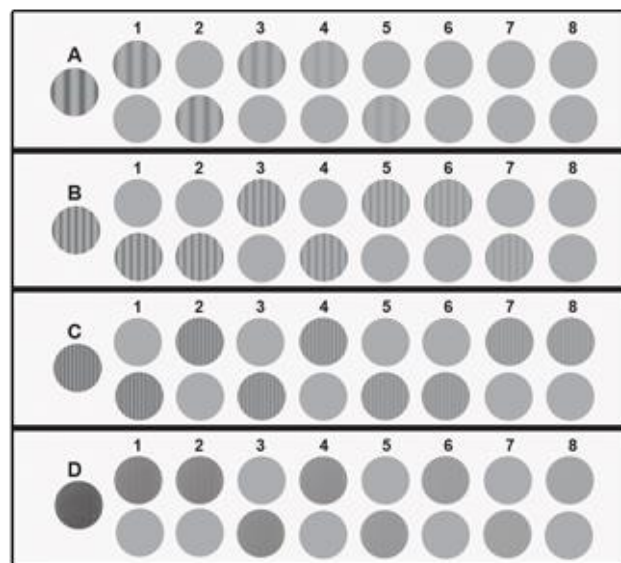


Figura 10. Test CSV 1000. Recuperado de: jutronvision.com

CAPITULO III: VISIÓN AL COLOR

Teoría tricromática

La visión cromática está basada en la teoría tricromática del color que fue propuesta por Thomas Young en 1802 y reforzada en 1856 por Hermann Von Helmholtz en ella se menciona que una visión cromática normal debe tener ciertas condiciones:

- 1) que el sujeto posea tres receptores, anulando la teoría en la que se suponía existía un receptor para cada color que percibimos
- 2) La intensidad de luz con la que se estimula al receptor, haciendo énfasis en que cada receptor posee una sensibilidad espectral distinta entre sí²⁵. Proponiendo las curvas de absorción de los fotorreceptores demostrando que superponiendo tres fuentes de luz: Rojo, Verde y Azul (colores primarios) se podían obtener otra gama de colores distintos.^{26, 27, 28}

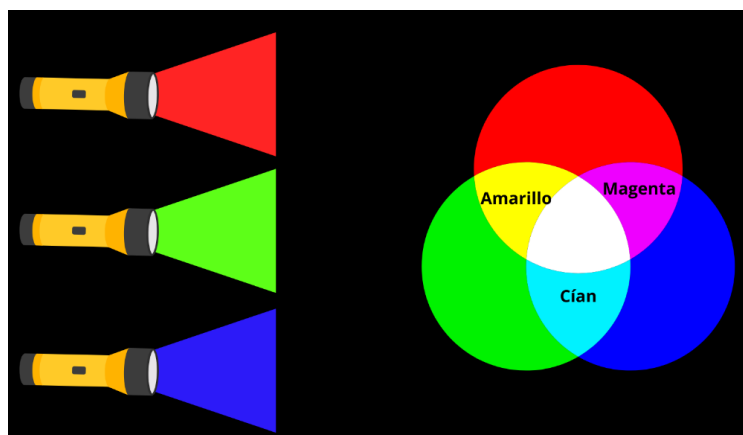


Figura 11. Ejemplificación de teoría tricromática. Creación propia.

Discromatopsias

Las alteraciones de la visión cromática han sido investigadas a lo largo del tiempo, aunque las primeras referencias datan del siglo XVIII con los trabajos de John Dalton, en los que estudiaba el comportamiento de su propia visión al darse cuenta que no veía los colores de la misma forma que otras personas. Estas alteraciones fueron llamadas discromatopsias y actualmente se conoce que son alteraciones de la percepción del color en las que el individuo solo posee los dos conos funcionales de los tres que normalmente se encuentran en la retina del ser humano, esto debido a alguna razón ya sea genética o patológica.^{17,29}

Clasificación

Las discromatopsias se pueden clasificar por su etiología u origen, por la longitud de onda afectada y por su magnitud.

Por su etiología

Congénitas

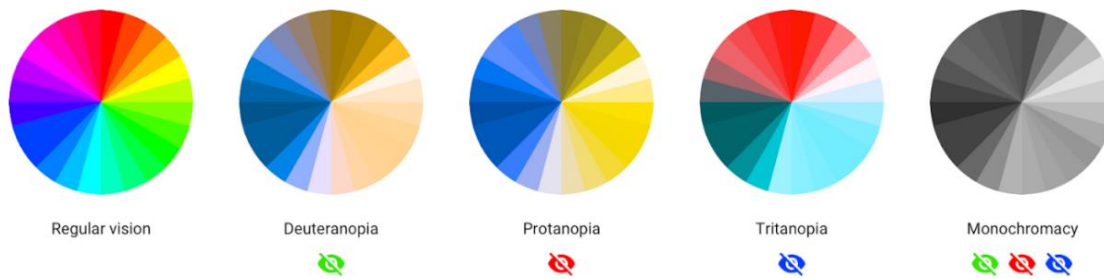
Las alteraciones del tipo congénitas pueden estar presentes debido a la pérdida de genes para un tipo de fotopigmento y en algunos casos los genes están presentes pero no funcionan o no se expresan; debido a esto suelen ser estables a lo largo de la vida y actualmente sabemos que las discromatopsias están ligadas al cromosoma X y por ello se presenta en mayor frecuencia en hombres que en mujeres; es decir, para que una mujer presente la alteración es necesario que ambos cromosomas X posean el gen alterado, en caso de que solo se encuentre en un solo cromosoma la mujer será portadora de la alteración, por el contrario, el hombre al solo poseer un cromosoma X presentará más posibilidades de manifestar la discromatopsia.³⁰

Adquiridas

Se deben a alteraciones o patologías oculares o sistémicas, medicamentos, traumas, exposición a toxinas etc^{17,31}. Debido a esto, al contrario de las deficiencias congénitas, este tipo de discromatopsia puede mostrar progresión o regresión, puede afectar a uno o ambos ojos, también podemos encontrar asimetría de discromatopsias entre ambos ojos, por ejemplo, en ojo podemos encontrar una discromatopsia del tipo deutan y en el ojo opuesto una alteración del tipo tritan e incluso se puede ver afectada únicamente una parte del campo visual.³²

Por su intensidad o magnitud:

Si el fotopigmento está totalmente ausente al recibir estimulación luminosa estaremos hablando de una ceguera a ese color y su terminación o sufijo será “anopia”, en caso que el fotopigmento esté presente en cantidades menores a las normales será más difícil reconocer o diferenciar ese color de otros y se le colocará el sufijo “omalo”.³³



Por la longitud de onda o cono afectado:

Este sistema de clasificación se remonta a Von Kries quien la introduce en 1897, en él se describen los defectos con etimología griega; Protan (Primero), Deutan (segundo) y Tritan (tercero).

Deutan

En esta el individuo posee afección en los conos M presentando dificultad para identificar el color verde y se genera confusión entre los colores rojos y verdes.

- Deuteranomalía: El fotorreceptor está presente, pero se observa deficiencia por lo tanto el individuo presenta dificultad para percibir y diferenciar el color verde
- Deuteranopía: El ftopigmento de longitud de onda media se encuentra ausente dando como resultado una ceguera al color verde y una confusión en los colores verdes, azules, rojos y púrpuras.

Protan

En este caso existe alteración en los conos L por lo tanto existe dificultad para identificar el color rojo, al igual que en el caso Deutan se puede dar confusión entre los colores verde y rojo.

- Protanomalía: En este caso el cono rojo se encuentra presente, sin embargo, posee una deficiencia provocando dificultad para percibir y diferenciar el color rojo.
- Protanopía: Aquí el ftopigmento de longitud de onda más larga se encuentra ausente presentando una ceguera al color rojo y confusión en los colores rojos, marrones, verdes y púrpuras.

Tritan y Tetran

Aquí se presenta la alteración en los conos S y se presenta dificultad a la hora de identificar los colores azul y amarillo teniendo confusión entre ambos.

Tritanomalia: El fotorreceptor está presente, pero posee una deficiencia provocando dificultad para percibir el color azul llegando a haber confusión con el color amarillo

Tritanopía: El ftopigmento de longitud de onda corta está ausente al ser una ceguera se confunden entre sí los colores azules y amarillos ^{30,32,34}.

Acromatopsia

En la acromatopsia se presenta una discriminación del color alterada en todas las longitudes de onda debido a la falta de función de los tres conos y en su mayoría de los casos es total y no parcial. Las personas que la presentan logran diferenciar los colores basándose en el brillo y la saturación en lugar del tono. Esta condición se asocia a nistagmo, fotofobia y mala agudeza visual.³⁵

Pruebas

Existen múltiples pruebas para poder dar un diagnóstico optométrico; basándonos en el diseño existen dos tipos de pruebas que se realizan para la detección y diagnóstico de discromatopsias adquiridas o congénitas:

Pruebas pseudoisocromaticas.

Consisten en un número determinado de láminas con puntos de colores agrupados y que forman letras, figuras geométricas, números o caminos. Este tipo de pruebas se basan en la teoría de colores oponentes y las líneas de confusión de modo que aquellos sujetos que presenten la alteración de la visión al color percibirán el número o figura de manera parcial o simplemente no será vista.³⁶

Ishihara: Fue el primer test comercializado de este tipo; consiste en un test que tiene dos presentaciones, una con 24 láminas y otra con 38 láminas, esta prueba nos permite diagnosticar únicamente discromatopsias congénitas en las que se ven afectados los colores rojo-verde.³⁷

Matsubara: Esta prueba fue diseñada principalmente para pacientes pediátricos y consta de 10 láminas, contiene patrones como tortuga, conejo, gallina, perro y flores. Esta prueba al igual que la anterior sólo permite la detección de alteraciones congénitas de la visión al color (rojo-verde).³⁸

HRR: Tuvo su primera edición en 1955, es un test compuesto por 24 láminas con puntos agrupados en figuras geométricas, con él podemos abordar un diagnóstico simple del tipo de discromatopsia y su magnitud. Este test además de detectar discromatopsias congénitas (rojo-verde) también detecta discromatopsias adquiridas (azul -amarillo).³⁹

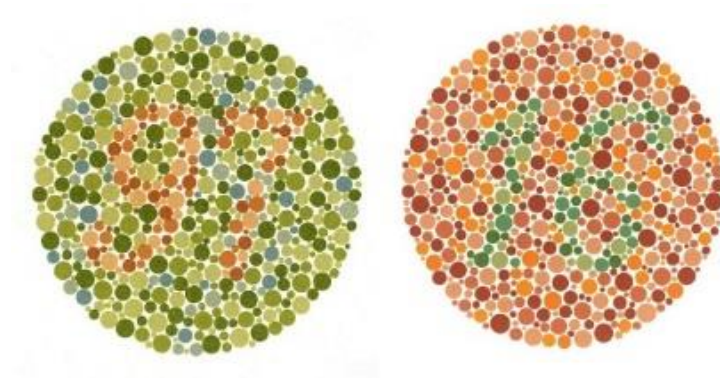


Figura 13. Láminas del test Ishihara. Recuperada de: es.colorlitelens.com

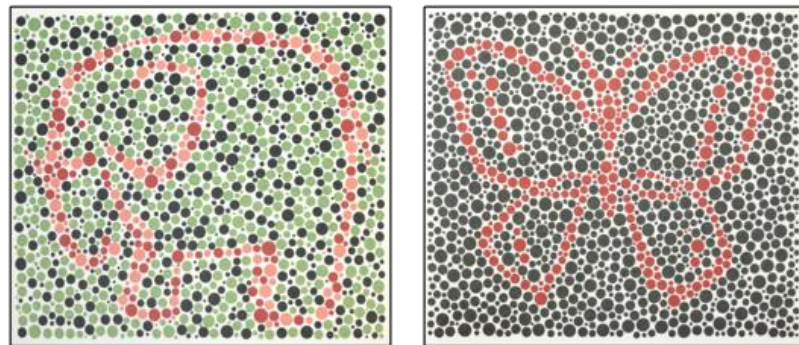


Figura 12. Láminas del test HRR. Recuperado de: jutronvision.com

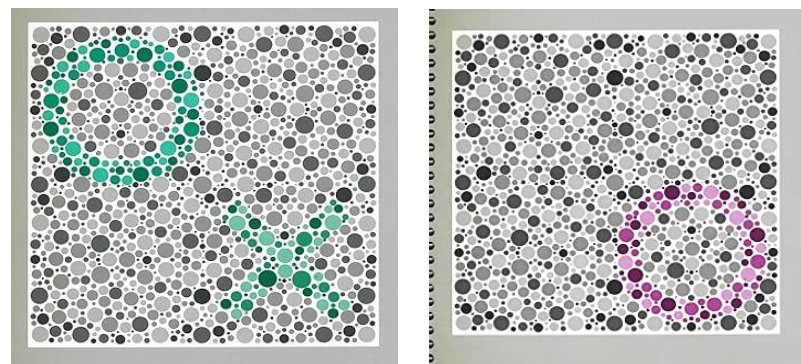


Figura 14. Láminas de test HRR. Recuperado de: amazon.com.

Pruebas de ordenación.

Estas pruebas consisten en fichas con colores determinados que entran dentro de las líneas de confusión y que los pacientes deben ordenar por tonalidad evaluando así la discriminación cromática del sujeto.^{40,41}

En la prueba Farnsworth-Munsell existen tres versiones de esta prueba, una completa llamada D100 con 85 fichas, D-28 la versión media y D-15 la versión corta con 16 fichas.

D-15: Al ser la versión reducida en esta prueba los saltos de tonalidades entre colores se hacen más evidentes. Con ella se pueden detectar alteraciones en la visión al color congénitas (protan y deutan) o adquiridas (tritan) y también su magnitud (ceguera o anomalía).⁴²



Figura 15. Test Farnsworth D-100 y D-15. Recuperado de: xritemx.com y colorlitelens.com

CAPITULO IV: FILTROS

Características

Los filtros son un medio o lente que ha sido tratado en la superficie y por lo tanto posee características y propiedades específicas teniendo la capacidad de absorber o reflejar longitudes de onda específicas.^{43, 44} Su función principal es limitar el paso de algunas longitudes de onda y permitiendo el paso de otras modificando la distribución espectral de la luz que llega al ojo ⁴⁵

Tipos de Filtro

Filtros polarizados.

Este filtro permite el paso de luz de una manera ordenada absorbiendo un 98 % del deslumbramiento. Presenta ventajas la protección a la radiación UV, respeta los colores naturales del entorno y elimina los reflejos molestos.

Filtros espejados.

Estas lentes poseen una capa de metálica y su principal función es reflejar la luz logrando que se transmita menos en dirección al ojo.

Filtros de absorción.

Los filtros se pueden identificar debido a que poseen tres dígitos correspondientes a la longitud de onda en nanómetros que el filtro es capaz de absorber.⁴⁶

Este tipo de filtros actúan de forma selectiva sobre determinadas longitudes de onda, es decir que permiten el paso de una longitud de una onda específica y la absorción de otra logrando que las propiedades espectrales de la luz que los atraviesa cambien y produciendo un cambio aparente en el color, por ejemplo, el filtro amarillo permite la absorción de la luz azul de este modo, el color que observamos en la lente (reflejado o transmitido) es el complementario del color absorbido.⁴⁸

Filtros Zeiss

Los filtros de la marca Zeiss se enfocan en el uso terapéutico o medicinal y existen nueve con una longitud de onda y aplicaciones médicas específicas. Las lentes con filtro F 60, F 80, F 90, F 540, F 560, F 580 absorben la parte de longitud de onda corta del espectro de luz visible.

- **F80 y F90:** se recomienda por el laboratorio para retinosis pigmentaria puesto que en la enfermedad se disminuye la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la visión al color acompañado de fotofobia. Según la marca estos filtros logran comodidad visual en el paciente.
- **F540, F560 y F580:** Zeiss recomienda estos filtros en pacientes con retinopatía diabética o con discromatopsias del tipo acromata y monocrómata, debido que bloquea el deslumbramiento y favorece la adaptación a los cambios de iluminación.
- **F451 y F452:** son de absorción selectiva y fueron creados por Zeiss para pacientes con monocromatismo de conos azules transmitiendo menos del 20 % en el rango de radiación visible de 550 nm a 650 nm.

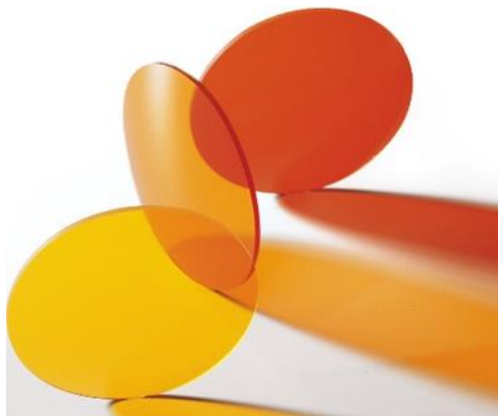


Figura 16. Filtros F540, F560 y F580. Recuperado de: zeiss.com

- **F 451 y F 452:** se recomiendan por la marca para aumentar la sensibilidad al contraste, la agudeza visual y la visión nocturna específicamente en monocromatismo de conos azules debido a que únicamente funcionan los bastones y los conos de longitud corta S.⁴⁹

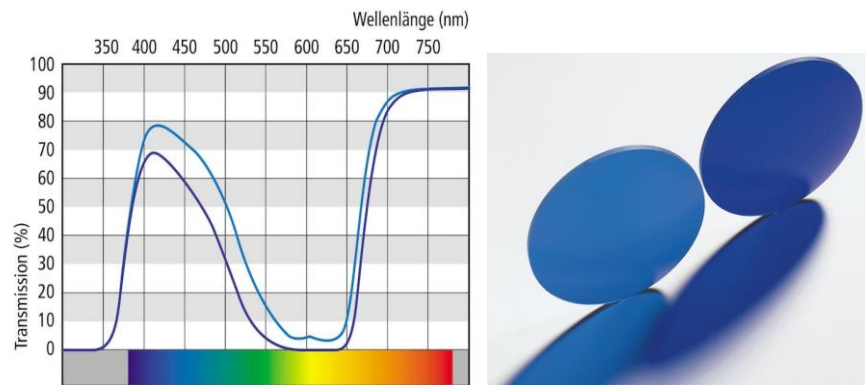


Figura 17. Longitud de onda absorbida por los filtros F451 y F452.
Recuperado de: zeiss.com

Filtro rojo y verde.

Generalmente estos filtros son utilizados para realizar pruebas dentro de la práctica clínica y se pueden encontrar dentro de las cajas de prueba.

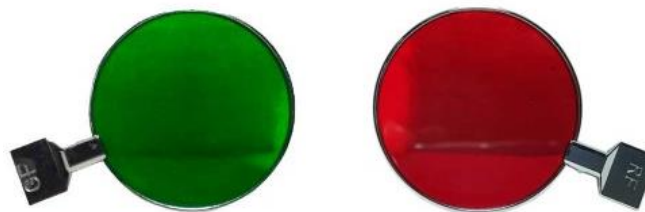


Figura 18. Filtros Rojo y Verde de caja de pruebas
Recuperado de: Optiinumos.com

METODOLOGÍA

Estudio prospectivo, transversal y observacional.

JUSTIFICACIÓN

A lo largo del tiempo se han creado tratamientos ópticos con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes, tal es el caso de los filtros, sin embargo, la mayoría de las investigaciones se enfocan en la prescripción de filtros en baja visión ⁵⁰ y en patologías oculares, que sirven de apoyo para el paciente dependiendo de la condición que padezca.⁵¹ En algunos otros casos se proponen los filtros para “corregir” discromatopsias, aunque la mayoría de los antecedentes no llegan a conclusiones precisas y existen muy pocos enfocados en la SC y la visión cromática, por lo tanto, el presente estudio servirá como punto de partida en futuras investigaciones, marcando un antecedente para el optometrista en el área de los filtros de absorción.

FASES DEL ESTUDIO

Fase 1

Se llevará a cabo la selección de pacientes, mediante la historia clínica se capturarán los datos generales a fin de descartar pacientes que no tengan los criterios de inclusión.

Fase 2

Se evaluará a los pacientes con las pruebas de sensibilidad al contraste y visión al color con y sin filtros.

Fase 3

Se realizará el análisis de los datos obtenidos de las pruebas realizadas a los pacientes con y sin filtros

Recursos humanos

- 3 pasantes de visión al color
- 2 alumnas PIIO

Recursos materiales

- Test HRR
- Test CV 1000
- Filtros de absorción ZEISS
- Filtro rojo de caja de prueba
- Filtro verde de caja de prueba
- Armazón de prueba
- Ocluser
- Hojas de registro

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

**Estadística descriptiva e inferencial mediante “T de student”
para muestras Independientes y ANOVA.**

ESQUEMA DEL CAPITULADO

- Portada
- índice
- Introducción
- planteamiento del problema
- Hipótesis
- Objetivos
- Capítulos
 - Luz y retina
 - Sensibilidad al contraste
 - Visión al color
 - filtros
- Metodología
- Recursos humanos
- Recursos materiales
- Plan de análisis
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Referencias y anexos

RESULTADOS

El total de pacientes evaluados fue de 30, de los cuales 19 fueron mujeres y 11 fueron hombres (Gráfico 1).

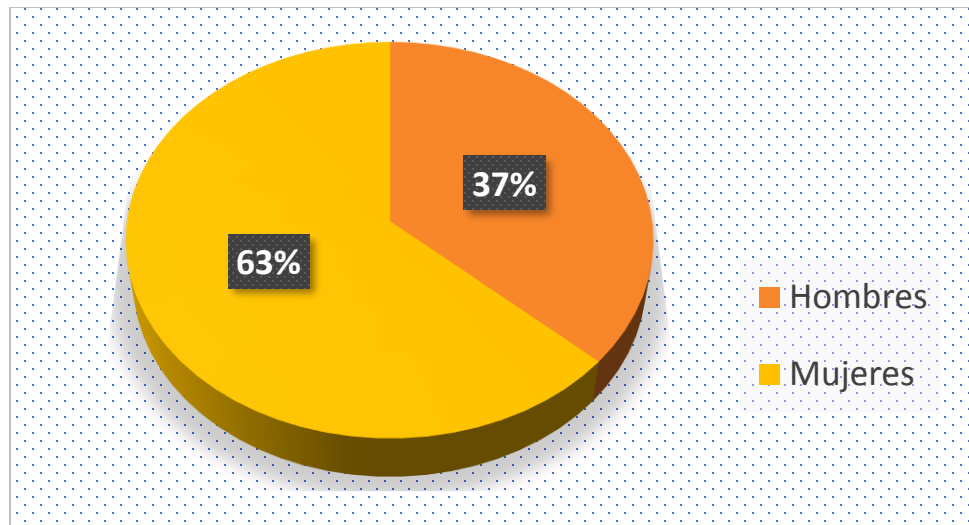


Gráfico 1. Cantidad de pacientes.

Las edades de los pacientes oscilaron entre los 17 y 24 años de edad, donde la edad más frecuente fue de 18 años (Gráfico 2).

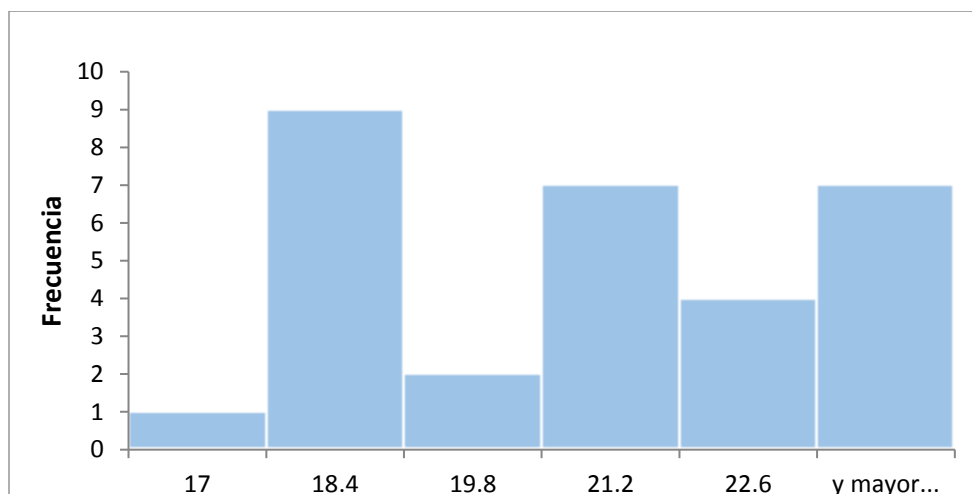


Gráfico 2. Edades.

HRR

Las tablas muestran el número total de figuras reconocidas en el test HRR por cada paciente en el que no se logró llegar a un diagnóstico debido al número de figuras reconocidas (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Numero de figuras reconocidas por el Px. OD.

Filtros	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5
F60	2	18	9	10	
F80					
F90	16				
F540	12				
F560	20				
F580					
F451	24	24			
F452	4	26			
Z1	8	22	9		
FR	12				
FV	10	28	10	8	16

Tabla 2. Número de figuras reconocidas por el Px. OI.

Filtros	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4
F60	4	15	17	
F80	4	16		
F90	2	24		
F540	1			
F560				
F580	7	14	15	11
F451				
F452	16	8		
Z1	10			
FR	8	12	18	
FV	10	10	14	14

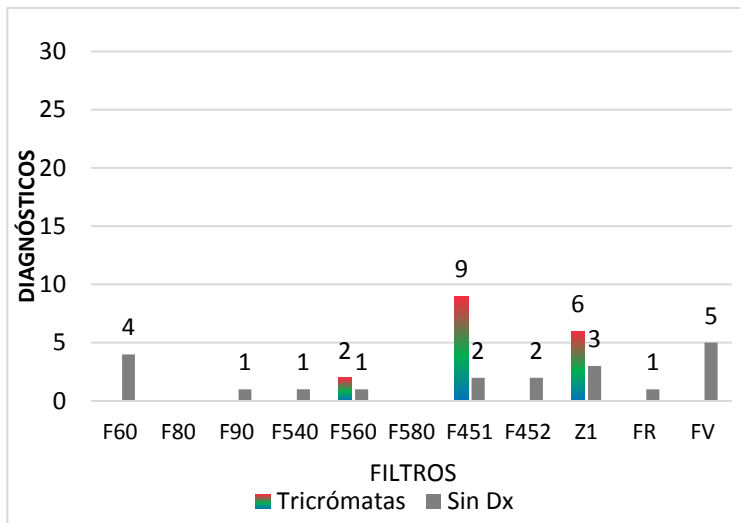


Gráfico 3. Pacientes tricrómatas y sin diagnóstico OD.

Los pacientes tricrómatas se presentaron en mayor numero con los filtros F451 con 9 pacientes y Z1 con 6 pacientes.

Los pacientes sin diagnostico se presentaron en mayor cantidad con el filtro verde 5 pacientes (Grafico 3).

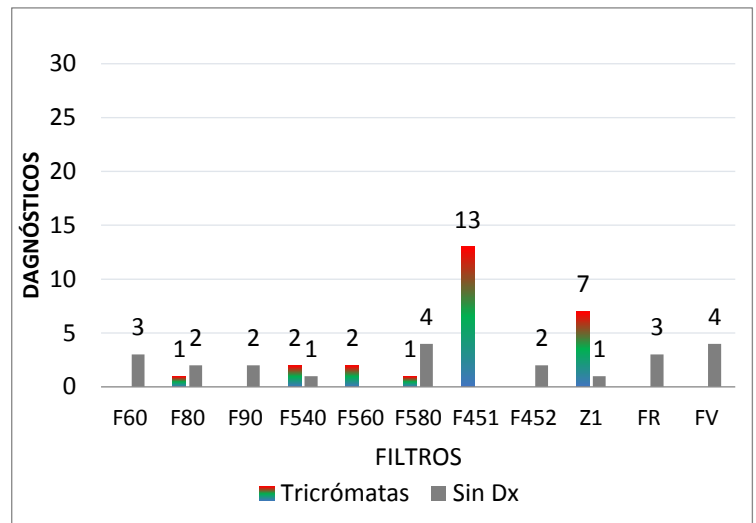


Gráfico 4. Pacientes tricrómatas y sin diagnóstico OI.

Los pacientes tricrómatas se presentaron en mayor numero con los filtros F451 con 13 pacientes y Z1 con 7 pacientes.

Los pacientes sin diagnostico se presentaron en mayor cantidad con el filtro verde con un total de 4 pacientes (Grafico 4).

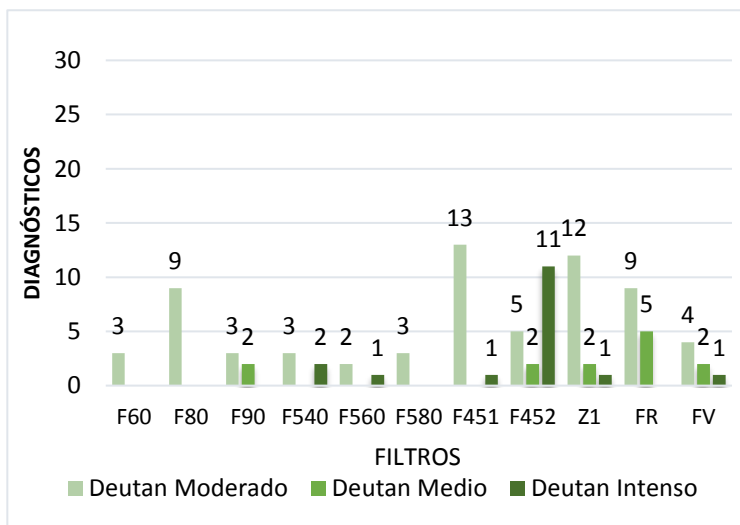


Gráfico 5. Diagnósticos de HHR deutan OD.

El diagnóstico deutan moderado se manifestó en todos los filtros, sin embargo, en el que más se presentó fue en el filtro F451 y Z1. Con el filtro F452 se ve un aumento de 11 diagnóstico en la discromatopsia del tipo deutan intenso (Gráfico 5).

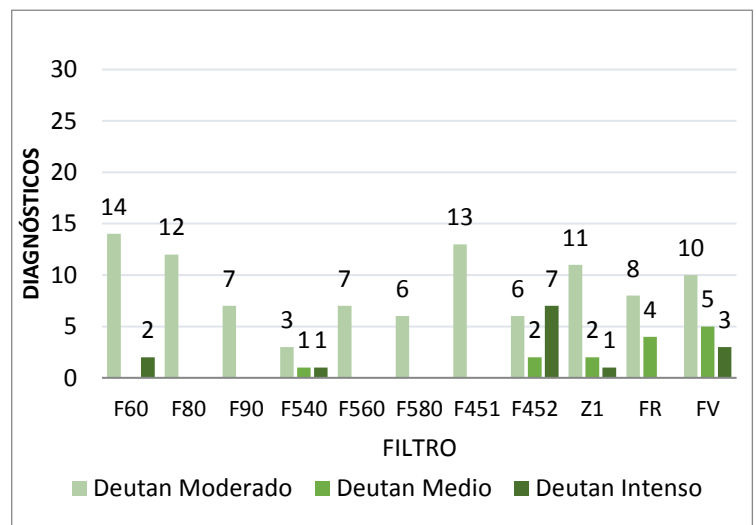


Gráfico 6. Diagnósticos de HHR deutan OI.

En los resultados obtenidos de ojo izquierdo se mostró una tendencia al tipo moderado con todos los filtros, excepto el filtro F452, donde la discromatopsia más presentada fue Deutan intenso (Grafico 6).

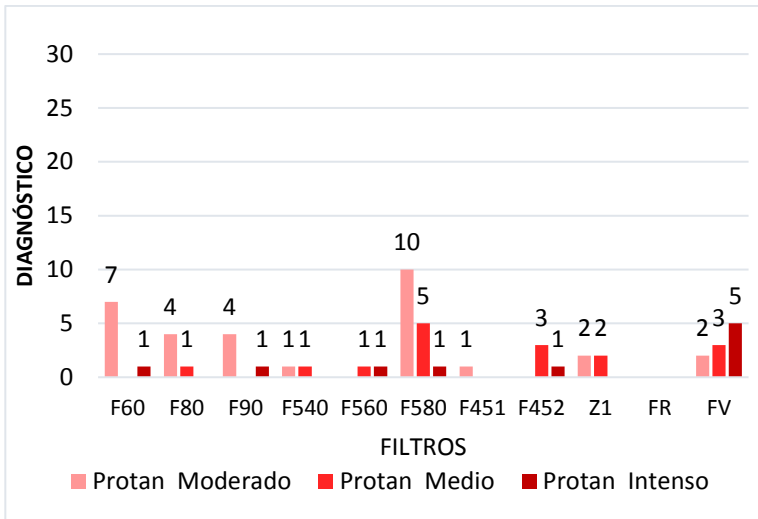


Gráfico 7. Diagnósticos de HHR protan OD.

El diagnóstico que más se presentó en los pacientes fue protan moderado, manifestándose en la mayor parte de los filtros excepto F560, F452 y FR.

El número de diagnósticos protan moderados se incrementa con el filtro F580, que cuenta con 10 diagnósticos (Gráfico 7).

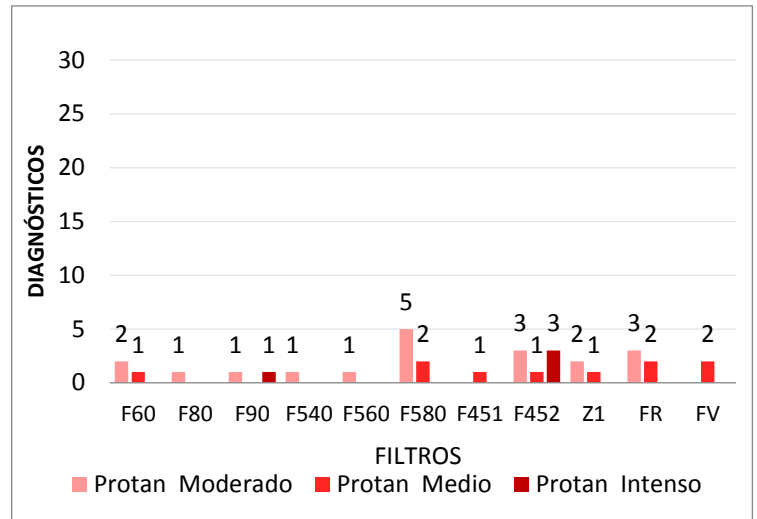


Gráfico 8. Diagnósticos de HHR protan OI.

El diagnóstico Protan moderado se presenta en todos los filtros y aumenta con el filtro F580 con un total de 5 diagnósticos (Gráfico 8).

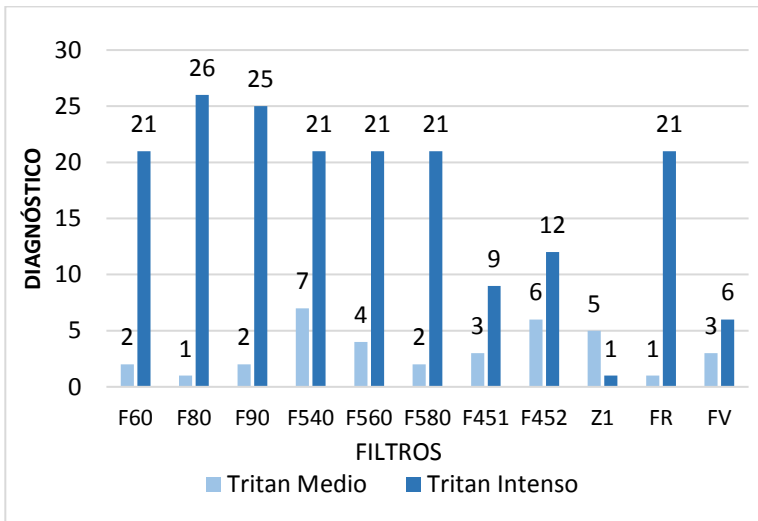


Gráfico 9. Diagnósticos de HHR tritan OD.

La cantidad de diagnósticos aumentó significativamente en la discromatopsia del tipo Tritan intenso.

Los filtros donde menos diagnósticos se aprecian son F451 con 9 diagnósticos, F452 con 12, Z1 con 1 y FV con 6 diagnósticos (Gráfico 9).

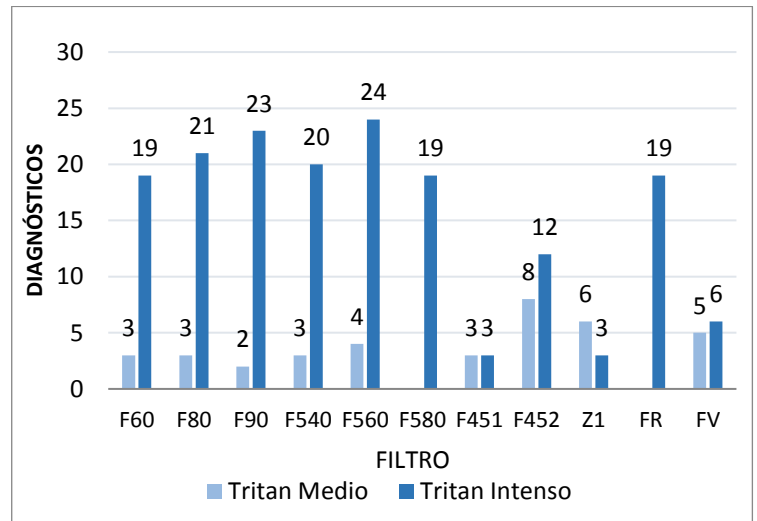


Gráfico 10. Diagnósticos de HHR tritan OI.

La cantidad de diagnósticos aumentó significativamente en la discromatopsia del tipo Tritan intenso.

Los filtros que tienen un menor número de diagnósticos son F451 con 3 diagnósticos, F452 con 12, Z1 con 3 y FV con 6 diagnósticos (Gráfico 10).

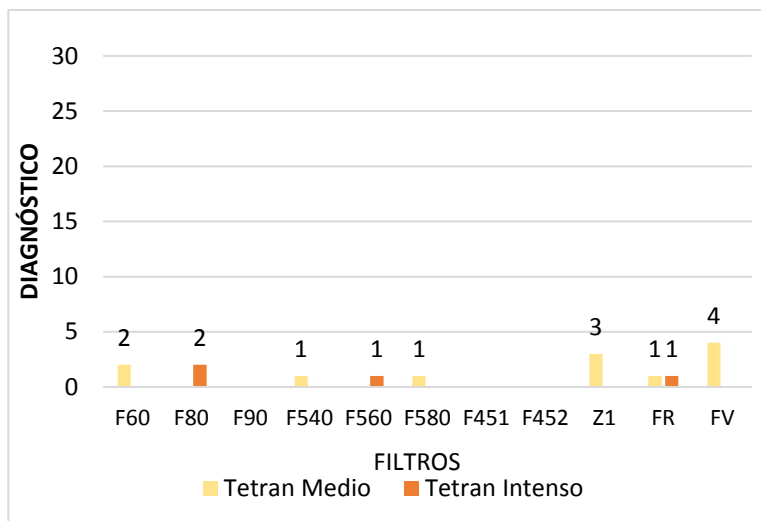


Gráfico 11. Diagnósticos de HHR tetran OD.

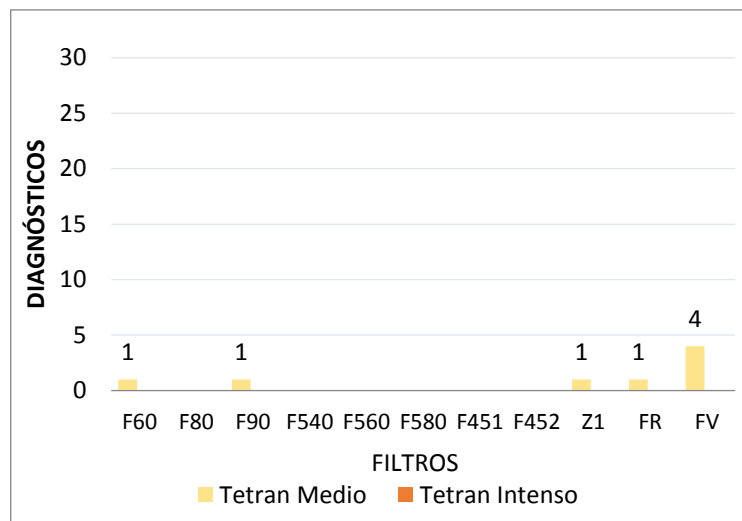


Gráfico 12. Diagnósticos de HHR tritan OI.

A comparación de otras discromatopsias, la de tipo Tetran mostró un numero de diagnósticos reducido (Gráfico 11 y 12).

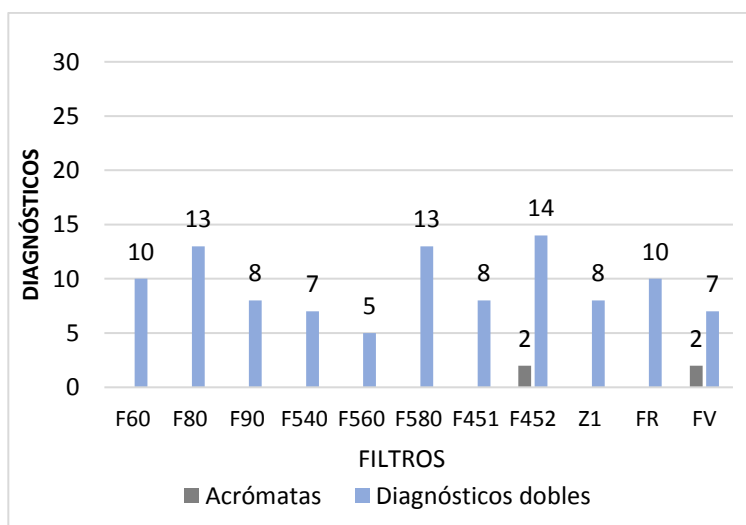


Gráfico 13. Pacientes Acrómatas y diagnósticos dobles OD.

El número de pacientes que no lograron reconocer ninguna figura del test HRR se presentó con los tonos de filtro azul intenso y verde (F452 y FV). En diversos casos se presentaron dos diagnósticos por ojo, específicamente, un diagnóstico para las discromatopsias con dificultades en la visión de los colores Rojo- Verde, y otro diagnóstico para las discromatopsias con dificultades en la visión de los colores Azul- Amarillo (Gráfico 13).

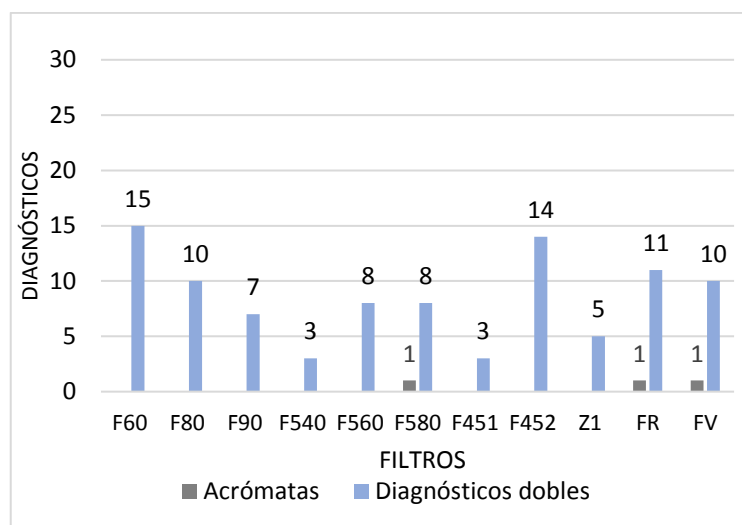


Gráfico 14. Pacientes Acrómatas y diagnósticos dobles OI.

Los filtros con los que tres pacientes no lograron reconocer ninguna figura en el test HRR ueron Filtro rojo, verde y el más intenso de los naranjas (F580). En diversos casos se presentaron dos diagnósticos por ojo, específicamente, un diagnóstico para las discromatopsias con dificultades en la visión de los colores Rojo- Verde, y otro diagnóstico para las discromatopsias con dificultades en la visión de los colores Azul- Amarillo (Gráfico 14).

Sensibilidad al contraste

Como $P < 0.01$ se puede concluir que las frecuencias de sensibilidad al contraste son diferentes con todos y cada uno de los filtros.

Tabla 3. Probabilidad de frecuencias en SC.

OD		OI	
Frecuencia A	9.99444E-12	Frecuencia A	3.15026E-12
Frecuencia B	6.16356E-28	Frecuencia B	1.27243E-24
Frecuencia C	1.46742E-31	Frecuencia C	6.50788E-33
Frecuencia D	1.85201E-28	Frecuencia D	1.26712E-26

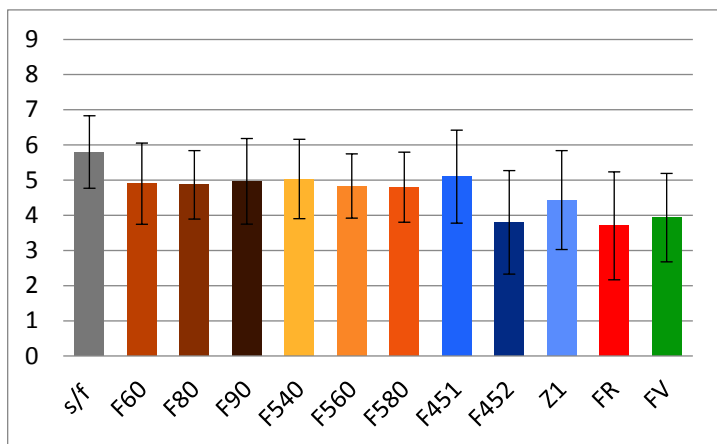


Gráfico 15. Promedio de la frecuencia A OD.

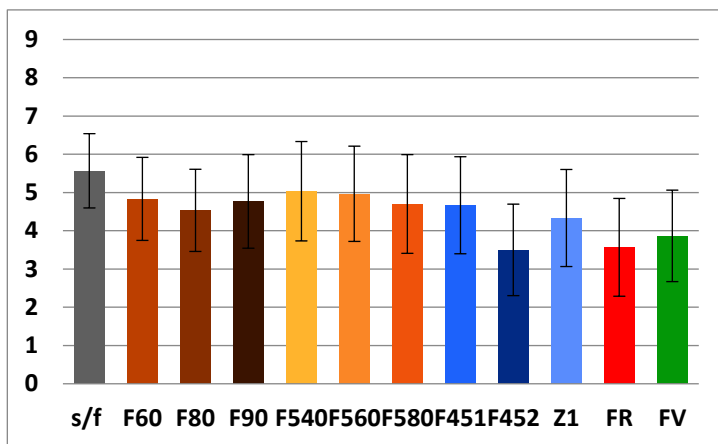


Gráfico 16. Promedio de la frecuencia A OI.

En la primera frecuencia el filtro con el que más se afecta la SC es el F452, FR y FV (Gráfico 15 y 16).

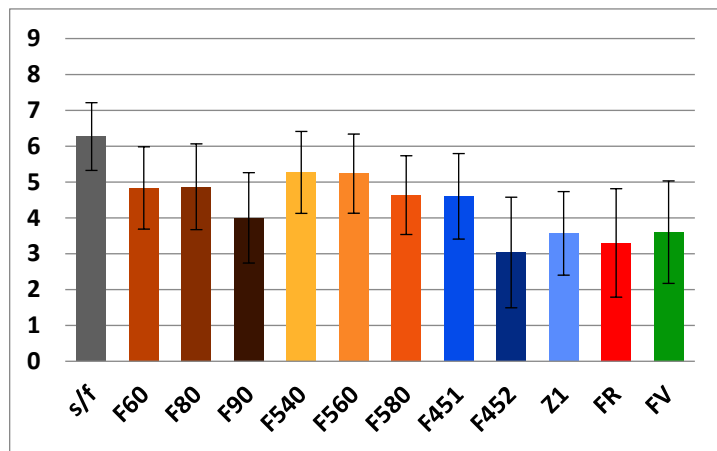


Gráfico 17. Promedio de la frecuencia B OD.

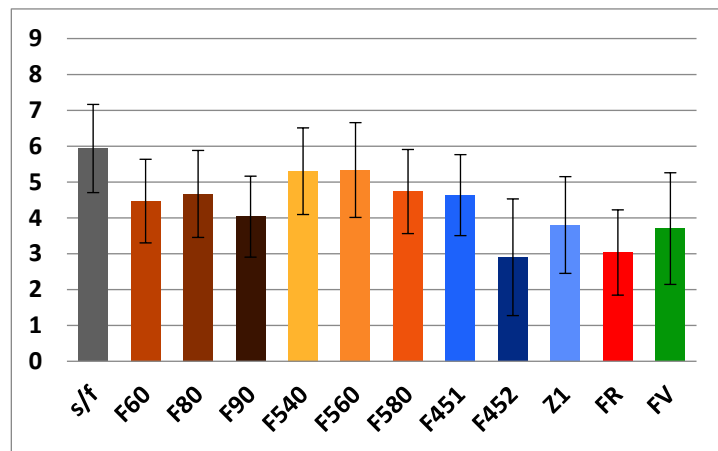


Gráfico 18. Promedio de la frecuencia B OI.

En la frecuencia B existe una disminución de la SC con los filtros F90, F452, Z1, FR y FV a comparación de la frecuencia A (Gráfico 17 y 18).

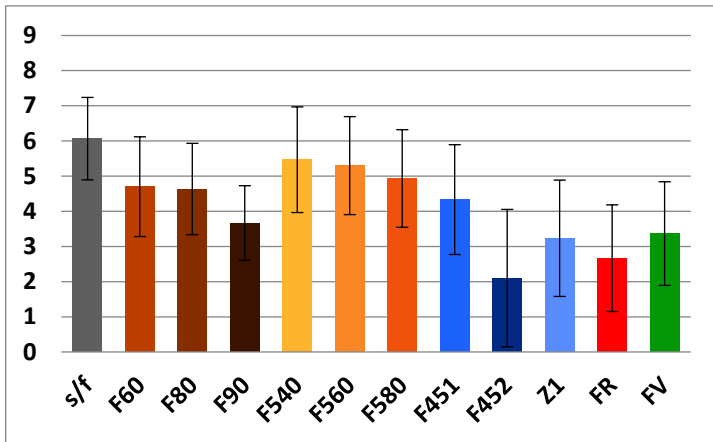


Gráfico 19. Promedio de la frecuencia C OD.

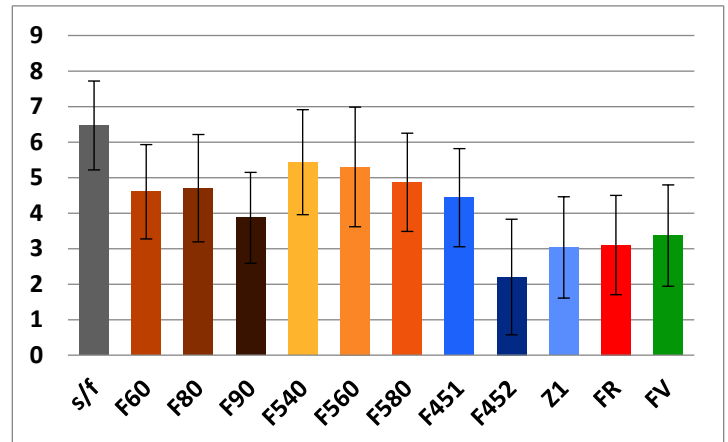


Gráfico 20. Promedio de la frecuencia C OI.

La SC baja aún más en la frecuencia C con los filtros F452, FR, Z1, FV y F90 (Gráfico 19 y 20).

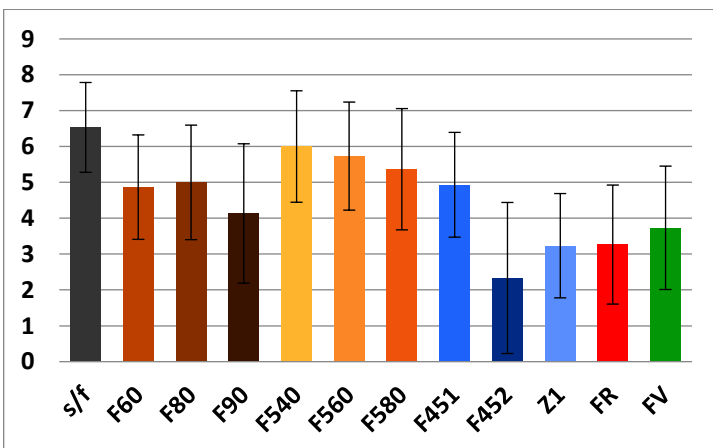


Gráfico 21. Promedio de la frecuencia D OD.

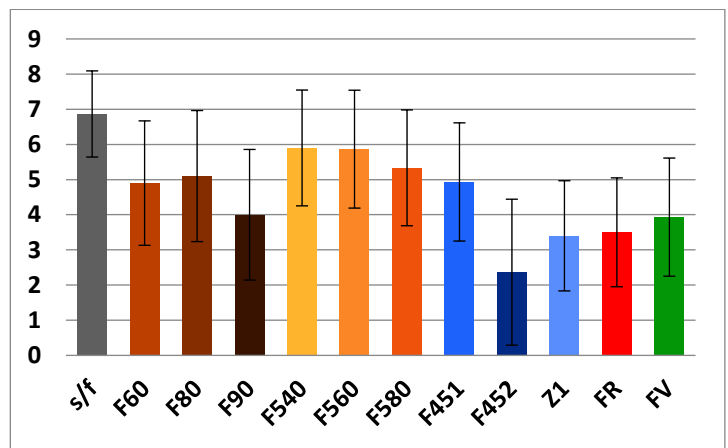


Gráfico 22. Promedio de la frecuencia D OI.

En la última frecuencia la SC aumenta con los filtros F452, FR, FV y F90 a comparación de los datos obtenidos en la frecuencia C, a pesar de ello, el promedio es menor al obtenido en la frecuencia A.

Con los filtros F540, F560 y F580 la SC aumenta a comparación de la frecuencia A, sin embargo, la SC es menor a los datos obtenidos sin ningún filtro (Gráfico 21 y 22).

DISCUSIÓN

En la mayoría de la literatura encontrada no se aprecian diferencias significativas entre los datos con y sin filtro como en el estudio realizado por Quiroz. En algunos otros simplemente no se asocia el aumento o la reducción de la sensibilidad al contraste y la visión al color con el uso de filtros, un claro ejemplo de ello es el estudio realizado por Pérez BA, donde se buscó la comparación de protocolos con el fin de determinar el mejor para la prescripción de filtros en pacientes con patología.

Algunos otros autores que sí asocian los datos, tienen variantes en los materiales o métodos como en el estudio dirigido por Espeleta en el que se realizan pruebas con diferentes tipos de iluminación orientando la investigación hacia un enfoque distinto o el realizado por Bastien en el que se emplean filtros como “enchroma”. Otro ejemplo es el estudio elaborado por F Rojo, donde utilizan los filtros como una herramienta para realizar terapia visual, notando mejoras en los valores de sensibilidad al contraste lo que nos lleva a relacionar esta mejora significativa con la terapia visual y no propiamente al uso del filtro de absorción.

De igual forma estudios previos han planteado que la visión al color no se ve alterada por algunos filtros de absorción como las realizadas por Clementi, Hernández-Toledo y Prados, donde las evaluaciones llevadas a cabo en los estudios se realizaron con el test

Ishihara, una clara desventaja del test es que únicamente podemos diagnosticar discromatopsias en las líneas de confusión rojo-verde, por lo tanto, estas investigaciones están limitadas debido al tipo de test utilizado. Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio revelan que el filtro color ámbar, azul y verde disminuyen la sensibilidad al contraste de manera significativa principalmente en las frecuencias altas, al mismo tiempo, vemos una mejora gradual de la sensibilidad al contraste con los filtros F540, F560 y F580, es decir, existe un aumento conforme avanzamos en la prueba, llegando a su pico máximo en frecuencias altas, sin embargo, este aumento no llega a mejorar o igualar la sensibilidad al contraste obtenida sin ningún tipo de filtro.

Estos hallazgos coinciden parcialmente con algunos autores pues como menciona Hernández-Toledo la sensibilidad al contraste se reduce con el filtro ámbar y contrario a los resultados aquí presentados se aprecia una mejora con el filtro azul y verde; esta diferencia la podemos asociar a los tipos de filtro utilizados en el estudio, sin embargo, al no conocer las características específicas de los filtros no podemos afirmar que esta sea una variante capaz de alterar los resultados.

Dentro de la bibliografía pocos estudios encuentran una diferencia significativa entre los datos con y sin filtros como lo hacen en el estudio hecho por Veselý publicado en la revista de oftalmología checoslovaca donde reportaron que la sensibilidad al contraste y la visión al color se vieron afectadas de tal forma que al comparar los datos obtenidos de

los pacientes sanos con filtro y los pacientes con enfermedad ocular sin filtro no se encontró una diferencia significativa entre ambos grupos, es decir, la visión de una persona con patologías oculares es similar a la visión de una persona que utiliza algún tipo de filtro. Esta conclusión concuerda con los datos del presente estudio donde el uso de determinados filtros disminuye la sensibilidad al contraste y altera la visión al color de los pacientes sanos de forma significativa.⁴

En resumen, la revisión de la literatura revela discrepancias en los resultados obtenidos por diversos estudios, esto como resultado de la variabilidad de materiales y métodos utilizados y resaltando la importancia de profundizar en el área de filtros de absorción y sus efectos en la visión.

CONCLUSIÓN

En conclusión, esta investigación ha logrado cumplir con los objetivos establecidos al inicio, centrados en analizar las variaciones de la sensibilidad al contraste y visión al color con y sin filtros en pacientes jóvenes sanos. Al aplicar la historia clínica de visión al color, se logró descartar problemas de salud general, ocular y de adicciones reduciendo así la posibilidad de variaciones en los datos. A través de la aplicación de los test HRR y CSV-1000 se realizaron las pruebas específicas para medir la sensibilidad al contraste y la visión al color de manera monocular con y sin filtros de absorción Zeiss, filtro rojo y filtro verde. Los resultados obtenidos de las pruebas han permitido analizar y comparar los datos revelando como se modifica la sensibilidad al contraste y la percepción al color.

Dentro de la investigación los resultados que más destacan son:

- El filtro F451 es el que causa una mayor disminución en la sensibilidad al contraste, afectando las primeras frecuencias.
- Los filtros F90, Z1, FR y FV muestran una diferencia significativa en las frecuencias más altas, donde se requiere una sensibilidad al contraste más fina para distinguir con éxito un objeto del fondo.

- A pesar de que no todos los filtros reducen significativamente la sensibilidad al contraste, ninguno de ellos logra mejorar o igualar la sensibilidad al contraste sin ningún tipo de filtro.
- La percepción de los colores se ve alterada al punto de obtener dos tipos de diagnósticos distintos en un solo ojo: uno para los colores rojo-verde y otro para los colores azul-amarillo. En particular, la discromatopsia que más diagnósticos arroja es del tipo Tritan Intenso, lo que significa que el uso de un filtro induce temporalmente una ceguera a los colores Azul-Amarillo. Esto se traduce en una confusión entre estos dos tonos.
- Los filtros que más producen diagnósticos de tipo Tritan van desde el F60 hasta el F580 y el FR.

Es importante mencionar que estos resultados se han visto muy poco en estudios previos y que la mayoría de ellos se han realizado bajo condiciones diferentes, ya sea con una variedad distinta de filtros o con test diferentes a los indicados por la literatura. Hasta el momento los autores que han llegado a datos similares son escasos y muy pocos de estos estudios se han realizado en población mexicana.

Por todo lo anterior, se confirma que el efecto inmediato del uso de filtros en pacientes sanos es la inducción de una o más discromatopsias y la disminución de la sensibilidad al contraste, lo que altera la visión de manera temporal mientras se utiliza el filtro.

Finalmente, es importante mencionar algunas recomendaciones que se pueden tener en cuenta para futuras investigaciones. Una recomendación a considerar es que la población a estudiar se diversifique, es decir, que se evalúen a pacientes de distintas edades o con distintas enfermedades oculares para identificar los patrones de comportamiento en la sensibilidad al contraste y la visión al color con filtros de absorción.

Es recomendable que el optometrista realice pruebas objetivas a los pacientes con y sin filtro antes de prescribirlo, garantizando que su uso no afectará la calidad de su visión ni la forma en la que percibe los colores, teniendo siempre en consideración las características del filtro y las necesidades visuales del paciente.

APÉNDICES

Apéndice 1. Consentimiento informado.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de estudios Superiores Iztacala

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



Tlanepantla de Baz, estado de México a ____ de _____ del 2023

Yo _____ declaro libre y voluntariamente que se me ha explicado la conveniencia de participar en el estudio “Comparación de la sensibilidad al contraste y la visión al color evaluada con CSV1000 y HRR en pacientes jóvenes sanos con y sin filtros de absorción” que se realiza en la Clínica de Optometría; dirigido por la **Dra. Myrna Miriam Valera Mota** adscrita a la **Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM**, cuyo objetivo consiste en:

- Recopilar datos personales, de salud general y ocular posterior a la aplicación de la historia clínica.
- Evaluar la sensibilidad al contraste y visión al color de manera monocular con y sin filtros de absorción
- Comprobar los efectos inmediatos que tiene el uso de filtros en pacientes jóvenes sanos.

Estoy consciente y de acuerdo con los procedimientos y pruebas para lograr los objetivos mencionados que consistirán en: una evaluación con los test CSV-1000 y HRR sin filtros y posteriormente con 11 filtros distintos y que tendrá una duración aproximada de entre 1 a 2 hrs. Estoy al tanto de que las pruebas aquí mencionadas no representan un riesgo para mí y que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento.

Apéndice 2. Hoja de registro HRR

HRR PSEUDOISOCROMATIC PLATES

NAME _____ DATE _____ EXAMINER _____

1-4 DEMONSTRATION SERIES
Four plates. Do NOT score.

SCREENING SERIES

B-Y Defect

5 O, X

6 O, ▼

R-G Defect

7 X, ►

8 O, ▲

9 O

10 X

	Protan	Deutan	SCREENING SERIES ANALYSIS
Mild R-G Defect	11		Normal.....
	12		Defective.....
	13		B-Y.....
	14		R-G.....
	15		
Medium R-G Defect	16		DIAGNOSTIC SERIES ANALYSIS
	17		Type:
	18		Protan.....
Strong R-G Defect	19		Deutan.....
	20		Tritan.....
			Tetartan.....
Total	.....	.....	Unclassified....
Medium B-Y Defect	21		EXTENT:
	22		Mild.....
			Medium.....
Strong B-Y Defect	23		Strong.....
	24		
Total	.....	.....

1-4 DEMONSTRATION SERIES
Four plates. Do NOT score.

SCREENING SERIES

B-Y Defect

5 O, X

6 O, ▼

R-G Defect

7 X, ►

8 O, ▲

9 O

10 X

	Protan	Deutan	SCREENING SERIES ANALYSIS
Mild R-G Defect	11		Normal.....
	12		Defective.....
	13		B-Y.....
	14		R-G.....
	15		
Medium R-G Defect	16		DIAGNOSTIC SERIES ANALYSIS
	17		Type:
	18		Protan.....
Strong R-G Defect	19		Deutan.....
	20		Tritan.....
			Tetartan.....
Total	.....	.....	Unclassified....
Medium B-Y Defect	21		EXTENT:
	22		Mild.....
			Medium.....
Strong B-Y Defect	23		Strong.....
	24		
Total	.....	.....

1. Clementi MM, Acerbi AM. Uso de filtros en alteraciones de la visión cromática: Un caso de anomalía tipo deutan. Gaceta de optometría y óptica oftálmica [Internet]. 2011 (citado 2023 Feb 15); (459):36–9. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3954089>
2. Pérez BA. Evaluación de un protocolo de prescripción de filtros de absorción selectiva. uvadocuvas [Internet]. 2014 (citado 2023 Feb 15); Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/7142>
3. Quiróz M. Eficacia de filtros de absorción selectiva de onda corta en interiores en personas con discapacidad visual. Universidad de Valladolid; 2016. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/211102991.pdf>
4. Veselý P, et al. Barvocit u probandů bez as chromagenovým filtrem. Česká a slovenská oftalmologie, 2017 (citado 2023 Feb 15). Disponible en: <https://www.prolekare.cz/casopisy/ceska-slovenska-oftalmologie/2017-3-1/barvocit-u-probandu-bez-a-s-chromagenovym-filtrem-62924>
5. Ezpeleta S, Aznar S, Corbacho C, Sánchez-Cano A, Aporta J. Influencia del tipo de iluminación y del uso de filtros ópticos en la realización del test de color Farnsworth Munsell 100 Hue. Óptica Pura y Aplicada. 2018 (citado 2023 Jun 8);51(2):1–11. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=130987367&lang=es&site=eds-live>
6. Hernández-Toledo YM. Efecto de los filtros de colores en la sensibilidad al contraste, la visión al color y la estereopsis en usuarios de dispositivos electrónicos asociados al estado refractivo. Dgseuamx [Internet]. 2019 [cited 2023 Feb 15]; Disponible en: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1776>

7. Prados FS, Parillo MJ. Variación de la agudeza visual, sensibilidad al contraste y diámetro pupilar con filtro de absorción [Internet]. eprints.ucm.es. 2019 (cited 2023 Feb 13). Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/56218/>
8. Rojo F. Efectos en agudeza visual y sensibilidad al contraste a través de la aplicación de prismas verticales y filtros en ambliopía. Dgseuaamx [Internet]. 2019 (cited 2023 Feb 10); Disponible en: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1763>
9. Bastien K, Mallet D, Saint-Amour D. Caracterización de los efectos de las gafas Enchroma en la discriminación del color. Optometría y Ciencias de la Visión. 2020. Disponible en: <https://oce-ovid-com.pbidi.unam.mx:2443/article/00006324-202010000-00011?sequence=0&clickthrough=y>
10. Calles AP, et al. Seguridad ocular de la iluminación mediante luz en el espectro visible e invisible. 2019. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/38377/TFG-G3640.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Montiel PH. Física general. Grupo Editorial Patria, 2014.
12. Marieb EN. Anatomía y fisiología humana. Universitario, 2008.
13. Tortora GJ., et al. Principios de anatomía y fisiología. OXFORD University press, 2002.
14. Guirao A. Óptica Visual. ICE, 2004.
15. Chung STL, Legge GE. Comparing the Shape of Contrast Sensitivity Functions for Normal and Low Vision. Investigative Ophthalmology & Visual Science. 2016 Jan 21;57(1):198. Disponible en: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2484503>

16. Gutiérrez MJ, Antonio J, Menéndez JA, Beatriz Martínez Matesanz, Arranz I, Vizmanos JG, et al. Invariancia de la sensibilidad al contraste frente a cambios en la luminancia de entorno. 2008 Jan 1;41(1):1–7. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/S-Mar/publication/281449795_Invariancia_de_la_sensibilidad_al_contraste_frente_a_cambios_en_la_luminancia_de_entorno/links/55e8375d08ae3e1218422799/Invariancia-de-la-sensibilidad-al-contraste-frente-a-cambios-en-la-luminancia-de-entorno.pdf
17. Herranz RM; Antolínez, GV. Manual de optometría. Médica Panamericana, 2010.
18. Angélica Romero Sánchez, Mendiola-Santibañez JD, Gilberto Herrera Ruiz, Santillan I. Índice de contraste morfológico basado en el análisis de los contornos y el fondo de la imagen. 2012 Mar 31;16(1):99–110. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cys/v16n1/v16n1a9.pdf>
19. Del Catillo L. Resultados del test de sensibilidad al contraste pelli-robson en la población sin patología oftalmológica [Internet] [digital]. [Universidad Politécnica de Cataluña; 2015. p. 12–4. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89732/miquel.lara%20-%20TFG_miquellarafinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
20. Pelli DG, Bex P. Measuring contrast sensitivity. Vision Research [Internet]. 2013 Sep;90:10–4. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698913001132>

21. Richman J, Spaeth GL, Wirostko B, Contrast sensitivity basics and a critique of currently available tests. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* [Internet]. 2013 Jul 1;39(7):1100–6. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886335013005269?casa_token=rXsqgSsCliQAAAAA:9ELBNgA7EG9eAHxRlebmL-sKI6Yjk3URjl86xjKHFv4A46jBfN370vVDUCirVAT7Ragbf3vw5g
22. Franco S, Silva AC, Carvalho AS, Macedo AS, Lira M. Comparison of the VCTS-6500 and the CSV-1000 tests for visual contrast sensitivity testing. *NeuroToxicology*. 2010 Dec;31(6):758–61. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0161813X10001245>
23. López Y. Importancia de la valoración de sensibilidad al contraste en la práctica optométrica. *Ciencia y Tecnología para la Salud visual y ocular*, 2009 vol. 7, no 2, p. 99-114. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599235>
24. González A. Repetibilidad y acuerdo entre métodos informáticos y tradicionales para la medida de la sensibilidad al contraste [Internet] [digital]. [Universidad de Valladolid]; 2020. p. 8. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/44390/TFG-G4698.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
25. Medina-Alvarez TL; Díaz-Pérez JM; Durán FI. Sensibilidad al contraste visual en población mexicana sana. *Salud Pública Méx*, 1995, p. 310-5. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10637405>
26. Coria CG, et al. La visión del color en los seres humanos. 2015 (citado 2023 Feb 13). Disponible en: uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/10665/TFG-G1087.pdf?sequence=1&isAllowed=y
27. Goldstein BE. Percepción al color. *Sensación y Percepción*. Vol 6. 8ª Ed.

28. Serrano AP; Benítez-Jiny TC; Mendiola LL. Sensopercepción del color. Revista Mexicana de Oftalmología, 2008, (citado 2023 Feb 13) vol. 82, no 2, p. 101-110. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexoft/rmo-2008/rmo082h.pdf>
29. Melamud A, Hagstrom S, Traboulsi E. Color vision testing. Ophthalmic Genetics. 2004 Jan;25(3):159–87. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13816810490498341>
30. Catalán M, Marín D, Ortí S. Diseño de un test psicofísico para la detección de anomalías cromáticas. Gaceta Óptica, 2009 (citado 2023 Feb 15). Disponible en: <https://docplayer.es/35158001-Disenio-de-un-test-psicofisico-para-la-deteccion-de-anomalias-cromaticas.html>
31. Salas CH, et al. Nuevo test para la detección y evaluación de anomalías en la visión del color, 2016 (citado 2023 Nov 10). Disponible en: <https://es.scribd.com/document/606309126/Tesis-Carlos-Salas-Hita>
32. Simunovic MP. Acquired color vision deficiency. Survey of Ophthalmology. 2016 Mar;61(2):132–55. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039625715001939>
33. Sotil W, Calvo N. Tests de visión cromática asistidos por computadora. VI Congreso Argentino de Informática y Salud (CAIS)-JAIIO. 2015. (citado 2023 Nov 25) Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/54837>
34. Barrios MI. Estudio epidemiológico de discromatopsias en tres poblaciones diferentes. Universidad Nacional Autónoma de México; 2018 (citado 2023 Mar 8) Tesiunam. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2018/febrero/0771122/0771122.pdf>

35. Kohl S, Jägle H, Wissinger B, Zobor D. Achromatopsia. GeneReviews,, University of Washington, Seattle, 24 June 2004. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20301591/>
36. Rojas YJ. Estandarización de las pruebas de visión del color y visión de profundidad para la validación del protocolo Reisvo. 2014.[citado 2023 Nov 20] Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=maest_ciencias_vision
37. Abedul, J. Eficiencia de la prueba de Ishihara para identificar la deficiencia de color rojo-verde. Óptica oftálmica y fisiológica. 1997.[citado 2023 Mar 20]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0275540897000227>
38. Lee DY, Cotter SA, French AL. Evaluation of Kojima-Matsubara Color Vision Test Plates: Validity in Young Children. Optometry and Vision Science [Internet]. 1997 Sep 1 [cited 2023 Aug 29];74(9):726. Disponible en: https://journals.lww.com/optvissci/abstract/1997/09000/evaluation_of_kojima_matsubara_color_vision_test.20.aspx
39. Bailey J, Neitz M, Tait D, Neitz J. Evaluación de una prueba de visión de color HRR actualizada. Neurociencia Visual. Prensa de la Universidad de Cambridge; 2004;21(3):431–6. .(citado2023 Mar 20). Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/visual-neuroscience/article/abs/evaluation-of-an-updated-hrr-color-vision-test/F77726123785587992B2BB3CC9659F1A#access-block>
40. Luna I. Análisis de seis pruebas diferentes de visión cromática en la Clínica de Optometría y el Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo [Tesis]. Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM-Dirección General de

Bibliotecas; 2017. Disponible en:
<http://132.248.9.195/ptd2017/octubre/0766630/Index.html>

41. Zarazaga AF; Vásquez GJ; Royo VP. Revisión de los principales test clínicos para evaluar la visión del color. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, 2019 vol. 94, no 1, p. 25-32. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30361001/>
42. Luque M, De Fez MD, Díez MA. Directrices para la administración y puntuación del test Farnsworth-Munsell de 100 tonos. Departamento de óptica de la universidad de Valencia y Alicante. 2001. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/16370569.pdf>
43. Briones BD. Evaluación y evolución mediante corrección óptica de filtro amarillo, mejorando el confort visual en pacientes miopes. 2016. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Médicas. Carrera de Tecnología Médica. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/38166>
44. Sentanyes A, Blanco FM, Rico G. Materiales ópticos orgánicos. España: S.N; 1989.
45. Prada GS. Control de filtros oftálmicos solares. Universidad de Zaragoza, CIEN.2017. [cited 2023 Feb 20]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/64261/files/TAZ-TFG-2017-2129.pdf>
46. Seco RE. Efectividad de filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión. Universidad de Valladolid. 2014. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6473/TFM-M84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

47. Valdivielso RI, et al. Medida de la absorción de la radiación UV en lentes oftálmicas y otros materiales. 2019. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/38390/TFG-G3650.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
48. Pérez SJ. Todo es según el color del cristal con que se mira. En Anales de la Real Sociedad Española de Química. Real Sociedad Española de Química, 2019. p. 414-420. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7285188>
49. Lentes con filtro especial de ZEISS [Internet]. Disponible en: <https://www.zeiss.co/vision-care/para-profesionales-de-la-salud-visual/productos/lentes-oftalmicas/lentes-especiales/lentes-con-filtro-especial.html>
50. Palacio PE, et al. Uso de los filtros en pacientes de baja visión. 2021. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2353>
51. Delgado JI, et al. Filtros de absorción selectiva en pacientes con patología ocular. 2021. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48467/TFM-M543.pdf?sequence=1&isAllowed=y>