



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“EVALUACIÓN DE LA VISIÓN AL COLOR Y SENSIBILIDAD AL CONTRASTE
CON FILTROS SELECTIVOS EN PACIENTES CON RETINOPATÍA
DIABÉTICA”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN OPTOMETRÍA**

PRESENTA:

OJEDA MENDOZA ÁNGEL URIEL

DIRECTORA DE TESIS

DRA. MYRNA MIRIAM VALERA MOTA

ASESORAS

DRA. NADIA Yael CALDERÓN RODRÍGUEZ

MTRA. LUZ ELENA MAYA LÓPEZ

DICTAMINADORES

L.O. JUAN MAURICIO ORTÍZ JUÁREZ

L.O. MÓNICA ISABEL LUNA CASILLAS



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2025.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

A la UNAM, mi alma mater, por ser la institución que proporcionó mi formación académica desde mi adolescencia, y a quien le debo el espíritu curioso y sediento de conocimiento en toda disciplina artística y científica, merced a ello tuve la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en una faceta que es el fin supremo de esta universidad: la investigación. La cual espero sirva de ayuda a las generaciones futuras y la sociedad.

A la doctora Myrna Miriam Valera Mota por ser mi mentora en este camino, profesionista a quien le guardo una profunda admiración y quien considero un gran ejemplo a seguir. Sus conocimientos y habilidades han sido un gran aporte a la carrera en la facultad, siempre presente y comprometida en mejorar la optometría en la FES Iztacala.

Al *“Programa de apoyo a proyectos de investigación e innovación tecnológica”* (PAPIIT) quien fue el facilitador de este proyecto, y que, gracias a su aporte, contribuyó no sólo a hacer realidad esta investigación, sino también a darme la posibilidad de abrir mis horizontes profesionales.

A mis asesores y dictaminadores de tesis, quienes me concedieron el honor de brindarme su apoyo en la culminación y el perfeccionamiento de esta obra. Igualmente, sus conocimientos y su mentoría fueron de gran ayuda durante el proceso.

A mis profesores y profesoras, quienes con su trabajo y dedicación supieron sembrar en mi la pasión y la vocación hacia esta profesión, y me incitaron a hacerlo siempre por el bien común, la salud y el bienestar de la población.

Y, por último, a mis amigos de universidad, en quienes siempre pude confiar, y quienes son testigos de las noches de desvelo y trabajo en equipo. Gracias a ustedes llegamos juntos a la cima, nunca olvidaré su compañía en todo este trayecto.

Dedicatorias

Este trabajo está dedicado a mi familia, porque ellos son quienes me exhortaban a terminar mis estudios, preocupados por mi futuro y mi desarrollo personal, y en especial a mis tíos, que desde mi infancia siempre estuvieron presentes, me brindaron su apoyo y me inculcaron la pasión por las artes, la ciencia y la cultura. Ahora puedo ver la oportunidad de honrar y retribuir toda esa doctrina de ser un miembro cuyos conocimientos sean útiles para la sociedad. Gracias por confiar en mí.

A mis abuelos maternos, a quienes siempre les estaré agradecido el haberme recibido como un hijo para ellos, me tendieron la mano para que pudiera seguir adelante y son el pilar de este hogar.

A todos mis amigos, con quienes he compartido innumerables aventuras, hemos soñado juntos y me han acompañado en mis locuras. Somos una inseparable fraternidad y espero que sepan que siempre seguiré eligiendo su compañía.

A mis hermanos, uno de los motivos por los cuáles me levanto todos los días, amigos, pero con mi misma sangre, ustedes son uno de los pilares de mi vida, juntos hemos reído, hemos sufrido, hemos llorado, hemos salido adelante, solo me queda decirles que siempre estaré con ustedes hasta mi último aliento.

A mi sagrada y adorada madre, las palabras no son suficientes para agradecerte todo el sacrificio que haces por mí. Quiero que tengas siempre presente que de todo el esfuerzo que le pongo a la vida, tú siempre serás el motivo principal, sin tu infinito amor yo no sería ni la mitad de la persona que soy ahora, espero que este triunfo pueda honrar un poco ese sentimiento. Siempre serás como una parte de mi alma. Te amo.

“El genio se compone del dos por ciento de talento y del noventa y ocho por ciento de perseverante aplicación” - Ludwig Van Beethoven.

Índice general.

Introducción.....	8
Hipótesis.....	9
Planteamiento del problema.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	10
Antecedentes.....	11
Antecedentes nacionales.....	12
Antecedentes internacionales.....	10
Capítulo I: diabetes y su consecuencia fisiopatológica en la retina.....	16
1.1 Tipos de diabetes.....	16
1.2 Retinopatía diabética.....	16
1.3 Tipos de retinopatía diabética.....	17
1.4 Complicaciones visuales y oculares asociadas a la enfermedad.....	18
1.4.1 Complicaciones visuales.....	18
1.4.2 Cambios estructurales.....	18
Capítulo II: Aspectos físico-teóricos de la luz y su interacción con la retina.....	20
2.1 Teoría bicromática.....	20
2.2 Espectro electromagnético y espectro visible.....	21
2.3 Retina.....	23
2.4 Epitelio pigmentario.....	24
2.5 Capa de fotorreceptores.....	24
2.5.1 Conos.....	25
2.5.2 Bastones.....	25
2.5.3 Fóvea.....	25
2.6 Cascada de fototransducción.....	26
Capítulo III: Sensibilidad al contraste.....	27
3.1 Contraste y frecuencia.....	27
3.2 Patrones de pérdida en la sensibilidad al contraste.....	28
3.3 Interpretación de la prueba CSV1000E.....	29
Capítulo IV: visión al color y discromatopsias.....	31
4.1 Visión al color.....	31
4.2 Tipos de discromatopsia.....	32
4.2.1 Discromatopsias congénitas.....	32
4.2.2 Discromatopsias adquiridas.....	32
4.3 Clasificación por longitud de onda y cono afectado.....	33
4.3.1 Tipo protan.....	33
4.3.2 Tipo deutan.....	33
4.3.3 Tipo tritan.....	34

4.4 Prueba pseudoisocromática HRR.....	34
Capítulo V: Filtros selectivos.....	37
5.1 Tipos de filtros.....	37
5.2 Filtros selectivos “terapéuticos”	37
5.3 Uso de los filtros según su longitud de onda.....	37
5.3.1 F80 y F90.....	37
5.3.2 F540, F560 y F580.....	38
5.3.3 F451 y F452.....	38
Justificación.....	39
Metodología.....	40
Fases del estudio.....	40
Criterios de inclusión.....	42
Criterios de exclusión.....	42
Recursos materiales.....	42
Recursos Humanos.....	42
Resultados.....	43
Resultados de sensibilidad al contraste.....	47
Resultados de tendencias en visión al color.....	49
Discusión.....	55
Conclusiones.....	58
Glosario.....	60
Apéndices.....	62
Fuentes.....	64

Índice de imágenes.

Imagen 1. Fondo de ojo sano y fondo de ojo diabético.....	18
Imagen 2. Edema macular.....	19
Imagen 3 El físico Herman Von Helmholtz.....	21
Imagen 4 El físico Herman Thomas Young.....	21
Imagen 5. Escala del espectro electromagnético.....	22
Imagen 6. Imagen que muestra el espectro electromagnético visible por el ojo.....	22
Imagen 7. Representación gráfica de la disposición celular de las células en la retina..	24
Imagen 8. Pantalla de sensibilidad al contraste.....	27
Imagen 9. Diferencia de contrastes mostrado por frecuencias sinusoidales.....	28
Imagen 10. Hoja de registro de sensibilidad al contraste.....	30
Imagen 11. Esquema de la retina.....	31
Imagen 12. Representación de una visión con discromatopsia.....	34
Imagen 13. Lámina del test HRR.....	35
Imagen 14. Filtros F60, F80 y F90.....	38
Imagen 15. Filtros F540, F560 y F580.....	38
Imagen 16. Filtros F451 y F452.....	38

Sitio de extracción.

Imagen 1: <https://www.ojosydiabetes.mx/enfermedades-oculares-derivadas-de-la-diabetes/>

Imagen 2: <https://miranza.es/patologias/edema-macular-ocular/>

Imagen 3: <https://geniusrevive.com/en/hermann-helmholtz-one-of-the-greatest-scientists-of-the-xix-century/>

Imagen 4: <https://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz28.htm>

Imagen 5: <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/el-espectro-electromagnetico-los-efectos-de-la-radiacion-no-ionizante-y-como-prevenirlos/>

Imagen 6: https://www.researchgate.net/figure/Figura-03-Espectro-visible-de-la-luz-que-puede-percibir-el-ojo-humano-Fuente-Vanrell_fig2_333717805

Imagen 7: <https://salauno.com.mx/que-es-la-retina/>

Imagen 8: <https://www.vectorvision.com/csv1000-contrast-sensitivity/>

Imagen 9: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89732/miquel.lara%20-%20TFG_miquellarafinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Imagen 10: <https://www.qvision.es/blogs/elisa-hueso/2014/06/01/test-de-sensibilidad-al-contraste/>

Imagen 11: https://issuu.com/sherezadebarrios/docs/assign_1tecgrais1sherezade_barrios

Imagen 12: <https://www.lne.es/salud/guia/2023/09/06/distingo-colores-daltonico-descubrelo-segundos-91770013.html>

Imagen 13: https://www.researchgate.net/post/Does_anyone_know_about_the_Hardy-Rand-Rittler_Test

Imagen 14, 15 y 16: <https://www.zeiss.com.mx/vision-care/para-profesionales-de-la-salud-visual/lentes/lentes-especiales/lentes-con-filtro-especial.html>

Índice de gráficos.

Gráfico 1: porcentaje de género.....	43
Gráfico 2: frecuencia de edades	43
Gráfico 3: discromatopsias encontradas en porcentaje.....	44
Gráfico 4: barras con el número de diagnósticos encontrados en el ojo derecho.....	45
Gráfico 5: barras con el número de diagnósticos encontrados en el ojo izquierdo.....	46
Gráfico 6. Promedio de la frecuencia A en OD.....	47
Gráfico 7. Promedio de la frecuencia A en OI.....	47
Gráfico 8. Promedio de la frecuencia B en OD.....	47
Gráfico 9. Promedio de la frecuencia B en OI.....	47
Gráfico 10. Promedio de la frecuencia C en OD.....	48
Gráfico 11. Promedio de la frecuencia C en OI.....	48
Gráfico 12. Promedio de la frecuencia D en OD.....	48
Gráfico 13. Promedio de la frecuencia D en OI.....	48
Gráfico 14. Diagnóstico de visión al color (sin filtros).....	49
Gráfico 15. Tendencias de visión al color con filtro F60.....	49
Gráfico 16. Tendencias de visión al color con filtro F80.....	50
Gráfico 17. Tendencias de visión al color con filtro F90.....	50
Gráfico 18. Tendencias de visión al color con filtro F540.....	51
Gráfico 19. Tendencias de visión al color con filtro F560.....	51
Gráfico 20. Tendencias de visión al color con filtro F580.....	52
Gráfico 21. Tendencias de visión al color con filtro F451.....	52
Gráfico 22. Tendencias de visión al color con filtro F452.....	53
Gráfico 23. Tendencias de visión al color con filtro Z1.....	53
Gráfico 24. Tendencias de visión al color con filtro rojo.....	54
Gráfico 25. Tendencias de visión al color con filtro verde.....	54

Introducción.

El presente estudio, tuvo como objetivo analizar y comparar los resultados obtenidos en la medición con uso de filtros selectivos de la sensibilidad al contraste y la visión al color en pacientes con retinopatía diabética, condición derivada como consecuencia de la diabetes, que es una de las entidades patológicas más importantes a nivel sanitario en todo el mundo, ya que es una de las principales causas de mortalidad y disminución de la calidad de vida de quien la padece, por esta razón es importante evaluar estas habilidades visuales, para determinar si existe algún efecto negativo derivado del uso de estos filtros en la visión. Dicho estudio, se llevó a cabo en las instalaciones de la “Facultad de Estudios Superiores Iztacala” en el gabinete destinado a la evaluación de la visión al color en la clínica de optometría, así como en las instalaciones del “Hospital Mexiquense de la Salud Visual” ubicado en el municipio de Naucalpan de Juárez en el Estado de México. Todo esto con el uso de la cartilla CSV-1000 y las láminas pseudoisocromáticas HRR, para comprobar inmediatamente si existe una disminución o aumento de la sensibilidad al contraste, o una alteración a la percepción del color con el uso de filtros de absorción Zeiss (F60, F80, F90, F540, F560, F580, F451, F452, Z1 y filtros rojo y verde).

Hipótesis.

El uso de filtros selectivos en pacientes con retinopatía diabética no ofrecerá ningún beneficio en la calidad visual del paciente, por el contrario, modificará aún más su sensibilidad al contraste y visión al color al ser pacientes con un daño en las células de la retina.

La teoría que se propone para este estudio es que los filtros antes mencionados, bajo ninguna circunstancia pueden mejorar las funciones visuales en un paciente, puesto que estas son los principales indicadores de la calidad visual en un individuo, que pueden ser medidas en condiciones clínicas o de gabinete, nos referimos a: la agudeza visual que es la capacidad de distinguir los detalles a corta o lejana distancia; sensibilidad al contraste, que se refiere a la nitidez en los detalles finos como los contornos o la diferencia de luminancia, y por último la visión al color. Estas capacidades se ven disminuidas a medida que el paciente presenta mayor afectación en las células de la retina que nos proporcionan estas funciones, las cuáles se van deteriorando, produciendo daño o muerte celular, es por esta razón que se pretende analizar el impacto que tienen estos filtros en la visión de un paciente con retinopatía diabética.

Planteamiento del problema.

Dado que el uso de filtros selectivos es un tema que aún sigue siendo un debate, actualmente en nuestro país con la desinformación por parte tanto del personal sanitario como del público en general, es preciso hacer investigación y recabar información acerca del uso de filtros para tratar enfermedades, ya que generalmente estos dispositivos son vendidos o recetados con la falsa, o al menos cuestionable promesa de mejorar aspectos visuales de los cuáles ya se comentó anteriormente se deben a una condición orgánica y fisiológica, en donde las células de la retina están dañadas o disfuncionales, y por el momento no se cuenta con métodos que logren restaurar la función de las mismas. También es preciso orientar al paciente informándole que, de usarlos, lo único que podría mejorar son síntomas derivados de la falla multiorgánica que es secundaria a estos problemas patológicos.

Objetivo general.

- Determinar la eficacia de los filtros de absorción selectiva, en pacientes con retinopatía diabética.

Objetivos específicos.

- Cuantificar la sensibilidad al contraste y la visión al color con el uso de filtros de absorción selectiva en pacientes con retinopatía diabética, en condiciones fotópicas para la prueba de agudeza visual y escotópicas para la prueba de sensibilidad al contraste y visión al color.
- Recabar la información en una base de datos para realizar un análisis estadístico.
- Comparar estadísticamente si existe diferencia significativa entre la visión sin el uso de filtros, y la visión con el uso de filtros en ambas condiciones.
- Comparar la diferencia en la curva de frecuencias de la prueba CSV 1000 de sensibilidad al contraste con y sin filtros para determinar la diferencia.
- Contabilizar el número de fallos en las láminas de la prueba HRR, así como comparar las tendencias en la discromatopsia adquirida por el uso de filtros.

Antecedentes.

Nacionales.

*En 2019 en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, en un estudio de tipo cuantitativo observacional y comparativo, se realizó la evaluación de la sensibilidad al contraste, la visión al color y la estereopsis en pacientes usuarios de dispositivos electrónicos con el uso de filtros de colores asociados al estado refractivo, es decir, pacientes sanos, sin alteraciones o anomalías oculares, pero con ametropías asociadas (miopía, hipermetropía, astigmatismo). Se seleccionaron 100 sujetos jóvenes con edades de 12 a 18 años, en donde se procedió a evaluar estas habilidades visuales con y sin el uso de filtros de colores ámbar, azul, rosa y verde con tratamiento anti reflejante. Los resultados mostraron que, mediante análisis de varianza ANOVA, el filtro rosa y azul presentan una baja agudeza visual, y con los lentes ámbar, la variabilidad de la sensibilidad al contraste fue mínima con y sin el uso de filtros, demostrando que pueden tener una capacidad paliativa para mejorar síntomas como el deslumbramiento, pero no logra mejorar la capacidad visual. (1)

*En el 2019 en la Universidad de Aguascalientes, se hizo un estudio de la sensibilidad al contraste y la agudeza visual aplicando filtros y prismas verticales en pacientes con ambliopía en un rango de 14 a 44 años. Para la prueba de agudeza visual se utilizó la cartilla de Snellen y para tomar la sensibilidad al contraste el Functional Acuity Contrast Test.

Los resultados mostraron que en la agudeza visual se observa una mejoría con filtros rojo, verde, azul, amarillo y ámbar después de la terapia visual. No sucede así con el filtro gris por que la AV disminuye, reportándola en 0.16 antes de la terapia, y en 0.15 después de esta, y es el filtro amarillo el que presenta mejor AV con 0.20. En cuanto a la sensibilidad al contraste, se observaron mejorías con los filtros verde, azul y amarillo después de la terapia, pero una disminución con el filtro gris, disminuyendo de 0.24 a 0.20. De todos los filtros, el amarillo es

el que alcanza una mejor AV con 0.40, argumentando que sí existe efectividad en el amarillo, rojo, verde, azul y ámbar. (2)

Internacionales.

*En 2011 en la Universidad de Foucault en Buenos Aires, se realizó un estudio de un paciente de tipo deuteranope de 32 años de edad que confunde el verde con tonos de grises y se procedió a evaluar filtros aéreos en lentes blandas de hidrogel 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 arrojaron que el paciente tuvo dificultad para percibir la mayoría de las láminas en el test de Ishihara obteniendo el mismo resultado tanto como para las lentes con filtros Zeiss, como con las lentes Foucault. (3)

*En 2012, en la Universidad de Kebangsaan en Malasia se procedió a evaluar la función visual con el uso de lentes de contacto blandas llamadas HEMA con tinte rojo y sin poder refractivo, uno en tono claro y otro en tono oscuro, con un total de 17 sujetos con deficiencias congénitas de la visión al color, es decir únicamente protan y deutan, con edades entre los 15 a 28 años, recabando datos sobre agudeza visual, sensibilidad al contraste y estereopsis. Se utilizó cartilla Bailey-Lovie para agudeza visual, la estereopsis se evaluó con estereotest Howard Dolman y la visión al color con Ishihara y Franswort D-15. Después se procedió a evaluar los parámetros medidos con pruebas de “t” independiente con y sin uso de los filtros, y, en segundo lugar, un ANOVA para comparar ambas mediciones entre el tipo de filtro claro y oscuro.

Se concluyó que no existe diferencia significativa en ninguna de las tres funciones visuales medidas, con y sin el uso del filtro, igualmente se llegó a la conclusión de que debido a la reducción de la transmisión de la luz se aumenta

el tiempo para enviar señales visuales, y en consecuencia se induce una distorsión en la profundidad de la percepción. (4)

*En el 2019 en la Universidad de Zaragoza en España, se realizó un estudio con filtros ópticos en una prueba de Fransworth-100 a 30 pacientes con edades comprendidas entre 20 a 27 años, y esta consistía en analizar los resultados de la ordenación de las fichas con diferentes variaciones de iluminación LED. Como resultado, se llegó a la conclusión de que evaluar la visión cromática con FM-100 tiene ciertas limitaciones, como por ejemplo que independientemente de la discriminación que tenga el paciente algunas fichas resultan más difíciles de colocar que otras debido a la diferencia no permanece del todo constante, por esta razón, a la hora de prescribir estas ayudas ópticas se debe procurar que la sensibilidad al contraste sea mayor y se eviten al máximo los deslumbramientos. (5)

*En el 2019 en la Universidad de Granada en España, se realizó una evaluación de las gafas VINO O2 Amp Oxy-Iso, vendidas con la promesa de “restaurar” la ceguera de las deficiencias al color rojo y verde. Se llevó a cabo con 52 sujetos usando pruebas de reconocimiento, disposición y ordenación de colores, incluidas Ishihara y Fransworth D-100. La prueba se llevó a cabo en dos sesiones, la primera tenía como objetivo nombrar el color en una tabla con 11 colores propuestos (negro, blanco, gris, rojo, verde, azul, amarillo, naranja, marrón, rosa y morado) y estos, eran comparados con las respuestas de un grupo control con visión normal. La segunda sesión se realizaba dos semanas después para minimizar la memoria, pero anexando la prueba Ishihara y Fransworth con las gafas puestas. Como resultado se obtuvo que los filtros VINO, no son capaces de resolver eficazmente los problemas relacionados con la deficiencia de la visión del color en pacientes discrómatas y esto se debe a

que estos filtros reducen la percepción de otros colores que no se ven afectados. (6)

*En 2019, en la Universidad de Sevilla, se realizó una revisión bibliográfica de la eficacia del uso de lentes de contacto con filtro rojo como ayuda para pacientes con discromatopsias. Para ello, se procedió a hacer una búsqueda de artículos científicos que fueran creados desde los años sesenta hasta la actualidad, buscando artículos que corroboren o en su defecto demuestren la ineficacia de este tipo de procedimientos, esto con el uso de motores de búsqueda como Google Scholar o PubMed usando palabras clave como “Red-tinted contact lenses”, “Daltonism Contac lenses” o “red filter in contact lenses” obteniendo más de 900 resultados, pero reduciendo este número a 15 que utilizaron para recabar la información. Como criterios de exclusión se determinó retirar aquellos estudios sin suficiente peso científico y con menos de diez sujetos de experimentación.

Se llegó a la conclusión en palabras textuales, de que el filtro rojo es únicamente una solución temporal, pero no corrige el defecto orgánico que provoca una discromatopsia, ya que, al ser de absorción selectiva, sólo permite percibir la diferencia de luminancia entre tonalidades, que el cerebro interpretará como tonos más claros u oscuros. (7)

*En 2019 en la Universidad Complutense de Madrid, se procedió a evaluar la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y el diámetro pupilar con el uso de un filtro amarillo de 450 nanómetros. Se seleccionaron 43 pacientes sanos con edades comprendidas entre los 18 a los 27 años, midiendo la agudeza visual con el test ETDRS en visión cercana, sensibilidad al contraste con cartilla CSV-1000, el diámetro pupilar con regla milimétrica y la visión al color con el test Ishihara, todo de manera monocular. Se realizaron análisis estadísticos con nivel de significancia del 5% y muestras pareadas para determinar alguna diferencia con el uso de filtros.

Finalmente se determinó que no existe diferencia significativa en la agudeza visual, la visión al color o el diámetro pupilar, pero que existe una leve mejoría en las frecuencias medias de la sensibilidad al contraste, esto únicamente en condiciones mesópicas. (8)

*En 2020, en la Universidad Antonio Nariño en Medellín, Colombia, se procedió a buscar información bibliográfica sobre el uso de filtros en pacientes con baja visión. Se utilizaron los motores de búsqueda PubMed y ScienceDirect, las palabras clave que se incluyeron fueron “low visión” “low visión and filters” “visual rehabilitation and filters” “filters and eye diseases” “eficacia de filtros” tomando en cuenta ambos idiomas, y una vez seleccionados los artículos, se procedió a categorizarlos por temas, que incluían agudeza visual, sensibilidad al contraste, satisfacción, comodidad y velocidad de lectura. Se obtuvieron más de 200 artículos, de los cuáles sólo se seleccionaron 15 para la investigación.

Se encontró que, en tres de esos artículos, no se mostraba una mejoría favorable respecto a la agudeza visual, únicamente en ciertas patologías y con una frecuencia específica de filtro (465 nm de tipo naranja) los resultados eran favorables. Por el contrario, en patologías como glaucoma, miopía magna o albinismo, tampoco existía diferencia significativa. En conclusión, la satisfacción con el uso de filtros en la mayoría de los pacientes fue mayor en exteriores, ya que les ayudan a controlar la fotofobia, y brindar un mejor confort visual, sin embargo, en interiores no es concluyente, porque es preciso evaluar las habilidades visuales antes de proceder a recetar un filtro. (9)

Capítulo I: diabetes y su consecuencia fisiopatológica en la retina.

1.1 Tipos de diabetes.

Según datos de la OMS, en el mundo existen más de 400 millones de adultos que padecen diabetes, lo que representa aproximadamente el 8.5% de la población mundial mayor de 18 años, cifra que irá en aumento en las próximas décadas, por esta razón se ha convertido en uno de los principales problemas de salud a nivel mundial.

La diabetes es definida como un conjunto de trastornos metabólicos en donde existe una total o parcial insuficiencia de insulina que no es capaz de regular los niveles de glucosa en el cuerpo, esta es principal molécula que proporciona energía al organismo. (10)

Existen dos tipos de diabetes, el **tipo I**, en donde existe una destrucción de las células beta del páncreas, encargadas de la producción de insulina, esto conlleva a una deficiencia en su producción y como consecuencia una resistencia sistémica en el cuál las células son incapaces de responder de manera adecuada y permitir que la glucosa ingrese correctamente. Es por esta razón que también se le denomina, diabetes insulino dependiente. (10)

Y tenemos también la diabetes **tipo II**, esta afecta a la forma en que el cuerpo usa la glucosa para obtener energía, impidiendo que use la insulina adecuadamente, esto tiene como consecuencia un aumento en las concentraciones de azúcar en la sangre si no se trata. Normalmente es provocada por a la ingesta de carbohidratos refinados, grasas saturadas y un estilo de vida sedentario. (10)

1.2 Retinopatía diabética.

La consecuencia fisiopatológica derivada de este incremento de azúcar en sangre da como resultado la acumulación de azúcar y productos de la glicación en el tejido intraocular, principalmente en la retina, lugar en donde se encuentran los fotorreceptores responsables de darnos el sentido de la vista. Esto se debe a que bioquímicamente se forman sustancias denominadas polioles, uno de estos polioles es el sorbitol (11)(12)(13),

que como producto de desecho de estas rutas bioquímicas produce un engrosamiento de la membrana basal (de vasos sanguíneos) y la dilatación de la misma, causando hemorragias intrarretinianas denominadas micro aneurismas (14), este proceso con el tiempo inevitablemente conduce a la ceguera por la muerte celular de los fotorreceptores. (15)

1.3 Tipos de retinopatía diabética.

La aparición y progresión de la retinopatía diabética, generalmente está condicionada por la duración de la diabetes y su control metabólico. Al igual que en la neuropatía diabética, la hiperglucemia y las alteraciones metabólicas que genera, son las responsables de la aparición de lesiones en los vasos sanguíneos de la capa interna de la retina que comienzan con un engrosamiento de la membrana basal, que facilita la formación de microaneurismas y hemorragias, además de depósitos de líquido al espacio intersticial. Como consecuencia se produce un engrosamiento de la retina y la formación de exudados duros. La RD se caracteriza por una microangiopatía. (16)

Los hallazgos típicos encontrados en el fondo de ojo siguen un patrón evolutivo partiendo del aumento de la permeabilidad vascular, a la oclusión vascular y la consiguiente proliferación de neovasos en retina. Los tipos de hallazgos generalmente son clasificados conforme a la severidad de la siguiente manera:

- 1- **RD no proliferativa leve:** en donde sólo encontramos presencia de microaneurismas.
- 2- **RD no proliferativa moderada:** encontramos microaneurismas con menos de 20 hemorragias, exudados duros y algodinosos.
- 3- **RD no proliferativa severa:** hemorragias intrarretinianas severas en los 4 cuadrantes y anomalías microvasculares.
- 4- **RD proliferativa:** presencia de neovascularización y hemorragias vítreas y prerretinianas. (16)

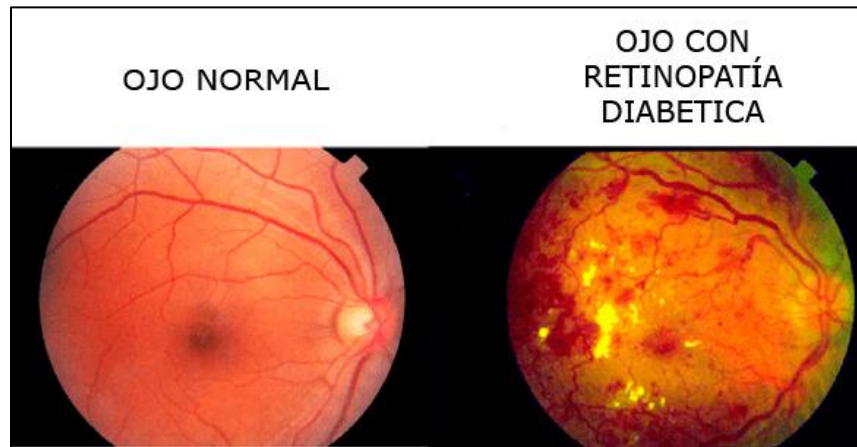


Imagen 1. Fondo de ojo sano comparado con el de una persona con retinopatía diabética, mostrando los exudados (amarillos) y hemorragias intrarretinianas, neovascularización, dilatación y tortuosidad venosa. Extraída del sitio: <https://www.ojosydiabetes.mx/enfermedades-oculares-derivadas-de-la-diabetes/>

1.4 Complicaciones visuales y oculares asociadas a la enfermedad.

La retinopatía diabética es una patología que afecta al área macular o retina central. Dicha zona es donde el sistema visual posee mayor capacidad de visión del detalle, ya que en ella está la fovea. Es el área en que se hallan la mayor parte de los fotorreceptores encargados de la visión del color, de la discriminación fina. Además, es la zona en que se encuentra la mejor agudeza visual. (39)

1.4.1 Complicaciones visuales.

La RD conlleva una disminución progresiva de la AV por escotoma central debido a que se van produciendo hemorragias, acumulación de exudados por la retina central. Además, pueden aparecer otros síntomas como la discromatopsia generada por el daño a los conos responsables de brindar la visión al color y metamorfopsias ocasionadas por la disminución de la sensibilidad al contraste. (39)

1.4.2 Cambios estructurales.

Entre los cambios anatómo-fisiológicos en respuesta a la acumulación de azúcar en la sangre podemos tener los siguientes:

1. Hemorragia a nivel de la cavidad vítrea. La complicación que surge de esto es que, si la sangre ingresa en el interior del vítreo, se tendrá como consecuencia una hemorragia vítrea.
2. Glaucoma neovascular se produce como consecuencia de la aparición de vasos nuevos en el ángulo formado por la córnea y el iris, sitio por el que se drena además el humor acuoso, produciendo evidentemente una obstrucción que desencadenará el aumento de la presión intraocular.
3. Edema macular. Es una condición muy frecuente en la retinopatía diabética, que consiste en un acúmulo anormal de líquido o “encharcamiento” en la zona de la mácula por una alteración en la permeabilidad de los vasos sanguíneos que la irrigan.
4. Isquemia retiniana o macular. Se desarrolla cuando los tejidos sensibles a la luz de la retina central no reciben un suministro adecuado de sangre durante un tiempo prolongado.

(39)



Imagen 2. Edema macular, una de las complicaciones más frecuentes en la retinopatía diabética, que afecta la mácula, zona en la que se encuentran los fotorreceptores de la retina. Extraída del sitio:

<https://miranza.es/patologias/edema-macular-ocular/>

Capítulo II: Aspectos físico-teóricos de la luz y su interacción con la retina.

2.1 Teoría bicromática

Los fotorreceptores son células de la retina encargadas de recibir el estímulo luminoso y de convertir la luz en un impulso nervioso, para que posteriormente el cerebro lo transforme en imágenes, color, formas y contornos (18). Existen dos tipos, los conos (encargados de la adaptación en la luz) y los bastones (que se encargan de la adaptación a la luz en la oscuridad) y ambos trabajando dan como resultado las funciones visuales. (19)(20)

Como bases anatómicas y físicas, nos remontamos al descubrimiento hecho por Isaac Newton sobre el efecto prismático el cual le permite hacer una primera clasificación del espectro de colores de la luz solar y los divide en siete. Posteriormente, Leonardo Da Vinci los reduce a cuatro colores puros o fundamentales, para él son rojo, amarillo, verde y azul, y no es sino hasta 1681 que Edmé Mariotte los reduce a tres: rojo, amarillo y azul, que es la primera hipótesis en aproximarse el modo en que la retina está organizada para interpretar los colores que somos capaces de ver. A esta teoría se le unen Michael Limonosov y George Palmer, quien opina que cada rayo de luz moviliza tres tipos de moléculas en la retina, y años más tarde infiere que la deficiencia en la visión al color propuesta por Dalton se debe a la ausencia o el mal funcionamiento de estos receptores. Dicha teoría, permanece varios años sin ser estudiada por alguien más, únicamente Grassman la defiende postulando que es posible conseguir cualquier sensación de color con la mezcla de estos tres estímulos coloreados (rojo, verde y azul) y no es sino hasta 1886 que Hermann Von Helmholtz propone que en los conos existen tres “especialidades” para cada uno de estos colores. A partir de ahí, pasaría a conocerse como la teoría “Young-Helmholtz” la cual sentó las bases neuro-fisiológicas relativas a la percepción al color, pues en 1955 se detectan pigmentos en los conos retinianos de una ardilla, sensibles a los 535 nanómetros, posteriormente en 1957 se observan los pigmentos verde y rojo, estos absorben un máximo de 540 y 590 nm respectivamente, y el tercer pigmento

es descubierto hasta 1964 con absorción de 540 nm. Estos pigmentos en aquel momento fueron denominados como Chlorolabe (verde), Erythrolabe (rojo), y Cyanolabe (azul).

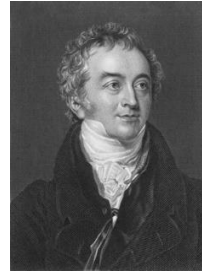


Imagen 3 y 4. Los físicos Herman Von Helmholtz Thomas Young

Dicho esto, la biología molecular actualmente acepta esta teoría tricromática, misma que determina la existencia de estos tres fotopigmentos en tres tipos de cono, los cuales pertenecen a la familia de la Rodopsinas: S-Opsina, que absorbe las longitudes de onda cortas 380 a 495 nm (violetas-azules) M-Opsina, sensible a ondas medias de 490 a 590 nm (verdes-amarillos) y la L-Opsina que es sensible a las ondas largas de aproximadamente 590 a 750 nm (naranjas-rojos). (20)(21)

2.2 Espectro electromagnético y espectro visible.

El espectro electromagnético, es el conjunto de radiaciones electromagnéticas que se propagan a través del espacio en forma de ondas y pueden ser emitidas como ondas de radio, microondas, infrarrojos, ultravioleta, rayos X o rayos gamma, y tan solo una pequeña parte de este espectro, es visible para el ojo humano, proporcionando todos los colores que somos capaces de ver. Por lo tanto, y ópticamente hablando, el espectro visible son el conjunto de ondas que se propagan mediante la luz y son percibidas por el ojo. (22)

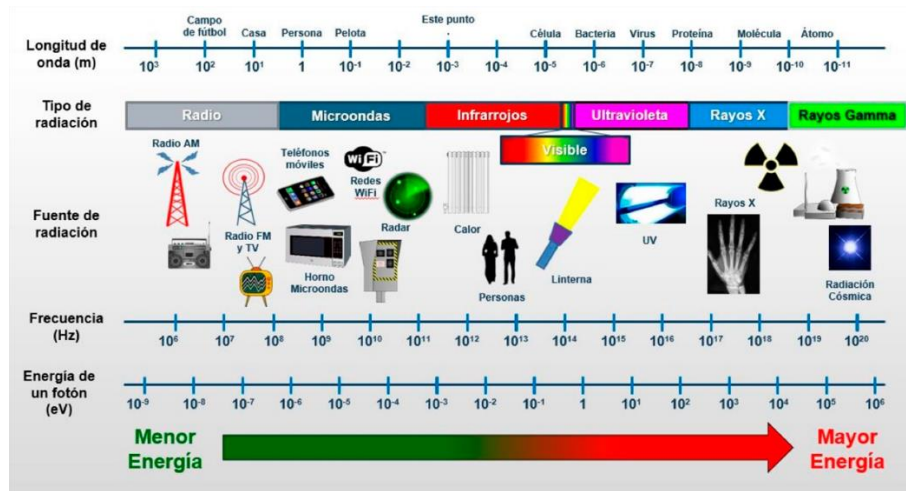


Imagen 5. Escala del espectro electromagnético, comparado con la pequeña porción del espectro visible (entre infrarrojos y ultravioletas).

Físicamente, estas ondas tienen una propiedad denominada frecuencia, que corresponde al número de repeticiones que tiene esa onda en un determinado tiempo específico, ubicando las ondas de frecuencias altas al principio del espectro, que oscilan entre 380 y 495 nanómetros proporcionando los colores azules, las medias entre 495 y 590 permiten observar los verdes, y las frecuencias bajas entre 590 y 750 que son los colores rojos. Inversamente, tienen otra propiedad denominada longitud de onda, que corresponde a la distancia que recorre la perturbación, por lo tanto, las longitudes de onda bajas corresponderían a los azules, las medias a los verdes y las altas a los rojos. (22)

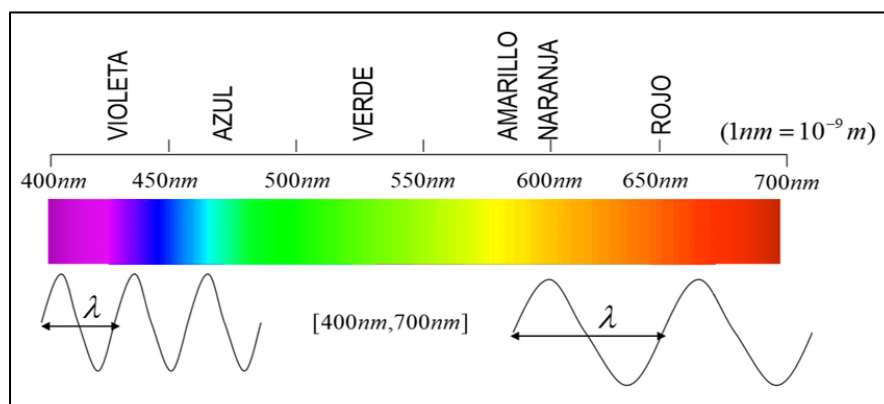


Imagen 6. Imagen que muestra el espectro electromagnético visible por el ojo, mostrando las frecuencias altas y longitud de onda corta para colores violetas, y longitudes de onda largas y frecuencias bajas para colores rojos.

2.3 Retina

Anatómicamente, el ojo está dividido en dos porciones denominadas **segmento anterior** y **segmento posterior**, que están delimitadas por las estructuras que las componen, encontrando así que el segmento anterior está conformado principalmente por la pupila, la córnea, el iris y el cristalino, y el segmento posterior por el humor vítreo y la parte vascular del globo ocular. La retina es el tejido sensible a la luz que está ubicado en el segmento posterior del ojo, justo al final de ambos segmentos, y es la zona en donde enfocan los rayos de luz para que las células lo conviertan en un estímulo nervioso. (23)(24)

La retina, está dividida por 10 capas, que se describen a continuación:

1. **Epitelio pigmentario:** Es la capa más externa de la retina.
2. **Capa de células fotorreceptoras:** Está formada por los segmentos más externos de los conos y los bastones.
3. **Capa limitante externa:** Son uniones intercelulares del tipo adherente entre las células fotorreceptoras y las células de Müller.
4. **Capa nuclear externa:** Está formada por los núcleos celulares de las células fotorreceptoras.
5. **Capa plexiforme externa:** Es la región de conexión sináptica entre células fotorreceptoras y las células bipolares.
6. **Capa nuclear interna:** Está formada por los núcleos celulares de las células bipolares, las células horizontales y las células amacrinas.
7. **Capa plexiforme interna:** Es la región de conexión sináptica entre células.
8. **Capa de células ganglionares :** Está formada por las células ganglionares.
9. **Capa de fibras del nervio óptico:** Está formada por los axones de células ganglionares que forman el nervio óptico.
10. **Capa limitante interna:** Separa la retina del humor vítreo.

Estructuralmente, la luz sigue su camino desde la porción anterior en donde la recibe primero la córnea y el cristalino, hasta adentrarse en el humor vitreo y terminar en la retina. (23)(24)

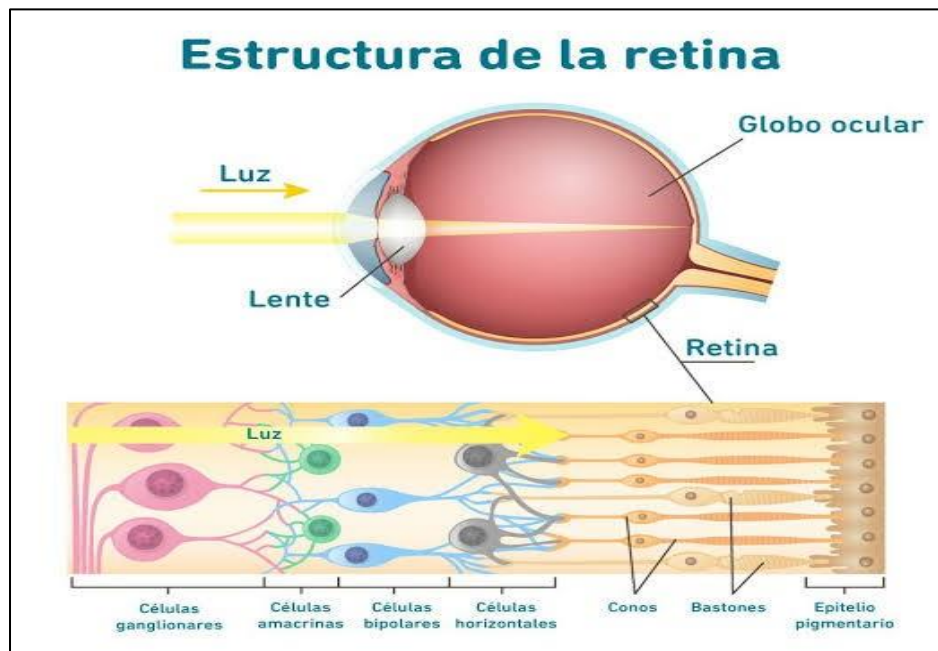


Imagen 7. Representación gráfica de la disposición celular de las células en la retina, y la dirección que sigue la luz hasta ser percibida por estas.

2.4 Epitelio pigmentario.

Es la capa más externa de la retina, conformada por células de forma hexagonal que contienen melanina, misma que tiene la función de impedir que la luz se refleje en varias direcciones, logrando así enfocarla y generar una imagen más nítida. Su vascularización es mediante la coroides, y otra de sus funciones también es la de metabolización y absorción de células muertas y parásitos. (23)(24)

2.5 Capa de fotorreceptores.

En ella encontramos a las células encargadas de la foto transducción, que es el proceso mediante el cual estas células especializadas se encargan de recibir el estímulo luminoso y transformarlo en una señalización neuronal para que posteriormente viaje hasta el cerebro y podamos percibir la imagen. Existen dos tipos principales, los cuáles se describen a continuación: (23)(24)

2.5.1 Conos.

Reciben este nombre debido a la forma de cono que presentan en su segmento externo, y son las responsables de la visión diurna o escotópica (en condiciones de iluminación) y la percepción del color. El ser humano posee entre 5 a 6 millones de conos, y en ellos se encuentra el pigmento visual para absorber las diferentes longitudes de onda, dependiendo de su longitud, si es corta, mediana o larga (azul, verde y rojo respectivamente). Se encuentran principalmente en la fóvea, que es el área en donde más enfocan los rayos luminosos, por tal razón se especializa en la visión del color, y su disposición y concentración aumentan de la periferia al centro, encontrándose que los conos que perciben la luz de onda corta (azul) residen en la periferia en menor número, le siguen los conos que perciben ondas medias (verdes), y en mayor número y concentración los que perciben ondas cortas, es decir los colores rojos. (23)(24)

2.5.2 Bastones.

Al igual que los conos, estos mismos reciben su nombre debido a la forma que poseen (alargada y delgada) y son los responsables de la visión escotópica o nocturna, gracias a ellos percibimos el color blanco, negro y diferentes matices de grises. Se encuentran en la periferia de la fóvea y la retina, y superan en número a los conos, ya que el ojo humano posee más de 100 millones de bastones. (23)(24)

2.5.3 Fóvea.

La fóvea es una depresión que se encuentra cerca del centro de la mácula y contiene las células bastones, pero en mayor medida los conos. La fóvea es responsable de la visión central fina o visión foveal, que cubre entre 2 y 5 grados de los 180 que es capaz de percibir el ojo a partir de un punto de fijación. Esta región es de gran importancia para que los humanos desempeñen actividades visuales que requieren atención y precisión, ya que esta es la región de mayor precisión visual y donde se detectan los detalles finos, así podemos desempeñar actividades que requieren mucha destreza de los sentidos, como la lectura y la conducción. Es considerada el centro de visión del ojo y define el eje de

fijación (línea imaginaria en el centro de rotación); esto hace que los objetos que se proyectan sobre la fóvea den la impresión de estar frente a nosotros. (25)

2.6 Cascada de foto-transducción.

Los fotorreceptores pueden responder a la luz debido a que contienen altas concentraciones de pigmento visual en las membranas de los discos de sus segmentos externos. El pigmento visual de los bastones es la rodopsina. La rodopsina está formada por una proteína llamada opsina que está unida a un cromóforo llamado retinal derivado de la vitamina A. La opsina es una cadena polipeptídica formada por unos 348 aminoácidos. Consta estructuralmente de tres dominios diferenciados: el dominio citoplasmático que se corresponde con el extremo C-terminal y es el lugar donde se produce la transducción de la señal luminosa; el dominio transmembrana que consta de 7 hélices que atraviesan perpendicularmente la membrana celular; y el dominio extracelular que se corresponde con el extremo N-terminal. (26)(27)(28)

El retinal es la parte sensible a la luz y está unido a una de las hélices en el centro de la molécula y colocado perpendicularmente. Presenta dos conformaciones: una forma cis y una forma trans. En la oscuridad, el retinal se encuentra en la forma cis, pero cuando un fotón de luz es absorbido, rápidamente cambia a la forma trans, variando no solo la conformación del retinal sino también de la opsina. Este proceso se llama isomerización y es el principio de la cascada de foto transducción para que posteriormente la luz sea convertida en un impulso nervioso. (26)(27)(28)

Dicho todo lo anterior, gracias a todo este fenómeno físico, anatómico y neuronal es como el ojo es capaz de procesar toda la información visual que recoge del ambiente, todo este procedimiento se logra mediante las funciones visuales, que son las habilidades que el ojo posee para darle sentido a todas las formas y colores que vemos. Las funciones visuales básicas las podemos catalogar como las siguientes: agudeza visual, sensibilidad al contraste, visión al color y campo visual. Dado la naturaleza del experimento, nos enfocaremos más en describir la sensibilidad al contraste y la visión al color, que son el objetivo principal del estudio. (26)(27)(28)

Capítulo III: Sensibilidad al contraste.

3.1 Contraste y frecuencia.

La **sensibilidad al contraste** se define como la capacidad de distinguir la diferencia de iluminación entre diferentes zonas y bordes, constituye junto con la agudeza visual y la visión al color, las tres principales pruebas que determinan la calidad visual de un paciente, conocidas como funciones visuales. La herramienta que se utiliza en su medición es la cartilla denominada CSV 1000E que es una pantalla de luz difusa en donde se puede controlar la cantidad de iluminación en cada una de las filas mediante un sensor o manualmente dependiendo del dispositivo en el que se monte. Utiliza 4 frecuencias espaciales (A, B, C y D). Para realizar la prueba, primero se le pregunta al paciente si es capaz de observar el patrón de líneas verticales que aparece al principio de la frecuencia en cada una de las letras, posteriormente se le pide que mencione en la fila de números en dónde se encuentra dicho patrón que sólo puede estar contenido en una sola posición, arriba o abajo. El valor de la última respuesta correcta representa el umbral de contraste.

(30)(31)

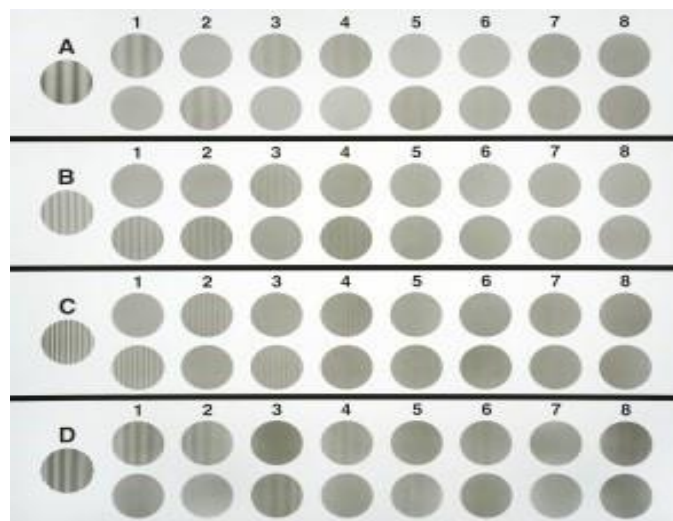


Imagen 8. Pantalla de sensibilidad al contraste.

Una persona con una visión sana tiene mayor sensibilidad al contraste para las frecuencias medias (cuatro o cinco ciclos) y disminuye a las frecuencias bajas en ciertas condiciones como las aberraciones ópticas y las ametropías, dificultando la percepción de los detalles

finos de la imagen. El registro de esta prueba debe mostrar una curva en forma de U invertida. (30) (31)

En esta prueba se emplean diferentes frecuencias espaciales con umbrales de contraste para que el optotipo sea visible para el observador y debe cumplir con dos características. La primera de ellas es el ciclo, que es la distancia que se forma entre dos valles de una onda, que es el equivalente a una franja blanco o una negra. La segunda característica es la frecuencia, que se puede definir como el número de ciclos de cada grado, por lo tanto, entre más franjas quepan en una red sinusoidal, mayor será la frecuencia. (30)(31)

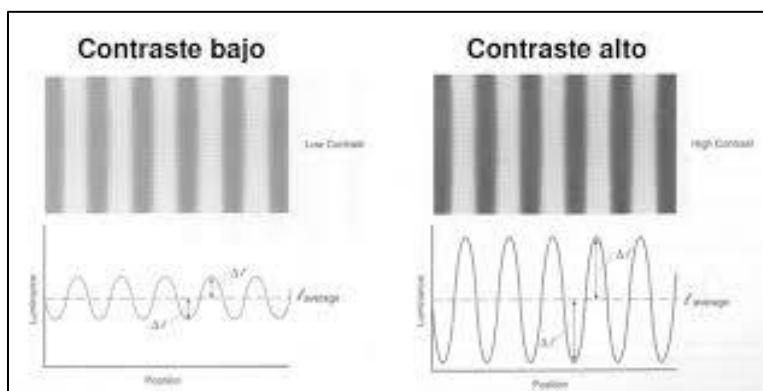


Imagen 9. Diferencia de contrastes mostrado por dos frecuencias sinusoidales.

También es importante considerar, que estas características dan lugar al contraste, que es creado por la diferencia de luminancia a partir de las dos superficies adyacentes, es decir las líneas dependiendo de qué tan juntas o separadas estén entre sí. Esto nos va a dar una condición denominada “umbral de contraste” que es la menor cantidad de contraste necesaria para detectar, discriminar o identificar un objeto. (30)(31)

3.2 Patrones de pérdida en la sensibilidad al contraste.

Las circunstancias que pueden alterar la medición de la sensibilidad al contraste son varias, como la iluminación del entorno, el tamaño del estímulo o de la pupila, el desenfoque, emborronamiento dióptrico, o enfermedades que causen el deterioro de la retina o el globo ocular. Una de estas enfermedades más comunes la catarata, el glaucoma, o las retinopatías hipertensiva y diabética (29), las cuales, provocan la pérdida de la SC en tres patrones diferentes, los cuáles son:

- 1- Patrón de pérdida de tipo I. Se observa una pérdida de sensibilidad al contraste en las frecuencias espaciales altas. Se presenta en estadio precoz de enfermedades oculares como catarata o degeneraciones maculares.
- 2- Patrón de pérdida tipo II. Existe una pérdida de sensibilidad al contraste en todas las frecuencias.
- 3- Patrón de pérdida de tipo III. La pérdida de la sensibilidad al contraste se presenta en las frecuencias espaciales bajas, mientras que los valores en frecuencias medias y altas no se ven alterados. Se relaciona con neuritis óptica, esclerosis múltiple, glaucoma, lesión en la vía visual, diabetes o Parkinson. (31)

3.3 Interpretación de la prueba CSV1000E.

El resultado de la prueba proporciona una curva de sensibilidad al contraste, indicando en una hoja de registro la curva que el paciente es capaz de percibir, en ella están escritas las letras A, B, C y D y por encima, las frecuencias en donde se debe anotar la última respuesta del paciente. Posteriormente se traza el camino que sigue de la última frecuencia percibida de la letra “A” hasta la última frecuencia percibida de la letra “B” y así sucesivamente. Una curva de sensibilidad al contraste en una persona sana debe seguir el área sombreada y no salirse del borde, de otra forma estaríamos hablando de una SC disminuida si se encuentra por debajo. (30)

De la misma forma, esta prueba permite obtener una puntuación funcional de agudeza visual para la evaluación y registro de cataratas directamente desde la hoja de puntuación.

La Pantalla de sensibilidad al Contraste también es utilizada para la evaluación de la visión en actividades deportivas, siendo un instrumento muy útil para analizar la efectividad de diversos tipos de gafas de sol en los atletas. (30)

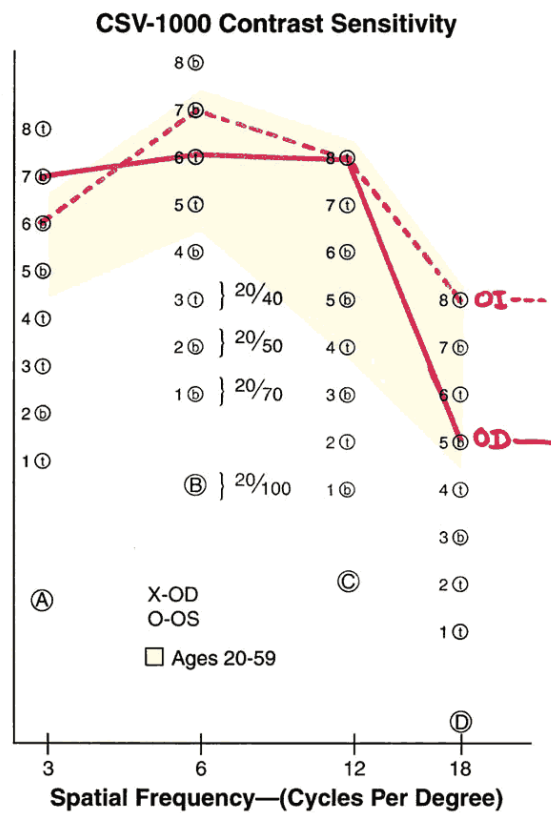


Imagen 10. Hoja de registro de la sensibilidad al contraste, en donde se muestra una curva con valores normales (curva punteada) con las 4 frecuencias específicas A, B, C y D, y sus 8 niveles para cada una.

Capítulo IV: visión al color y discromatopsias.

4.1 Visión al color.

La **visión al color**: es la capacidad que tiene el sistema visual para discriminar entre las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético para convertirlas en un estímulo nervioso y formar la percepción de los diferentes colores que vemos. Como se explicó en el anteriormente, esto lo logra mediante células especializadas llamadas conos y bastones, los conos se especializan en la visión diurna, y los bastones en la nocturna, por lo tanto, el papel de los conos es crucial en la visión al color. Todos estos estudios y teorías proponen que para que la percepción cromática funcione correctamente, se deben cumplir dos condiciones importantes:

- 1- La retina debe tener tres tipos de conos diferentes, que perciban el color rojo, verde y azul gracias al estímulo de tres longitudes de onda diferentes, las cortas para azules, las medias para verdes y las largas para rojos.
- 2- Mediante esta sensibilidad espectral que cada receptor posee, con la superposición de estas tres fuentes de luz que son los colores primarios, se pueden obtener muchas gamas de colores distintas. (32)(33)

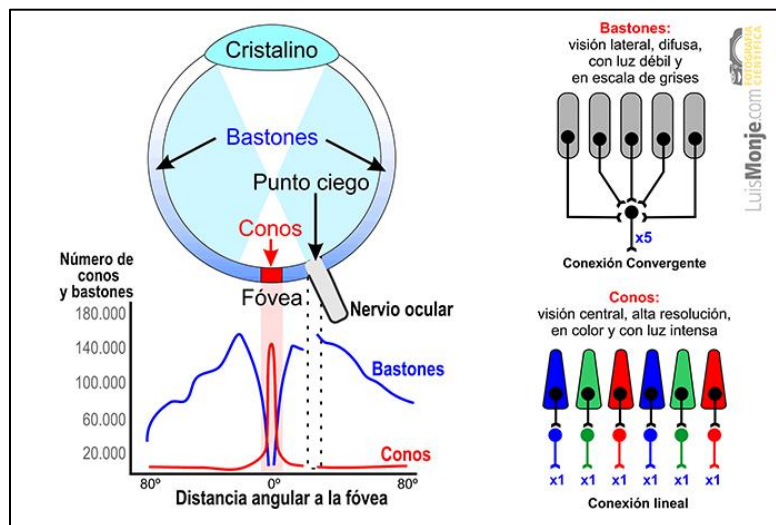


Imagen 11. Esquema de la retina, mostrando la ubicación de los fotorreceptores y los bastones en el globo ocular.

4.2 Tipos de discromatopsia.

Discromatopsias.

La discromatopsia es la alteración parcial o total de la percepción cromática por disfuncionalidad o enfermedad de los conos de la retina, la etiología se debe a dos razones principales que se describen a continuación. (32)

4.2.1 Discromatopsias congénitas.

La primera de ellas está ligada a la herencia, es decir que se presenta la alteración desde el nacimiento, debido a que está asociada a una mutación del cromosoma X provocando que estas células no funcionen correctamente o no se exprese, siendo la población masculina la mayormente afectada por este tipo de discromatopsia, y cuando una mujer se ve afectada, ambos cromosomas X están alterados. Por el contrario, cuando es un solo gen, la madre sólo será la portadora y muy probablemente lo heredará a su descendencia masculina. En este tipo, sólo encontramos alteraciones de tipo *deutan* y *protan*. (32)(33)

4.2.2 Discromatopsias adquiridas

La segunda se presenta debido a alguna patología sistémica u ocular, traumas, toxinas y ciertos medicamentos pueden provocar degeneración o muerte de los conos. Sólo bajo ciertas condiciones, como en el uso de medicamentos o drogas, la discromatopsia podría ser reversible con la suspensión del agente tóxico, no sucede igual con las entidades patológicas, en donde resulta casi imposible revertir el daño. Las enfermedades más comunes que causan discromatopsias son la retinopatía diabética (objeto de este estudio) y la retinopatía hipertensiva. Debido a la disposición de los fotorreceptores en la fóvea, en donde los conos sensibles al azul se encuentran mayormente en la periferia, es más común encontrar afectación de tipo *tritan*, ya que el daño generalmente progresa desde afuera hacia adentro. (35)

También sabemos que, según su intensidad, vamos a encontrarlas de dos tipos, si el ftopigmento está completamente ausente al recibir el estímulo, se trata de una ceguera para percibir ese color, por lo tanto tendrán la terminación “anopia”

En el caso en el que el fotopigmento esté presente en cantidades menores, tendrán la terminación “omalía”. En esta situación, la percepción del color está presente, pero la persona no es capaz de identificarlo correctamente, son más comunes cuando la discromatopsia es adquirida. (33)

4.3 Clasificación por longitud de onda o cono afectado.

La clasificación de discromatopsia está dada de la siguiente manera:

4.3.1 Tipo *Protan*.

Aquí se presenta una alteración en los conos que perciben las longitudes de onda largas (o frecuencias bajas) por lo tanto se manifestara una ceguera o dificultad para percibir el color rojo, a menudo los pacientes suelen confundirlos con los colores verdes, y podemos encontrar dos subcategorías:

- 1- Protanomalia: en donde el pigmento rojo se encuentra presente, sin embargo, posee una deficiencia provocando dificultad para percibir y diferenciar el color rojo.
- 2- Protanopia: aquí el pigmento se encuentra ausente presentando una total ceguera del color rojo y confusión con los colores verdes, marrones y violetas. (32)(33)

4.3.2 Tipo *deutan*.

Aquí se presenta una alteración en los conos que perciben las longitudes de onda medias, por lo tanto, se manifestara una ceguera o dificultad para percibir el color verde, a menudo los pacientes suelen confundirlos con los colores rojos, y podemos encontrar dos subcategorías:

- 1- Deuteranomalia: en donde el pigmento verde se encuentra presente, sin embargo, posee una deficiencia provocando dificultad para percibir y diferenciar el color verde.
- 2- Deuteranopia: aquí el pigmento se encuentra ausente presentando una total ceguera del color verde y confusión con los colores rojos, azules y violetas. (32)(33)

4.3.3 Tipo tritan.

Aquí se presenta una alteración en los conos que perciben las longitudes de onda cortas (o frecuencias altas) por lo tanto se manifestara una ceguera o dificultad para percibir el color azul y podemos encontrar dos subcategorías:

- 1- Tritanomalia: en donde el pigmento azul se encuentra presente, sin embargo, posee una deficiencia provocando dificultad para percibir y diferenciar el color azul.
- 2- Tritanopía: aquí el pigmento se encuentra ausente presentando una total ceguera del color azul. (32)(33)

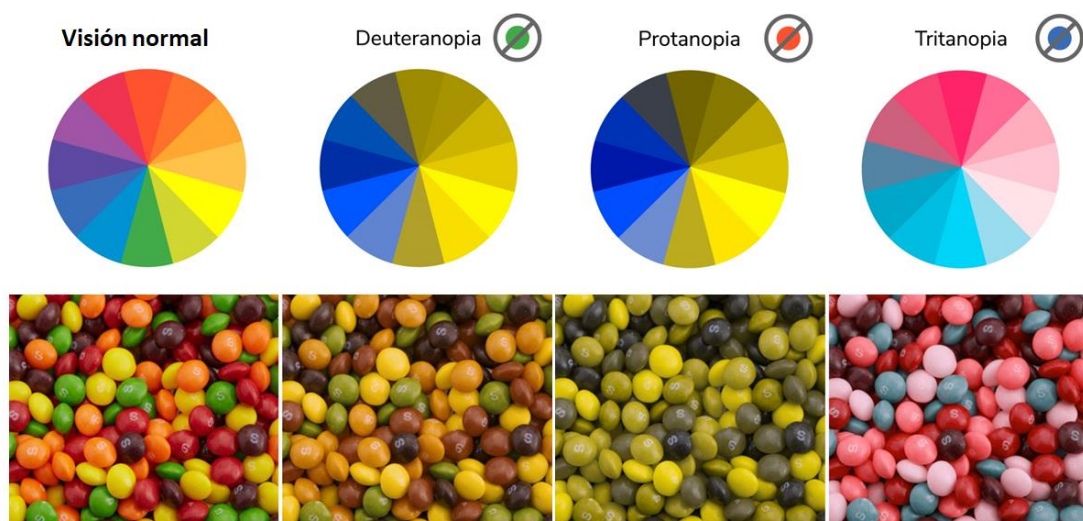


Imagen 12. Representación aproximada de una visión normal comparada con la de una persona con discromatopsia.

4.4 Prueba pseudoisocromática HRR.

Evalúa la visión al color para los 3 ejes: deutan, protan y tritan. La última versión está compuesta por 24 láminas que contienen uno o dos símbolos: una cruz, un círculo o un triángulo. El paciente debe decir qué símbolo observa y su localización. El objetivo de la prueba es que el sujeto no detecte las figuras cuyos puntos siguen la cromaticidad de su

línea de confusión afectada. Clasifica al paciente en grave, medio y leve, siendo los defectos graves considerados directamente como cegueras. Esta versión juega con la saturación para realizar la clasificación; aquellos a quienes se les aumente la saturación, pero aun así no observen las figuras tendrán un defecto con mayor profundidad. De todas las pruebas que existen en la actualidad, es el que nos proporciona un diagnóstico más certero al diagnosticar discromatopsias congénitas y adquiridas. (34)



Imagen 13. Una de las láminas del test HRR, mostrando dos de las figuras que el paciente debe identificar. Extraído del sitio:

https://www.researchgate.net/post/Does_anyone_know_about_the_Hardy-Rand-Rittler_Test

La prueba comienza evaluándose de manera monocular y consta de 24 láminas, las primeras 4 en color púrpura para la ejemplificación, y son las que todo paciente debería ver a menos que presente alguna afectación grave en retina o sea acrómata. Se le pide al paciente que identifique que figuras son las presentadas, en qué cuadrante se encuentran, de qué color son y con un pincel se le solicita que trace la figura que perciba. Esta es la instrucción general para toda la prueba. A partir de la lámina 5 se comienza la valoración de la visión cromática, las dos primeras láminas son necesarias para definir si la anomalía es adquirida (azul-amarillo) y las cuatro siguientes para las congénitas (rojo-verde). Cuando las respuestas del paciente concuerdan con la plasmada en las láminas, al

terminar la prueba podrá denominársele tricrómata. Las láminas 11 a 20 tienen la función de valorar las discromatopsias congénitas, y dan distinción sobre si la línea afectada es la protan o la deutan, mostrando en cada lámina una figura para cada discromatopsia, la columna que tenga mayores aciertos será la deficiencia cromática del paciente y para valorar la intensidad el registro indica que mientras mayor sea la saturación mostrada en la lámina, la afección es mayor. Las últimas cuatro láminas son utilizadas para el diagnóstico de las anomalías adquiridas, con columnas independientes para el azul y una para el amarillo, siguiendo el modo de interpretación ya antes mencionado. Es importante tomar en cuenta sobre todo para la valoración del Prueba HRR, que el paciente debe contar con AV visual estable y aplicarla primordialmente con la mejor corrección, ya que reducciones de agudeza visual pueden ocasionar variaciones en los resultados, debido a la sensibilidad al contraste, que va directamente relacionada a la diferenciación por saturación. (34)

Capítulo V: Filtros selectivos.

5.1 Tipos de filtros.

Un filtro de absorción selectiva son lentes entintadas o tintadas que alteran la intensidad y distribución espectral de la luz que pasa a través de ellos, eliminando de forma más eficaz las longitudes de onda corta del espectro electromagnético. De esta manera, permite proteger al ojo y pueden mejorar la visión mediante la reducción de la dispersión de la luz intraocular y la disminución de la aberración cromática, protegiendo la retina frente a la progresión de enfermedades gracias al filtrado de la luz más dañina.

- 1- **Filtros polarizados:** es una lente que transmite de forma selectiva una determinada dirección de la parte eléctrica o electromagnética de la que está compuesta la luz, están fabricadas de polímeros estirados al límite, de manera que las moléculas actúan como una rejilla que absorbe fuertemente cualquiera de estos dos componentes de los que está compuesta la luz que incide en el ojo.
- 2- **Filtros espejados:** los filtros con efecto espejo son aquellas lentes que tienen una fina capa metálica que puede ser depositada de varias maneras y se encarga de reflejar la luz más que absorberla. Al igual que otras lentes estas tienen que ser sometidas al proceso de adherencia de un filtro para esta radiación UV.
- 3- **Filtro fotocromático:** las lentes fotocromáticas son lentes aparentemente incoloras. Estas lentes proporcionan al usuario un oscurecimiento progresivo de sus lentes cuando incide solamente la radiación UV. Se trata de una reacción a nivel químico entre los átomos de plata presentes en su superficie. (36)(37)

5.2 Filtros Selectivos “terapéuticos”.

Los filtros de la marca de productos ópticos Zeiss se enfocan en el uso terapéutico o medicinal, ofreciendo nueve diferentes filtros con una longitud de onda y aplicaciones específicas dependiendo de la patología que se desee tratar. Las lentes con están denominadas con una letra seguida de la longitud de onda correspondiente a la longitud de onda, los cuales son: F 60, F 80, F 90, F 540, F 560. (36)(37)

5.3 Uso de los filtros según su longitud de onda.

- **F80 y F90:** es recomendado por el fabricante para tratar la retinosis pigmentaria, en

esta enfermedad se disminuye considerablemente la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la visión al color acompañado de sensibilidad a la luz (fotofobia). Según la marca estos filtros logran comodidad visual en el paciente. (38)



Imagen 14. Filtros F60, F80 Y F90 en tonos marrones.

- **F540, F560 y F580:** Zeiss recomienda estos filtros en pacientes con retinopatía diabética, debido que bloquea el deslumbramiento y favorece la adaptación a los cambios de iluminación. Estos filtros absorben el espectro de onda corta. (38)



Imagen 15. Filtros naranjas F540, F560 y F580.

- **F451 y F452:** los lentes con filtro azul F 451 y con filtro azul oscuro F 452, según el fabricante se pueden emplear para aumentar considerablemente la sensibilidad al contraste, la agudeza visual y la visión nocturna. Absorben selectivamente en el rango de longitud de onda entre 550 y 650 nm (menos del 20 % de la transmisión en este rango) y, por tanto, dejan pasar relativamente más luz en el rango de longitudes de onda de la luz azul (38).



Imagen 16. Filtros azules F451 y F452.

Justificación.

En México, existen muy pocos estudios que tengan como propósito evaluar la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la visión al color con el uso de filtros de absorción selectiva. Si bien la mayoría de estos tienen un carácter cualitativo, es decir que se basan más en la experiencia y comodidad y no en un análisis real y cuantitativo, es importante determinar la veracidad de estas, ya que el paciente usa este tipo de ayudas desconociendo que realmente no tienen una mejora significativa en cuanto a cantidad visual y que ofrecen solamente un remedio paliativo y no terapéutico. Es decir, de acuerdo con la experiencia en cuanto a lo que refieren los pacientes cualitativamente, los filtros pueden mitigar cierta sintomatología, como la fotofobia y el deslumbramiento, y tal vez en cierto grado la fatiga visual provocada por la radiación UV o el exceso de trabajo cercano, en cuyo caso, ambas situaciones se deben evitar y son desaconsejables por cualquier personal de salud que se dedique a laborar en el ramo óptico-oftalmológico, por cuestiones de salud visual.

Metodología.

Estudio Prospectivo, transversal y observacional.

Fases del estudio

Fase I.

Se realizó la carta de consentimiento en el programa Word con todas las bases de la declaración de Helsinki, para que el paciente conociera los procedimientos y pruebas a efectuar y posteriormente firmara el consentimiento.

Fase II.

Se seleccionó en el archivo de expedientes de la clínica de optometría a aquellos pacientes que hayan sido previamente diagnosticados con retinopatía diabética y posteriormente se solicitó mediante llamada telefónica a que asistieran con previa cita para realizar las pruebas.

Fase III

Se realizaron las pruebas correspondientes en el gabinete, comenzando con la prueba de agudeza visual usando la cartilla de Snellen a una distancia de 6 metros, una vez conocida su agudeza visual, se procedió a tomarla nuevamente con cada uno de los filtros montados en un armazón de pruebas, y se anotaron los resultados. Este mismo procedimiento se realiza primero con la sensibilidad al contraste midiendo cada una de las frecuencias primero y luego usando los filtros, y se finaliza con la visión al color obteniendo su diagnóstico basal primero, y posteriormente usando cada uno de los filtros.

Fase IV

Se elevó la muestra del número de pacientes asistiendo a las instalaciones del Hospital Mexiquense de la salud visual, dirigiéndose al área de retina con médicos oftalmólogos para tener un diagnóstico fidedigno de la retinopatía diabética.

Fase V

Se realizó el vaciado de los diagnósticos en una hoja de cálculo de Excel, separando cada criterio: una hoja para agudeza visual, otra para sensibilidad al contraste y otra para visión al color, y se registró el diagnóstico con cada uno de los filtros.

Fase VI

Se comparó mediante análisis estadístico descriptivo, la diferencia que existe entre la agudeza visual sin los filtros y la agudeza visual con los filtros.

Fase VII

Se comparó mediante análisis estadístico descriptivo, la diferencia que existe entre la sensibilidad al contraste sin los filtros y la sensibilidad al contraste con los filtros.

Fase VIII

Se comparó mediante análisis estadístico descriptivo, la diferencia que existe entre la visión al color sin los filtros y la visión al color con los filtros, haciendo una comparación entre ambas.

Fase IX

Se extrajeron las tablas estadísticas de cada parámetro para tener la evidencia cuantitativa de las mediciones.

Criterios de inclusión.

- ☒ Pacientes con diagnóstico de retinopatía diabética no proliferativa (desde leve a grave) y agudeza visual mejor a 20/70 con su mejor corrección óptica referidos del área de patología de la FES Iztacala, o del área de retina en el Hospital Mexiquense de la Salud Visual.

Criterios de exclusión

- ☒ Pacientes con otra patología sistémica añadida o daño ocular (glaucoma, etc).
- ☒ Pacientes sin corrección visual.

Recursos materiales.

- Armazón de pruebas
- Cartilla de Snellen
- Cartillas CSV 1000
- Cartilla LEA de sensibilidad al contraste
- Cuadernillo HRR
- Filtros selectivos Zeiss
- Filtro rojo y verde
- Hojas de registro para la prueba de agudeza visual, sensibilidad al contraste y HRR
- Computadora.
- Oclusor
- Lámpara de luz blanca.
- Atril de 45
- Consentimiento informado.
- Flippers

Recursos Humanos.

- 4 pasantes de optometría
- 1 asesora de tesis

Resultados.

El total de pacientes evaluados fue de 18, y en el gráfico se puede observar que el mayor número pertenecen al género femenino, con un total de 10 pacientes, representando el 56%.

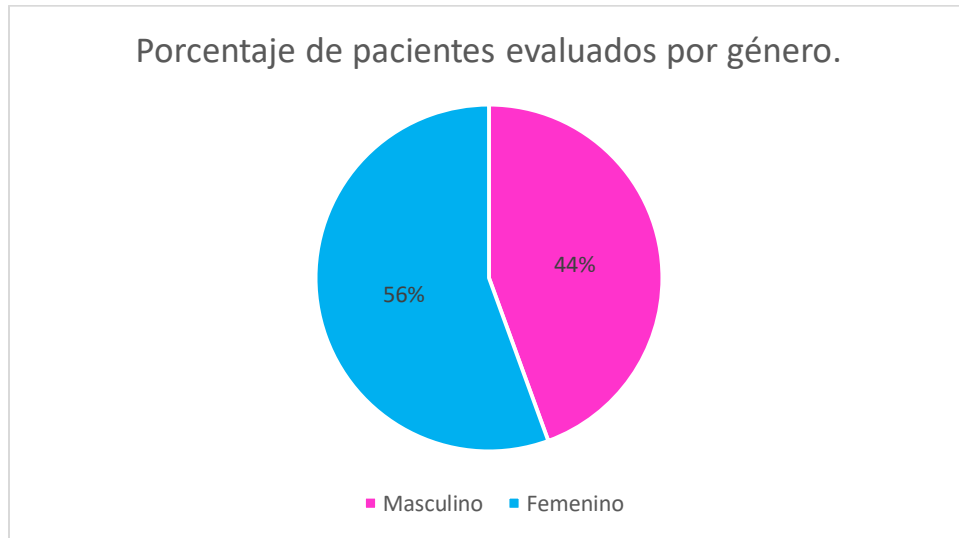
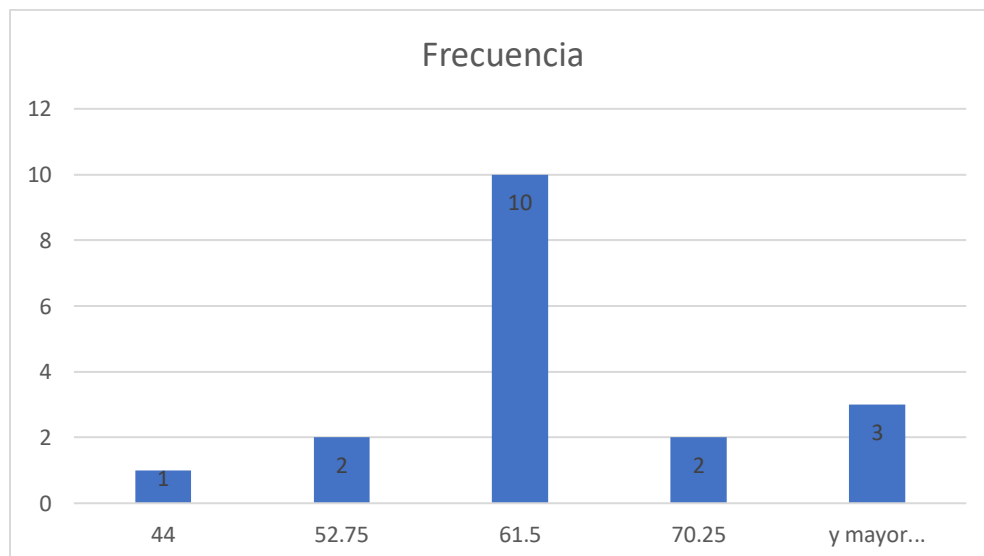


Gráfico 1: porcentaje de género.

Edades.

Los pacientes tenían edades comprendidas entre los 44 y 79 años, siendo los de 60 a 70 los de mayor prevalencia, por el contrario, los de 44 a 52 años los de menor prevalencia.



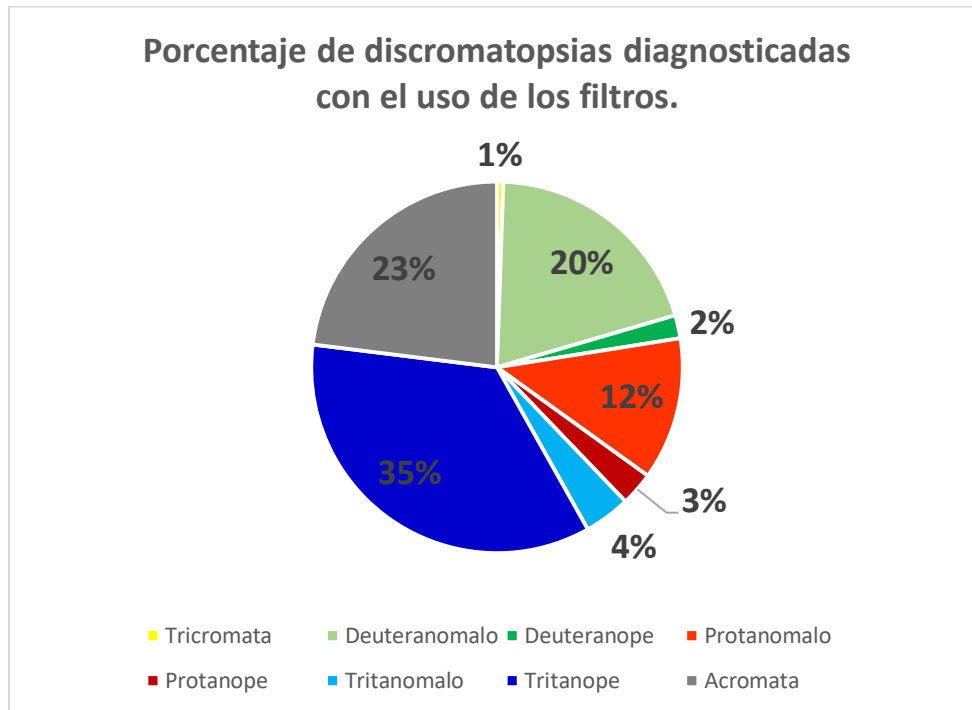


Gráfico 3: discromatopsias diagnosticadas en porcentaje.

En el gráfico se puede apreciar claramente que la discromatopsia predominante fue la tritanopía que se encontró en prácticamente todos los pacientes evaluados, seguido de la acromatopsia, es decir que algunos de los pacientes no fueron capaces de identificar ninguna de las láminas que componen el test HRR.

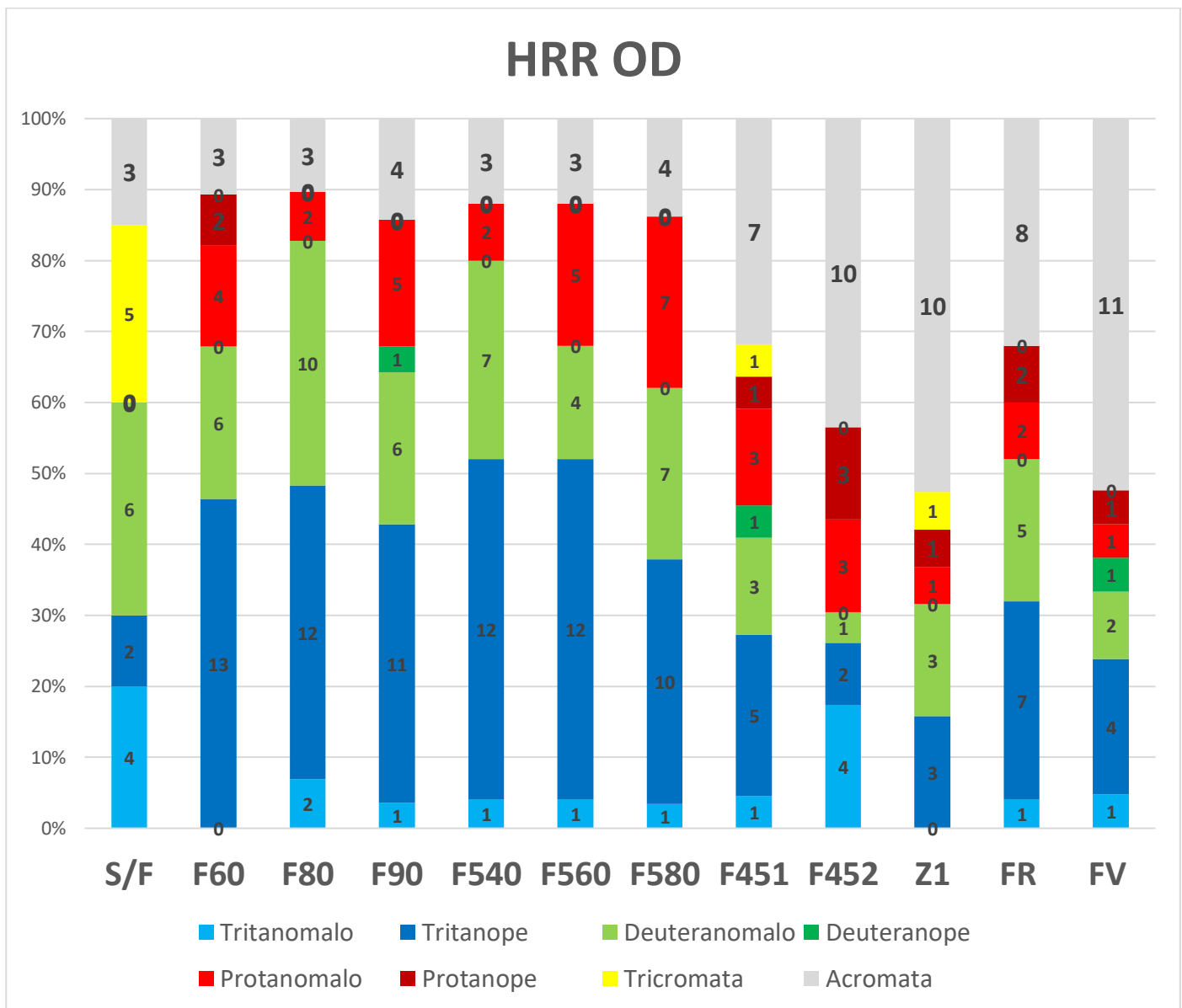


Gráfico 4: barras con el número de diagnósticos encontrados en el ojo derecho.

En este gráfico de barras se puede apreciar el número de diagnósticos por cada acromatopsia encontrada, y su equivalente porcentual en cada uno de los filtros en el ojo derecho. Al igual que el gráfico circular, se observa que el mayor número corresponde al tipo tritan, y que podemos encontrar hasta doble diagnóstico por ojo, situación que es poco común encontrar en una persona con deficiencia congénita, solo en un estado patológico avanzado.

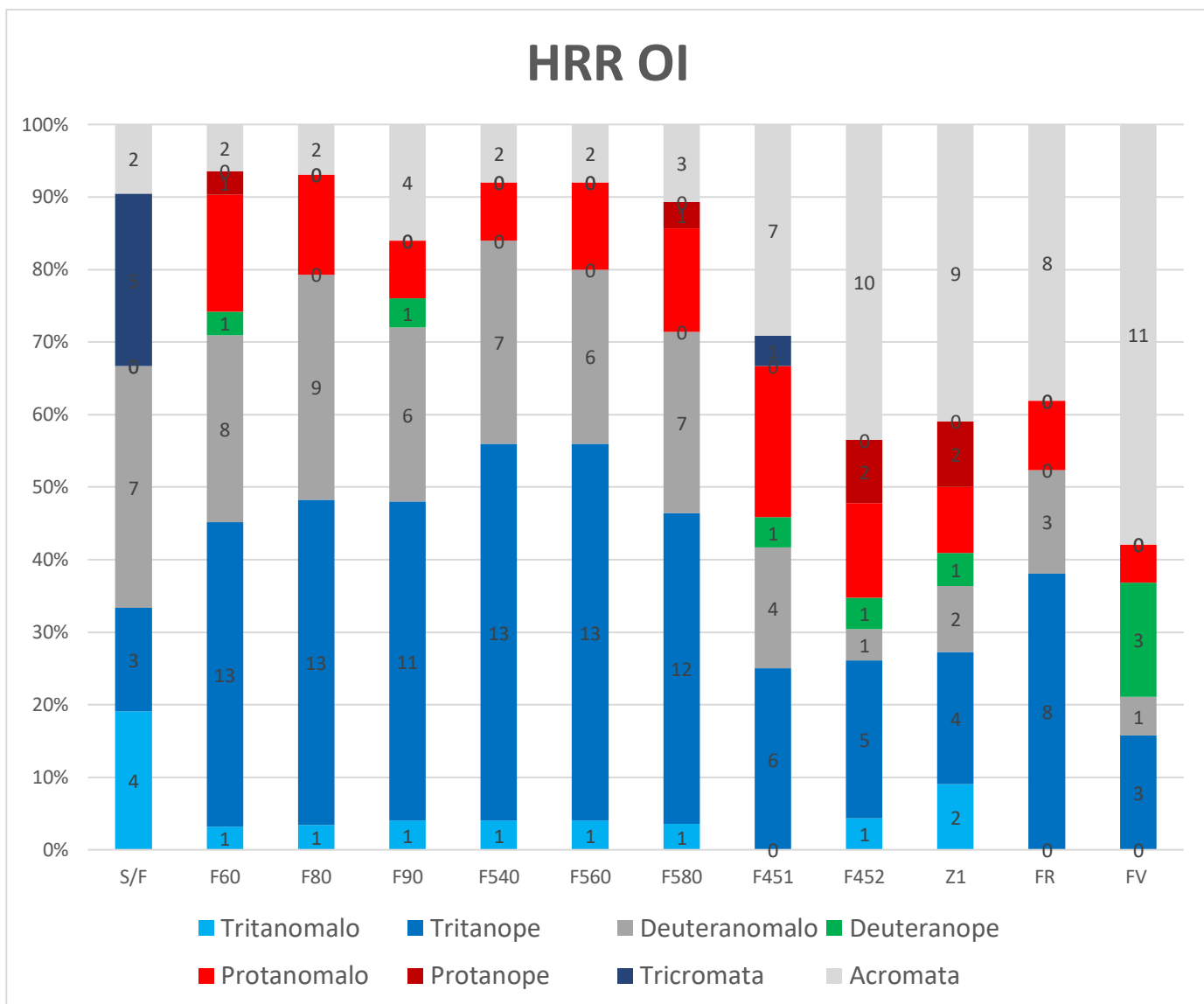


Gráfico 5: barras con el número de diagnósticos encontrados en el ojo izquierdo.

En este gráfico de barras se puede apreciar el número de diagnósticos por cada acromatopsia encontrada, y su equivalente porcentual en cada uno de los filtros del ojo izquierdo. En la visión al color del ojo izquierdo, nos podemos dar cuenta de que empeora a tal grado de no encontrar ningún paciente tricrómatas en toda la prueba, y que los diagnósticos encontrados son más graves y tendientes a las cegueras conforme se oscurece el filtro utilizado, sobre todo de tipo tritan y protan.

Resultados de sensibilidad al contraste.

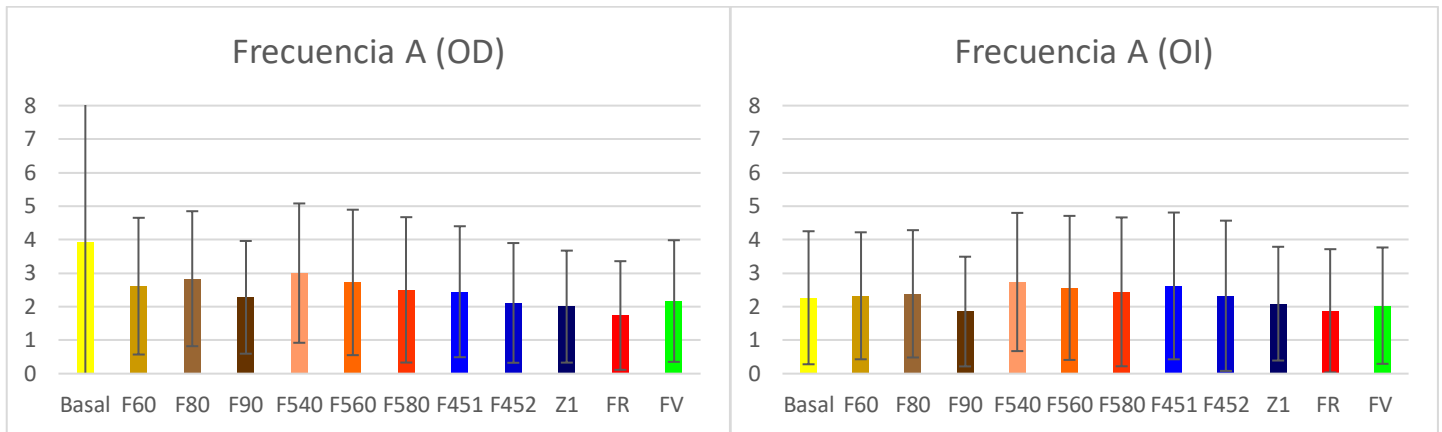


Gráfico 6: promedio de la frecuencia A en el OD.

Gráfico 7: promedio de la frecuencia A en el OI.

En la frecuencia A, los filtros que causan mayor disminución en la sensibilidad al contraste son F90, Z1, FR y FV

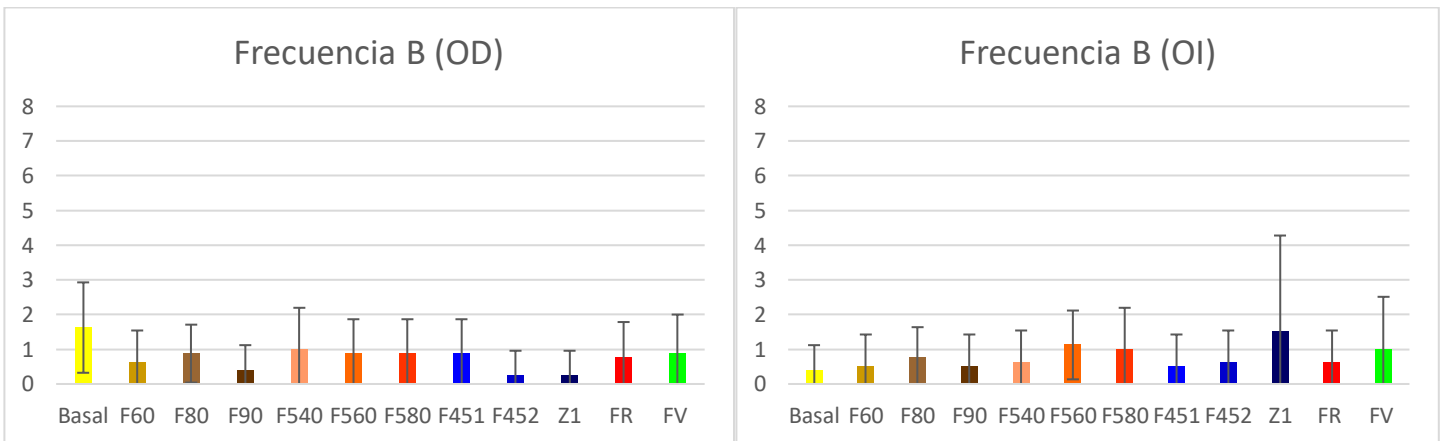


Gráfico 8: promedio de la frecuencia B en el OD.

Gráfico 9: promedio de la frecuencia B en el OI.

En la frecuencia B, los filtros que causan mayor disminución de la sensibilidad al contraste son F90, F452 y FV.

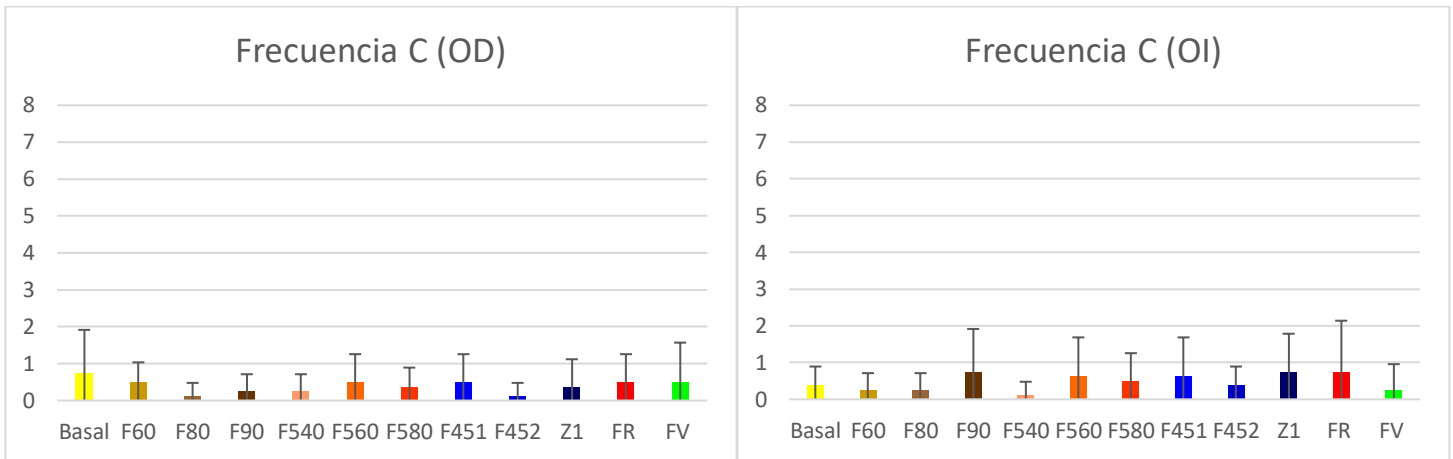


Gráfico 10: promedio de la frecuencia C en el OD.

Gráfico 11: promedio de la frecuencia C en el OI.

En la frecuencia C, los filtros que causan mayor disminución de la sensibilidad al contraste son F80, F540, F452 y FV.

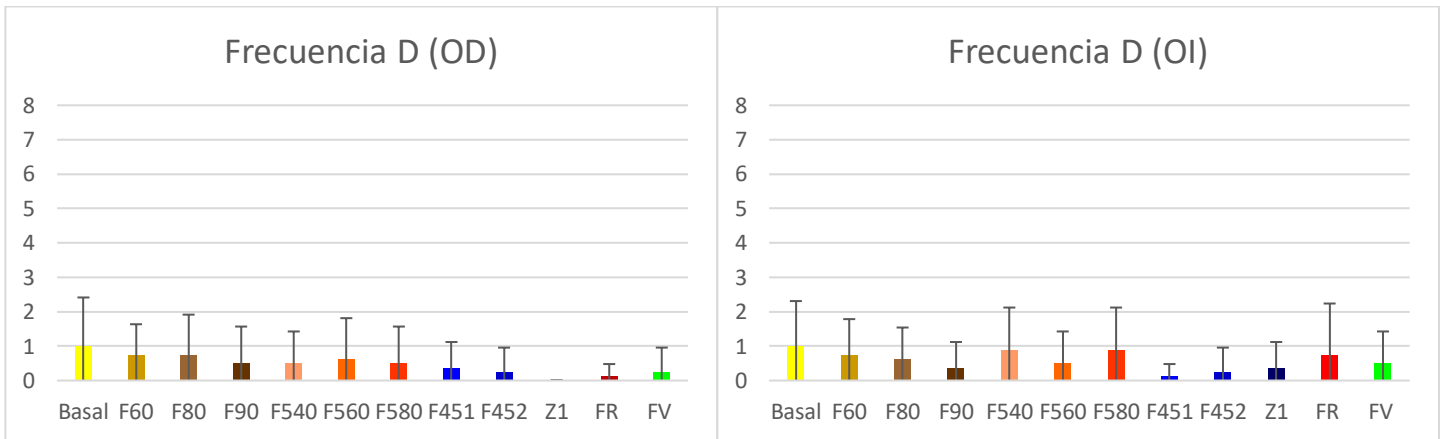


Gráfico 12: promedio de la frecuencia D en el OD.

Gráfico 13: promedio de la frecuencia D en el OI.

En la frecuencia D, los filtros que causaron mayor disminución de la sensibilidad al contraste son F451, F452, Z1, FR y FV. A su vez nos podemos dar cuenta de que todos los pacientes presentaban una SC disminuida a medida que subían de frecuencia. Sólo en pocas ocasiones, los filtros lograron superar la SC basal.

Resultados de tendencias en visión al color.

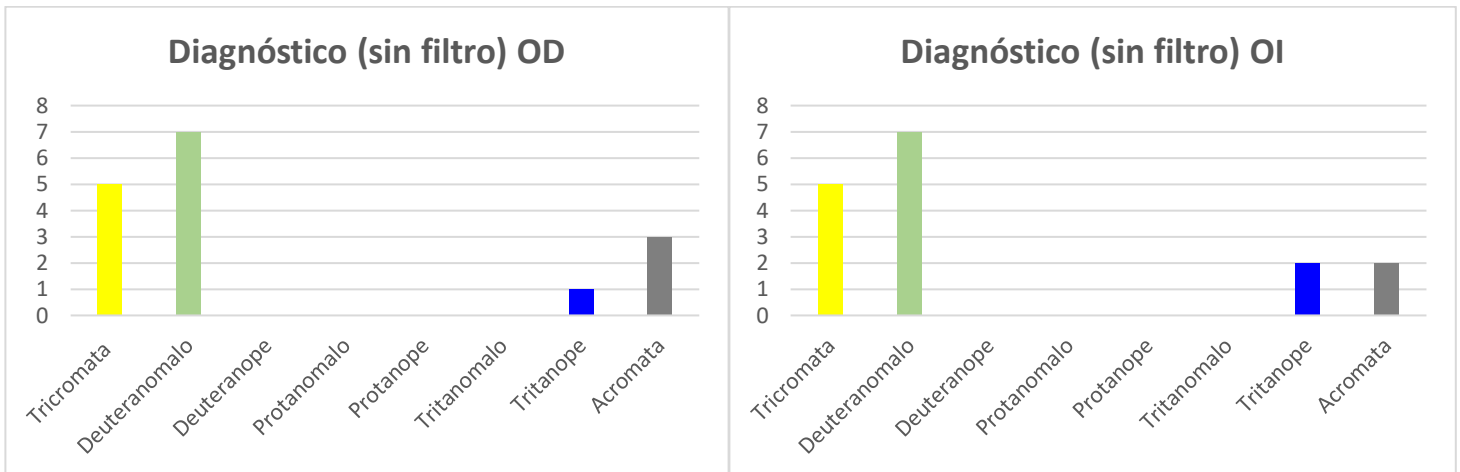


Gráfico 14: el número de diagnósticos en los pacientes evaluados sin filtro fue de 6 deuteranómalos, 5 tricrómatas, 5 tritanómalos, 3 tritanopes y 3 acrómatas. Se puede apreciar que el total de diagnósticos son solamente 16 en cada ojo, esto es debido a que 4 de los pacientes tenían sólo un ojo evaluable, porque no tenían percepción con el otro.

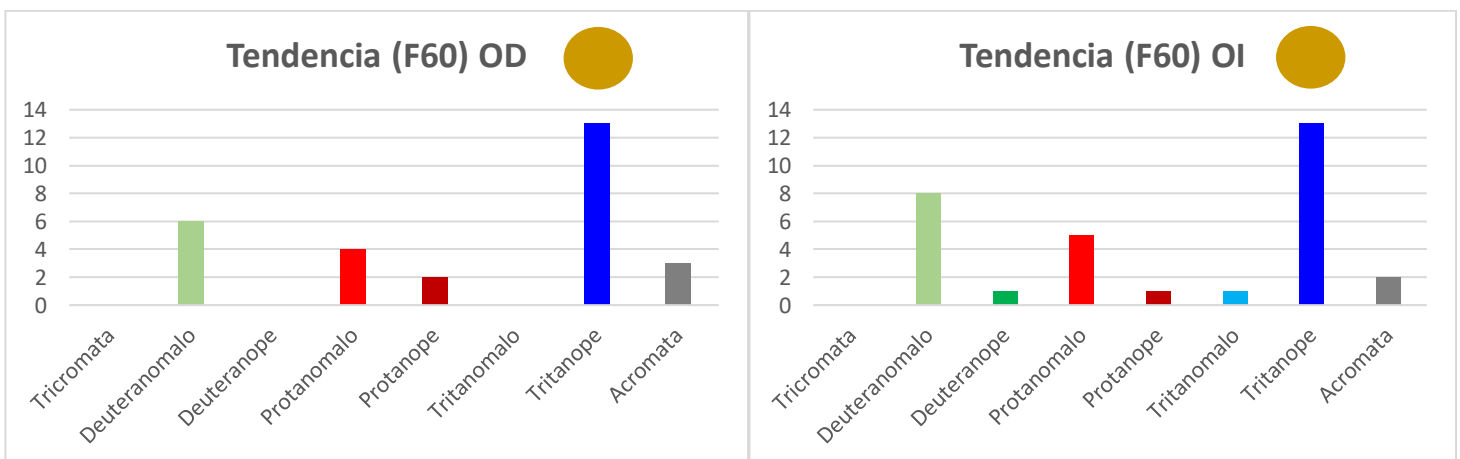


Gráfico 15: se puede observar que con el filtro F60 la tendencia cambia abruptamente hacia la tritanopía con casi la mayor parte de los pacientes evaluados, le sigue la deuteranomalía y la protanomalia, es decir, a la mayoría les inducía una discromatopsia adquirida, encontrando hasta doble diagnóstico en todos los pacientes. Igualmente tenemos pocos diagnósticos del eje protan, y tan sólo dos pacientes que no fueron capaces de percibir ninguna lámina (acrómatas).

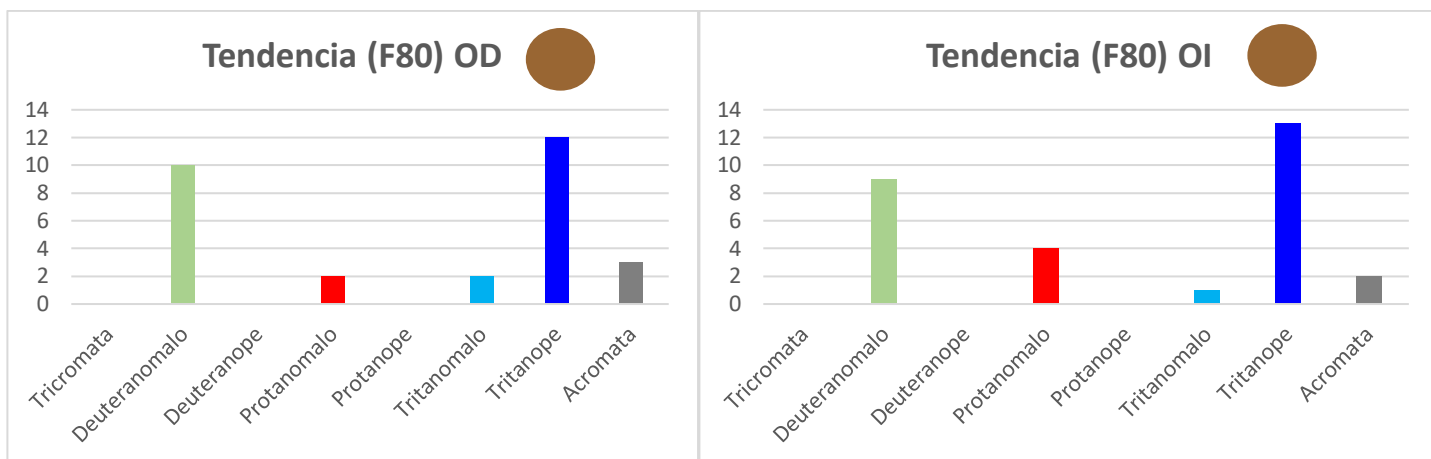


Gráfico 16: en el gráfico se puede observar que al igual que en el filtro F60, tenemos una incidencia mayor de tritanopía, aunque esta vez disminuyen en frecuencia y a su vez encontramos un remanente de tritanómalos y un aumento en los deuteranómalos. Continuamos teniendo pocos diagnósticos del tipo protan y tan sólo dos pacientes incapaces de ver ninguna lámina.

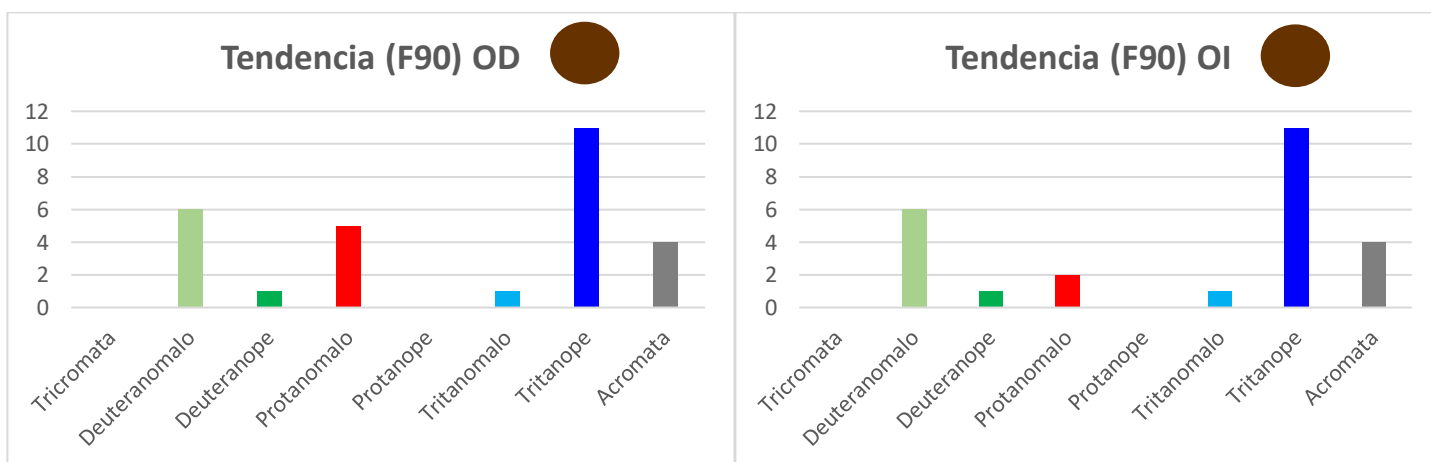


Gráfico 17: observamos casi la misma tendencia que en el filtro anterior, sin embargo, encontramos un diagnóstico de tipo deuteranope, indicando que a medida que se oscurece el filtro, el paciente es cada vez más incapaz de identificar correctamente las láminas, dificultando activamente su percepción del color. Por otro lado, ahora tenemos dos pacientes acrómatas más.

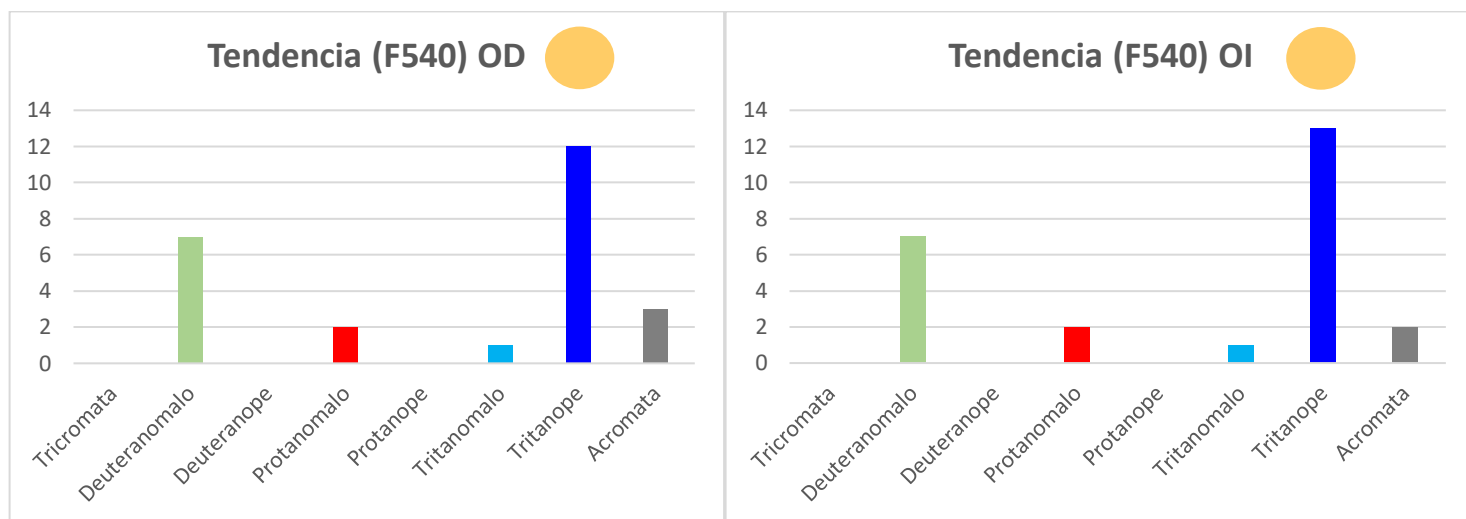


Gráfico 18: aquí podemos observar que el gráfico es muy similar al del filtro F80, con más diagnósticos del tipo tritán, sólo 2 del tipo protan y 2 pacientes acrómatas que no fueron capaces de identificar ninguna lámina. Cabe aclarar que, como testimonio de los mismos pacientes, este filtro al ser más claro que los demás, presentaba menor error y mayor nitidez a la hora de hacer las pruebas.

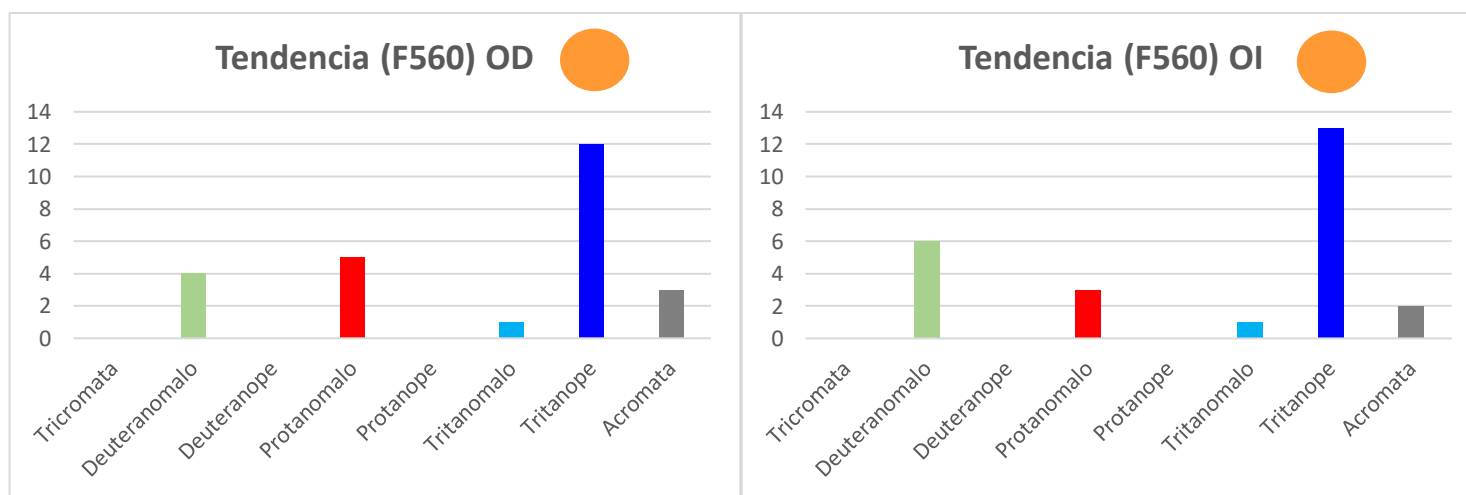


Gráfico 19: se continúa con la tendencia del filtro F540, donde encontramos pequeñas variaciones, notamos que disminuyen los diagnósticos deutanos y se observa un aumento en los protanómalos, sin llegar a causar una ceguera.

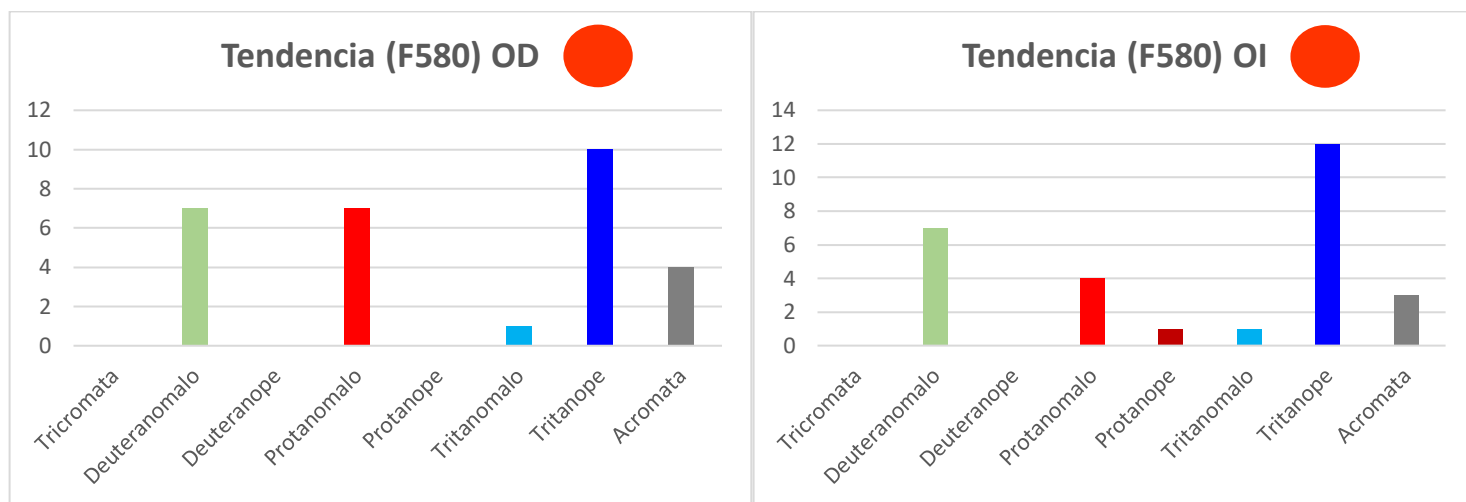


Gráfico 20: en el filtro F580 podemos notar que igual que en el filtro F90 al ser de un tono más oscuro, los pacientes presentan mayor dificultad para reconocer las láminas en la prueba y prevalecen problemas de tipo tritan y deutan y ahora se suman los de tipo protan con un mayor número, mientras que los acrómatas se mantienen igual

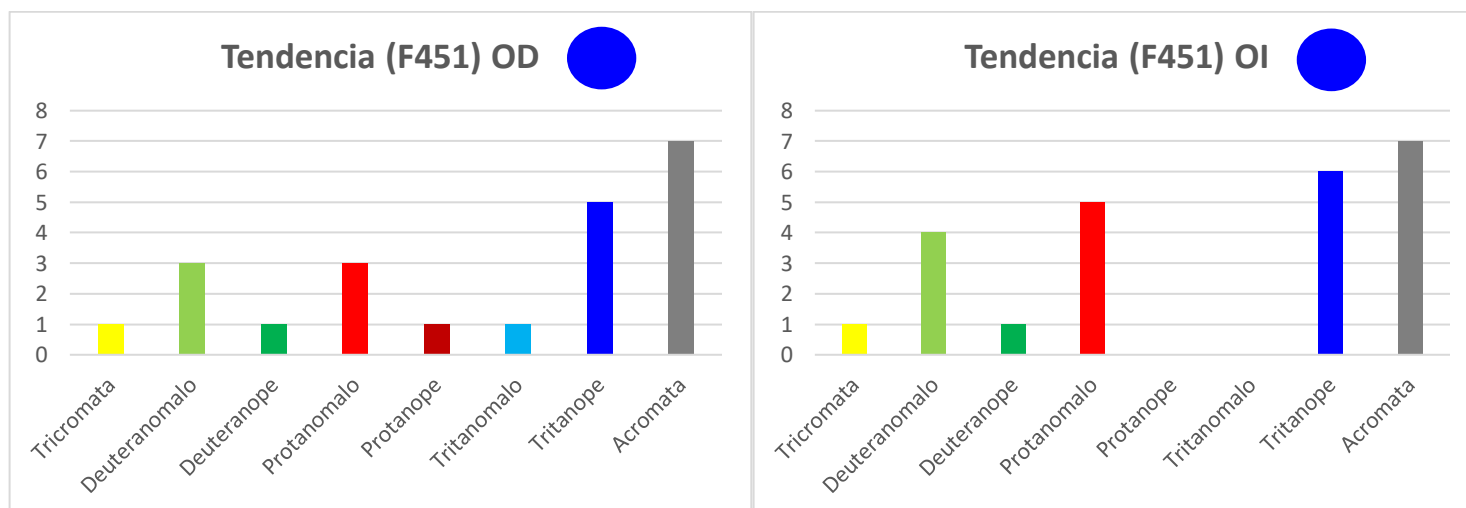


Gráfico 21: podemos observar en este gráfico que con el filtro F451, las tendencias comienzan a invertirse, ya que existe un número mayor de individuos acrómatas, también encontramos cegueras en los tres ejes e incluso un paciente tricrómatas, esta situación es debida a que el color de la lente llegó a modificar en cierto grado el contraste, haciendo posible reconocer el contorno de la figura, pero sin identificar el color de la misma.

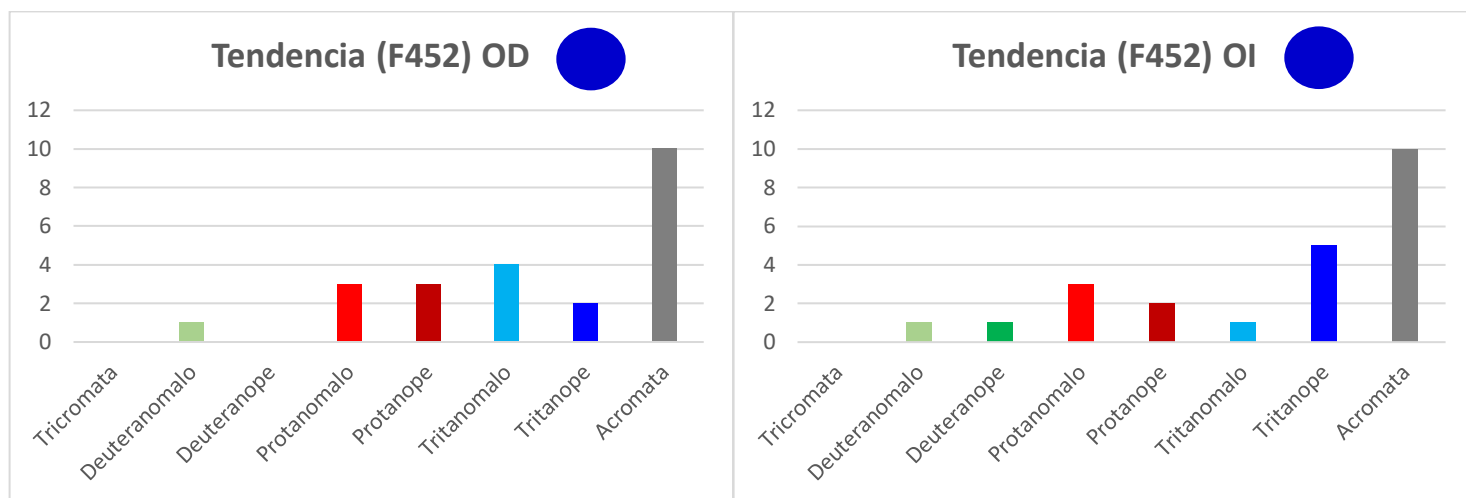


Gráfico 22: En esta grafica tenemos más del 50% de pacientes acrómatas, y se encuentran en mayor número cegueras hacia el eje protan, lo cual nos confirma que la severidad de las discromatopsias es mayor en cuanto más oscuro es el filtro, comprobando una de las teorías que se tenían desde el principio.

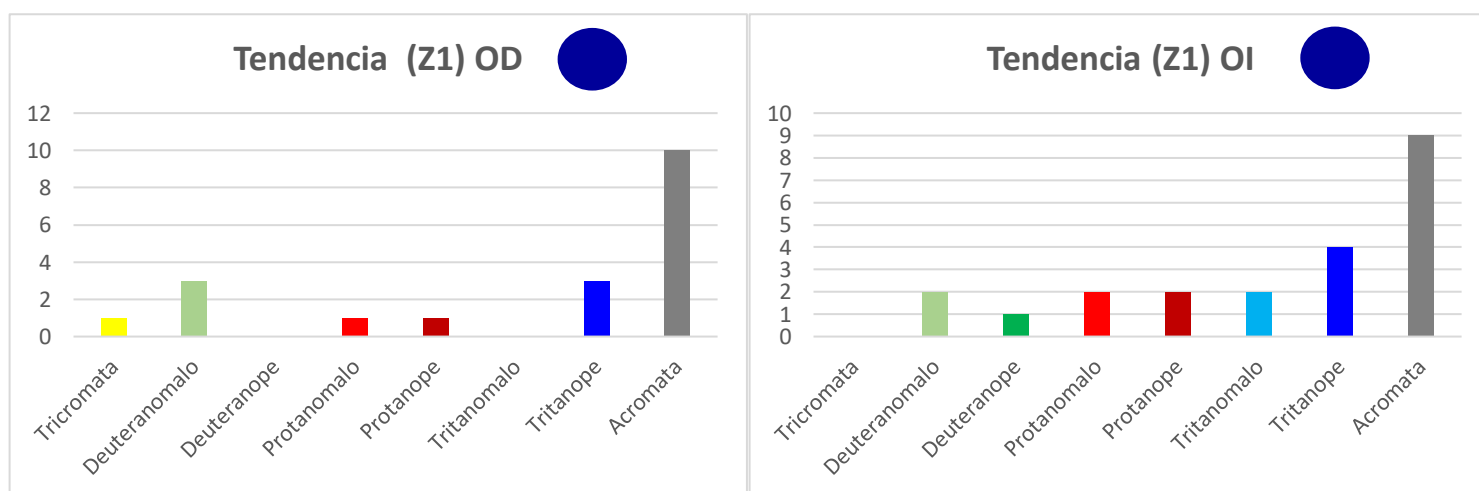


Gráfico 23: en este gráfico la tendencia de acrómatas se mantiene igual, pero observamos que el número de anómalos decrece o incluso desaparece y aumentan las cegueras en el caso del ojo izquierdo. De todos los filtros es el que representaba mayor esfuerzo visual al realizar la prueba, debido a su tono demasiado oscuro.

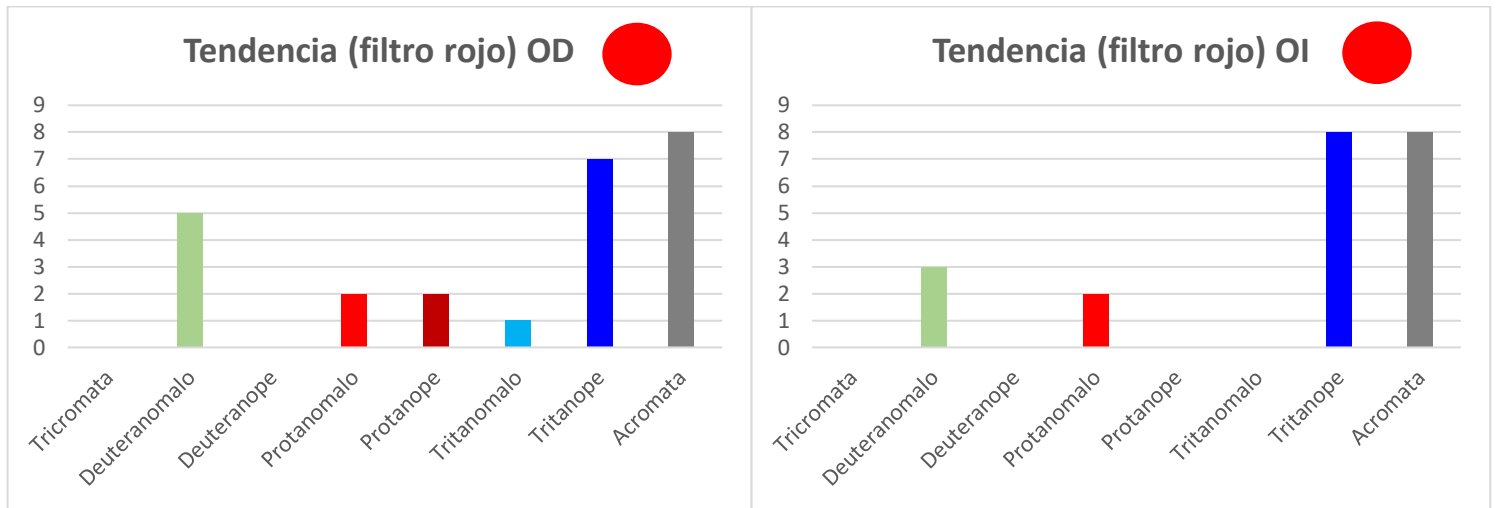


Gráfico: 24: con respecto al filtro rojo, podemos notar que tenemos 8 pacientes acrómatas, un número menor que en los filtros azules, pero a su vez también predomina la tritanopía y la deuteranomalía.

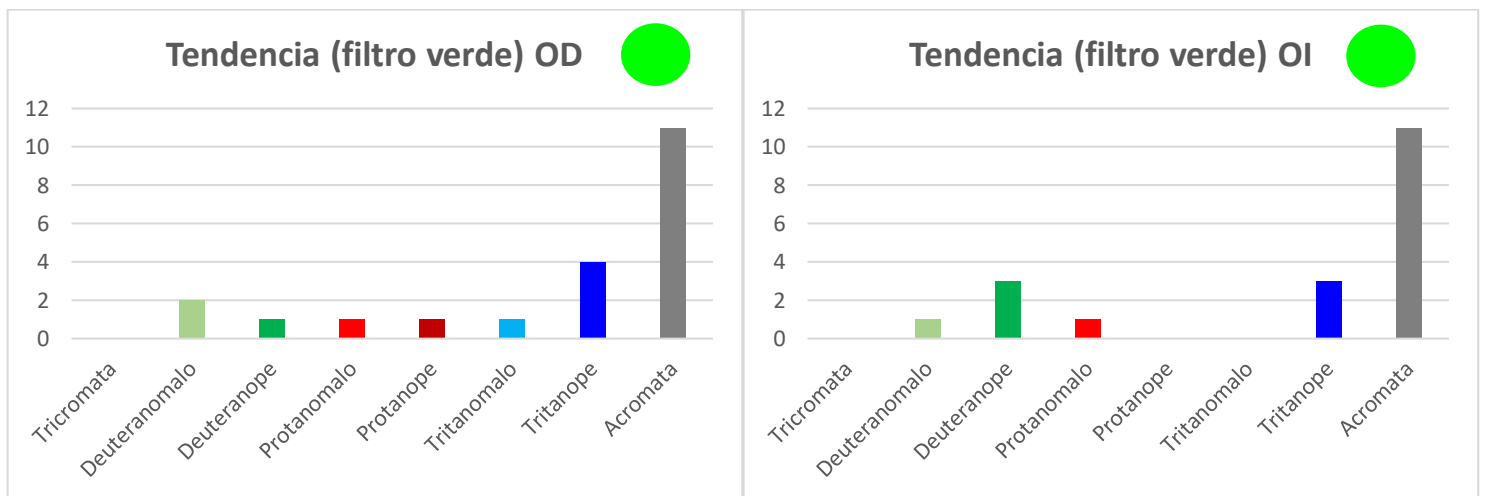


Gráfico 25: Por último, en el filtro verde, tenemos un aumento de once pacientes acrómatas, siendo el filtro que más problemas presentó a la hora de evaluar a los participantes, ya que la mayoría tenían problemas para percibir casi todas las figuras en la prueba.

Discusión.

De acuerdo a la literatura encontrada nacionalmente, en el estudio hecho en 2019 por Yareni Hernández Toledo, nos dice que se encontraron diferencias significativas entre los datos medidos con y sin el uso de filtros, que algunas veces lograba ser positiva en el caso de la sensibilidad al contraste, pero negativa en la agudeza visual, y respecto a la visión al color no se encontraban fallos en la lectura de la láminas, sin embargo es necesario aclarar que todas las pruebas (a excepción de la agudeza visual) se realizaron utilizando aplicaciones de software integradas a un dispositivo iPad, por lo tanto estas medidas no pueden ser consideradas con rigor y veracidad dado que se necesitan pruebas estandarizadas y condiciones de gabinete ideales para ser confiables.

Estos hallazgos coinciden parcialmente con esta investigación, pues como se menciona, la sensibilidad al contraste se mejora con el filtro ámbar y contrario a los resultados aquí presentados se aprecia una disminución con los filtros azules, así como el rojo 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. Por otro lado, en la investigación hecha por René Fernández debemos tomar en cuenta que este procedimiento es medido en una situación específica como es el caso de la ambliopía, en el que se menciona que los filtros pueden ser coadyuvantes o auxiliares en un proceso de terapia visual, más no hace referencia a la efectividad de los mismos.

En la investigación hecha por Sandra Prados y Joao Parrilla en 2019 nos menciona que la visión al color no se ve alterada con el uso de filtros, sin embargo, tampoco podemos concluir que sea completamente cierto, por que como ya se mencionó anteriormente, con estas pruebas únicamente se puede diagnosticar problemas congénitos y no adquiridos, como en el caso de los pacientes con retinopatía diabética, por esto es importante conocer y profundizar aún más sobre el problema orgánico al que nos enfrentamos al hacer uso de estos filtros.

En coincidencia con los hallazgos en el estudio que se llevó a cabo en la universidad de Granada en España, se determinó que las gafas llamadas VINO alteran la percepción al color en pacientes discrómatas, los resultados a los que se llegaron pueden ser un poco más concluyentes debido a que se utilizaron pruebas más ideales para uso clínico, como el test Fransworth D15, de esta forma podemos estar en concordancia en el efecto negativo que se tiene respecto en la visión al color. Esto nos hace pensar en la forma indiscriminada de vender como mercancía al público estas lentes, con la promesa casi textual de ser un “milagro” o un “medicamento” ya que la mayoría de estas empresas lucran con la desinformación del paciente y del personal sanitario. Como ya se concluyó, ninguno de estos filtros debería de ser considerado una opción medicinal que el paciente use permanentemente, porque la mayoría demostró disminuir o entorpecer significativamente la visión.

En contraposición con lo anterior, en el estudio hecho por la Universidad de Zaragoza en 2019 con el Fransworth 100 que es igualmente una prueba de ordenación, se determinó que los resultados indican que la prueba tiene algunas limitaciones. En concreto, la diferencia de color entre fichas no es muy variable, lo que provoca que, independientemente de la capacidad de discriminación cromática del paciente, unas fichas sean más fáciles de colocar que otras, ya que, al ser un conjunto muy numeroso, se requiere de una habilidad más fina para identificarlas.

De acuerdo a la investigación hecha por Noemí Perejón Gómez en 2019, se aborda otro tema importante de dilucidar como es el caso de los lentes de contacto entintados, que tienen la misma mecánica que los filtros selectivos oftálmicos, seleccionar una frecuencia del espectro electromagnético y con esto mejorar la sensibilidad al contraste y la percepción al color, sin embargo la revisión literaria indicó nuevamente que este no es una solución definitiva y lo único que hace es engañar al cerebro al percibir únicamente la diferencia de luminancia y contraste distinguiendo los tonos de grises como más claros u oscuros. Es también necesario abordar este tema, por que sucede la misma situación, un lente de contacto entintado, no logrará mejorar una condición orgánica, el uso preferente de estos debe ser de carácter correctivo en una ametropía, haciendo enfocar la luz en la

retina, con esto únicamente se puede mejorar la agudeza visual, y como consecuencia mejorará la sensibilidad al contraste, pero nunca la visión al color.

Por último, dentro de la literatura encontrada, se puede concluir que a pesar de que la gran mayoría de estudios tuvo como finalidad evaluar la visión al color, en ninguno de ellos se utilizó la prueba HRR como estándar para la obtención de datos, y esto es muy importante, ya que actualmente es la prueba más fiable y actualizada que se tiene como herramienta de diagnóstico, con lo cual podemos inferir que es el primer estudio de su tipo. Algo importante para añadir sobre la metodología es que esta investigación también tuvo como finalidad evaluar la agudeza visual con la conocida cartilla de Snellen, pero en este documento sólo se hizo referencia a la sensibilidad al contraste y la visión al color, y el resultado que se obtuvo es el mismo en toda situación, al paciente le disminuye la agudeza visual con todos los filtros, no es capaz de igualar la agudeza basal y se dificulta el procedimiento a medida que los filtros se vuelven más oscuros, esta es la razón por la cual se justifica la trascendencia del estudio, nos hace pensar el rezago en el que se encuentra la educación profesional en la optometría tanto en el país como en toda américa latina. Aún queda mucho camino por recorrer en cuanto a promover la información y la investigación en esta área, pues en México, existen muy pocos profesionales que se encarguen de evaluar la visión al color, y los métodos que se utilizan algunas veces son obsoletos, tal es el caso del reconocido test Ishihara, que comparada con la prueba HRR, nos brinda un diagnóstico más certero y completo, de esta forma nos fue posible determinar la deficiencia adquirida inducida por los filtros de absorción.

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, además de la importancia de evaluarlos con el material y condiciones clínicas adecuadas para cada prueba, con esto resaltamos la importancia de estudiar el área de los filtros de absorción y sus efectos en la visión.

Conclusiones.

En conclusión, con esta investigación se logró cumplir con los objetivos establecidos al inicio, enfocados en analizar las variaciones de la sensibilidad al contraste y visión al color con y sin filtros en pacientes con retinopatía diabética previamente diagnosticados, el cuál era el único criterio de inclusión. Como criterio de exclusión, se acordó que no padecieran otra patología agregada y en el caso de los pacientes présbitas, se les indicó que hicieran uso de su corrección visual cercana. A través de la aplicación de los test HRR, CSV- 1000 (para la clínica de optometría) y el test LEA con números (que se usó en el hospital Mexiquense) 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 y los filtros rojo y 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.

Los puntos más importantes para tener en cuenta en la investigación respecto a la sensibilidad al contraste son:

- Los filtros en tonos azules F451, F452, Z1 y los filtros verde y rojo son los que provocaron una mayor pérdida de la sensibilidad al contraste.
- De igual manera, los filtros F52, F451, Z1, rojo y verde son los que muestran mayor diferencia en las frecuencias más altas (C y D) en donde se requiere de una percepción más fina para distinguir el patrón de frecuencias en la prueba.
- Dado que todos los filtros modificaron considerablemente la sensibilidad al contraste, nos podemos dar cuenta que sólo en pocas ocasiones lograron mejorar la prueba basal, tal es el caso de los filtros F60, F540, F560 y F580, lo cuál nos lleva a determinar que, entre más oscuro sea el filtro, mayor será la dificultad de percibir los detalles.
- Debido a que muchos de los pacientes ya tenían afectación en la retina debido a la diabetes, nos podemos dar cuenta que la sensibilidad al contraste ya de por sí disminuida en las frecuencias más altas, tampoco logró ofrecer ninguna mejoría, ningún paciente fue capaz de pasar a la segunda casilla del test.

Los puntos más importantes para tener en cuenta en la investigación respecto a la visión al color son:

- La visión al color se ve alterada al punto de obtener dos diagnósticos en un solo ojo, uno para el eje tritan y otro para el deutan/protan.
- La tendencia universal es la tritanopía, con lo cual se deduce que los filtros inducen una discromatopsia adquirida, prácticamente con todos los filtros sucede y no hay ninguna excepción, solo disminuyen en cantidad en los resultados finales.
- En los filtros F451, F452, Z1, rojo y verde, la visión cromática se ve alterada al grado de volver a la mayoría de los pacientes acrómatas, es decir que no eran capaces de percibir ningún color y por lo tanto de identificar las figuras que componen la prueba, igualmente podemos notar que la severidad es mayor puesto que son más comunes las cegueras que las anomalías.

Glosario.

- Congénito: afección o rasgo que está presente desde el nacimiento.
- Tricrómata: persona que tiene visión normal para los colores, es decir, es capaz de ver todas las combinaciones de los tres colores primarios: rojo, verde y azul.
- Discrómata: persona con una pérdida parcial o total de la visión de los colores (rojo, verde, azul) que puede ser congénita, o adquirida. Es conocida coloquialmente conocida como “daltonismo”.
- Acrómata: persona con una pérdida total de la visión de los colores que puede ser congénita, o adquirida. Se diferencia de la persona discrómata por que sólo se perciben los colores blanco, negro, gris y todas sus tonalidades.
- Fotorreceptor: célula especializada de la retina del ojo que convierte la luz en señales eléctricas. Estas señales viajan a través del nervio óptico al cerebro, donde se transforman en imágenes. Los fotorreceptores nos permiten ver en color y en la oscuridad.
- Fotopigmento: compuestos químicos presentes en las células fotorreceptoras que participan en la percepción y la visión de la luz y del color, detectan y transforman al estímulo luminoso en una señal eléctrica que será enviada a través del nervio óptico al cerebro para interpretarlo.
- Lamina pseudoisocromática: son pruebas que consisten en placas de color que contienen figuras aleatorias en color y tamaño. Dentro del círculo hay puntos que forman un número o una figura, difícil de ver con un daltonismo (discromatopsia).
- Deuteranomalía: pérdida parcial en la percepción del color verde.
- Protanomalía: pérdida parcial en la percepción del color rojo.
- Tritanomalía: pérdida parcial en la percepción del color azul.
- Deuteranopía: pérdida total en la percepción del color verde, la persona es ciega al color verde.

- Protanopía: pérdida total en la percepción del color rojo, la persona es ciega al color rojo.
- Tritanopía: pérdida total en la percepción del color azul, la persona es ciega al color azul.
- Insulina: hormona producida por el páncreas que ayuda al cuerpo a utilizar y almacenar la glucosa (azúcar).
- Hiperglucemia: afección que ocurre cuando la cantidad de glucosa (azúcar) en la sangre es mayor de lo normal.

Apéndice 1 (hoja de registro del HRR)

IHR PSEUDOISCHROMATIC PLATES

NAME _____ DATE _____ EXAMINER _____

1-2 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

11

12

13

14

15

Deutan

16

17

18

19

20

Protan

21

22

23

24

Deutan

25

26

27

28

SCREENING SERIES ANALYSIS

Normal.....

Defective.....

B-Y.....

R-G.....

DIAGNOSTIC SERIES ANALYSIS

Type:

Protan.....

Deutan.....

Tritan.....

Unclassified.....

EXTENT:

Mid.....

Medium.....

Strong.....

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

11

12

13

14

15

Deutan

16

17

18

19

20

Protan

21

22

23

24

Deutan

25

26

27

28

SCREENING SERIES ANALYSIS

Normal.....

Defective.....

B-Y.....

R-G.....

DIAGNOSTIC SERIES ANALYSIS

Type:

Protan.....

Deutan.....

Tritan.....

Unclassified.....

EXTENT:

Mid.....

Medium.....

Strong.....

Apéndice 2 (consentimiento informado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Carlos Adelberto Soto Alcantar declaro libre y voluntariamente que se me ha explicado la conveniencia de participar en el estudio: Evaluación de la visión al color, sensibilidad al contraste y agudeza visual utilizando filtros Zeiss en pacientes sanos, discrómatas congénitos y con discromatopsia adquirida inducida por glaucoma de ángulo abierto y retinopatía diabética que se realizara en la **Facultad de Estudios Superiores Iztacala (UNAM)**, ubicada en Tlalnepantla Edo. de Mex. Dirigido por la **Dra. Myrna Miriam Valera Mota** adscrita a la **Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM**, cuyos objetivos consiste en:

- Evaluar la visión al color, sensibilidad al contraste y agudeza visual utilizando filtros Zeiss en pacientes sanos, discrómatas congénitos y con discromatopsia adquirida inducida por glaucoma de ángulo abierto y retinopatía diabética.

Estoy consciente de que los procedimientos y pruebas, para lograr los objetivos mencionados consistirán en una evaluación visual con cartillas y un software/computadora que no tardará más de 60 minutos; y que no existirá ningún riesgo para mí. Entiendo que del presente estudio se derivaran los siguientes beneficios:

- Conocer los beneficios de los filtros coloreados.

Sé que se me explicará el resultado de la prueba y puedo solicitar información adicional acerca de los riesgos y beneficios de mi participación en el estudio. Seré libre de retirarme del estudio en el momento que así lo desee.

Firma 

Testigo (Nombre y firma): _____

A 2 de 2 del 2024

Fuentes.

- (1) Hernández Toledo, Y. M. (2019). 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.

Disponible en: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1776>
- (2) Fernández Rojo, R. (2019). Efectos en agudeza visual y sensibilidad al contraste a través de la aplicación de prismas verticales y filtros en ambliopía.
- (3) Clementi, M. M., & Acerbi, A. M. (2011). Uso de filtros en alteraciones de la visión cromática: Un caso de anomalía tipo deután. *Gaceta de optometría y óptica oftálmica*, (459), 36-39.

Disponible en: <https://www.cgcoo.es/ediciones/mayo-2011-2>
- (4) Mutilab, H. A., Sharanjeet-Kaur, K. L., & Choo, P. F. (2012). Special tinted contact lens on colour-defects. *Clin Ter*, 163(3), 199-204.

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22964691/>
- (5) Ezpeleta, S., Aporta, J., Sánchez-Cano, A., Corbacho, C., & Aznar, S. (2018). *Illumination sources, optic filters, and their influence in the Farnsworth Munsell 100 Hue color test* (No. ART-2018-106914).

Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/71179>
- (6) Martínez-Domingo, M. A., Gómez-Robledo, L., Valero, E. M., Huertas, R., Hernández-Andrés, J., Ezpeleta, S., & Hita, E. (2019). Assessment of VINO filters for correcting red-green Color Vision Deficiency. *Optics express*, 27(13), 17954-17967.

Disponible en: <https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-27-13-17954&id=413775>
- (7) Perejón Gómez, N. (2020). Uso de lentes de contacto con filtro rojo como ayuda visual en alteraciones cromáticas.

Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/103522>
- (8) Prados Fragoso, S., & Parillo Mayta, J. (2019). Variación de la agudeza visual, sensibilidad al contraste y diámetro pupilar con filtro de absorción.

Disponible en: <https://docta.ucm.es/entities/publication/fa9fdd0a-1f09-410e-bb9e-e775530fc27e>
- (9) Palacios Palacios, E. P. (2021). Uso de los filtros en pacientes de baja visión.

Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2353>
- (10) Egan, A. M., & Dinneen, S. F. (2019). What is diabetes?. *Medicine*, 47(1), 1-4.

Disponible en: [https://www.medicinejournal.co.uk/article/S1357-3039\(18\)30262-7/abstract](https://www.medicinejournal.co.uk/article/S1357-3039(18)30262-7/abstract)

- (11) Araya, D. S., Cedeño, V. M., & Badilla, P. A. C. (2023). Aspectos generales de la retinopatía diabética. *Revista Médica Sinergia*, 8(6), e1002-e1002.

Disponible en: <https://revistamedicasinergia.com/index.php/rms/article/view/1002>

- (12) Fong, D. S., Aiello, L. P., Ferris III, F. L., & Klein, R. (2004). Diabetic retinopathy. *Diabetes care*, 27(10), 2540-2553.

Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Lloyd-Aiello/publication/270197531_Diabetic_Retinopathy/links/55f4910f08ae7a10cf88ef22/Diabetic-Retinopathy.pdf

- (13) López Tejedor, A. (2019). Efectos del estrés oxidativo en la retina.

Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/38383>

- (14) Cai, J., & Boulton, M. (2002). The pathogenesis of diabetic retinopathy: old concepts and new questions. *Eye*, 16(3), 242-260.

DOI: <https://www.nature.com/articles/6700133>

- (15) Fung, T. H., Patel, B., Wilmot, E. G., & Amoaku, W. M. (2022). Diabetic retinopathy for the non-ophthalmologist. *Clinical Medicine*, 22(2), 112.

Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8966825/>

- (16) Tobaru-Miyashiro, L., & Guzmán-Ahumada, M. (2019). Retinopatía diabética. *Diagnóstico*, 58(2), 85-90.

Disponible en:

<http://revistadiagnostico.fihu.org.pe/index.php/diagnostico/article/view/8>

- (17) Escobar-Villado, S. L., & Lima-Gómez, V. (2021). Regional parafoveal vessel density changes in diabetic patients without retinopathy. *Gac Med Mex*, 157(4), 338-342.

Disponible en:

https://web.archive.org/web/20220422224043id_/https://www.gacetamedicademexico.com/files/gmm_21_157_4_uk_338-342.pdf

- (18) Korenbrot, J. I. (2012). Speed, sensitivity, and stability of the light response in rod and cone photoreceptors: facts and models. *Progress in retinal and eye research*, 31(5), 442-466.

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350946212000390?via%3Dihub>

- (19) Coria Cancelo, G. (2015). La visión del color en los seres humanos.

Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/10665>

- (20) Sánchez, J. G. (2019). La visión cromática. In *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina* (Vol. 136, No. 03, p. 262). Real Academia Nacional de Medicina.

Disponible en: https://analesranm.es/wp-content/uploads/2019/numero_136_03/pdfs/ar136-03.pdf#page=34

- (21) Villalobos, D. M. (2018). MODELO TRICROMATICO DE LA COMPOSICION DE LA LUZ, NO SOLO DEL COLOR. *e-Gnosis*, 16(1).

Disponible en: <http://www.e-gnosis.udg.mx/index.php/eg/article/view/65>

- (22) Zwinkels, J. (2015). Light, electromagnetic spectrum. *Encyclopedia of Color Science and Technology*, 8071, 1-8.

Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/69203635/accepted-libre.pdf?1631147746=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLight+Electromagnetic+Spectrum.pdf&Expires=1723569741&Signature=VxEWHnWaDevvzYZm8xU9UjZymjfCtn31W0x-6SxQRaJ6fleH4232I4fon92Pk4hA0O9BV-LkcFjSn6O2zjSaOQYs-JJDtcSGJigr5lbyi4esn2Ha7wDQu1zvqlzu-s9M4EG5LcbCi8B6drOMdW2CNRrs7UbO24M9rFWzvlulEi-Zu3~Q148rCBfNyBcx~aFvxq1A--8w~yvKTOVafilO5iXSIwrSblQIJHEaoYtlqFN77uSwwTBuWZZlcfoxakro0IbE0jaKMEGL3R5R6eRYU9f-LLSM107IRRBueAAwWl5Grxs9I90a4cJxN5wGr5d9CmgC5rSjsbdpVQsiaz706YQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- (23) Cumsille Ubago, C. y Rojas Vargas, T. (2022). *Manual oftalmología: curso quinto año*. Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Departamento de Oftalmología.

Disponible en: <https://doi.org/10.34720/s3wg-dq28>

- (24) Marieb, E. N. 1., & Marieb, E. N. 1. (2008). *Anatomía y fisiología humana* (9. edición.). San Francisco, [Calif.]: Pearson/Addison Wesley.

- (25) Gutiérrez-de Piñeres Botero, C. (2019). Visión humana y movimientos oculares.

Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/ff9d47da-e143-43ff-be9f-3f7c5ddabaef>

- (26) Salesse, C. (2016). Physiologie du signal visuel rétinien: de la phototransduction jusqu'au cycle visuel. *Ophtalmologie*, 12(9), 0-2.

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0181551217300591>

- (27) Grossniklaus, H. E., Geisert, E. E., & Nickerson, J. M. (2015). Introduction to the retina. *Progress in molecular biology and translational science*, 134, 383-396.

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877117315001039>

- (28) Zhou, X. E., Melcher, K., & Xu, H. E. (2012). Structure and activation of rhodopsin. *Acta Pharmacologica Sinica*, 33(3), 291-299.

Disponible en: <https://www.nature.com/articles/aps2011171>

- (29) Mercado, A. R., Martínez, L. A. V., Buenrostro, E. C., Cerda, S. C., & Sánchez, A. S. S. (2020). Sensibilidad al contraste en un grupo de diabéticos mexicanos. *Revista Cubana de Oftalmología*, 33(3), 1-10.

Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=102272>

- (30) León Álvarez, A., Agudelo Guevara, A. M., & Estrada Álvarez, J. M. (2017). Intervalos de referencia de agudeza visual y sensibilidad al contraste en una población escolar de Pereira, Colombia. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 15(2), 39-46.

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.19052/sv.4039>

- (31) Santos, L. R. H., Pérez, P. D. C., Sánchez, T. D. J. M., Enríquez, R. M. Z., & Domínguez, K. L. (2021). Sensibilidad al contraste en edad pediátrica. *Revista Cubana de Oftalmología*, 34(3), 1-22.

Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=110235>

- (32) Valera-Mota, M. M., Valencia-Estrada, M. R., Alonso-Trujillo, J., Alonso-Ricardez, A., Maya-López, L. E., Rodríguez-Salgado, M. C., ... & Reynoso-Castro, M. A. (2023). Discromatopsias y su relación con el desempeño biopsicosocial cotidiano. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 21(1), 3.

Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo/vol21/iss1/3/>

- (33) Luna Casillas, Mónica Isabel, sustentante Análisis de seis pruebas diferentes de visión cromática en la Clínica de Optometría y el Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo, UNAM / 2017

Disponible en:

https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/ND9LKLANDNL8DT64RKILTBPEATSFPRGQY1I7M4RHJ18DGAJPE-09854?func=full-set-set&set_number=102950&set_entry=000016&format=999

- (34) Zarazaga, A. F., Vázquez, J. G., & Royo, V. P. (2019). Revisión de los principales test clínicos para evaluar la visión del color. *Archivos de la sociedad española de oftalmología*, 94(1), 25-32.

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0365669118302788?via%3Dihub>

- (35) FunWolff, B. E., Bearse, M. A., Schneck, M. E., Dhamdhere, K., Harrison, W. W., Barez, S., & Adams, A. J. (2015). Color vision and neuroretinal function in diabetes. *Documenta Ophthalmologica*, 130, 131-139.

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10633-014-9476-4>

- (36) Juárez, G. H., Mancilla, L. E. V., Arellano, M. A. L., & Sánchez, A. S. S. (2018). Ayudas ópticas y no ópticas en la baja visión. *Revista Cubana de Oftalmología*, 31(3), 1-6.

Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=87616>

- (37) Valdivielso Rodrigo, I. (2019). Medida de la absorción de la radiación UV en lentes oftálmicas y otros materiales.

Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/38390>

- (38) Información tomada de la web: <https://www.zeiss.com.mx/vision-care/para-profesionales-de-la-salud-visual/lentes/lentes-especiales/lentes-con-filtro-especial.html>

- (39) Romero-Aroca, P., & Sagarra, R. (2018). La retinopatía diabética e hipertensiva. *Revista COMCórdoba [Internet]*.

Disponible en: <https://www.comcordoba.com/wp-content/uploads/2018/08/La-retinopat%C3%ADa-diab%C3%A9tica-e-hipertensiva.-AMF-2018.pdf>