



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Licenciatura en Optometría

Evaluación de Visión al Color y Sensibilidad al contraste con filtros de absorción en
pacientes Discromatas

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN OPTOMETRÍA

Presenta

Guadalupe Monserrat Pérez Iturriaga

N° de cuenta

420108449

Directora de Tesis

Dra. Myrna Miriam Valera Mota

Asesores

Luz Elena Maya López

Nadia Yael Morales Rodríguez

Dictaminadores

Mónica Isabel Luna Casillas

Aarón Bautista Delgado



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.

Índice

Introducción	1
Antecedentes	2
Aspectos teóricos	7
Capítulo I. Visión al color y Discromatopsia	7
Color	7
Luz	7
Longitud de onda	7
Fototransducción del color	8
Visión al color	10
Líneas de confusión	12
Teorías tricromaticas	13
Clasificación de los colores	15
Escala de grises	16
Propiedades del color	16
Percepción del color	17
Dispersión cromática	18
Capítulo II. Discromatopsia	20
Discromatopsia congénita	20
Discromatopsia adquirida	21
Tipos de Discromatopsia	22
Pruebas para evaluar la Discromatopsia	23
Pruebas de color	23
Pruebas pseudoisocromaticas	24
Pruebas de ordenación	27
Pruebas especiales	29
Capítulo III. Filtros	31
Tipos	32
Filtro Polarizado	32
Filtros de Densidad neutra	32
Filtros de Absorción	33
Filtros Zeiss	36
Capítulo IV. Sensibilidad al contraste	41
Contraste de Milchelson	43
Composición de la cartilla de sensibilidad al contraste	43
Variedades de perdida de Sensibilidad al contraste	44
Métodos para la medición de Sensibilidad al contraste	45
Test de FAC	45
Cartillas de Sensibilidad al contraste	46
Pelli-Robson test	46
Cartilla de LEA	47
Equipos computerizados, PC o tablets	48
CSV-1000	48
Adaptación a la oscuridad	50
Hoja de resultados de Sensibilidad al contraste	50
Sensibilidad al contraste y Discromatopsia	51

Justificación	52
Objetivo General	53
Objetivos Específicos	53
Hipótesis	53
Metodología	53
Fases de Estudio	54
Criterios de Inclusión	56
Criterios de Exclusión	56
Recursos Humanos	56
Recursos Materiales	56
Plan de Análisis de Resultados	56
Resultados	57
Resultados de HRR	58
Resultados de Sensibilidad al contraste	80
Discusión	85
Conclusión	87
Apéndices	89
Referencias consultadas	92
Referencias de imágenes	97

Evaluación de Visión al Color y Sensibilidad al contraste con filtros de absorción en pacientes Discromatas

Introducción

El ojo es un órgano del sistema visual, el cual es el encargado del sentido de la vista. El ojo está adaptado para captar la luz y transformarla mediante impulsos nerviosos que llegan al cerebro a través del nervio óptico para que sean interpretadas. La información que recibimos de nuestro entorno y nuestro alrededor la recibimos a través de los ojos. Específicamente con un 50% de esta. (1)

La visión o percepción al color no siempre es total y cada individuo puede ser capaz de percibirla de distintas maneras debido a algunos factores de cada persona, ya sean físicos o patológicos. (2)

La forma en que las personas ven los colores también depende de las propiedades del objeto y de la superficie en la que se encuentra, así como también las propiedades de la iluminación. De esa manera la persona puede percibir el color y la forma de cierto objeto dependiendo el cómo se perciba a través de la luz. (3)

La sensibilidad al contraste es la capacidad que tienen las personas de identificar y detectar pequeñas intensificaciones en tonalidades de color gris en un fondo uniforme. La sensibilidad al contraste es de suma importancia ya que se considera un factor limitante en distintas actividades visuales. Lamentablemente es un aspecto visual que se ve fácilmente comprometido ya que afecta a muchas personas en todo el mundo, incluyendo a personas jóvenes, profesionales y personas mayores que padezcan ambliopía. (4)

Por lo que en el presente estudio el objetivo es evaluar con los filtros de absorción la visión cromática y la sensibilidad al contraste para conocer cómo y cuánto se modifican.

Antecedentes

Nacionales

Chihuahua

En 1817 se propuso el primer filtro para personas con deficiencia al color. Un ejemplo de estos filtros son los filtros del lente X-Chrom patentado en 1971 que oscurece los colores amarillo y verde y que hace los naranjas un poco más oscuros para permitir a los tricromatas y discromatas percibir mejor el rojo. En un estudio con 16 participantes se obtuvieron buenos resultados al probarlos con el test de discromatopsia HRR (Hardy-Rand-Rittler), pero no hubo mejora cuando los participantes realizaron el test de ordenación 100-Hue.

Al finalizar las pruebas se dieron cuenta que había muchas confusiones a la hora de identificar las cartillas en el test de HRR eso provocaba que los pacientes no pudieran terminar de manera correcta la prueba. (5)

Toluca

En 1980, Paulson evaluó la efectividad de las lentes X-Chrom del Dr. Zeltzer en dos sujetos con deficiencia al color: El sujeto 1 era un piloto aviador con protanomalia severa. El sujeto 2 era un enfermero del hospital de la marina de los EE. UU. con deuteranopia dicromática. Ambos sujetos utilizaron la lente tintada en su ojo no dominante. Se realizaron las pruebas de Hardy-Rand-Rittler y Farnsworth-Munsell 100-Hue en ambos sujetos. Ambos sujetos tuvieron resultados muy bajos en las pruebas, duplicando sus errores.

Paulson refiere que si bien la lente X-Chrom puede ayudar a los discromatas a pasar pruebas de visión del color específicas, pero no mejora su capacidad de discriminar colores en situaciones del mundo real. También especifica que las pruebas de visión del color deben administrarse bajo condiciones específicas. Si estas condiciones no se siguen, se pueden producir diagnósticos incorrectos. Por ejemplo, si una prueba de visión del color se administra a una distancia de visión incorrecta, una persona con deficiencia del color puede pasar la prueba simplemente adivinando.

Los datos analizados permiten concluir que las pruebas de visión cromática no siempre brindan una representación precisa de la correcta percepción de los colores en la vida cotidiana. Esto se debe a que las pruebas suelen utilizar colores artificiales que pueden ser difíciles de distinguir para las personas con deficiencia del color. (6)

Chihuahua

En 1996 se desarrollaron los lentes de contacto ChromaGen que cuentan con filtros de diferentes colores que van desde el rojo hasta el violeta. Estos lentes fueron probados en 14 personas con Deficiencia de Visión al Color (DVC) quienes realizaron tres pruebas de discromatopsia: Ishihara, Farnsworth D15 y Farnsworth Lantern. Al haberlos usado por dos semanas, las personas con (DVC) mejoraron sus resultados en el test de Ishihara y Farnsworth D-15 en comparación con los resultados registrados antes de usar los lentes. Sin embargo, registraron poca visión en ambientes con poca luz debido a que los lentes eran oscuros.

Se concluye que los lentes ayudaban a discriminar mejor los colores, pero estos no realizaban una verdadera percepción de color y que tendrían serias implicaciones si se prescribían a personas que dependen de la visión cromática en su profesión. (5)

Chihuahua

En 2017, un estudio examinó el potencial de los lentes EnChroma los cuales se venden en el mercado con el propósito de mejorar la visión en personas con deficiencia al color. El estudio se centró en dos aspectos: la transmisión y el filtrado de la luz por los lentes, y el efecto de los lentes en la capacidad de las personas con discromatopsia para distinguir los colores.

Los resultados mostraron que los lentes EnChroma transmiten la luz de manera similar a otros filtros para discromatopsia. Sin embargo, no hubo evidencia de que los lentes permitieran a las personas con discromatopsia ver más colores.

En la prueba digital del test Ishihara, los lentes EnChroma no mejoraron los resultados de los participantes. En la prueba Farnsworth 100-Hue, los lentes EnChroma tampoco mejoraron la discriminación de color.

Además, se encontró que el filtro rojo de los lentes EnChroma empeoraba los resultados del test Ishihara en los observadores. En general, los resultados del estudio sugieren que los lentes EnChroma no son una solución efectiva para mejorar la visión del color en personas discromatas. (5)

Chihuahua

En 2018, se propuso un nuevo método para mejorar la visión del color en personas con discromatopsia. Este método era utilizar lentes de realidad aumentada que procesan los colores en tiempo real y los presentan de forma modificada al portador de los lentes.

Los lentes, llamados ChromaGlasses, no utilizan filtros especializados como otros lentes para discromatas. En cambio, utilizan algoritmos de computación (modelos matemáticos de la visión humana para simular cómo una persona dicromática percibiría una imagen. Luego, ajustan los colores de la imagen para compensar estas diferencias) para detectar los colores, procesarlos y presentarlos de forma modificada.

Un estudio realizado con 19 personas con deficiencia al color demostró que los ChromaGlasses pueden mejorar los resultados de las pruebas de discromatopsia. Sin embargo, el algoritmo de corrección utilizado en el prototipo puede resultar intrusivo o innatural, y los colores resultantes pueden ser similares a los que ya pueden ver las personas con deficiencias al color. (5)

Internacionales

Estados Unidos

En 1949 en un estudio piloto realizado por Lauer, Fletcher y Winston en donde utilizaron 20 filtros tintados se encontró que las mediciones objetivas de la AV, con y sin filtros, solo mostraban pérdidas, tanto con y sin luz opuesta.

Se examinó la relación entre el factor de transmisión del filtro y la AV en condiciones de poca luz.

Los resultados del estudio mostraron que: la relación entre la transmisión del filtro y la AV no es lineal, sino que sigue una curva. Los filtros generalmente reducen la AV en condiciones de poca luz, con una pérdida promedio del 9.83%. No hay un rango espectral particular que afecte significativamente la visión, aparte de una posible ligera disminución en el color verde. No hay evidencia de que los filtros ayuden a la visión cuando está en poca luz.

Los filtros pueden tener un efecto perjudicial en la AV en condiciones de poca luz. Esto se debe a que los filtros reducen la cantidad de luz que llega a la retina, lo que dificulta la visión. (7)

USA

En 1976 Ditmars reclutó a 10 sujetos del servicio militar.

Fue a través de que el personal presentaba deficiencias al color, y a base de eso Ditmars les aplicó las pruebas de Hardy-Rand-Rittler e Ishihara utilizando un lente de contacto X-Chrome en el ojo no dominante.

A través de toda esta investigación se llegó a la conclusión de que las personas no presentaban alguna mejora notable en ninguno de los casos. (8)

Universidad de Cole Australiana. Revista de Inglaterra

En el 2006 se aplicó a 100 pacientes la prueba Richmond HRR que presentaban una visión anormal de los colores y a 50 pacientes con una visión normal cromática. Estas pruebas se realizaron mediante el test de Ishihara, el test de Farnsworth D15, el test Medmont C-100 y el anomaloscopio Nagel tipo 1. La prueba Richmond HRR tiene una sensibilidad de 1.00 y una especificidad de 0.975. Aquellos con deficiencia de visión de los colores rojo y verde fueron clasificados correctamente como protan o deutan en el 86% de las ocasiones, con el 11% sin clasificar y el tres por ciento clasificados incorrectamente. Todos aquellos clasificados como con un defecto "leve" por la prueba Richmond HRR pasaron la prueba Farnsworth D15 y tuvieron un rango de anomaloscopio de 30 o menos. No todos los dicrómatas se clasificaron como "fuertes", que era el objetivo.

La prueba es tan buena como la prueba de Ishihara para la detección de deficiencias en la visión de los colores rojo-verde, pero a diferencia de la de Ishihara, también tiene placas para la detección de los defectos del tritán. La prueba Richmond HRR podría ser la prueba de elección para los médicos que deseen utilizar una única prueba para la visión de los colores. (9)

Revista británica. Reino Unido

En 2007 se evaluó la visión cromática a 99 sujetos con deficiencias de color. El material que se usó para realizar las pruebas fue el Ishihara, el Richmond HRR, el Farnsworth D15, el Medmont C100 y el anomaloscopio Nagel.

Los resultados arrojaron que en la prueba de HRR los pacientes son capaces de nombrar códigos de color de superficie sin error o solo con un error ocasional. En la prueba Farnsworth D15 identifico a los pacientes que cometieron pocos o ningún error (hasta un 6%) con un código de 10 colores, pero que podían nombrar los colores de un código de siete colores que no incluye naranja, marrón y púrpura. Si se excluyen los protanes, el valor predictivo de una aprobación P((P)) para el Farnsworth D15 mejora de 0.59 a 0.70. El anomaloscopio no es un predictor especialmente bueno para quienes pueden reconocer códigos de color de superficies. Sin embargo, un rango de anomaloscopio >35 unidades identifican a aquellos que tienen dificultades para reconocer códigos de color de superficie, al igual que una falla en la prueba Farnsworth D15. (10)

Corea

En el 2015 el Departamento de Optometría y Ciencias de la Visión y el Instituto para la Promoción del ojo de la Universidad Católica de Daegu, Gyeongsan en Corea del Sur. Hizo una investigación sobre los cambios de percepción al color con lentes entintadas.

El estudio se realizó con 14 participantes con visión de color normal, se evaluó el efecto del uso de las lentes entintadas en diferentes tonalidades y los participantes se sometieron a 3 pruebas: la prueba de placas pseudoisocromaticas, la prueba de disposición y la prueba de Lantern.

Los resultados que se obtuvieron mostraron que el uso de lentes entintadas cual sea el color, se asocia a puntuaciones altas con un margen de error en las pruebas. En especial las lentes color amarillo oscuro mostraron errores altos que los demás colores. Los lentes de color gris oscuro y marrón de igual manera perjudicaron al paciente confundiéndolo en la percepción del color, especialmente en la prueba de Lantern. Los resultados de este estudio arrojaron que el uso de las lentes entintadas afecta la percepción del color incluso en personas que lo perciben de manera correcta. (11)

USA New York

En el 2018 se reclutaron 19 pacientes en el Ross Eye Institute por Venkata NY.

Se impartieron las pruebas de Ishihara y Farnsworth D-15 con filtros y sin filtros en el EnChroma. Se llegaron a excluir pacientes con alguna enfermedad patológica o estrábica.

Los diagnósticos que se obtuvieron fueron 6 protanomalos y 13 deuteranomalos con una AV de 20/20. Los resultados analizados mostraron que los 6 pacientes protanomalos antes del filtro pasa a protan leve, Por el contrario, en la prueba de D-15 no hubo mejora con los filtros EnChroma para los pacientes protones y deutanos. Con esto se llega a la conclusión de que no existe variación en las pruebas con dicho filtro. (12)

Internacional

En 2018 se realizó un estudio reciente realizado por Badawy donde evaluó el potencial de las lentes de contacto teñidas para mejorar la visión del color en personas con deficiencia de visión del color rojo-verde.

El estudio incluyó a 20 personas con visión de color normal y 50 personas con deficiencia de visión del color rojo-verde. Los participantes fueron evaluados con la prueba estándar de Ishihara, que mide la capacidad de distinguir entre colores.

Los resultados del estudio mostraron que las lentes de contacto teñidas mejoraron la capacidad de los participantes con deficiencia congénita de visión del color rojo-verde para distinguir entre algunos colores. Sin embargo, los niveles de mejora no fueron homogéneos entre los participantes.

En general, los autores del estudio concluyeron que las lentes de contacto teñidas pueden mejorar la visión del color en personas con deficiencia de visión del color rojo-verde, pero no pueden proporcionar una visión de los colores comparable a la de las personas con visión de color normal. (13)

Universidad de Granada. España

En la investigación de la Universidad de Granada participaron 48 discromatas, tras un llamado público a la que se presentaron más de 200 voluntarios. Los investigadores usaron, por primera vez, dos estrategias para evaluar la eficiencia de estas gafas. La primera consistió en evaluar la visión de los discromatas con y sin gafas mediante distintas pruebas que habitualmente se utilizan para valorar la visión del color: test de Ishihara y test de Farnsworth-Munsell. La segunda estrategia evaluó la efectividad de las gafas que consistió en simular su efecto, mediante la transmitancia espectral de sus lentes, en diferentes observadores simulados, lo que permitió valorar los cambios que producen en la apariencia de los colores

El estudio realizado en la UGR revela que una persona discromata, al utilizar las gafas EnChroma, no percibe nuevos colores, sino que percibirá los colores de una manera diferente.

Por otro lado, durante los experimentos de este trabajo, se solicitó a los participantes que evaluaran subjetivamente la posible mejora al observar su entorno con las gafas. Pero ninguno de los discromatas refirió alguna mejora en los colores de su entorno al mirar a través de las gafas, excepto una participante con una deuteranomalia muy leve.

Los resultados muestran que las gafas utilizadas en este estudio no han revelado ninguna mejora en los dos tipos de pruebas de daltonismo: pruebas de reconocimiento y de ordenación. Por lo tanto, estas gafas tampoco pueden ayudar a los daltónicos a superar las pruebas de detección.

(14)

USA

En el 2020 se realizó un caso clínico con un paciente masculino de 51 años, con un diagnóstico desde los 15 años de Deuteranopia y Catarata en el OI, se sometió a la cirugía del lente intraocular a los 48 años.

Se le realizaron pruebas optométricas como la toma de agudeza visual, sensibilidad al contraste y visión al color; esta última se realizó con la prueba de D-15, HRR y test de Ishihara las cuales confirmaron su diagnóstico antes mencionado. Se le proporcionaron unos lentes Chroma Gen y se le determinó un filtro rosa para ambos ojos junto con su graduación.

Los resultados que se obtuvieron fueron que en el ojo derecho no hubo cambios en la agudeza visual ni en sensibilidad al contraste, en cambio en el ojo izquierdo la agudeza visual se disminuyó en 7 y 8 letras, en la sensibilidad al contraste tuvo cambios de 12 y 18 c/d, mientras que en la prueba de Ishihara se disminuyó en los errores de las placas, en D-15 mostró un patrón poco claro con tendencia a Tritan y en la prueba de HRR dio un diagnóstico de Deutan moderado en ambos ojos. (15)

Oregón- Canadá

La deficiencia de visión de colores, especialmente la de tipo Rojo-Verde (RG), afecta al 8% de la población masculina y al 0.5% de la femenina. No existe cura para la deficiencia de color. Sin embargo, se comercializan lentes especialmente teñidos para mejorar el contraste de color en las personas.

En un estudio se reclutaron 9 hombres y 1 mujer (de 19 a 52 años) con RG y Deficiencia de Visión al Color (CVD). 5 eran deutanos severos, 2 deutanos moderados y 2 eran protanos severos. Las respuestas subjetivas a EnChroma se probaron utilizando el software ColorDx en una tableta y pruebas Farnsworth-Munsell 100-Hue en línea. En solo dos sujetos, los filtros EnChroma dieron como resultado una mejora de protan severo a protan moderado y de deutan severo a deutan moderado usando ColorDx. Ni EnChroma ni los filtros verdes mejoraron las puntuaciones de error medias de ColorDx ($p = 0,39$) y ($p = 1,00$), respectivamente. El filtro rojo mejoró significativamente la discriminación de colores de deutan severo a deutan leve en todos los sujetos con deutan, y en un sujeto, de protan severo a deutan leve ($p = 0,013$). El EnChroma no mejoró la puntuación de error de la prueba FM 100 Hue. Además, ninguno de los otros filtros mostró una mejora significativa en las puntuaciones de error del FM 100 Hue.

Los resultados mostraron que los filtros EnChroma no tuvieron un efecto significativo en el rendimiento de ninguno de los sujetos, pero solo mejoraron la puntuación de error en dos sujetos. (16)

Aspectos Teóricos

Capítulo I. Visión al Color y Discromatopsia

En la retina se encuentran miles de células que tienen la finalidad de identificar diferentes longitudes de onda que podemos encontrar en nuestro entorno. Estas células son conocidas como conos y bastones (principalmente por su forma). Estas células son capaces de extraer diferentes partes del espectro de luz solar y transformarla en impulsos eléctricos, los cuales serán directamente enviados al cerebro por medio de los nervios ópticos. Ahí el cerebro será el encargado de transformar todo este proceso y asignar un color a cada longitud de onda visible. (17)

Color

El color es una interpretación de la luz que llega al ojo, la composición de las ondas de luz atraviesa el ojo, sus estructuras, así como su sistema nervioso central. Los tonos de los colores aparecen variando la intensidad de las ondas de luz (larga, mediana y corta). El color de la luz puede variar si hay otra luz cerca de ella o si vemos antes de algo más brillante. (18)

Luz

De manera científica, se conoce a la luz como la radiación que emiten algunos cuerpos, por incandescencia o luminiscencia que, iluminando a los objetos, los hace visibles. Puede definirse también como el conjunto de radiaciones capaces de estimular el órgano visual. (19)

Longitud de onda del color

Está determinado por la longitud de onda de la luz, que es la distancia entre la cima de las ondas del rayo lumínico. Cada valor numérico en la longitud de onda determina una tonalidad del color y cada objeto es capaz de reflejar uno de esos valores dependiendo de la luz que caiga sobre él. (20)

La córnea transparente no deja pasar sino ondas de longitudes comprendidas entre 300 y 155 nm. El cristalino solamente permite pasar las de 380 a 760 nm. (21)

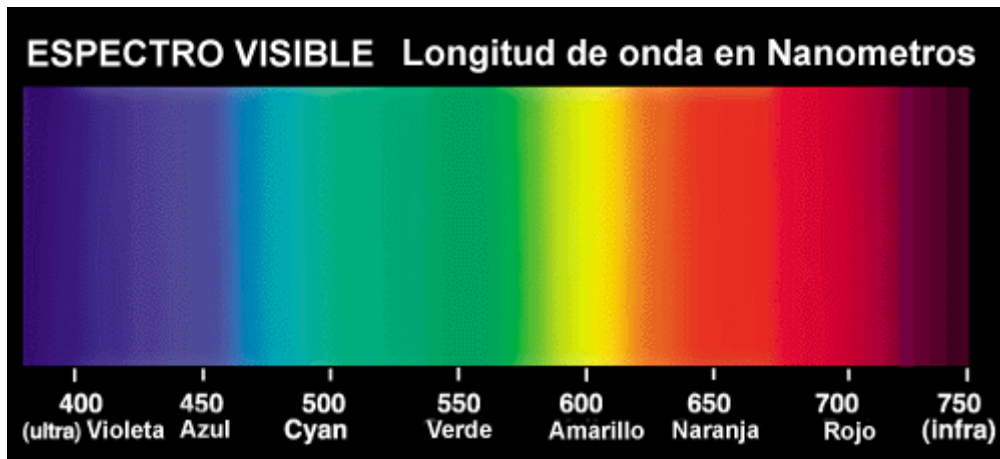


Imagen 1: Longitudes de onda de los colores, ejemplificado desde el más bajo al más alto. Espectro visible. (2012, 14 de junio). [Blogspot] Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://3.bp.blogspot.com/-ZnluXHKx0Ec/UM9Vj3UUBVI/AAAAAAAAACng/chhJBs015yA/s1600/Espectro+visible.gif>

Fototransducción del color

La fototransducción es el proceso por el cual la luz se convierte en una señal eléctrica y que el cerebro puede interpretar como color. Este proceso da inicio en las células de la retina llamadas fotorreceptores, que se dividen en dos tipos: conos y bastones.

Existen tres tipos de conos, cada uno sensible a un rango específico de longitudes de onda de luz:

- Conos de rojo: sensibles a longitudes de onda largas (alrededor de 560-580 nm).
- Conos de verde: sensibles a longitudes de onda medias (alrededor de 520-540 nm).
- Conos de azul: sensibles a longitudes de onda cortas (alrededor de 420-440 nm).

Es importante saber que la combinación de las señales de los tres tipos de conos determina el color que percibimos.

Su proceso consta primero de:

1. **Absorción de luz:** Los pigmentos sensibles a la luz en los conos (llamados fotorreceptores) absorben fotones de luz.
2. **Activación de la cascada de fototransducción:** La absorción de fotones provoca una serie de reacciones químicas que amplifican la señal.
3. **Cierre de canales de sodio:** La cascada de fototransducción provoca el cierre de canales de sodio en la membrana celular del cono.
4. **Hiperpolarización:** El cierre de los canales de sodio reduce el flujo de iones de sodio hacia el cono, lo que genera una hiperpolarización (cambio negativo en el potencial de membrana).
5. **Liberación de glutamato:** La hiperpolarización del cono reduce la liberación de glutamato, un neurotransmisor que transmite señales a las células bipolares de la retina.
6. Las células bipolares transmiten las señales a las células ganglionares.
7. **Transmisión a las células bipolares y ganglionares:** Envían la información al cerebro a través del nervio óptico.

En el cerebro se reciben las señales del nervio óptico y se interpreta la información sobre la intensidad y la longitud de onda de la luz.

La corteza visual, ubicada en el lóbulo occipital, será la responsable de la percepción del color.

Mientras que el cerebro también utiliza información de otras áreas del cerebro para interpretar el color, como la memoria y la experiencia.

También se debe tener en cuenta que existen factores importantes que influyen en la percepción del color:

Iluminación: La luz artificial o natural puede cambiar el color de un objeto.

Adaptación a la oscuridad: En condiciones de poca luz, la visión del color se reduce.

Deficiencias de la visión del color: Algunas personas tienen dificultades para ver ciertos colores, como el daltonismo. (22)

Percepción individual: La percepción del color puede variar ligeramente entre personas.

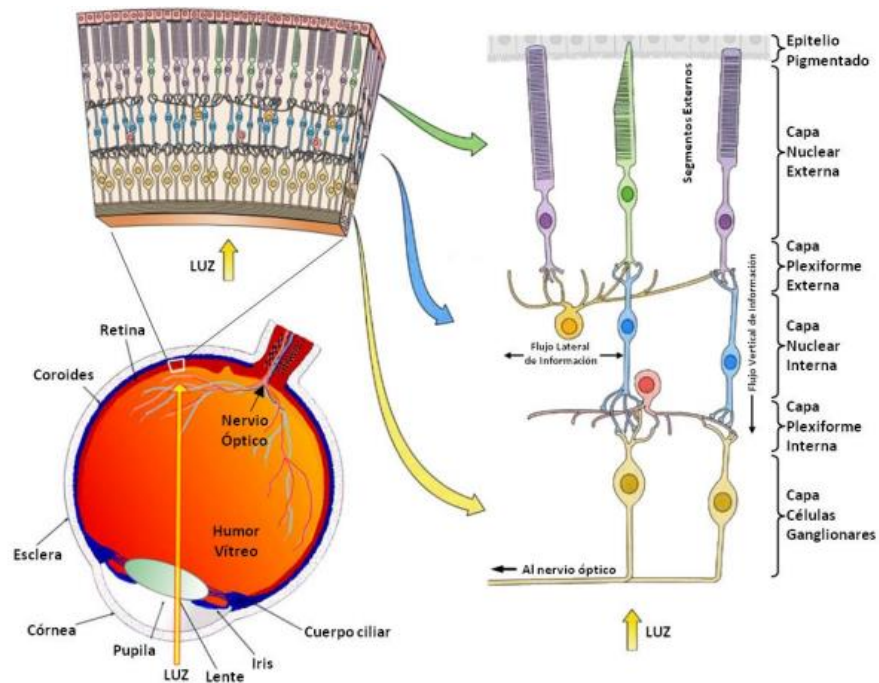


Imagen 2: Estructura del ojo, donde se pueden apreciar las capas internas, externas y nucleares, así como los conos y bastones, además de los elementos que conforman al ojo.

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.blueconemonochromacy.org%2Fes%2F saber-mas%2Fel-ojo%2F&psig=AOvVaw3ZukPOtUMs2wdtS3qlcj8Y&ust=1735942692301000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCNjditCI2IoDFQAAAAAdAAAAABAE>

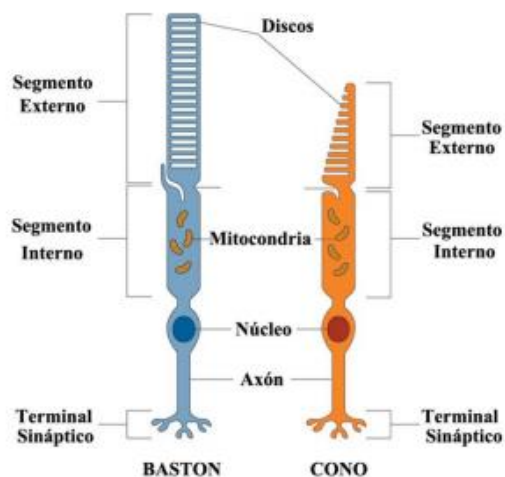


Imagen 3: Morfología de los conos y bastones del ojo.

Contín Maria. A. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2013). Caracterización y modelado de la respuesta espectral de materiales reflectantes para aplicaciones espaciales. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Córdoba]. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/13264/13007%20R-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Visión al color

En la retina, existen dos tipos de células especiales las cuales capturan la luz y nos ayudan a ver el color los cuales son: los bastones y los conos.

Los encargados de la percepción en la oscuridad son:

Los Bastones: Son los encargados de la visión nocturna. Su sensibilidad a la luz (500 nm) les permite detectar hasta el más mínimo destello en la oscuridad.

Mientras que los encargados de tener una percepción al color son:

Los Conos: Encargados de la visión a color, especialmente bajo condiciones de luz brillante.

Existen 3 tipos de colores base:

Conos S (azul): sensibles a la luz de 420 nm, capturan los tonos azules.

Conos M (verde): sensibles a la luz de 530 nm, revelan el verde del mundo.

Conos L (rojo): sensibles a la luz de 560 nm, pintan de rojo nuestro entorno. (22)

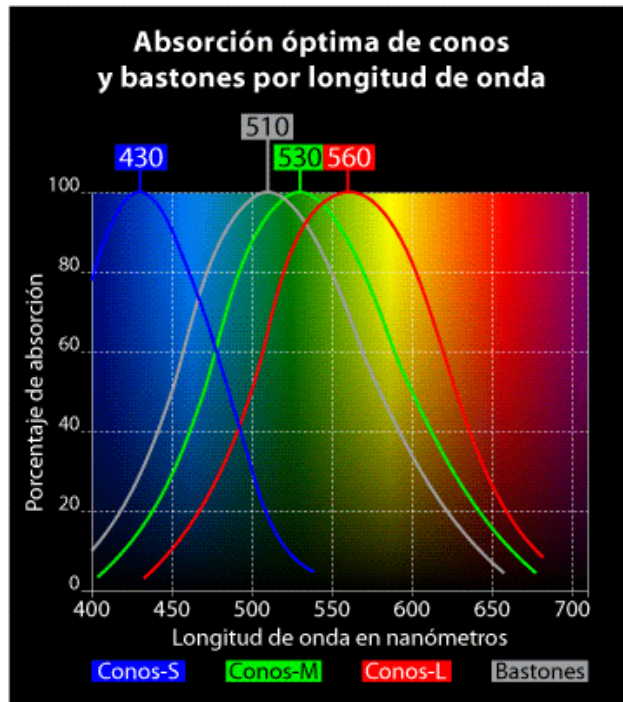


Imagen 4: Ejemplo de las diferentes longitudes de onda de los 3 conos que conforman al ojo.
 fotopi.gif: https://2.bp.blogspot.com/_IUEhfWa-A58/S8aSzHq5TRI/AAAAAAAAAEY/qfHRnaMT67o/s1600/fotopi.gif

El estímulo de la visión de los colores es una derivación del estímulo básico de la percepción visual. Creemos que es muy importante la percepción del color; tanto que, influye profundamente en nuestro estado de ánimo y es la base fundamental de la estética visual.
 (21)

Cuando una persona cuenta con un buen funcionamiento de estos 3 conos se considera que tiene una buena visión cromática o en la clasificación de Discromatopsia es una persona **Tricrómata**. Gracias a estos tres tipos de conos, las personas disfrutan de una agradable y completa percepción del color.
 (18)



Imagen 5: Imagen de los 3 diferentes y principales colores que percibimos, de los cuales con ayuda de la luz se modifica provocando que se perciban otros colores.
 Girona Studio. (2018, septiembre 9). Color RGB. [Imagen]. Girona Studio. https://gironastudio.es/wp-content/uploads/2018/09/color_rgb-300x300.jpg

Líneas de Confusión

Se denomina línea de confusión al lugar geométrico definido por diferentes estímulos que, mediante ajustes en su luminancia, pueden ser igualados a uno dado por un observador discrómata. Estas son líneas de cromaticidad constante para un discrómata. Por lo tanto, el hecho de que dos puntos (estímulos) caigan sobre una determinada línea de confusión implica que, ajustando la luminancia, son indiscernibles para el sujeto con visión defectuosa al color. Para explicar el necesario ajuste de luminancia, cabe destacar que la luminancia total es integral de las intensidades en el espectro de luz recibida; dado que un discrómata recibe distinta distribución, la intensidad total no será la misma que para un tricrómata estándar. Siendo que el diagrama CIE xy está construido a intensidad constante para un tricrómata estándar, se hace necesario el ajuste de intensidad para definir las líneas de confusión. (23)

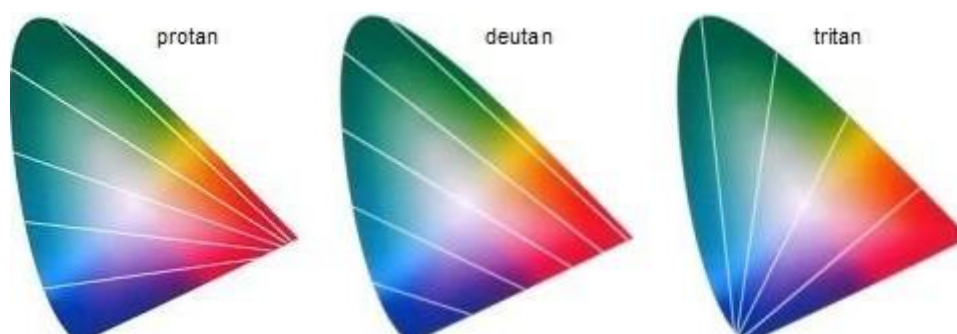


Imagen 6: Líneas de confusión representadas en el diagrama de cromaticidad.

Líneas de confusión. 2023, abril 12). Asociación Profesional de Revistas Jurídicas Valencianas. <https://www.uv.es/aprjuv/images/11517con/confusion.jpg>

Teorías tricromáticas

Thomas Young

En 1801 Thomas Young, a través de las observaciones e investigaciones de Newton sobre la descomposición y síntesis de la luz, publicó la primera teoría para dar explicación a la percepción del color.

A él se debe la teoría de los tres colores, que afirma que la visión del color se debe a la combinación de las señales de tres receptores distintos (los conos de la retina) sensibles al rojo, verde y azul, (colores primarios). Ya que la percepción de cualquier otro color se debe a la combinación de los primarios.

En un experimento, Young comprobó que, si un rayo de luz atravesaba dos pequeñas rendijas muy próximas, en la pantalla aparecían unas bandas brillantes que alternaban con otras más oscuras. La luz que pasa por los orificios recorre caminos diferentes dependiendo del punto de la pantalla al que llegan. Este fenómeno sólo tiene explicación si la luz está formada por ondas, que pueden sumarse (dando lugar a las bandas claras) o restarse y anularse mutuamente (en las bandas oscuras).

Los resultados de sus investigaciones se hallan expuestos en sus "Memorias sobre la luz y sobre el color", donde aparecen formuladas por vez primera las teorías de la interferencia de la luz y de su naturaleza ondulatoria. (24)

Young-Helmholtz

Young propuso un modelo para explicar la trivariancia visual. Él decía que era posible igualar un color mediante mezcla de un primario rojo, otro verde y otro azul, la causa debería radicar en la existencia de tres tipos de receptores, rojo, verde y azul, que responderían, en mayor o menor medida, a cada uno de estos primarios. Young llegó a proponer que la respuesta de estos receptores debía ser de espectro ancho, que la sensación de color dependería de la relación entre las respuestas de los tres tipos de receptores. En 1850 desarrolló bien la teoría de que los tres tipos de conos fotorreceptores podían clasificarse como de preferencia corta (violeta), de preferencia media (verde) y de preferencia larga (rojo), según su respuesta a las longitudes de onda de la luz que incide en la retina. La intensidad relativa de las señales detectadas por los tres tipos de conos es interpretada por el cerebro como un color visible. (25)

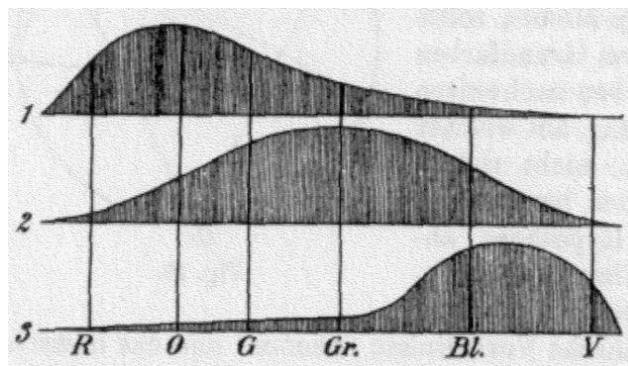


Imagen 7: Ejemplo del sobre diagrama la teoría de Young.

Smith, J. (2023). Diagrama de Young-Helmholtz [Imagen]. Wikimedia Commons. <https://upload.wikimedia.org/commons/thumb/2/23/YoungHelm.jpg/640px-YoungHelm.jpg>

Hering

Esta teoría enuncia la existencia de tres sustancias fotoquímicas en los elementos retinianos.

Una reacciona a estímulos acromáticos del blanco y negro; otra a los estímulos rojo-verde; y la tercera a los complementarios amarillo-azul. Las sensaciones cromáticas blanco, azul y verde dependerían de un proceso anabólico; la sensación de negro, amarillo y rojo a procesos catabólicos. La sensación del gris implicaría el equilibrio de ambos colores. (22)

La teoría de los colores oponentes

Según esta teoría, la ordenación de colores se basa en que todas las cromaticidades pueden contener una componente roja o verde, pero nunca ambas sensaciones simultáneamente. Similarmente, el azul y amarillo son colores exclusivos en un determinado estímulo luminoso. Clasificar un color como rojo o verde y como azul o amarillo es una descripción completa para este modelo. Con la teoría de los colores opuestos la sensación de color se organiza a lo largo de dos ejes. El primero codifica la composición roja-verde de un color, mientras que el segundo eje (perpendicular al primero) codifica la sensación azul-amarilla de un estímulo luminoso. La intersección de estos dos ejes codifica la intensidad luminosa en un tercer eje perpendicular a ambos. (26)

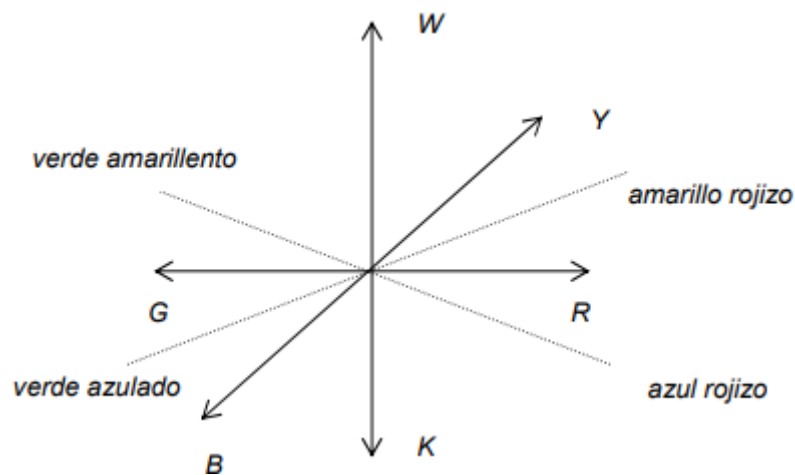


Imagen 8: Representación de la teoría de los colores opuestos para clasificar algún color.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Clasificación Internacional de Enfermedades, 11^a Revisión (CIE-11); Edición 2022. <https://core.ac.uk/download/pdf/70999331.pdf>

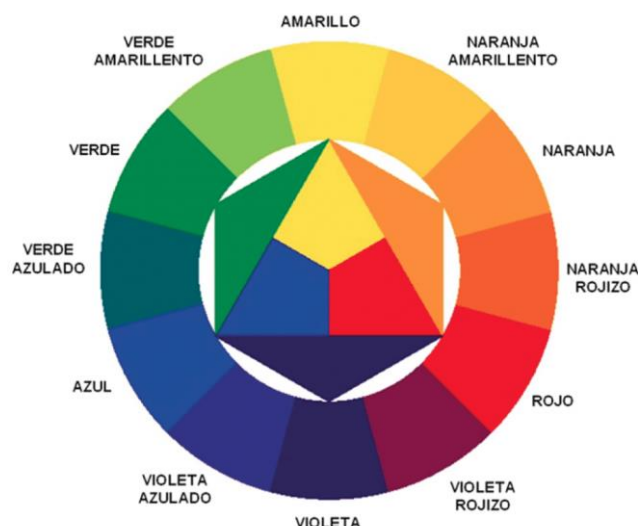


Imagen 9: Representación detallada de la Teoría de los colores oponentes (círculo cromático). Círculo cromático. [Imagen en línea]. Walk With Me. [Internet]. 2023 Feb [citado 2024 Mar 04]. Disponible en: <https://www.walkwithme.es/wp-content/uploads/2023/02/que-es-el-circulo-cromatico.png>

Clasificación de los colores

Se consideran como colores primarios al rojo de 700 nm, el verde con 530 nm, y azul con 470 nm, ya que se pueden formar todos los colores al ser mezclados y son escogidos de tal forma que ninguno de ellos se pueden conseguir por la mezcla de otros dos.

Los colores primarios aditivos son el rojo, el verde y el azul. Se llaman "aditivos" porque al combinarlos en diferentes proporciones, podemos crear una amplia gama de colores, incluyendo el blanco.

Ejemplo:

- Rojo + verde = amarillo
- Rojo + azul = magenta
- Verde + azul = cian
- Rojo + verde + azul = blanco

El negro se crea por la ausencia de estos tres colores. Los colores primarios aditivos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como las pantallas de televisión y computadora, los proyectores, las luces LED y los filtros de color.

(22)

Escala de grises

Cuando nos referimos a términos acromáticos estamos hablando de los niveles de grises que existen entre el blanco y el negro. Dentro de esta escala podemos encontrar 9 niveles los cuales inician desde el blanco y finalizan con el negro. Los tres primeros niveles son la escala de alto valor, los tres siguientes son la escala intermedia y por consiguiente los últimos tres son los de escala de menor valor. (17)

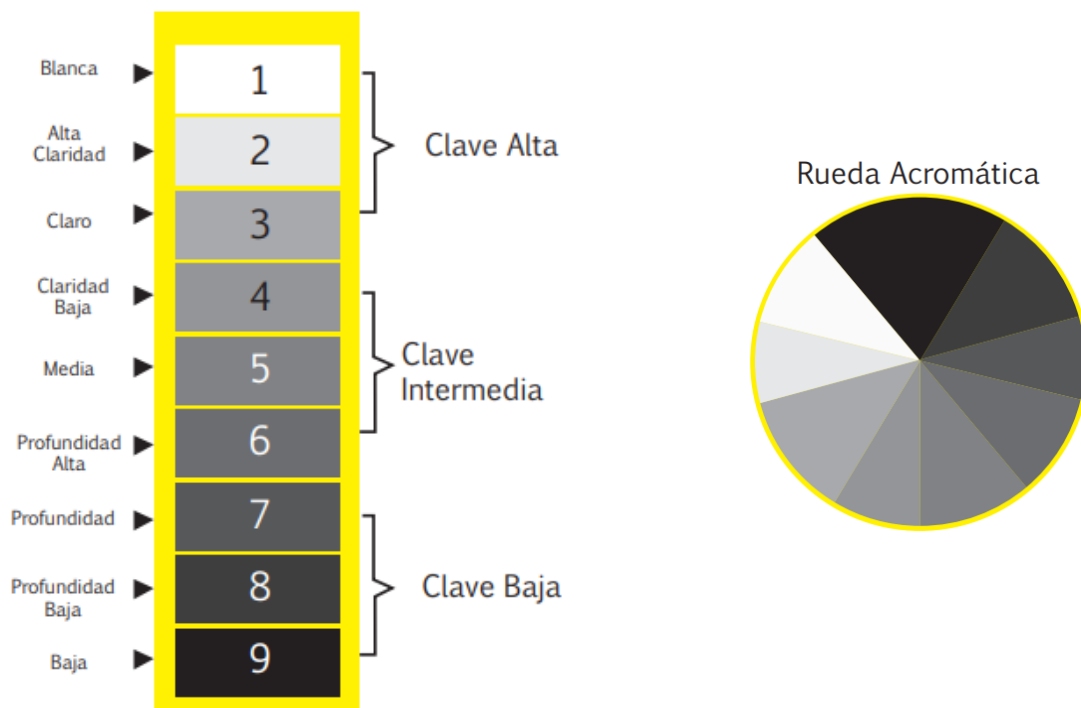


Imagen 10: La imagen del lado izquierdo ejemplifica la escala de grises de la más baja a la más blanca, mientras que el círculo del lado derecho es de la rueda acromática de grises.

De los Santos, A. (2010, octubre). Teoría del color. [PDF]. Recuperado de <https://adelossantos.files.wordpress.com/2010/10/teroria-del-color.pdf>

Propiedades del color

Tonalidad (matiz): Es la característica del color percibido (rojo, azul, morado, etc.). El cómo se percibe el color depende de la longitud de onda de la luz. Los tonos primarios son el azul, rojo y verde y los no primarios son el naranja, amarillo, azul-verdoso. Los colores primarios pueden ser percibidos por una mezcla adecuada de los colores iniciales o por una única longitud de onda específica para cada uno de ellos. Así el amarillo es una mezcla de verde y rojo, etc. De igual manera se obtiene este color cuando igual cantidad de todas las longitudes de onda son mezcladas

Saturación: Se considera la pureza de cualquier color. Cuando percibimos el color con una misma longitud de onda se puede decir que el color está completamente saturado. Cuando más longitud de onda o luz es añadida el color se vuelve más pálido (desaturado) aunque se perciba del mismo tono dominante. Por ejemplo, el rosa es un color desaturado del rojo

Iluminación o Brillo: Es la cantidad de luz proveniente de algún objeto (el número de fotones de luz que alcanza el ojo). El brillo es la interpretación subjetiva de la luminancia. Esto debido a que es un tipo especial de color: es percibido cuando vemos un amarillo o amarillo rojizo de baja luminancia, o cuando el amarillo rojizo se presenta junto con una luz blanca de alta intensidad. (27)



Imagen 11: Ejemplificación de las 3 principales propiedades del color.

Arte en general. (2016, 17 de noviembre). Color: Características del color. [Blog]. Arte en general blog. <https://arteengeneralblog.wordpress.com/2016/11/17/color-caracteristicas-del-color/>

Percepción del color

La percepción del color inicia con la luz reflejada. La luz incide sobre un objeto y se refleja en diferentes longitudes de onda.

Pasa por la Retina. La luz reflejada llega a la retina del ojo, donde se encuentran células sensibles a la luz llamadas conos y bastones.

A través de los tipos de conos que se encuentran en el ojo cada uno es sensible a un rango específico de longitudes de onda:

- Rojo: 570-700 nm
- Verde: 500-570 nm
- Azul: 400-500 nm

Las señales llegan al cerebro, ahí los conos convierten la luz en señales eléctricas que se envían al cerebro a través del nervio óptico.

Finalmente se realiza una interpretación cerebral. El cerebro interpreta las señales de los conos para determinar el color que percibimos. (28)

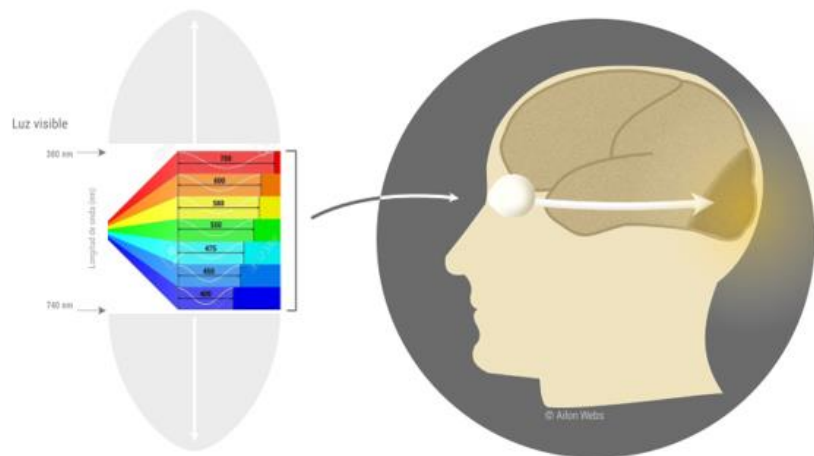


Imagen 12: Esquema de la correcta forma en la que se realiza el mecanismo de la percepción al color. Espectro visible. (2022, enero). [Imagen]. Arquintro. <https://www.arquintro.com/wp-content/uploads/2022/01/espectro-visible.jpeg>

Dispersión Cromática:

Consiste en la desintegración de la luz blanca en todos los colores debido a que cada color se refracta de manera diferente cuando pasa de un medio a otro. Un ejemplo espectacular de esto es la formación del arco iris, que se forma porque la luz blanca del Sol se dispersa de manera cromática y se refleja dentro de las gotas de lluvia. La luz se dispersa al pasar a través de una gota (punto A), y al llegar nuevamente a la superficie (punto C) sufre una reflexión, hecho muy similar a lo que ocurre en un espejo. De esta forma, una fracción de la luz proveniente de A se refleja hacia B y otra se transmite hacia D, la cual no llega a los ojos del observador (E). Por lo tanto, cada gota provoca una pequeña dispersión a la luz del Sol y todas las gotas que se encuentran en una posición adecuada entre el observador y el Sol contribuyen a que veamos una imagen virtual de un arco multicolor llamado precisamente arco iris. (29)

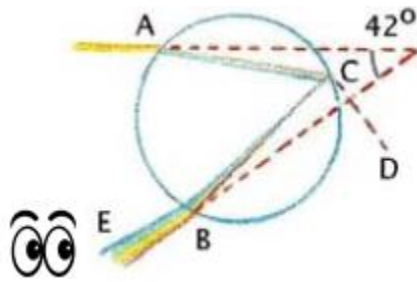


Imagen 13: Ejemplificación de la Dispersión cromática

UNAM.mx. Experimentos simples para entender una tierra complicada [citado el 2 de marzo de 2024].

Disponible en: https://tellus.geociencias.unam.mx/wp-content/uploads/2020/01/libro2_-luz_color.pdf

Capítulo II. Discromatopsia

La discromatopsia se define como un trastorno ocular que impide el identificar los colores de manera correcta. La percepción visual puede estar presentada de una manera modificada ya sea por una disfunción genética o hereditaria. (30)

La discromatopsia se caracteriza por una disminución de la capacidad de la discriminación de los colores. (31)

Y esta se presenta cuando una persona tiene una deficiencia de pigmentación correcta de los conos y la interpretación de las imágenes al cerebro. (32)

De esa manera se presenta una alteración en la percepción de los colores, la cual se puede dividir en dos tipos de discromatopsias dependiendo de su origen: congénita o adquirida. (33)

Es importante que sepamos que existen 2 tipos de Discromatopsias, y debemos saber distinguir entre Discromatopsia Congénita y Adquirida. La primera se considera hereditaria, y la segunda se presenta por influencias tóxicas (alcohol, tabaco, drogas, medicamentos etc,) o por resultado de la progresión de una enfermedad hereditaria (retinitis pigmentosa, atrofia óptica dominante, etc.). (34)

Discromatopsia Congénita

La Discromatopsia Congénita es la más frecuente en la pérdida de la visión del color, siendo resultado de una ausencia congénita o alteración de uno o más fotopigmentos de los conos. Usando técnicas de genética molecular, han aislado la secuencia genómica del ADN que codifica las apoproteínas de los tres pigmentos de los conos confirmando la hipótesis que la Discromatopsia Congénita de la variedad más común (Protanopia), es causada por alteraciones en las codificaciones de los genes de los pigmentos sensitivos al rojo-verde. (34)

La discromatopsia congénita es la discromatopsia que más compromete la percepción de los colores rojo-verde. Asimismo, la discromatopsia congénita no tiene relación con otros defectos visuales, mientras que la adquirida sí.

Las discromatopsias congénitas se pueden clasificar en:

Monocromática: solo hay un pigmento en la mácula y la visión se reduce a una sola dimensión del color.

Dicromática: se debe a un cambio en uno de los tres mecanismos básicos del color.

Tricromática: están presentes los tres tipos de fotorreceptores de color, pero con un cambio en la función. Son las más comunes y pueden alterar seriamente la percepción del color. (35)

La deficiencia congénita de la visión al color se considera una de las más comunes. Trastornos hereditarios de la visión, y es el más estudiado e investigado. El tipo más común de CCVD es el defecto rojo-verde, término que comprende protanomalía, protanopía, deuteranomalía y deuteranopía.

Se sabe que la prevalencia de la deficiencia de visión de los colores rojo y verde llega al 8% en los hombres y al 0,5% en mujeres. Esto a través de que los hombres solo poseen un cromosoma X y las mujeres dos. (16)

La Discromatopsia congénita afecta al 0.8% de los hombres mientras que en mujeres solo afecta el 0.5%. La gran diferencia de la prevalencia es debido a que se hereda de manera recesiva en el cromosoma X. (36)

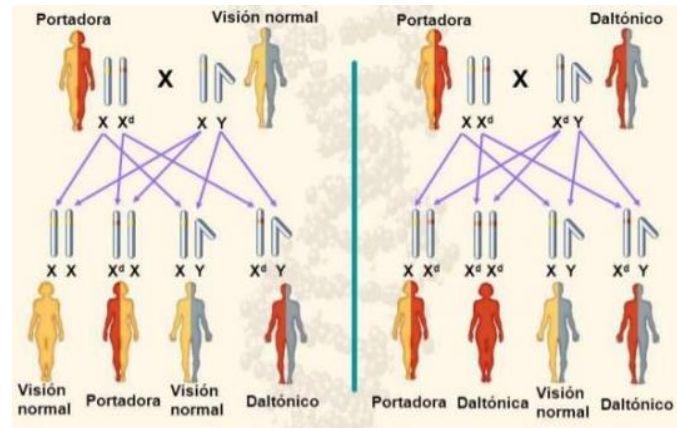


Imagen 14: Árbol genealógico que muestra el modo de herencia de las alteraciones de la visión del color, relacionadas al cromosoma X. Normalmente el abuelo es discromata, se lo pasa a sus hijos y si uno de ellos es mujer ella será la portadora y una vez que ella tenga hijos, su hijo varón tendrá el cromosoma X el cual será Discromata.

Siempre se da en la tercera generación después del abuelo discromata.

Quoracdn.net. [citado el 6 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-9291bf835564ff81709fbe89414706c6-lq>

Discromatopsia Adquirida

La discromatopsia adquirida se presenta cuando la persona padece de enfermedades de retina, nervio óptico, por causas tóxicas (drogas, alcohol o tabaco) y por resultado de la progresión de una enfermedad hereditaria (retinitis pigmentaria y atrofia óptica), al igual personas que toman medicamentos para alguna situación mental (esquizofrenia). (37)

La discromatopsia adquirida compromete la percepción de azul, amarillo, rojo y verde. (35)

Las discromatopsias adquiridas según Verriest, normalmente son monoculares por lo cual el paciente tiende a compensarlas y permanecer en un nivel subclínico. (18)

Este tipo de Discromatopsia puede cambiar el grado con el tiempo, frecuentemente estas se producen de manera monocular. Al ser una deficiencia adquirida, la prevalencia de este tipo de discromatopsia suele ser tanto en hombres como en mujeres, predominando el defecto tritan y en casos avanzados el rojo-verde. (38)



Imagen 15: Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia. Representa el desencadenamiento de la Discromatopsia adquirida.

Tipos de Discromatopsia

Los tipos de ceguera de Discromatopsia se pueden clasificar según el tipo de pigmento que falta en los conos de la retina.

Acromata: es una enfermedad del sistema ocular que se manifiesta por la incapacidad total para percibir los colores. La visión se percibe solo en tonos gris. Esta afección es muy rara, y trae consigo síntomas muy incómodos para el paciente (fotofobia, nistagmus).

Protanope: tienen una deficiencia en los conos que detectan el color rojo, y presentan dificultades para distinguir entre el rojo y el verde.

Deuteranope: presenta una deficiencia en los conos que detectan el color verde, por lo que tienen dificultades para distinguir entre el verde y el rojo.

Tritanope: tienen una deficiencia en los conos que detectan el azul, por lo que tienen dificultades para distinguir entre el azul y el amarillo y suelen ser adquiridos. (39)

La discromatopsia más común en la visión de etiología congénita es muy común, se reconocieren tres tipos: Protanopia: La más común, en la cual el individuo no puede discriminar entre los colores rojo y verde, Deuteranopia: En la que se confunde los colores verdes con tonalidades de rojo, y Tritanopia: Consiste en la confusión de los colores azules con los amarillos, es menos frecuente, en esta, no existe como anomalía funcional congénita. (34)

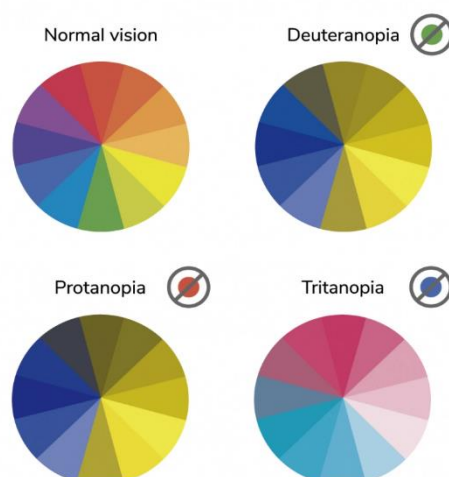


Imagen 16: Representación de los diferentes tipos de Discromatopsia.

Clínica Oftalmológica González Costea. (2023, octubre 24). ¿Qué es la discromatopsia? Tipos y tratamiento. <https://www.clinicagonzalezcostea.es/que-es-la-discromatopsia-tipos-y-tratamiento/>

Pruebas para evaluar la Discromatopsia

La importancia de la evaluación de la visión del color, es cada vez más necesaria, son más las ocupaciones o profesiones que exigen una visión normal del color, por lo que la evaluación se ha vuelto importante.

Podemos encontrar algunas áreas donde la percepción cromática es indispensable, por ejemplo:

- Servicios militares: La identificación de camuflajes, señales luminosas y otros elementos requiere una correcta visión del color.
- Transporte: Tanto conductores como pilotos deben ser capaces de distinguir colores para garantizar la seguridad vial y aérea.
- Diseño y artes gráficas: La precisión en la selección y combinación de colores es fundamental en estas áreas.
- Medicina: El diagnóstico de ciertas enfermedades puede basarse en la diferenciación de tonalidades, así como en área de cirugía.
- Industria: La inspección de productos y la operación de maquinaria a menudo dependen de la correcta percepción del color.

Es importante destacar que la evaluación de la visión del color no solo debe realizarse en el ámbito laboral. También es recomendable realizarla en niños en edad escolar para detectar posibles problemas de visión del color que puedan afectar su aprendizaje. (34)

Pruebas de color

Actualmente existen varias pruebas que ayudan a detectar la discromatopsia, podemos encontrar entre ellas las pruebas de screening o cribado identifica defectos de la visión a color con rapidez y fiabilidad; las pruebas de ordenamiento o clasificación, evalúa la gravedad del defecto y clasifican de acuerdo al color afectado; pruebas de diagnóstico que permite clasificar con precisión el defecto; y las pruebas profesionales (lámparas o linternas). (39)

Pruebas Pseudoisocromáticas

Son las más comunes de utilizar, no suelen ser muy eficaces en cuanto a la clasificación de la gravedad del defecto del color afectado y por ello no nos proporciona una información completa. (39)

Estas pruebas consisten en láminas que están formadas por puntos de color gris que están organizados de modo que para el ojo normal la agrupación de ciertos colores produce una figura la cual cuenta con una tonalidad de color, por el contrario, para aquellos que presentan alteración de la visión del color será percibida de manera parcial o no será vista. (40)

Ishihara

Láminas o Test de Ishihara son las más comunes y desarrolladas en 1917. Maneja un 93% de sensibilidad y un 98% de especificidad. Ayuda a detectar defectos rojo-verde y consiste en presentar al paciente una serie de láminas en las que se presenta una cifra en varios colores, contra un fondo multicolor.

(39)

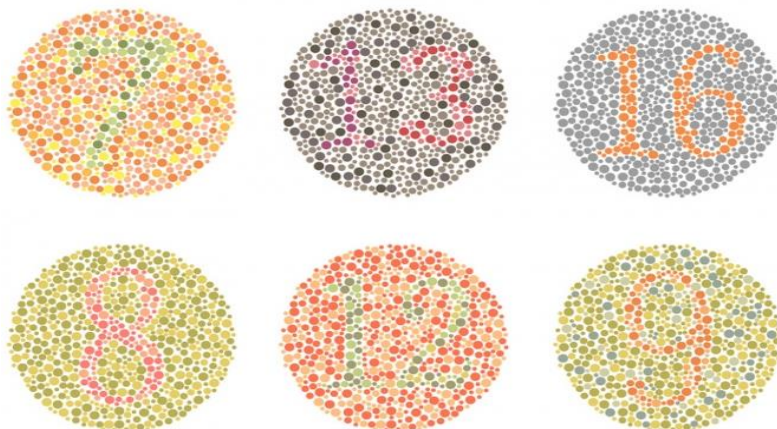


Imagen 17: Representación de la prueba de Ishihara y el cómo el paciente ve esta prueba. Gutiérrez-Amorós, J. (2016, noviembre). Daltonismo. [Imagen]. Clínica Josefina Gutiérrez Amorós. <https://josegutierrezamoros.es/clinica/wp-content/uploads/2016/11/color-blindness-scientific-publishing-700x494.jpg>



Imagen 18: Cuadernillo de la prueba pseudoisocromatica más conocida como Ishihara.
https://www.optirepresentaciones.com.mx/cdn/shop/files/GF1256_1000x.jpg?v=1687976711.

Las láminas pseudoisocromáticas cuentan con cinco tipos.

Lámina de prueba, introductoria o de demostración: se usa para explicar el proceso de la prueba, la iluminación de contraste es tan significativa y esta debe ser vista por cualquier persona sin importar si tiene alguna alteración de visión al color.

Lámina de figura desvanecida o disipada: esta prueba se dice que es fácil de leer por personas con visión normal, pero ilegible para personas con alteración de visión al color. La figura es diseñada con una diferencia con respecto al color de fondo.

Lámina de diagnóstico: también es una lámina de figura desvanecida y permite la diferenciación entre protanopes y deuteranopes.

Lámina de transformación: caracterizada por la presencia de dos elementos uno sólo legible por personas con visión del color normal y el otro sólo legible por aquellos que presentan alteración de visión al color. (40)

Matsubara

Es una prueba de identificación de formas simples y de rápida aplicación.

Es similar a la Ishihara solo que esta cuenta con menos láminas, estás en lugar de tener números, tiene figuras ya que está diseñada para ser una evaluación pediátrica o para aplicarla en alguna circunstancia especial. (41)

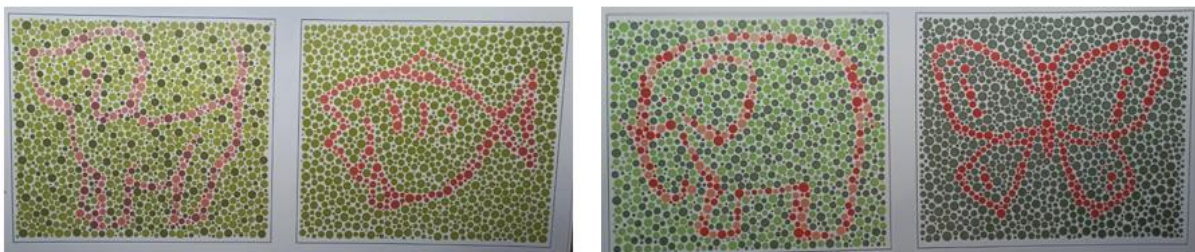


Imagen 19: Test de Matsubara. Prueba pediátrica que beneficia al niño a realizar correctamente la prueba.

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

HRR

La prueba de HRR es tan eficaz como la prueba de Ishihara para la detección de deficiencias visuales rojo-verde. A diferencia de Ishihara también maneja placas para la detección de los defectos Tritan (adquiridas). Se puede considerar que los clasificados como “leve” deben de interpretarse junto con otras pruebas como es la de Farnsworth D15 y anomaloscopia. Esta prueba se considera la única prueba para aplicar en el área de visión al color. (9)

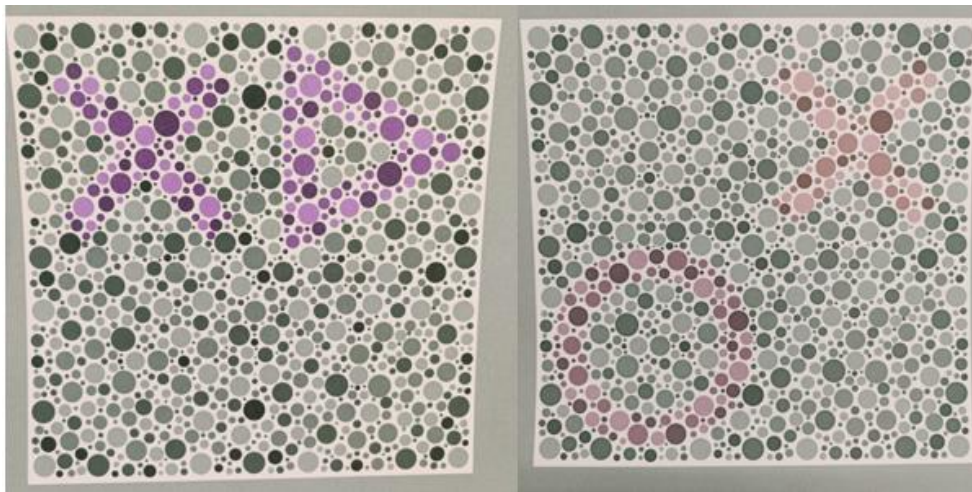


Imagen 20: Prueba de HRR. Estas láminas pertenecen al apartado para diagnosticar Discromatopsias congénitas.

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

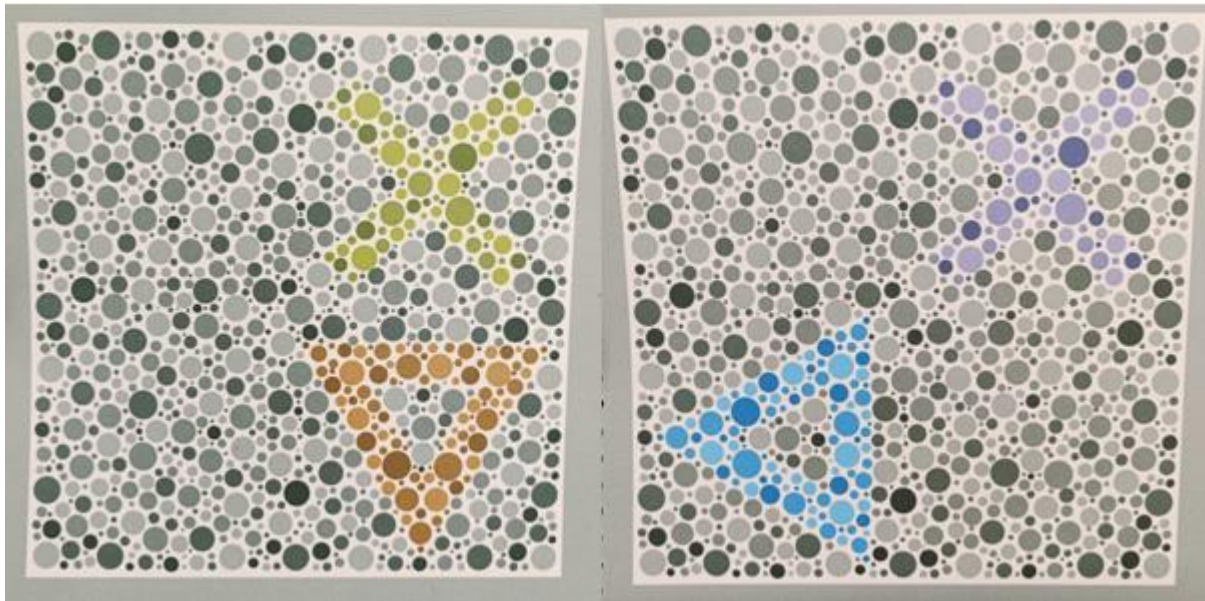


Imagen 21: Prueba de HRR, estas láminas pertenecen al apartado para diagnosticar Discromatopsias adquiridas.

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

Pruebas de Ordenación

Prueba de Farnsworth Munsell 100 Hue

Diseñada en 1943 por Deán Farnsworth considerada la primera prueba de ordenamiento. Esta prueba proporciona el grado de discriminación de los colores (superior, promedio, defectuosa y severa) así como el color afectado (deután, protán y tritán). En México es poco conocida en el área médica; sin embargo, es útil en el ramo electrónico y en trabajadores de la pintura e igualación de colores. En condiciones de una buena aplicación, iluminación, distancia, fondo, explicación, esta prueba puede alcanzar una sensibilidad del 100% y una especificidad del 83%. (39)



Imagen 22: Prueba de ordenación Farnsworth Munsell 100 Hue.

Farnsworth, D. (2015.). Test de Farnsworth [Image]. Área Oftalmológica. <https://areaoftalmologica.com/wp-content/uploads/Test-de-Farnsworth.jpg> (Accessed March 6, 2024).

Farnsworth D-15

Esta prueba de discriminación y ordenación de colores está constituida por 15 fichas móviles de distintos colores que la persona debe de ordenar según la disposición cromática a partir de la ficha de referencia. Las fichas están numeradas por la parte de abajo y se registran en un diagrama que permite identificar una lesión y permite clasificar la discromatopsia ya sea por congénita o adquirida. Para realizar esta prueba no solo se requiere una buena capacidad de discriminación cromática, sino también una buena agudeza visual.

Esta prueba se puede aplicar con estilo saturado (más común) y desaturado el cual consiste en fichas de tonalidad más claras, pero con la misma forma de aplicación que la saturada. (18)

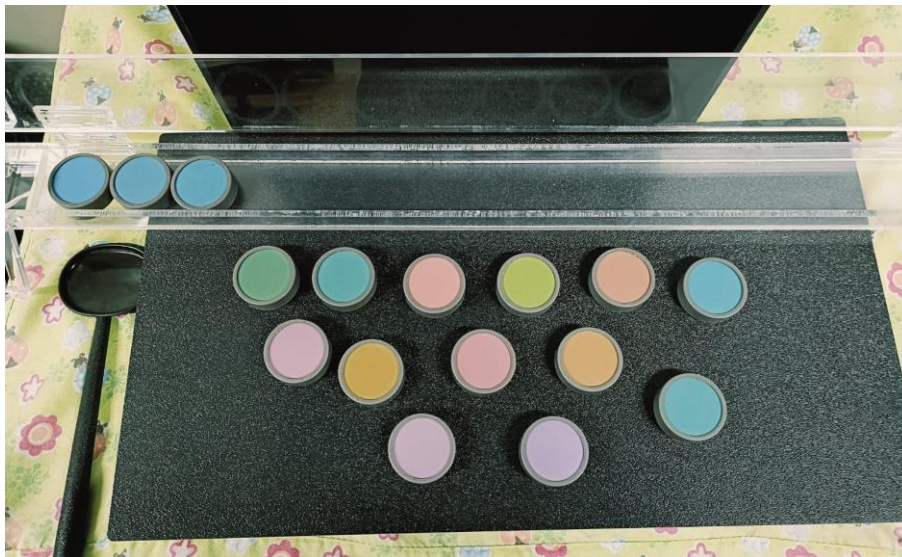


Imagen 23: Prueba de ordenación D-15 Saturado

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

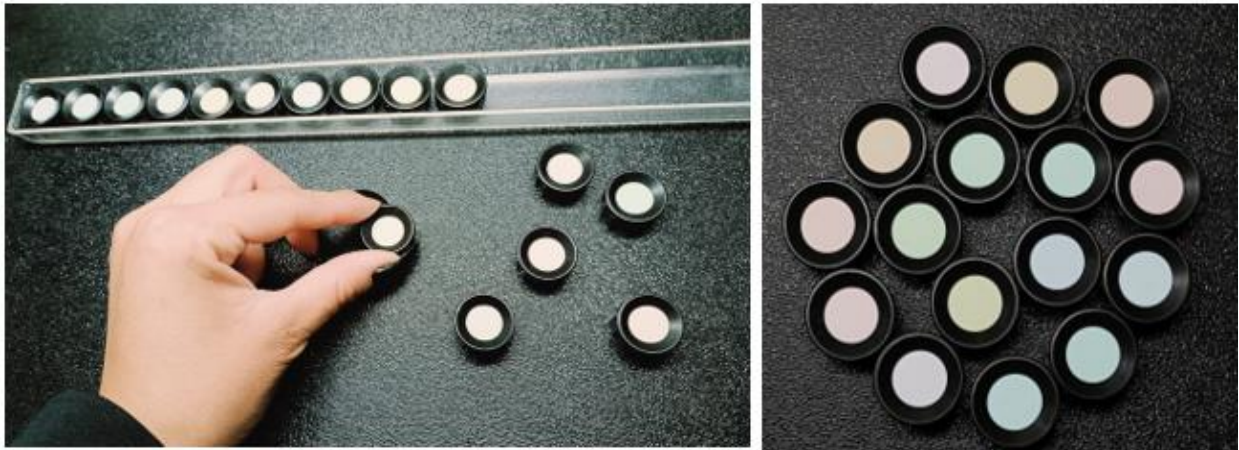


Imagen 24: Prueba de ordenación D-15 Desaturado.

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

Pruebas Especiales

Anomaloscopia

Este es una herramienta diseñada para la evaluación clínica de los individuos con alteraciones de la visión del color, que utiliza colores espectrales obtenidos mediante prismas que descomponen la luz blanca. El usuario debe comparar diversos tonos. Se trata de un dispositivo muy preciso que permite apreciar si existe déficit en la visión del color y su gravedad. Es el único método que hace posible distinguir a un discrómata de un tricrómata anómalo. (23)

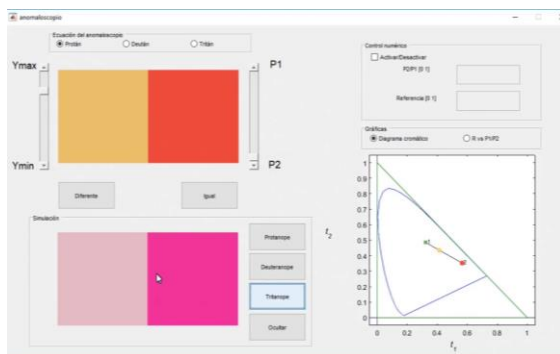


Imagen 25: Prueba de Anomaloscopia

Smith, J. (2014) <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRFdIZBcRyfMu6ix3xCRbWfNxxlxMR6Z9DrzVYbVt5-vw&s,2024-04-03>

Percepcrom

Este software se realiza de manera monocular para medir el recorrido de la longitud de onda, sin considerar discromatopsias. Para utilizarlo, se deben ingresar los siguientes datos en la base de datos:

- Nombre del paciente
- Fecha de nacimiento
- Sustancias tóxicas consumidas o fármacos
- Tiempo de exposición a las sustancias
- Diagnóstico de percepción del color, si así lo tiene

Durante la prueba:

- El paciente se coloca frente al monitor con el OI ocluido.
- Se le explica que hay un recuadro con un color en el lado izquierdo el cual será nuestro color político y cinco opciones en el lado derecho.
- El paciente debe seleccionar la opción que sea igual o más parecida al color del recuadro izquierdo.
- Las pruebas del 1-12 se realizan con el OD.
- A partir de la prueba 13, el paciente ocluye el OD y continúa hasta la prueba 24 con el OI.
- Esta prueba se puede realizar con o sin luz.

Resultados

Los resultados se guardan en la base de datos del software. Y se analiza la diferencia en nanómetros entre el color del cuadro base y el color seleccionado por el paciente. Y se le explica al paciente las longitudes de onda que tuvo recorridas. (42)

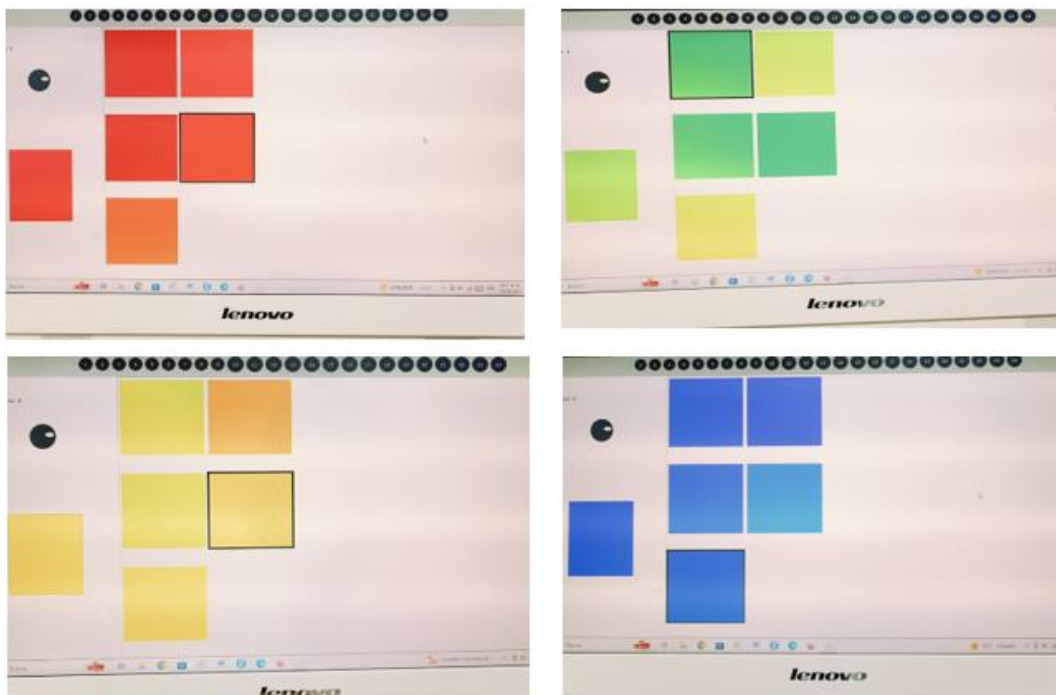


Imagen 26: Prueba de Software que mide la longitud de onda recorrida de cada color que percibe el paciente.

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

Capítulo III. Filtros

Filtros

Se denominan filtros ópticos a aquellos lentes para aplicaciones ópticas que por estar entintados en su masa o por haber sido tratados en superficie, transmiten las radiaciones de ciertas zonas del espectro en mayor proporción que otras.

Del mismo modo se puede definir de otra forma; que los filtros son dispositivos diseñados especialmente para realizar un proceso de separación selectiva. (43)

Un filtro oftálmico sólo permite el paso a través de la luz con ciertas propiedades, suprimiendo o atenuando la luz restante. (44)

El filtro también es denominado como una lente que altera la intensidad, al igual que la distribución espectral de la luz cuando se transmite. En cuanto al enfoque de la visión, las pueden clasificar en dos grandes categorías de agrupamiento: filtros de densidad neutra (convencionales) y filtros absorbentes. (45)

Los filtros se seleccionan y clasifican dependiendo de cada paciente, por ejemplo, se pueden manejar varios tipos. Diafragmas, filtros cromáticos, filtros de densidad neutra o atenuadora y polarizados. Asimismo, a través de que hay varios tipos existen distintos tratamientos que implican a los filtros, pero este es a base del tipo de diseño y necesidades que conformen al paciente, podrían ser usadas al momento de conducir, tratamientos antirreflejantes, lentes polarizadas o lentes de absorción selectiva. (30)



Imagen 27: Filtros oftálmicos

Óptica

Callao.

(2023).

Filtros

terapéuticos.

<https://www.opticaliacallao.com/hubfs/filtros%20terape%CC%81uticos.jpg>

Se debe de tener en cuenta que los filtros son elementos selectivos de radiaciones, los podemos clasificar en diafragmas (elementos que limitan la extensión de los haces de luz).

Existen otros tipos como lo son en el caso de los filtros cromáticas, estos modifican la composición espectral de la radiación. Son dispositivos que absorben o reflejan la luz de forma selectiva en función de su longitud de onda, es decir, de su color. Esto significa que pueden permitir el paso de ciertos colores mientras bloquean otros. (46)



Imagen 28: Filtro cromático

Rawr Fotografía. (2014, octubre). Filtros2.jpg [Imagen]. Recuperado de <https://rawrfotografia.files.wordpress.com/2014/10/filtros2.jpg>

Tipos

Filtro Polarizado

Este filtro óptico solo permite el paso de la luz que vibra en un plano específico. Un filtro polarizador puede eliminar estos reflejos no deseados, lo que puede mejorar la calidad de visión. (43)

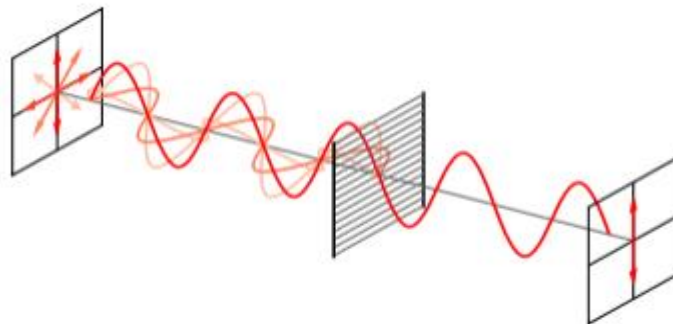


Imagen 29: Ejemplo de cómo es que funciona el filtro polarizado.

Radiografía de tórax que muestra una neumonía. Smith, J. 2023. <https://images.google.com/>

Filtros de densidad Neutra

Este tipo de filtros reduce la intensidad de la iluminación uniforme, elimina gran porcentaje de la longitud de onda del espectro visible. A través de este comportamiento no se llega a producir algún cambio en el color percibido de la imagen ni en las propiedades de la luz, provocando una disminución considerable de la curva de transmisión, esto quiere decir, que reduce el brillo de la imagen, pero no altera el tono de la misma.

Estos filtros se clasifican por los fabricantes en base a su transmitancia, respetando, generalmente, cuatro saltos en la gama que varían dentro de un rango, relacionado con la capacidad perceptiva del ser humano para diferenciarlos. Un ejemplo de ello son los filtros, Zeiss ya que estos establecen cuatro intervalos de niveles de absorción: 0-20%, 20-57%, 57-82%, 82-92% ofreciendo filtros comprendidos en alguno de esos intervalos. (45)



Imagen 30: Ejemplo del filtro de densidad neutra.
Fotografía esencial. (2023, 14 de noviembre). Filtro ND. [Imagen]. Blog Fotografía esencial.
<https://fotografiaesencial.com/blog/wp-content/uploads/Filtro-ND.jpg>

Existen ayudas no ópticas que son muy útiles en rehabilitación visual, estos son los filtros de absorción selectiva, que se definen como todo dispositivo que descarta o selecciona ciertas frecuencias de un espectro eléctrico, acústico, óptico o mecánico. (47)

Filtros de Absorción

Los filtros de absorción tienen una forma de actuar de una manera particular, actúa de forma selectiva sobre las longitudes de onda, se ejecuta de forma selectiva sobre determinadas longitudes de onda. Debido a esto, cambian las propiedades espectrales de la luz que los atraviesa y es posible que se produzca un cambio en el color aparente de la imagen.

Se caracterizan por un número de tres dígitos que corresponde con la longitud de onda (en nanómetros) hasta la cual el filtro absorbe la mayor parte de la luz, que puede complementarse por la curva de transmisión o absorción espectral.

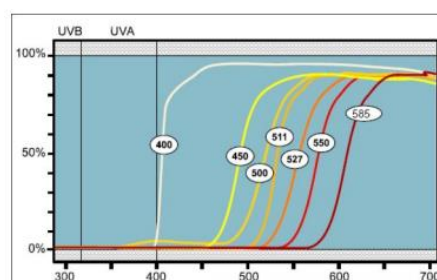


Imagen 31: Ejemplificación de las curvas de transmisión espectral de los filtros de absorción.

García-Sanz, M. J. (2023). Eficacia de la utilización de filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión. Universidad de Valladolid.

Por medio de estos filtros se pueden establecer distintas patologías oftálmicas, especialmente aquellas que producen alteraciones en la retina.

Para este tipo de filtros existen diferentes métodos de elaboración entre ellos:

Tintes “through and through”

Estas lentes al momento de su fabricación se le insertan complementos, como lo son las sales de algunos metales. Las sustancias más comúnmente utilizadas para obtener absorción y la coloración que producen son:

(45)

COLOR	ADITIVO
Gris oscuro	Óxido de manganeso, cobalto, hierro, cobre o selenio
Azul	Óxido de cromo, cobalto
Verde	Óxido de cromo y hierro
Rojo	Óxido de cobre hidratado
Amarillo	Óxido de uranio y plata, antimonio de potasio
Violeta	Óxido de manganeso y cobalto
Marrón	Óxido de cerio

Imagen 32: Tabla que ilustra las distintas sustancias que se utilizan para obtener la absorción y la coloración de diferentes filtros.

Seco R (2012). Eficacia de la utilización de filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión. Universidad de Valladolid. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6473/TFM-M84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Los filtros de absorción selectiva son unas lentes oftálmicas descartables que regulan la cantidad de luz que llega al ojo. Esta tecnología puede ser muy útil para personas con discapacidad visual, especialmente aquellas con enfermedades como la DMAE.

Los filtros de absorción bloquean ciertas longitudes de onda de la luz, mejorando el contraste y la agudeza visual en algunos casos.

Aunque aún se discute su eficacia en algunos casos, los filtros de absorción selectiva son beneficiosos para muchos pacientes con discapacidad visual.

Los filtros de absorción ayudan para distintos motivos:

- Mejora la función visual en algunos casos.
- Protege la retina de la luz dañina.
- Reduce el deslumbramiento y la fatiga visual.
- Mejora la percepción del contraste dependiendo de los antecedentes de la persona.

(48)



Imagen 33: Modelo de los diferentes tipos de filtros de absorción.

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

Los filtros de absorción sirven para eliminar los armónicos de corriente en una determinada red eléctrica o en una parte de ella. El principio de funcionamiento consiste en derivar los componentes de absorción de corriente generadas por una determinada carga hacia el filtro y mantener limpia la corriente absorbida de la red. (48)



Imagen 34: Ejemplo de como se ve una imagen con distintos tipos de filtros de absorción.

John Doe. (https://www.dzoom.org.es/wp-content/uploads/2009/11/5894855297_231cc54ab1_b-810x540.jpg)

Filtros Zeiss

Zeiss define al filtro como un tratamiento que se le ejecuta a una lente para lograr filtrar diferentes longitudes de onda por medio de la absorción al tiempo que se mantiene más alta la transmisión de las radiaciones necesarias. (49)



Imagen 35: Filtros que fueron utilizados en las pruebas de visión al color.

Imagen original. Tomada en la Clínica de Optometría de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Zeiss es conocida como una empresa profesional en filtros donde se trabajan como medicinales para diferentes tipos de patologías o factores que lleguen a presentar los pacientes, por ejemplo:



Imagen 36. Estos filtros son recomendados para pacientes que padecen Acromatopsia, Fotofobia intensa y Nistagmus



Imagen 37. Filtros que son recomendados para los pacientes con Retinopatía diabética.



Imagen 38. Filtros que se son recomendados para pacientes con Glaucoma.



Imagen 39. Filtros que son recomendadas para pacientes que presentan Desprendimiento de retina.



Imagen 40. Filtros que son recomendados en pacientes con Degeneración macular y pérdida de la SC.



Imagen 41: Filtros que son recomendados para pacientes que presentan Distrofia corneal.

Pérez Iturriaga 2024. Imágenes propias tomadas del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

Es importante destacar que los filtros modifican la percepción de los colores, así como la sensibilidad al contraste, por ello no son aptos para recetarlos ni mucho menos para que el paciente lo use como un tratamiento diario. Es importante explicarle de manera detallada al paciente porque un filtro solo se debe de usar como un ayuda u opción solo en ocasiones o actividades específicas de acuerdo a los requerimientos del paciente. (36)

A través de distintos estudios que se han estado llevando a cabo los últimos años, la literatura puede confirmar que el usar un filtro a la larga llega a modificar la percepción en la que el paciente ve su entorno.

Los filtros modifican diferentes factores importantes como es la agudeza visual, la sensibilidad al contraste, la percepción cromática, además de que con la edad todas las funciones visuales disminuyen.

A medida que se presentan cambios neurales, en la retina se desarrolla una disminución importante en el número de fotorreceptores, particularmente en los bastones parafoveales, excepto de cambios morfológicos y fisiológicos tales como el aumento de diámetro de los bastones y la demora en el tiempo de regeneración de los fotopigmentos

Se asegura que con los filtros es posible encontrar cambios del comportamiento del paciente al ser manipulado y modificado. (50)

Para ilustrar lo dicho y explicado anteriormente, se pueden observar los siguientes ejemplos:

Imagen 42: Filtro 60 en la prueba de D-15



Imagen 43. Filtro 90 en la prueba de D-15



Imagen 44. Filtro 40 en la prueba de D-15



Imagen 45. Filtro 580 en la prueba de D-15



Imagen 46. Filtro 451 en la prueba de D-15



Imagen 47. Filtro Z1 en la prueba de D-15

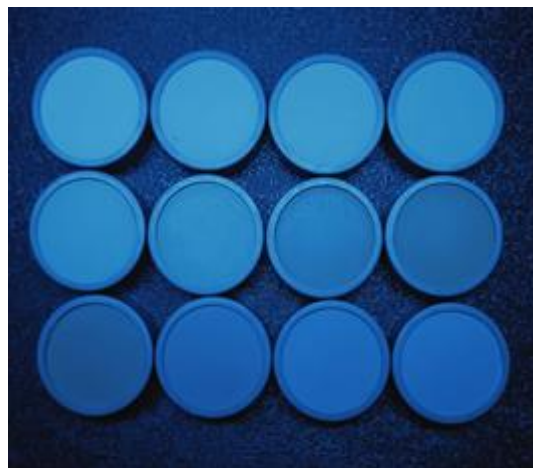


Imagen 48. Filtro Rojo



Imagen 49. Filtro Verde



Filtros que muestra cómo ve el paciente la prueba de ordenación D-15 y que fueron utilizados en el presente estudio.
Pérez Iturriaga 2024. Imágenes propias tomadas del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.

Capítulo IV. Sensibilidad al contraste

Sensibilidad al contraste

La sensibilidad al contraste es un aspecto fundamental para el funcionamiento de la visión y está ligada a la realización de las actividades diarias de una persona. Se dice que existen evidencias donde se apoya la utilidad de la función de la sensibilidad al contraste en el diagnóstico y seguimiento de algunas patologías oculares. (51)

La sensibilidad al contraste se puede definir como un nivel de contraste bajo. Este término está relacionado a la diferencia de luminancia entre las dos áreas que presenta el sistema visual para distinguir el objeto y el fondo.

La sensibilidad al contraste cuantifica diferentes frecuencias de contraste entre lo que se logra ver y entre lo que no se logra ver. De igual manera evalúa la cantidad y calidad de la visión por lo que si se coloca o usa un filtro, esta sufrirá una modificación. (30)

La sensibilidad al contraste representa el menor contraste que el sistema visual puede detectar y ha sido demostrado su valor como elemento diagnóstico en el estudio de los mecanismos visuales. (52)

La sensibilidad al contraste (SC) es capaz de determinar el nivel de contraste más bajo que puede detectar una persona, para un objetivo de tamaño determinado. Valora la diferencia de luminancia entre dos áreas adyacentes que presenta el sistema visual, distinguir objeto y fondo. La cantidad de contraste para que una persona vea un objetivo se denomina umbral de contraste. (30)

La sensibilidad al contraste favorece la calidad de visión de forma concreta. Esta técnica emplea patrones de rayas negras con diferentes niveles de detalle y contraste para determinar la habilidad de la persona de distinguir los objetos del fondo.

En la medición de la SC se utilizan redes sinusoidales, que son patrones de rayas finas, con diferentes frecuencias espaciales (cuántas rayas hay por grado de ángulo visual) y contrastes de luminancia (diferencia de brillo entre las rayas y el fondo).

Es fundamental la medición de la sensibilidad al contraste ya que esta puede verse afectada por diversas enfermedades oculares (catarata, glaucoma, degeneración macular o discromatopsia). Su medición ayuda a detectar y a prevenir problemas visuales que podrían pasar desapercibidos con una prueba de agudeza visual estándar. (53)

La SC se determina midiendo los umbrales de contraste de distintas frecuencias mediante redes sinusoidales. Es decir, para cada frecuencia espacial (ciclos/grado) se determina el mínimo contraste, llamado contraste umbral, que ha de tener la red para que resulte visible al observador. Estas redes sinusoidales tienen las siguientes características:

Frecuencia: número de ondas sinusoidales por grado (ciclos/grado). (54)

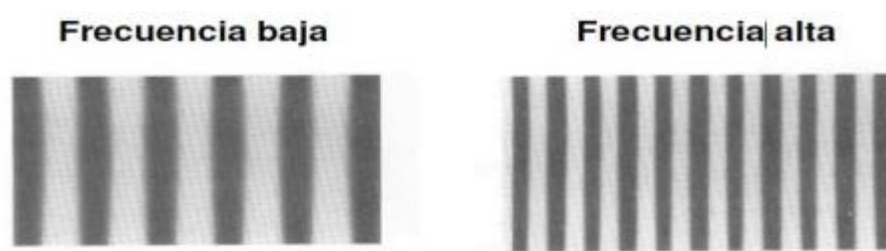


Imagen 50: Frecuencias alta y baja de la prueba de Sensibilidad al contraste.

El contraste es una propiedad fundamental de la visión que se explica como la diferencia de luminosidad entre dos áreas adyacentes. Esta diferencia nos permite distinguir los objetos y patrones en una imagen, así como determinar su profundidad y textura.

En otros términos, el contraste se mide como la relación entre la luminancia de un área y la luminancia de su fondo. Cuanto mayor sea la diferencia, mayor será el contraste.

El método para evaluar la sensibilidad al contraste, es a través de cartillas. Estas cartillas consisten en una serie de tarjetas con diferentes niveles de contraste, que se presentan al paciente para que las observe y determine cuál es la que mejor distingue.

El evaluar la sensibilidad al contraste es una herramienta muy importante para el diagnóstico y seguimiento de diversas condiciones visuales, como la ambliopía, el glaucoma y las cataratas. También es útil para evaluar la calidad de la visión en personas que trabajan con pantallas digitales o que realizan actividades que requieren una buena visión nocturna, así como evaluar a los pacientes que quieren usar filtros y determinar si alguno de ellos es apto para él. (54)

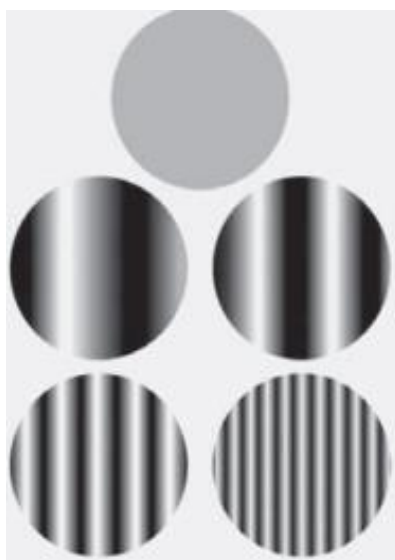


Imagen 51: Frecuencias espaciales de 0,25, 0,50, 1,0 y 2,0 ciclos por grado en la pantalla de sensibilidad al contraste.

Contraste de Michelson

El contraste de Michelson es una fórmula matemática que se utiliza para medir la diferencia entre las áreas más claras y más oscuras de una imagen, como una fotografía o una pantalla. Se calcula dividiendo la diferencia entre las luminancias (intensidades de luz) de las zonas "luminosas" y "oscuras" por la suma de ambas luminancias. El resultado es un valor que varía entre 0 y 1, o entre 0% y 100%.

Lmax y Lmin son las variables que representan las luminancias de las áreas "luminosas" y "oscuras" de la imagen, respectivamente. La luminancia se define como la cantidad de luz que se emite o refleja por una superficie en una dirección específica.

Interpretación del valor del contraste de Michelson

- Un valor de 0 indica que no hay diferencia entre las áreas "luminosas" y "oscuras", es decir, la imagen es completamente uniforme.
- Un valor de 1 (o 100%) indica que existe la máxima diferencia posible entre las áreas "luminosas" y "oscuras", es decir, la imagen tiene un contraste perfecto.
- Los valores entre 0 y 1 (o entre 0% y 100%) indican un contraste parcial entre las áreas "luminosas" y "oscuras".

En qué aspectos se usa el contraste de Michelson

El contraste de Michelson se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como:

- Evaluación de la calidad de las imágenes: El contraste de Michelson es una medida importante para determinar la calidad de una imagen, ya que un alto contraste es generalmente más agradable para el ojo humano.
- Procesamiento de imágenes: El contraste de Michelson se puede utilizar para mejorar el contraste de una imagen o para extraer características específicas de la misma.
- Visión artificial: El contraste de Michelson se utiliza en sistemas de visión artificial para detectar objetos y bordes en imágenes. (55)

Composición de la Cartilla de Sensibilidad al contraste

El contraste de Michaelson se define como $(L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$ y generalmente es utilizado para calcular el contraste de rejillas o redes sinusoidales.

$L_{\max}$ y $L_{\min}$ son las luminancias de las zonas "luminosas" y "oscuras" de la rejilla. El contraste de Michaelson es por tanto una unidad menos cuantificable variando entre 0 y 100%.

Un ciclo está compuesto por una pareja de bandas, una negra y otra blanca. También se puede definir como la distancia espacial entre dos "valles" o dos "picos" sucesivos del perfil de luminancia.

El grosor de la rejilla se describe por su frecuencia espacial en ciclos por grado (c/gra) del ángulo visual del ojo. (55)

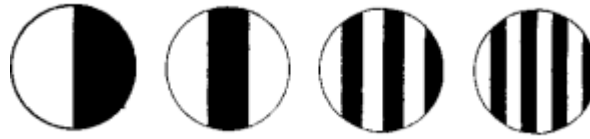
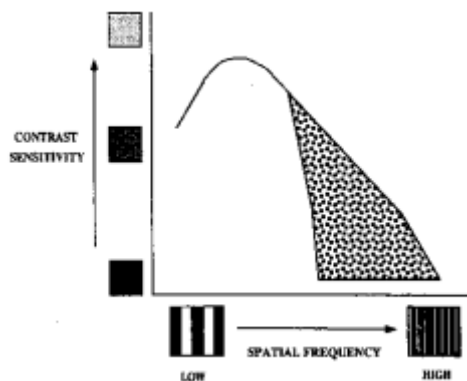


Imagen 52. Ejemplificación del grosor de las rejillas de los niveles de la prueba de Sensibilidad al contraste.

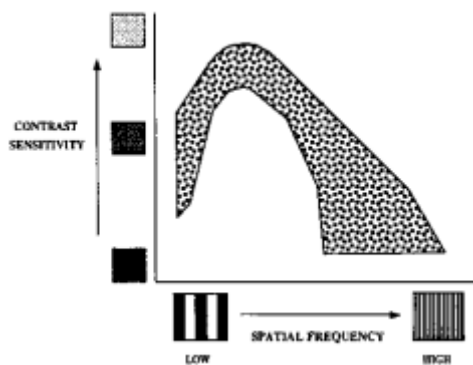
Lara, M. (2023). Título del Trabajo de Fin de Grado. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://www.tfgfinancial.net/>

Variedades de pérdida de Sensibilidad al contraste

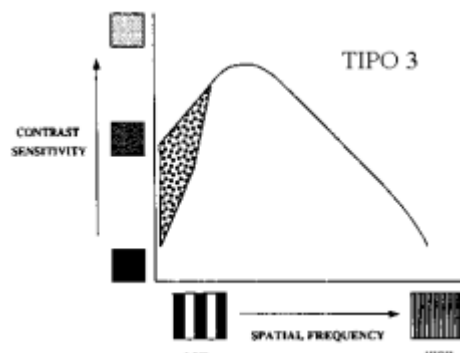


Se muestra una pérdida de SC en frecuencias espaciales altas con SC normal en las bajas frecuencias. Con frecuencia aparecen en estadios prometedores de enfermedades oculares como las cataratas o degeneración macular.

A medida que la enfermedad avanza se irán afectando las bajas frecuencias pasando al patrón de pérdida Tipo 2.



Muestra una pérdida de SC en todas las frecuencias espaciales.



Se muestra que la SC normal en altas frecuencias (normal AV) y reducida en bajas frecuencias espaciales. Se ha encontrado en pacientes con neuritis óptica, esclerosis múltiple, glaucoma primario de ángulo abierto, papiledema, lesiones en la vía visual, diabetes, parkinson y Alzheimer. (55)

Métodos para la medición de Sensibilidad al Contraste

Test de FAC

El FACT es una variedad del Test Vistech, ofrece una medición más sensible que la del Test de Snellen, evaluando efectivamente la visión del paciente sobre un rango de tamaños y contrastes que simulan el ambiente normal.

El test de sensibilidad al contraste FACT es muy útil para la detección y diagnóstico de varias enfermedades oculares como la catarata, el glaucoma, la neuritis, la esclerosis múltiple, la retinopatía diabética, el adenoma pituitario, entre otros. Además, es importante en la evaluación de la ambliopía. (54)

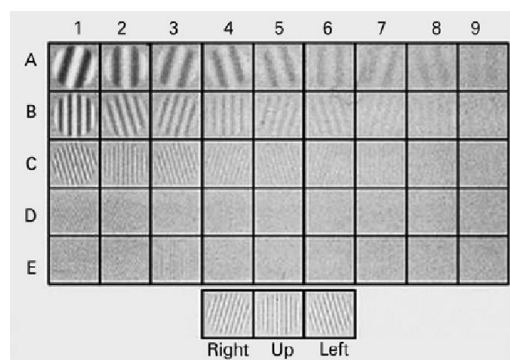


Imagen 53: Prueba de Sensibilidad al contraste conocida como FACT

Gráficos de rejilla de onda sinusoidal en la vista de un dispositivo de prueba de sensibilidad al contraste. Kara, S. Evaluación de la sensibilidad al contraste. Revista de Oftalmología (2023): 1-10.

Cartillas de Sensibilidad al Contraste

Se considera que la SC se puede medir más fácilmente utilizando cartillas con letras del mismo tamaño, ya que se mide con mayor facilidad usando cartillas con letras del mismo tamaño y contraste decreciente. Al leer hacia abajo, el umbral de contraste se determina por la última línea en la que el paciente reconoce los caracteres. (56)

Pelli-Robson test

La prueba o test de Pelli Robson consiste en líneas horizontales de letras mayúsculas de una sola medida de letra (optotipo 20/60). En lugar de que las letras se vuelven más pequeñas, en cada línea sucesiva, permanece constante el tamaño, y es el contraste de las letras (en relación con el fondo del gráfico) lo que disminuye con cada línea.

El test se coloca en la pared frente al paciente, de manera que su centro estará aproximadamente al nivel de los ojos y la tabla debe ser iluminada de manera uniforme.

Es importante que el paciente deba hacer un solo intento de nombrar cada letra en la tabla, comenzando con las letras oscuras en la esquina superior izquierda y la lectura horizontal en toda la línea.

Finalmente, al paciente se le asigna una puntuación basada en el contraste del último grupo en el que dos de las tres letras fueron correctamente leídas. El inconveniente de este test es que están limitados en la cantidad de estímulos que presentan, por lo que solo evalúan pasos amplios y discretos de frecuencia espacial y contraste. (57)



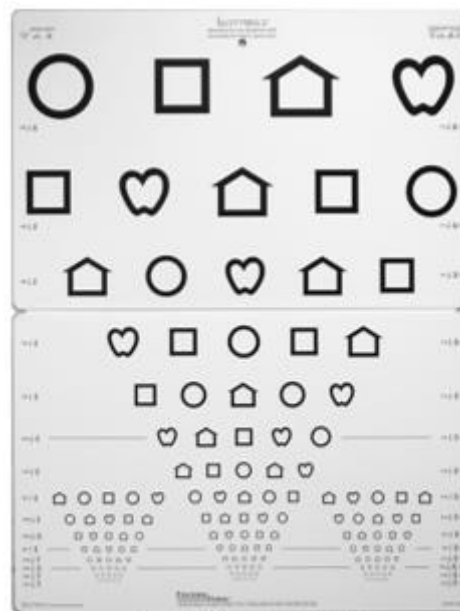
Pelli-Robson Contrast

Imagen 54: Cartilla de Pelli-Robson Contrast.

2019. [Imagen de un paisaje urbano con edificios altos y un cielo azul claro]. [Imagen en línea] Disponible en: https://storage.googleapis.com/stateless-precision-vision/2019/06/5014_2-scaled.jpg [Consulta: 03 de abril de 2024].

Cartilla de LEA

El test de LEA es una herramienta útil para hacer la medición de la AV y la sensibilidad al contraste. Esta prueba es, sin embargo, la única prueba que se puede usar en espacios donde no se puede usar la caja de luz combinada con el test de screening, la prueba debe mantenerse vertical para obtener un nivel de luminancia constante y de esa manera el paciente la pueda leerla y conforme la dice y va bajando, el contraste de las letras va disminuyendo y de esa manera se va midiendo la SC. (58)



Cartillas de LEA

Imagen 55: Cartilla de LEA

Santiago: Instituto Pasteur de Chile. 2017. [Acceso 3 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.pasteur.cl/wp-content/uploads/2017/03/lea-1.jpg>

Equipos computerizados, PC o tablets

Estos equipos de medición de la sensibilidad al contraste pueden manejar gran cantidad de estímulos de rejilla de distintas frecuencias de contrastes y adoptar métodos de prueba complicados que generan estímulos en respuesta a la retroalimentación del paciente, como procedimientos de elección forzada o adaptativos. A pesar de una reducción en la resolución de contraste disponible, las técnicas innovadoras de tintado de píxeles han permitido que las pruebas basadas en rejillas en tabletas móviles sean indistinguibles de las instalaciones tradicionales de laboratorio de tubos de rayos catódicos. Con esta tecnología es posible probar todas las frecuencias espaciales relevantes en una tableta en menos de 1 minuto. (59)



Imagen 56: Modelo que representa como se realiza la medición de SC de manera computerizada. Lara M. TFG_miquellarafinal.pdf. [Internet]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 2014 [acceso 7 de marzo de 2024]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/89732/miquel.lara%20-%20TFG_miquellarafinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CSV-1000

Este método es muy utilizado y popular ya que es rápida y eficiente para los estudios de LIO multifocales, es el CSV-1000. Este test evalúa cuatro frecuencias espaciales de 3, 6, 12 y 18 ciclos / grado (CPD) con 8 niveles de contraste de rejillas de onda sinusoidal. En los cuatro primeros el contraste disminuye en pasos de 0.17 unidades logarítmicas, mientras que para los siguientes lo hace de 0.15 unidades logarítmicas. Cada frecuencia está compuesta por dos líneas de círculos, uno de los cuales contiene una rejilla con la frecuencia espacial.

La prueba puede tener su propio sistema de iluminación que proporciona una luminancia de 85 candelas/m². El paciente se sitúa a 2.5 metros de distancia y para responder la prueba debe indicar si la rejilla sombreada se encuentra situada en la fila de arriba o la de debajo de la frecuencia por evaluar. La prueba concluye cuando el sujeto no es capaz de determinar la presencia de la rejilla. (59)

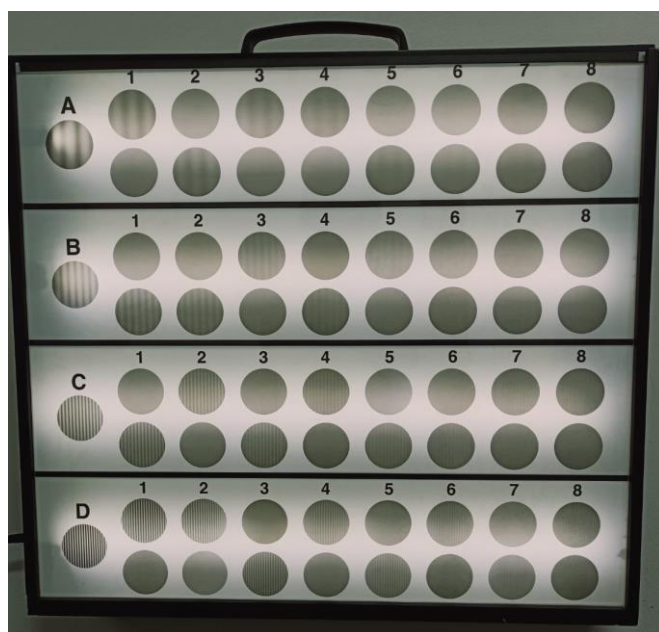
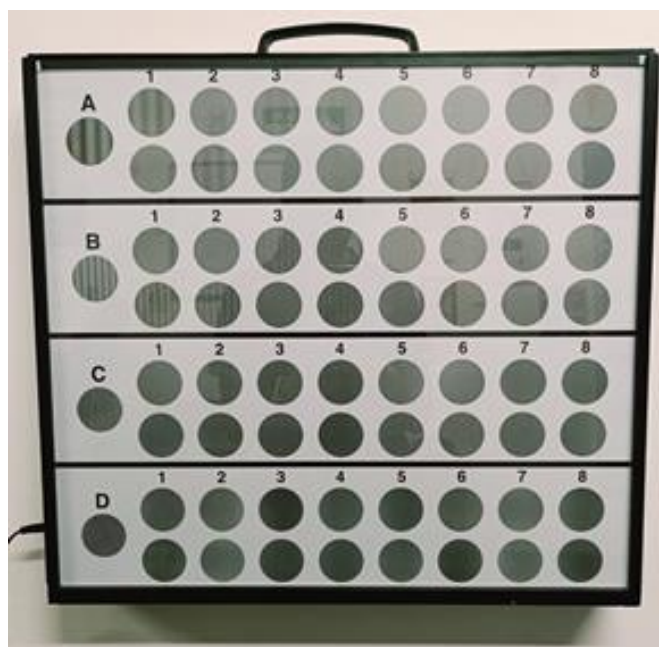


Imagen 57: Pantalla de Sensibilidad al contraste CVS-1000.

Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México

Adaptación a la oscuridad

Cuando nos encontramos bajo luz brillante durante un periodo prolongado, una proporción alta de los fotopigmentos de las células ópticas baciliformes y coniformes se degenera a retineno (proteína pigmentaria sensible a la luz, que se encuentra en los bastones del ojo) y a la proteína correspondiente escotopsina (proteínas que se encuentra en los bastones de la retina que se combina con la retina para formar rodopsina) y fopsina (pigmento fotosensible que se encuentra en los conos de la retina del ojo). Además, gran parte del retineno de ambos tipos de células se convierte en vitamina A. Como resultado de esto, la concentración de los pigmentos fotosensibles en los dos tipos de células, se reduce considerablemente y, con ello, la sensibilidad de los ojos a la luz, lo que se conoce como adaptación a la luz.

Ahora bien, cuando nos encontramos en la oscuridad durante periodos largos, una porción significativa del retineno y las proteínas fotosensibles de los receptores se transforman en los fotopigmentos. Por añadidura gran cantidad de vitamina A se transforman en retineno, que a su vez se une con las porciones proteicas necesarias para que se formen los fotopigmentos.

En consecuencia, se incrementa en gran medida la concentración de tales pigmentos en las células ópticas baciliformes y coniformes, y con esto, la sensibilidad de los ojos a la luz, o sea la llamada adaptación a la oscuridad.

La propiedad de la retina que modifica su sensibilidad a la luz se llama adaptación. Para entender el sentido luminoso, es necesario considerar: La integridad de los receptores visuales (conos y bastones). Así como la composición de los fotopigmentos y sus cambios bajo la luz.

La retina se ajusta a la luz modificando la sensibilidad en función de la intensidad luminosa a la que está expuesta. Para comprender la percepción de la luz, debemos analizar: El estado de los receptores visuales (conos y bastones). La composición de los pigmentos fotosensibles y sus modificaciones bajo la luz. Todos los mecanismos de adaptación a la luz, tanto en la fase de descomposición como en la de actualización.

(21)

Hoja de resultados de Sensibilidad al contraste

Esta hoja registra la sensibilidad al contraste medida con el Vistech VCTS 6500 o 1000. La prueba evalúa la capacidad del paciente para ver objetos de bajo contraste en diferentes niveles de iluminación.

El optometrista interpreta los resultados y determina el nivel de percepción del paciente.

El test depende de diversos factores, pero un valor aceptable se considera la capacidad de distinguir hasta el número 5-7 de cada grupo. (60)

Justificación

La Discromatopsia es una condición que puede perjudicar de distintas maneras el desempeño y desenvolvimiento de los pacientes, desde temprana edad hasta la adultez. No se considera una limitante dependiendo de la Discromatopsia que padezca el paciente. Pero si tiene un impacto significativo a quienes la padecen.

A través del presente estudio se tiene como finalidad dar a conocer cómo es que los filtros no benefician a los pacientes discromatas. Al contrario, le perjudica toda su visión, desde aumentar la agudeza visual hasta reducir la sensibilidad al contraste, y de igual manera provoca que el paciente no pueda percibir los colores que percibía en un principio sin ningún tipo de filtro.

Esta investigación se enfoca principalmente en descartar que cualquier tipo de filtro puede funcionar como un tratamiento eficaz para “reducir o sanar” cualquier clase de Discromatopsia.

Algunos artículos relatan que pacientes con algún tipo de discromatopsia han encontrado ayuda a este padecimiento a través de algún filtro de color, refiriendo que les hacen ver los colores, pero solo es la “nueva” percepción.

Con la presente investigación, se confirmó que ese tipo de información es contradictoria, ya que una vez que el paciente se coloca un filtro, hará que su discromatopsia más el filtro actúe de manera que se modifican los colores que el paciente percibía en un inicio, y la realidad es que el filtro está modificando y alterando su percepción al color haciéndolo creer que está logrando ver más de estos.

Por ese motivo es importante que la información que se publica sea objetiva y clara, basada en estudios cuantitativos de calidad, no dando esperanzas a los discromatas con tratamientos que no les beneficiaran.

Objetivo General

Evaluar con la prueba de color HRR y sensibilidad al contraste a pacientes discromatas con los filtros Zeiss en la Clínica de Optometría de la Fes Iztacala.

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar los diferentes tipos de discromatopsia a los pacientes que asisten a la clínica de optometría de la FESI con las pruebas de ordenación y pseudoisocromáticas ad hoc con su edad.
2. Realizar monocularmente la evaluación de color con la prueba pseudoisocromática HRR y sensibilidad al contraste a los pacientes discromatas de forma basal y con todos y cada uno de los filtros Zeiss, además de filtro rojo y verde.
3. Realizar el vaciado de datos de todas las pruebas que realizó al paciente en la base de datos de discromatopsia en el programa de Excel.

Hipótesis

El usar algún tipo de filtro en personas discromata no lo ayudará a discriminar el color que no identifique y perjudicará a su sensibilidad al contraste.

Los filtros absorben la luz de manera uniforme en todo el espectro visible. Esto significa que reducen la cantidad de todas las longitudes de onda de la luz por igual. Este tipo de filtros absorben ciertas longitudes de onda de la luz más que otras. De esta manera se altera la apariencia de los colores. Por consiguiente, Lillo confirmo que ningún filtro ayuda a percibir colores que antes no veían. No “curan” la discromatopsia ni producen una mejora generalizada en su capacidad para diferenciar estímulos cromáticos, simplemente alteran los colores que se podían percibir de manera inicial. (62)

Metodología

Tipo de estudio: Transversal, descriptivo, observacional.

Fases de Estudio

Fase 1. Se seleccionó los pacientes que presentaron algún diagnóstico de Discromatopsia en el gabinete de color en la clínica de optometría de la FES Iztacala, se verificó que no padecieran algún tipo de enfermedad sistémica, se identificó que tuviera una edad apropiada, al igual que se confirmó que no sea un paciente de baja visión.

Fase 2. Una vez ubicados los pacientes con discromatopsia y con los criterios de inclusión, se obtuvo el folio, se comunicó con ellos para informarles sobre su diagnóstico y hacerles aviso sobre la evaluación con filtros, una vez que es paciente estuviera informado se agendó una cita en el horario y día que más le conviniera.

Fase 3. Se realizó una carta de consentimiento informado para dársela al paciente antes de comenzar las pruebas de filtros y él o la consciente de lo que se le realizará en la sesión. En el consentimiento venían las especificaciones de las pruebas que se le realizarían y las indicaciones de que las pruebas no generan ningún tipo de daño y que si se ve en la necesidad de suspenderla lo puede hacer libremente.

Una vez que el paciente está informado de lo que tratará la sesión, debió firmar el consentimiento informado de que estuvo de acuerdo con ello.

Fase 4. Se comenzaron las pruebas, en donde el gabinete se tenía que mantener a oscuras y solo con luz de la lámpara atril. El paciente debía sentarse en un banco frente a la lámpara donde estaría ubicado el HRR y el pincel. Se le explicó que se le realizaría la prueba primero sin ningún filtro y después con cada uno de los filtros se repetiría la evaluación; es decir primero en forma basal y después con cada uno de los 11 filtros, primero en ojo derecho y después en ojo izquierdo y en caso de que tuviera dudas se le resolverían al instante. Si el paciente necesitaba Rx cercana se le colocó en el armazón.

Una vez terminada la prueba de HRR sin y con filtros el paciente se levantó y se colocó en el asiento asignado frente a la cartilla de Sensibilidad al contraste, de esa manera pudo realizar la prueba correctamente, repitiendo las 12 evaluaciones en cada ojo. Se le explicó en qué consistió la prueba y en caso de necesitar Rx lejana se le colocó en el armazón.

Fase 5. Al concluir las pruebas anteriores, se le indicó al paciente que cerrara los ojos ya que se encenderían las luces y de esa manera no se iba a deslumbrar. Cuando el paciente ya estaba incorporado se le explicó los diagnósticos que se obtuvieron las pruebas de HRR y SC.

Se le explicó cómo su sensibilidad al contraste salía deteriorada y como le perjudicaba traer cualquier tipo de filtro. Se le comentó de la mejor manera el por qué no es correcto utilizar un filtro como tratamiento siendo un paciente discromata.

Fase 6. Hecho todo lo anterior se realizó el vaciado de datos en el programa de Excel, donde se colocó el nombre del paciente, edad, sexo, folio, teléfono y los diagnósticos obtenidos del HRR y los resultados de la prueba de sensibilidad al contraste.

Criterios de Inclusión

- Personas discromatas
- Personas sanas
- Personas de entre 9-70 años

Criterios de Exclusión

- Personas mayores de 71 años
- Personas de baja visión
- Personas con alguna enfermedad sistémica

Recursos Humanos

4 pasantes de Visión al color de la Clínica de Optometría de la Fes Iztacala

Recursos Materiales

1. Gabinete de evaluación de la visión al color (1)
2. Hojas de consentimiento informado (20)
3. Hoja de firma del consentimiento informado (20)
4. Lámpara atril para la prueba de color (2)
5. HRR (2)
6. Pícel (2)
7. Armazón (2)
8. Caja de pruebas (1)
9. Oclisor (2+)
10. Filtros Zeiss (22)
11. Filtro rojo y verde (1c/d)
12. Hojas para vaciar los resultados del HRR (20)
13. Cartilla de sensibilidad al contraste CSV-1000 (1)
14. Hoja para vaciar los resultados de SC (20)
15. Computadora (1)

Plan de análisis de resultados:

Mediante estadística descriptiva e inferencial.

Resultados

El total de los pacientes atendidos fueron N=16 (3 mujeres y 13 hombres).

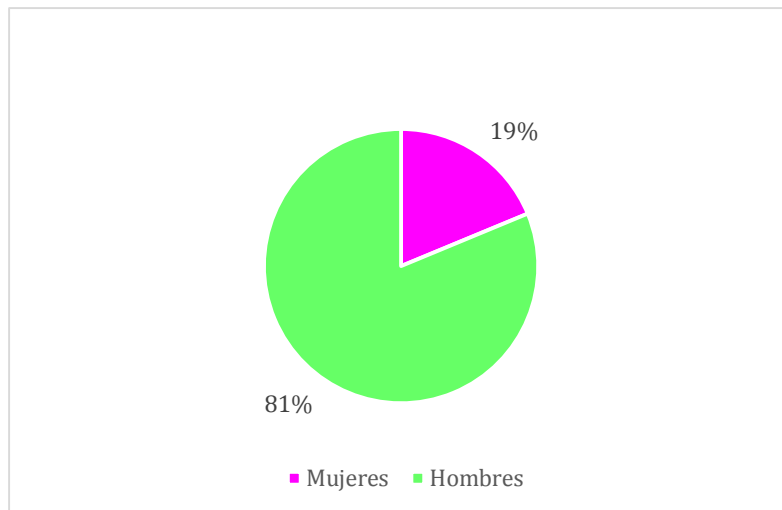


Gráfico 1. Gráfico del porcentaje total de los pacientes.

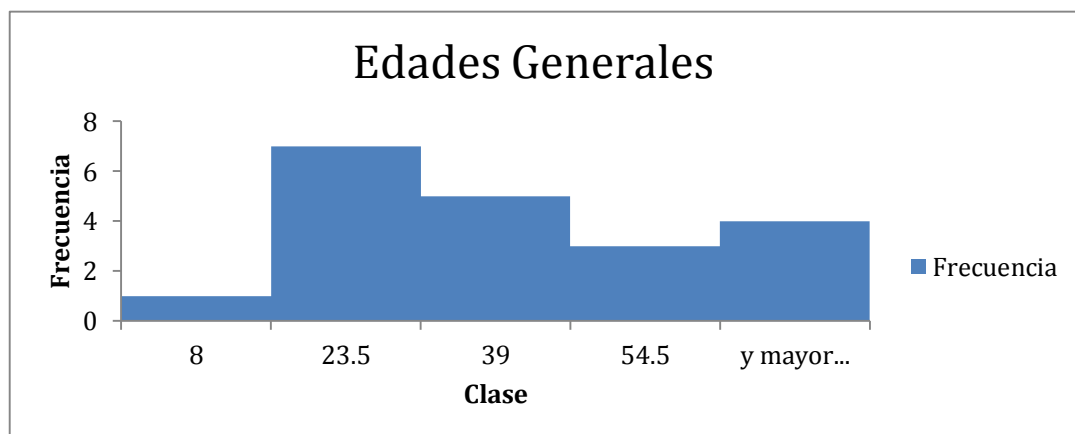


Gráfico 2. Edades de todos los pacientes atendidos

Las edades que los pacientes atendidos presentaban iban desde los 8 a los 70 años de edad. La edad más frecuente fue de 23 años.

HRR

Las tablas a continuación muestran cómo los filtros modifican a la Discromatopsia original del paciente y los convierte en otro tipo de Discromata.

La cantidad de pacientes evaluados fueron 16; sin embargo, para Ojo Derecho, dos pacientes (uno Deuteranomalo y uno Protanomalo tenían doble Dx, estaban asociados con una discromatopsia adquirida que era Tritanomalía). A lo largo de los resultados se encontrará que se tienen 18 Dx por estos dos pacientes con doble Dx.

Y para Ojo Izquierdo fueron 15 ojos debido a que un paciente era anoftálmico, sin embargo, cuatro Dx fueron dobles (uno con tritanomalía y tres con tritanopia). El total de Dx para éste ojo fueron 19.

Además, es importante destacar que a los Dx iniciales al colocarles los diferentes filtros llegaron a tener más de un Diagnóstico, por lo que no coincidirán la cantidad de Dx iniciales con Dx finales con filtros.

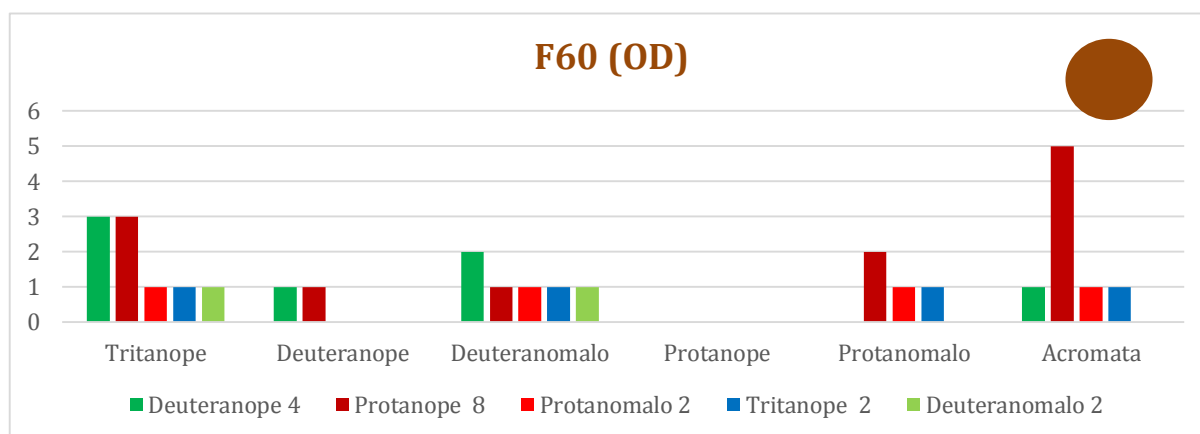


Gráfico 3.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F60** 1 se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 2 Deuteranomalos y 1 Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F60** 3 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranope, 1 en Deuteranomalo, 2 en Protanomalos y 5 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F60** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo, y 1 en Acromata.

Los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F60** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F60** 1 se mantiene con el mismo Dx y 1 se vuelve Tritanope.

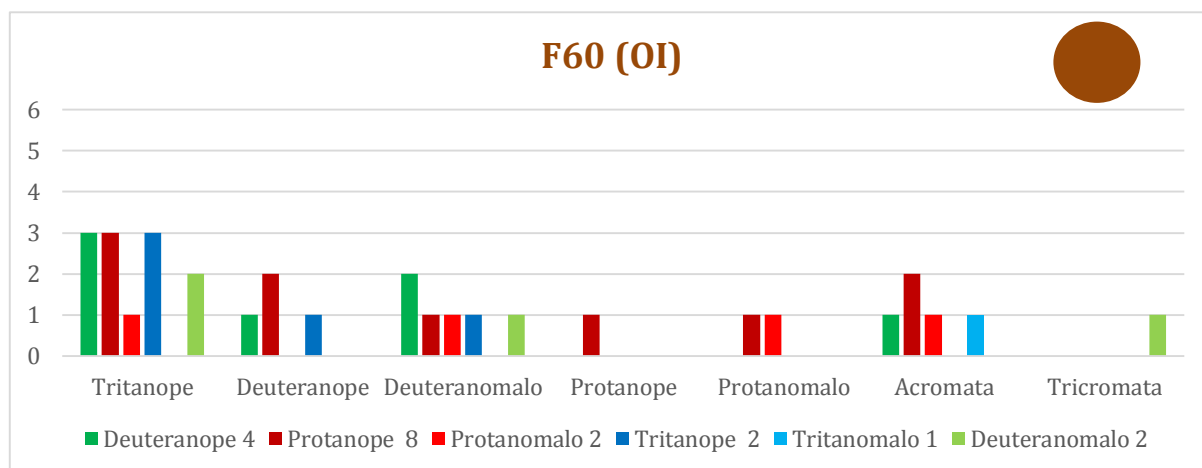


Gráfico 4.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F60 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F60 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranopes, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 2 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F60 1** se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F60 3** se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope y 1 en Deuteranomalo.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **F60 1** se vuelve Acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F60 1** se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 1 en Tricromata.

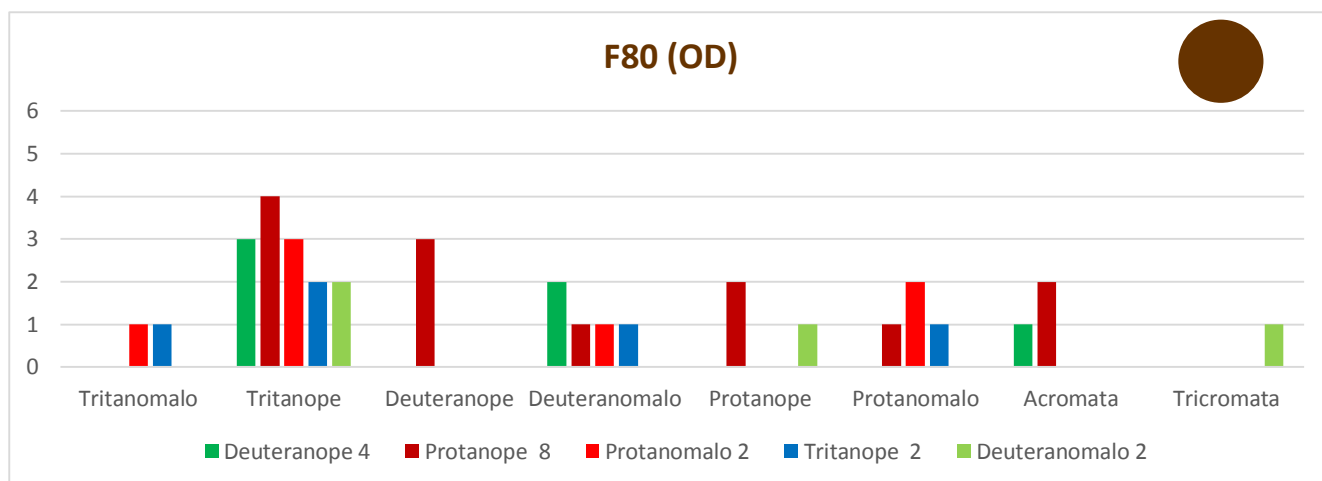


Gráfico 5.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F80** 3 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F80** 2 se mantienen con el mismo Dx, 4 se vuelven Tritanopes, 3 en Deuteranopes, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 2 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F80** 2 se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 3 en Tritanopes y 1 en Deuteranomalo.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F80** 2 se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 1 en Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F80** 2 se vuelven Tritanopes, 1 en Protanope y 1 en Tricromata.

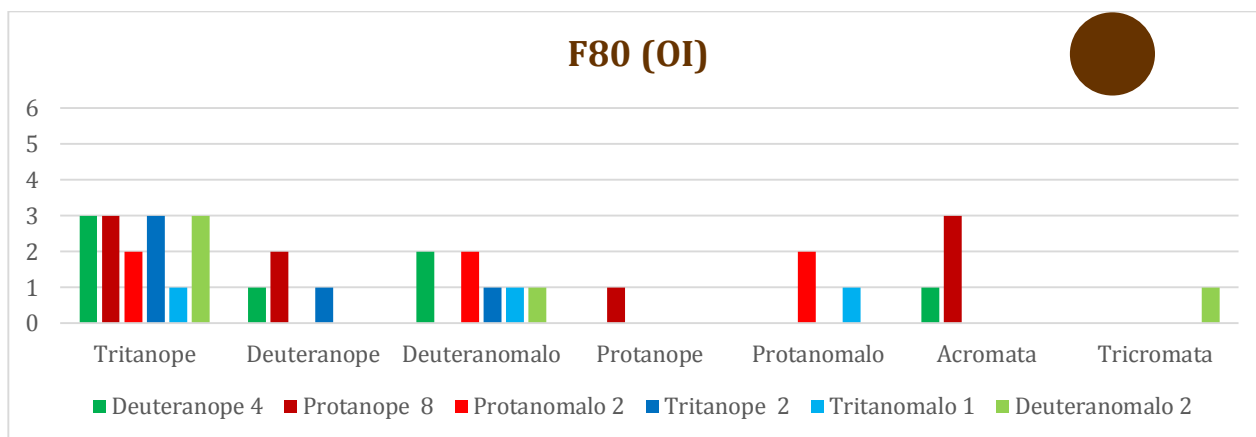


Gráfico 6.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F80 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F80 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranopes y 3 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F80 2** se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 2 en Deuteranomalos.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F80 3** se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope y 1 en Deuteranomalo.

Del Tritanomalo inicial al colocar filtro **F80 1** se vuelve Tritanope, 1 Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F80 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes y 1 en Tricromata.

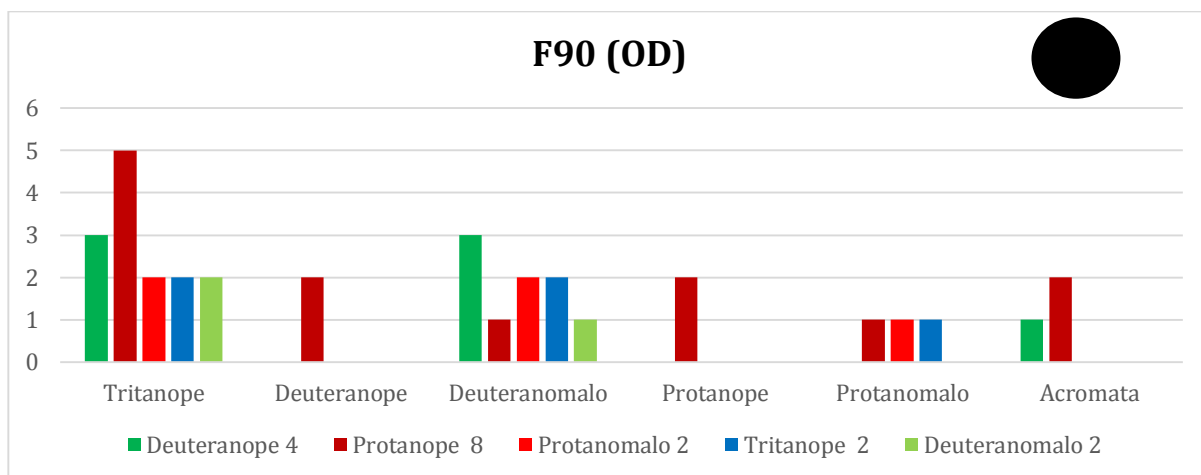


Gráfico 7.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F90** 3 se vuelven Tritanopes, 3 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F90** 2 se mantienen con el mismo Dx, 5 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranopes, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 2 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F90** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 2 en Deuteranomalos.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F90** 2 se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Deuteranomalos y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F90** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 1 en Deuteranomalo.

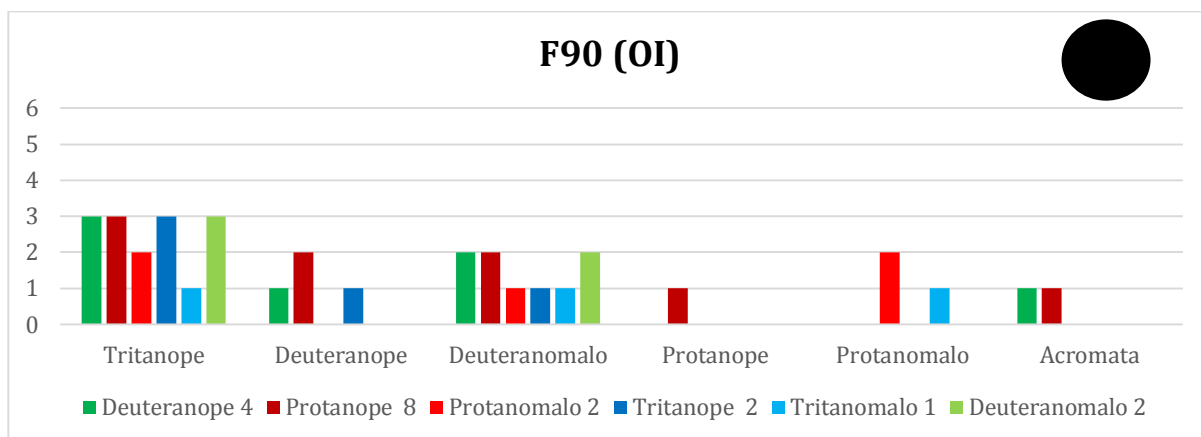


Gráfico 8.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F90 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F90 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F90 2** se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 1 en Deuteranomalo.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F90 3** se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope y 1 en Deuteranomalo.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **F90 1** se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F90 2** se mantienen con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes y 2 en Deuteranomalos.

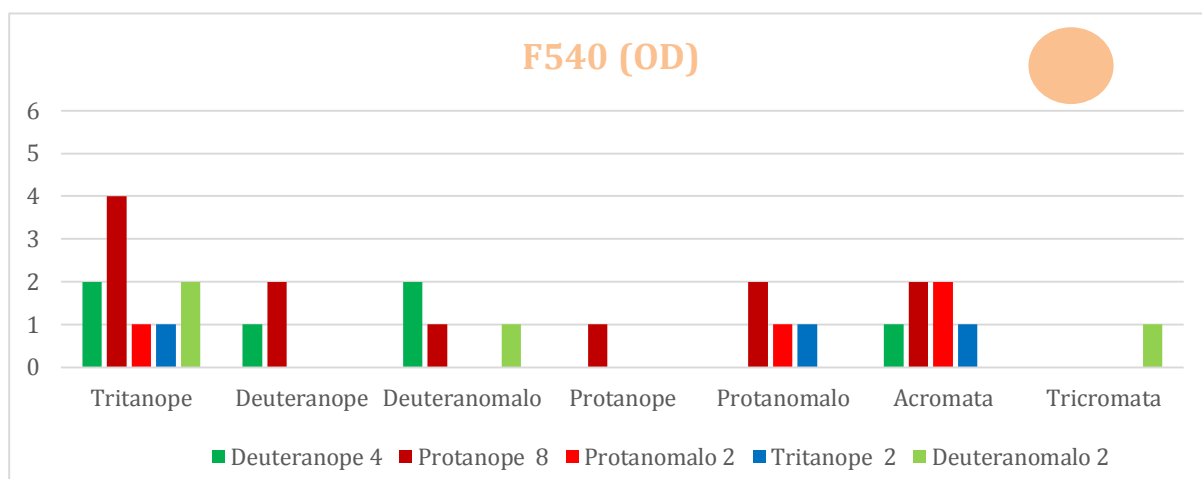


Gráfico 9.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 4 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranopes, 1 en Deuteranomalo, 2 en Protanomalos y 2 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanope y 2 en Acromatas.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Protanomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranomalo y 1 en Tricromata.

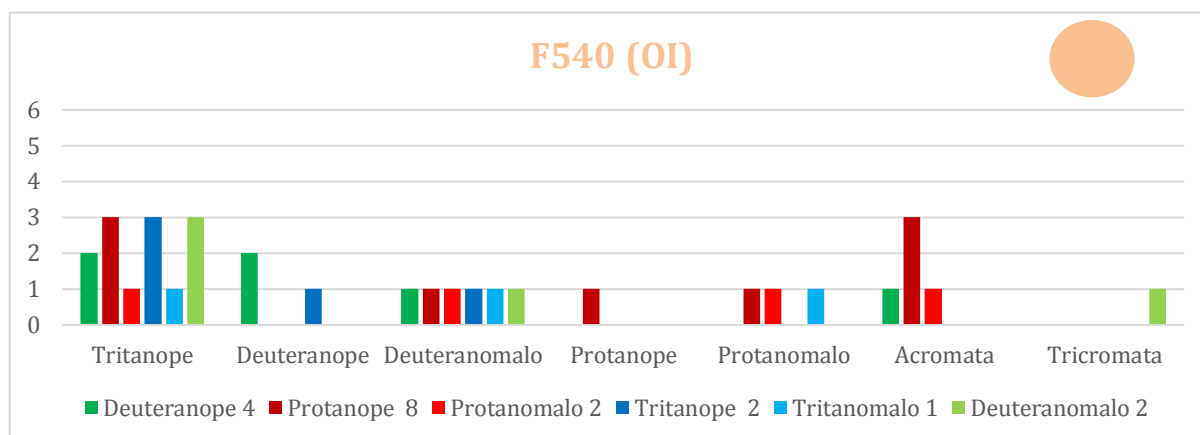


Gráfico 10.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F540** 2 se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 3 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F540** 3 se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope y 1 Deuteranomalo.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el Filtro **F540** 1 se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F540** 1 se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes y 1 en Tricromata.

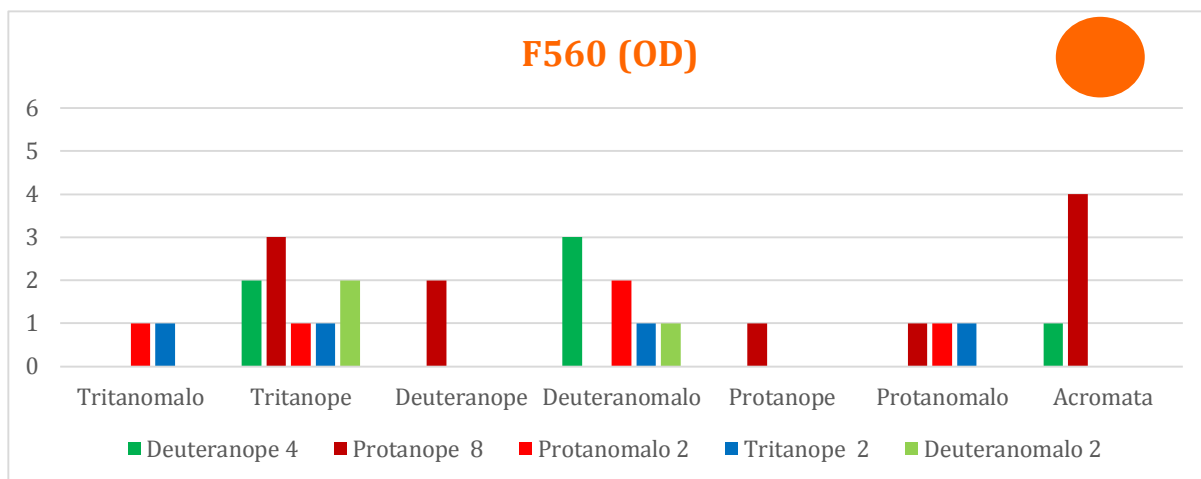


Gráfico 11.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F560 2** se vuelven Tritanopes, 3 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F560 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranopes, 1 en Protanomalo y 4 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F560 1** se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 1 en Tritanope y 2 en Deuteranomalos.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F560 1** se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 1 en Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F560 1** se mantiene con el mismo Dx y 2 se vuelven Tritanopes.

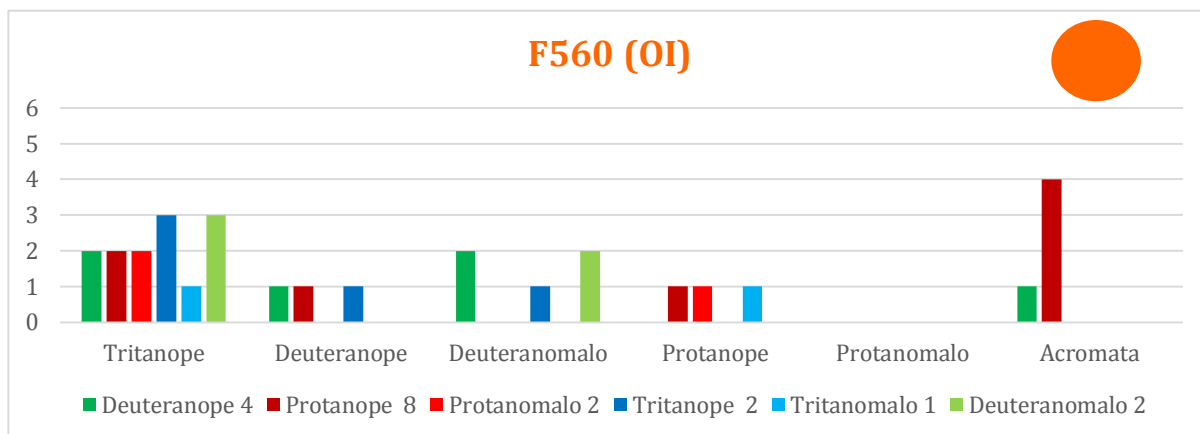


Gráfico 12.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F560** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F560** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranope y 4 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F560** 2 se vuelven Tritanopes y 1 en Protanope.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F560** 3 se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope y 1 en Deuteranomalo.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **F560** 1 se vuelve Tritanope y 1 en Protanope.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F560** 2 se mantienen con el mismo Dx y 3 se vuelven Tritanopes.

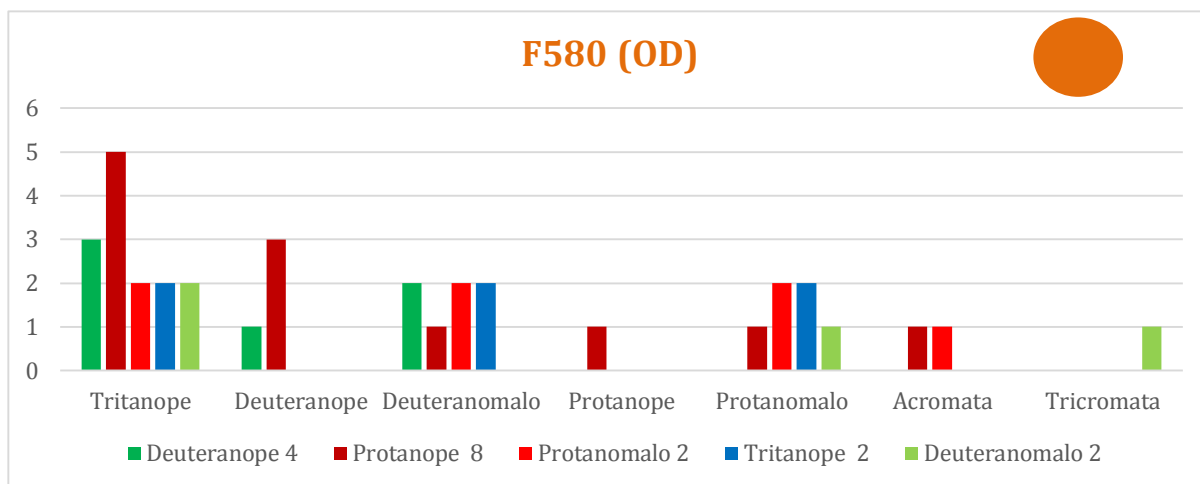


Gráfico 13.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F580 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes y 2 en Deuteranomalos.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F580 1** se mantiene con el mismo Dx, 5 se vuelven Tritanopes, 3 en Deuteranopes, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F580 2** se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 2 en Deuteranomalos y 1 en Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F580 2** se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Deuteranomalos y 2 en Protanomalos.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F580 2** se vuelven Tritanopes, 1 en Protanomalo y 1 en Tricromata.

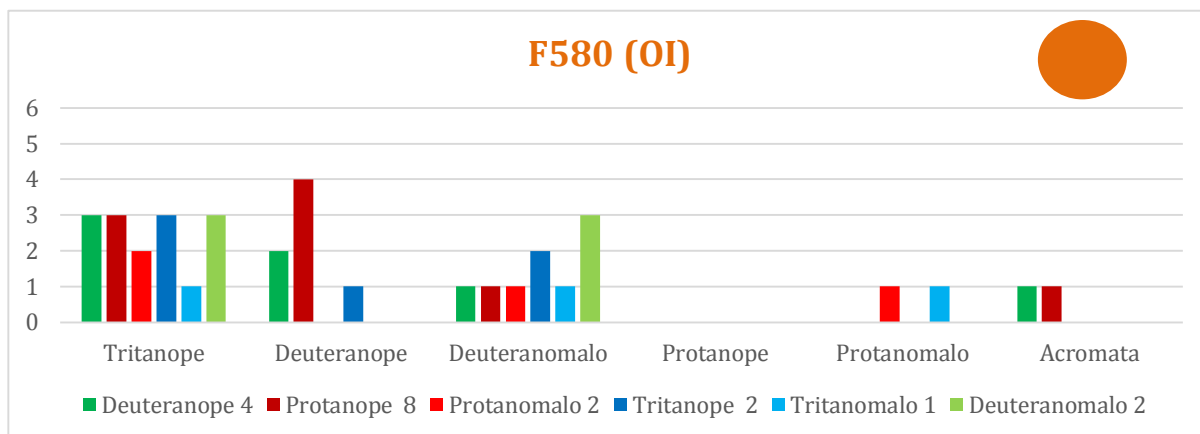


Gráfico 14.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F580** 2 se mantienen con el mismo Dx, 3 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F580** 3 se vuelven Tritanopes, 4 en Deuteranopes, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F580** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 1 en Deuteranomalo.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F580** 3 se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope y 2 en Deuteranomalos.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **F580** 1 se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F580** 3 se mantienen con el mismo Dx y 3 se vuelven Tritanopes.

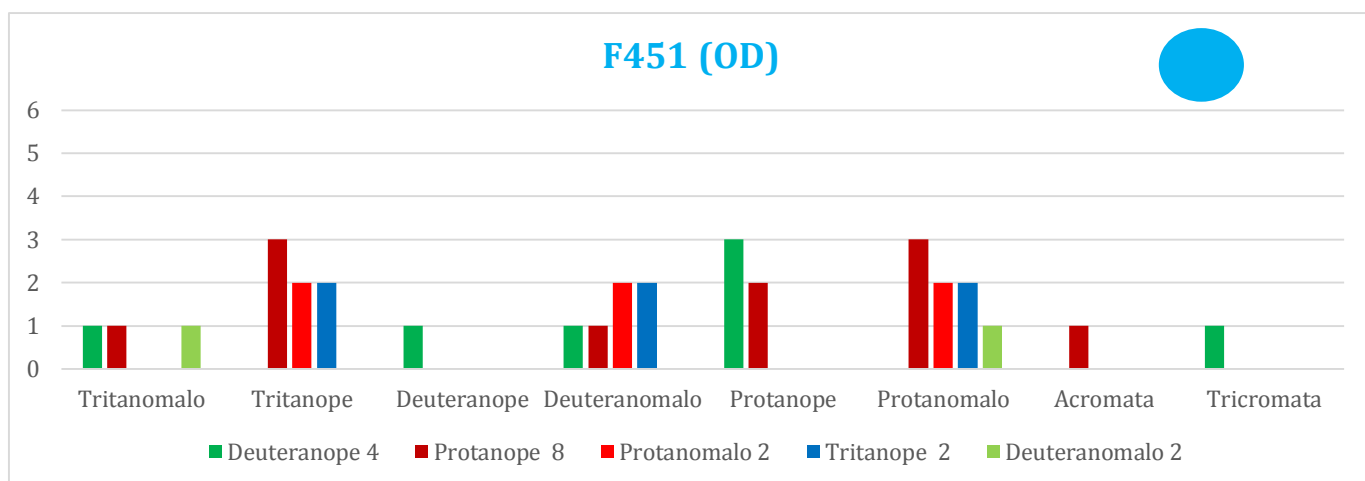


Gráfico 15.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F451** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 1 en Deuteranomalo, 3 en Protanopes y 1 en Tricromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F451** 2 se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 3 en Tritanopes, 1 en Deuteranomalo, 3 en Protanomalos y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F451** 2 se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 2 en Deuteranomalos.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F451** 2 se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Deuteranomalos y 2 en Protanomalos.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F451** 1 se vuelve Tritanomalo y 1 en Protanomalo.

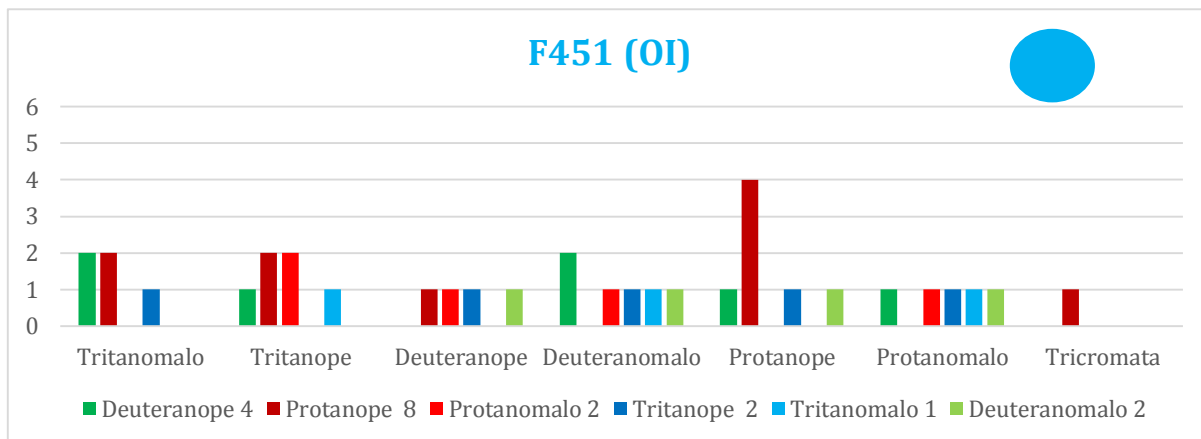


Gráfico 16.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F451** 2 se vuelven Tritanomalos, 1 en Tritanope, 2 en Deuteranomalos, 1 en Protanope y 1 en Protanomalo.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F451** 4 se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanomalos, 2 en Tritanopes, 1 en Deuteranope y 1 en Tricromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F451** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranope y 1 en Deuteranomalo.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F451** 1 se vuelve Tritanomalo, 1 en Deuteranope, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanope y 1 en Protanomalo.

Del **Tritanomalo** inicia al colocar el filtro **F451** 1 se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F451** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope, 1 en Protanope y 1 en Protanomalo.

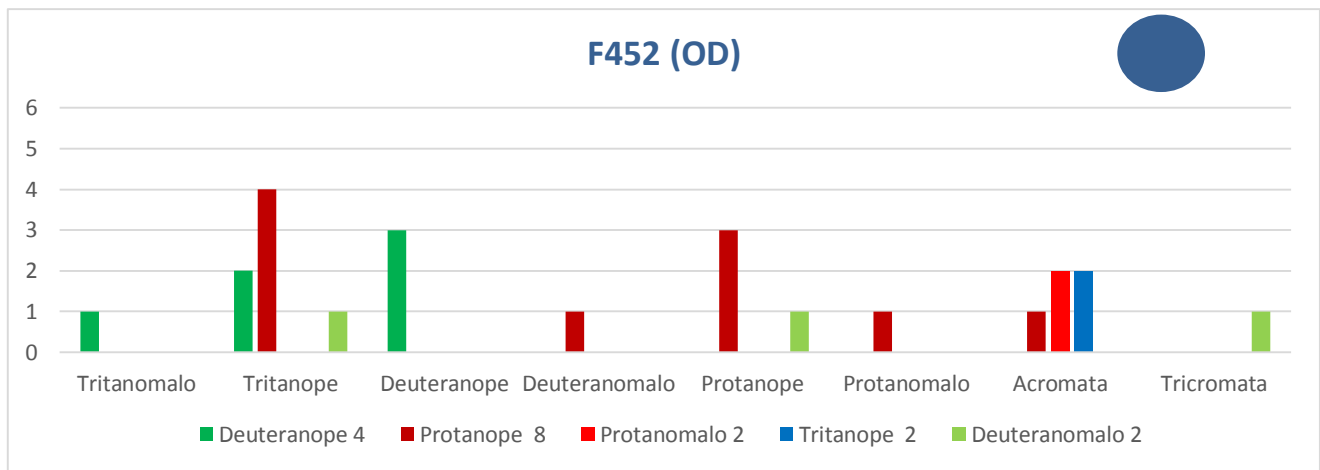


Gráfico 17.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F452** 3 se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo y 1 en Tritanope.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F452** 3 se mantienen con el mismo Dx, 4 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F452** 1 se vuelve Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F452** 2 se vuelven Acromatas.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F452** 1 se vuelve Tritanope, 1 en Protanomalo y 1 en Tricroma.

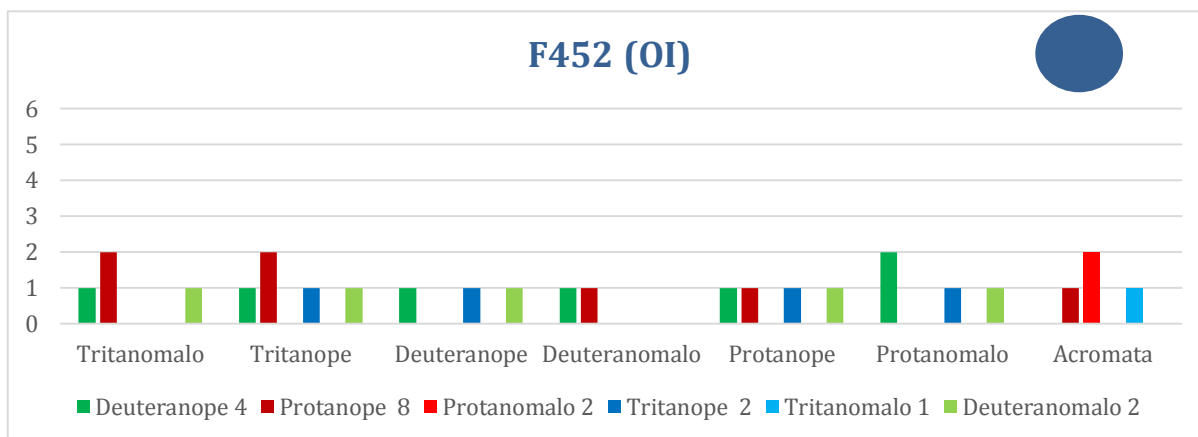


Gráfico 18.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **F452** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 1 en Tritanope, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanope y 2 en Protanomalos.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **F452** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanomalos, 2 en Tritanopes, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **F452** 2 se vuelven Acromatas.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **F452** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope, 1 en Protanope y 1 en Protanomalo.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **F452** 1 se vuelve acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **F452** 1 se vuelve Tritanomalo, 1 en Tritanope, 1 en Deuteranope, 1 en Protanope y 1 en Protanomalo.

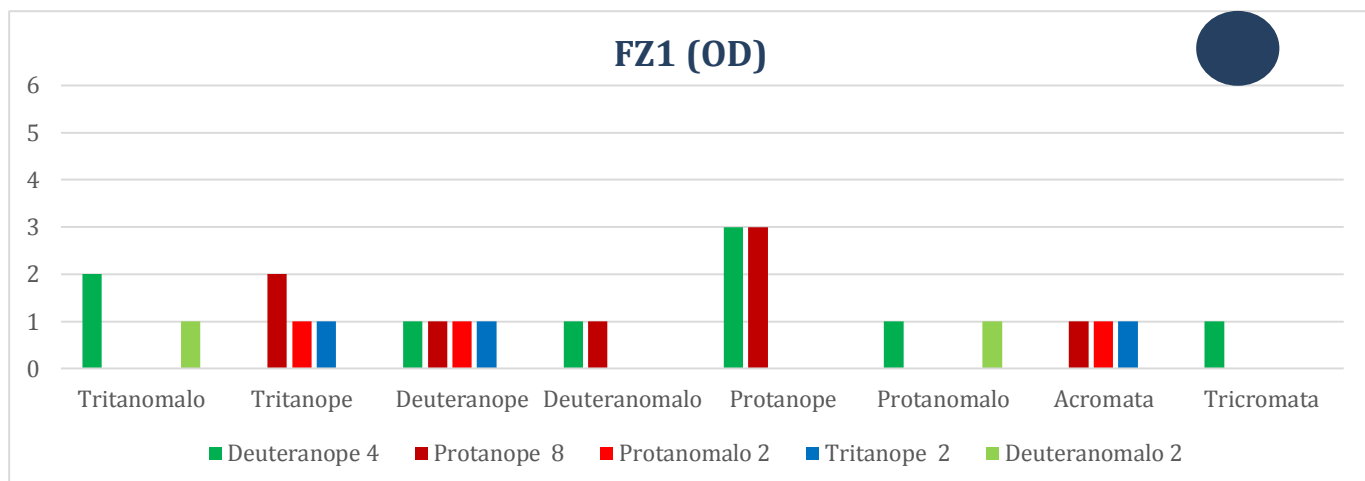


Gráfico 19.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **FZ1 1** se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanomalos, 1 en Deuteranomalo, 3 en Protanopes, 1 en Protanomalo y 1 en Tricromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **FZ1 3** se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven en Tritanopes, 1 en Deuteranope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **FZ1 1** se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranope y 1 en Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **FZ1 1** se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope y 1 en Acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **FZ1 1** se vuelve Tritanomalo y 1 en Protanomalo.

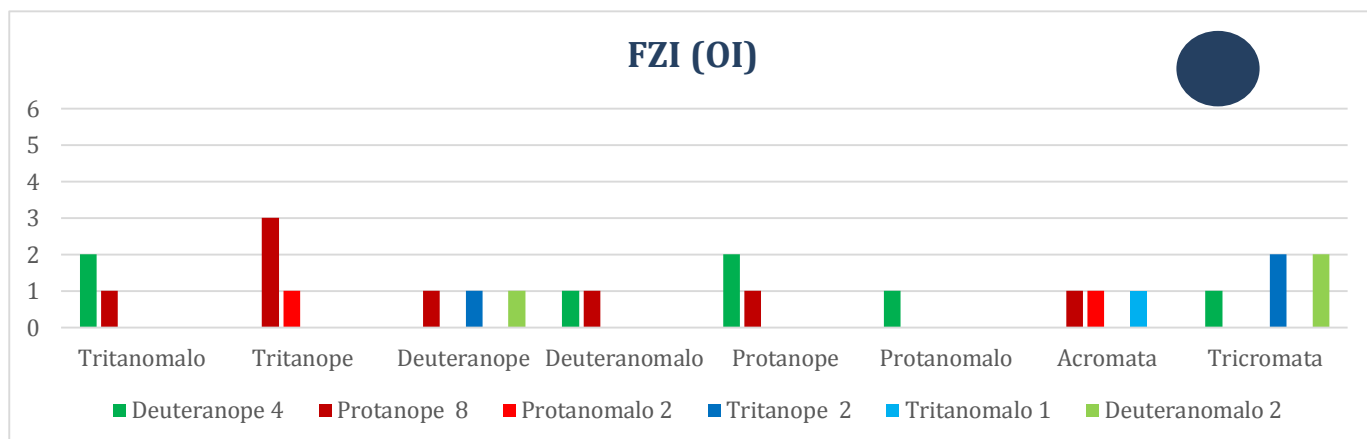


Gráfico 20.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **FZ1** 2 se vuelven Tritanomalos, 1 en Deuteranomalo, 1 en Deuteranomalo, 2 en Protanopes, 1 en Protanomalo y 1 en Tricromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **FZ1** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanomalo, 3 en Tritanopes, 1 en Deuteranope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **FZ1** 1 se vuelve Tritanope y 1 en Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **FZ1** 1 se vuelve Deuteranope y 2 en Tricromatas.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **FZ1** 1 se vuelve Acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **FZ1** 1 se vuelve Deuteranope y 1 en Tricromata.

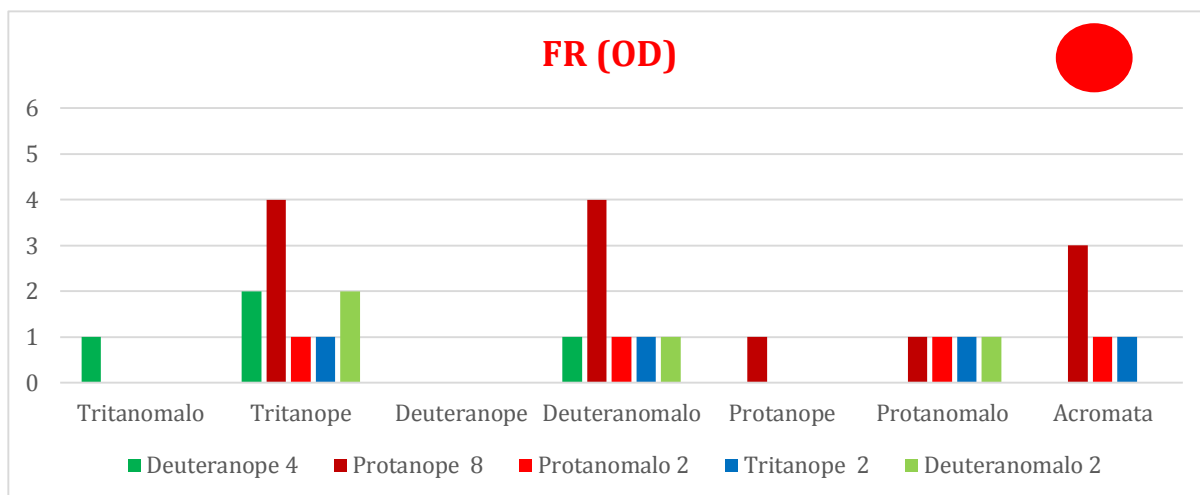


Gráfico 21.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **FR** 1 se vuelve Tritanomalo, 2 en Tritanopes y 1 en Deuteranomalo.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **FR** 1 se mantiene con el mismo Dx, 4 se vuelven en Tritanopes, 4 en Deuteranomalos, 1 en Protanomalo y 3 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **FR** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **FR** 1 se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 1 en Acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **FR** 1 se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 1 en Protanomalo.

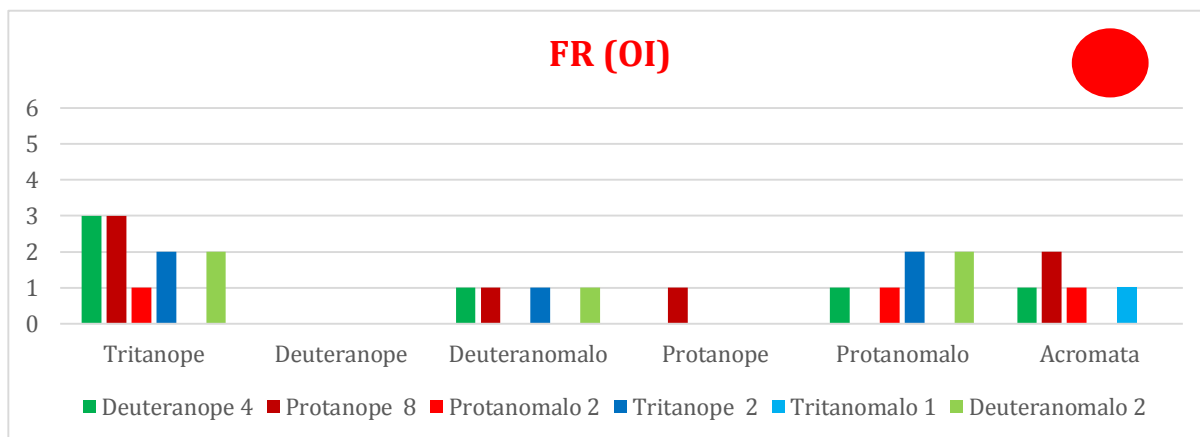


Gráfico 22.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **FR 3** se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanomalo y 1 en Acromata.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **FR 1** se mantiene con el mismo Dx, 3 se vuelven en Tritanopes, 1 en Deuteranomalo y 2 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **FR 1** se mantiene con el mismo Dx, 1 se vuelve Tritanope y 1 en Acromata.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **FR 2** se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **FR 1** se vuelve Acromata.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **FR 1** se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 2 en Protanomalos.

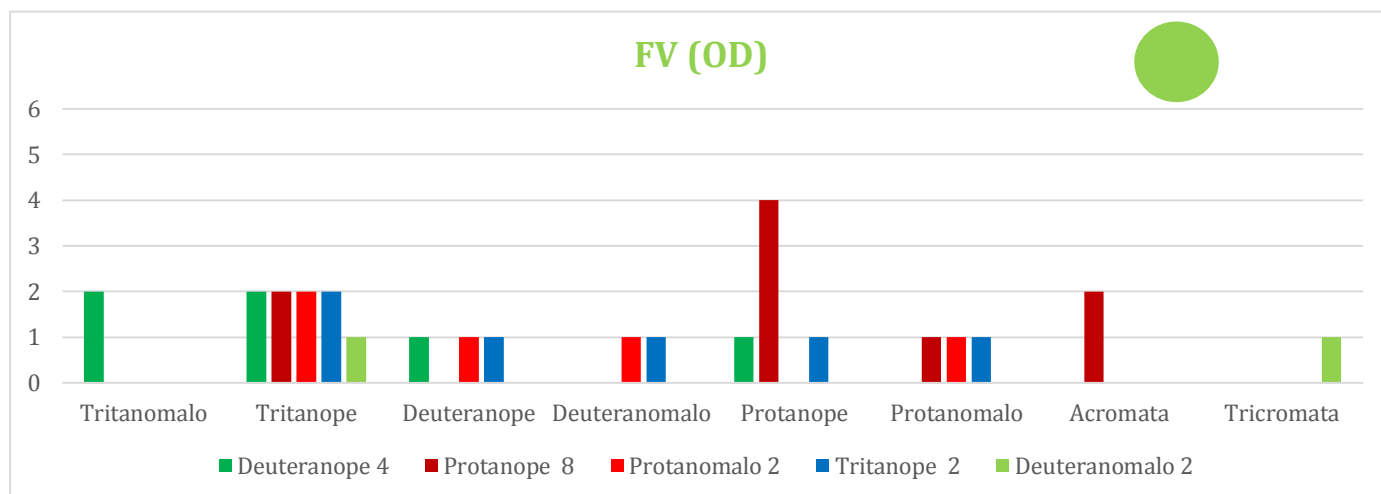


Gráfico 23.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **FV 1** se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanomalos, 2 en Tritanopes y 1 en Protanope.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **FV 4** se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven en Tritanopes, 1 en Protanomalo y 2 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **FV 1** se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranope y 1 en Deuteranomalo.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **FV 2** se mantienen con el mismo Dx, 1 se vuelve Deuteranope, 1 en Deuteranomalo, 1 en Protanope y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **FV 1** se vuelve Tritanope y 1 en Tricromata.

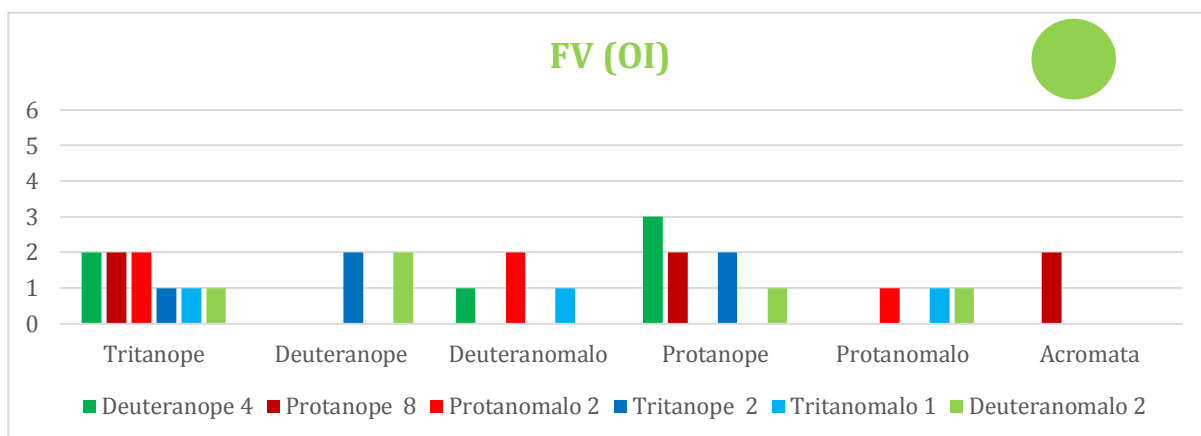


Gráfico 24.

De los 4 Dx **Deuteranopes** iniciales al colocar el filtro **FV 2** se vuelven Tritanopes, 1 en Deuteranomalo y 3 en Protanopes.

De los 8 Dx **Protanopes** iniciales al colocar el filtro **FV 2** se mantienen con el mismo Dx, 2 se vuelven en Tritanopes y 2 en Acromatas.

De los 2 **Protanomalos** iniciales al colocar el filtro **FV 1** se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Tritanopes y 2 en Deuteranomalos.

De los 2 **Tritanopes** iniciales al colocar el filtro **FV 1** se mantiene con el mismo Dx, 2 se vuelven Deuteranopes y 2 en Protanopes.

Del **Tritanomalo** inicial al colocar el filtro **FV 1** se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranomalo y 1 en Protanomalo.

De los 2 **Deuteranomalos** iniciales al colocar el filtro **FV 1** se vuelve Tritanope, 1 en Deuteranope, 1 en Protanope y 1 en Protanomalo.

Sensibilidad al Contraste

En la siguiente tabla se dan a conocer las probabilidades que se obtuvieron en cada una de las frecuencias de la toma de SC tanto en OD como en OI.

OD	P	OI	P
Frecuencia A	0.02387804	Frecuencia A	0.07826915
Frecuencia B	2.4306E-07	Frecuencia B	7.682E-05
Frecuencia C	2.4592E-08	Frecuencia C	1.5376E-05
Frecuencia D	2.1919E-05	Frecuencia D	8.3556E-05

Tabla 1. Probabilidades de frecuencias en SC

Las siguientes graficas muestran las frecuencias con sus respectivas disminuciones que se obtuvieron con cada uno de los filtros tanto en OD como en OI.

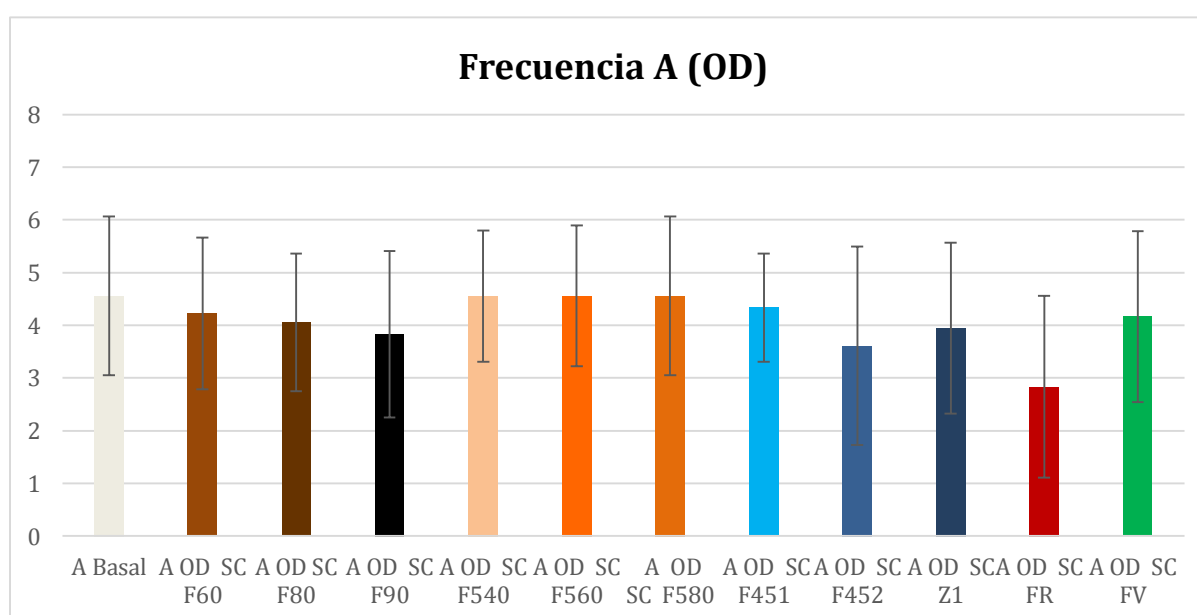


Grafico 25. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el FR y los que menos se percibió disminuido fueron los F540, F560, F580 y F451

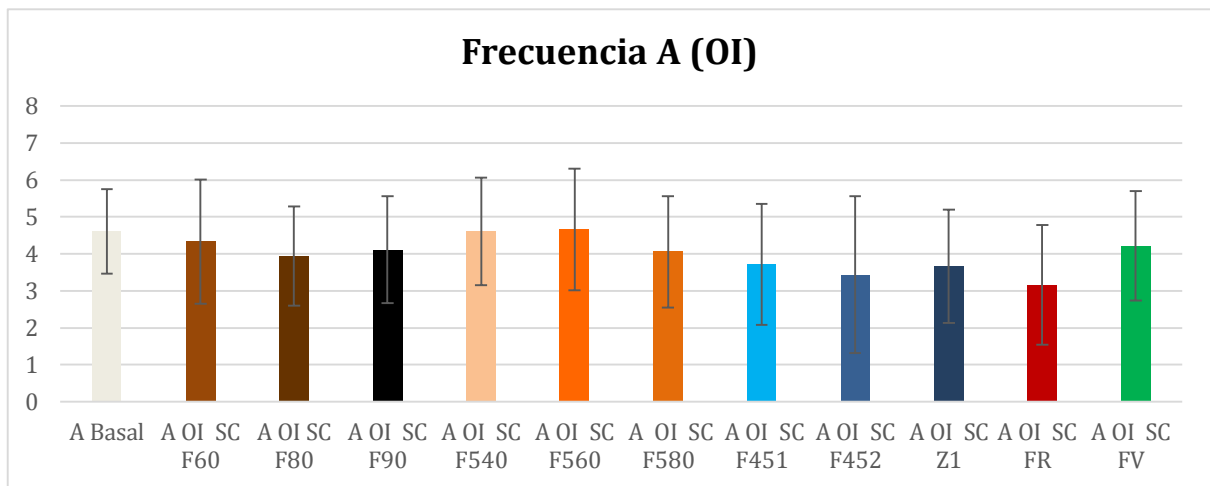


Grafico 26. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el FR y F452. Mientras que con el que menos se percibió disminuido la SC fue con F560 y F540.

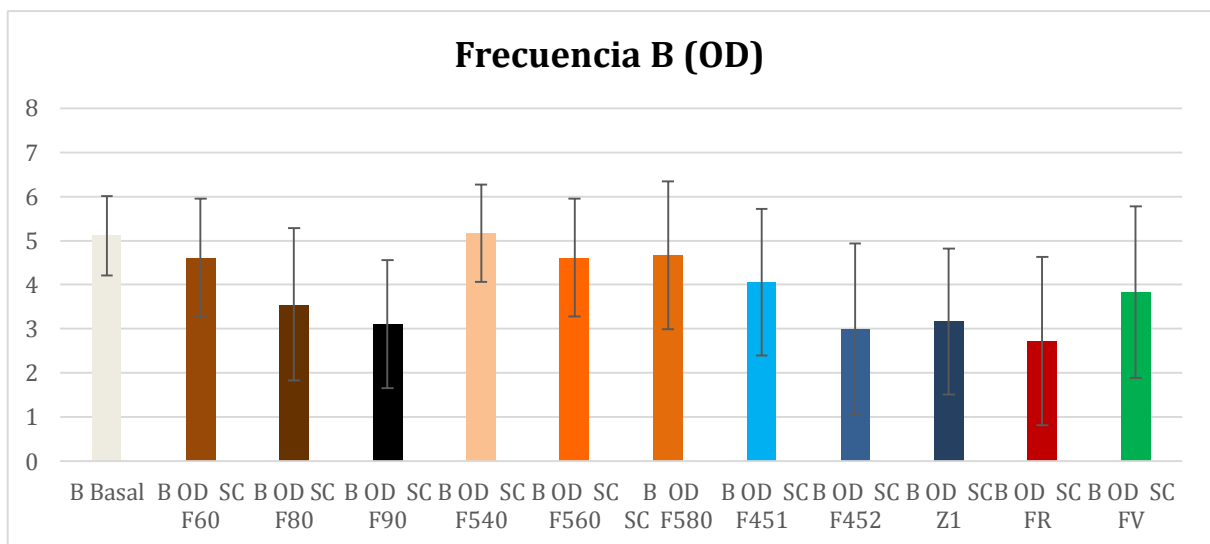


Grafico 27. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el FR, F452 y F90. Mientras que con el que menos se percibió una disminución fue con el F540 y F580.

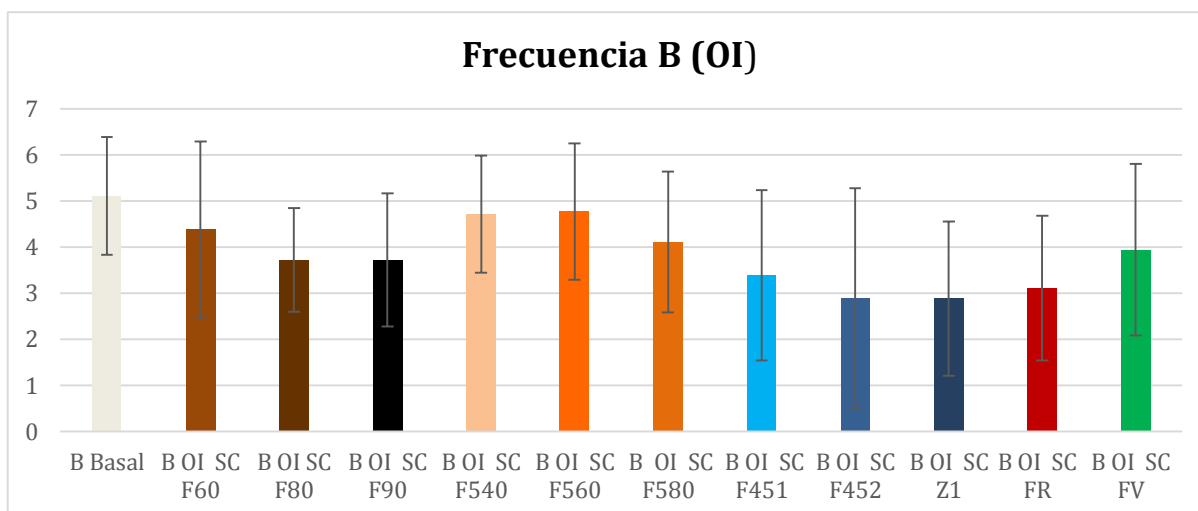


Grafico 28. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el F452 y Z1. Mientras que con el que menos se percibió disminuido la SC fue con F560, F540 y F80. Los filtros 80 y 90 se refiere que se captaron de la misma manera.

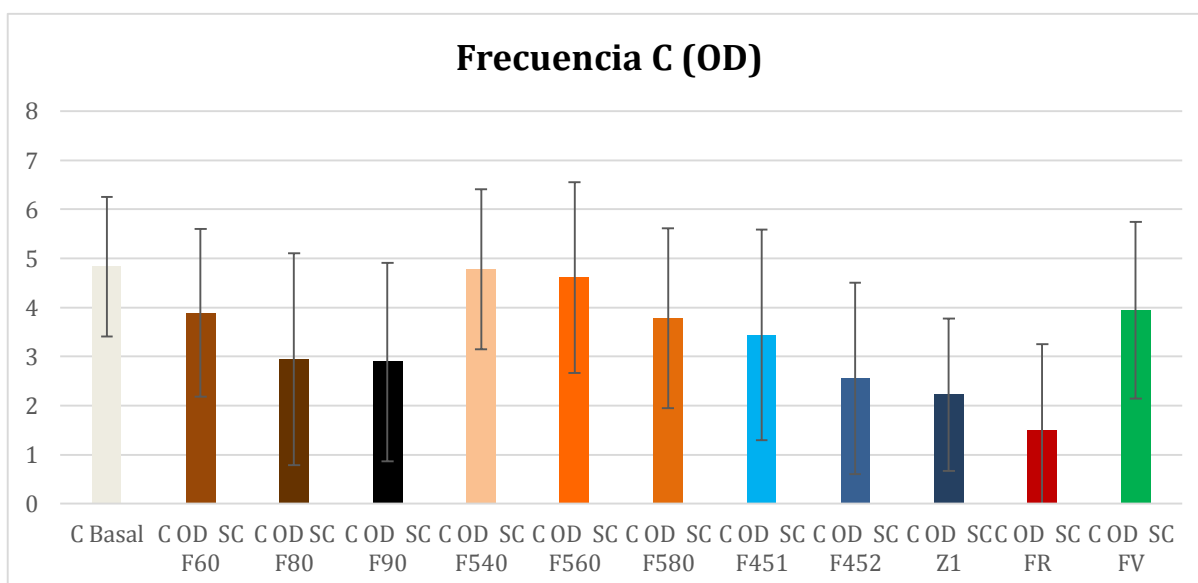


Grafico 29. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el FR, Z1 y F452. Mientras que con el que menos se percibió disminuido la SC fue con F540, F560 y FV.

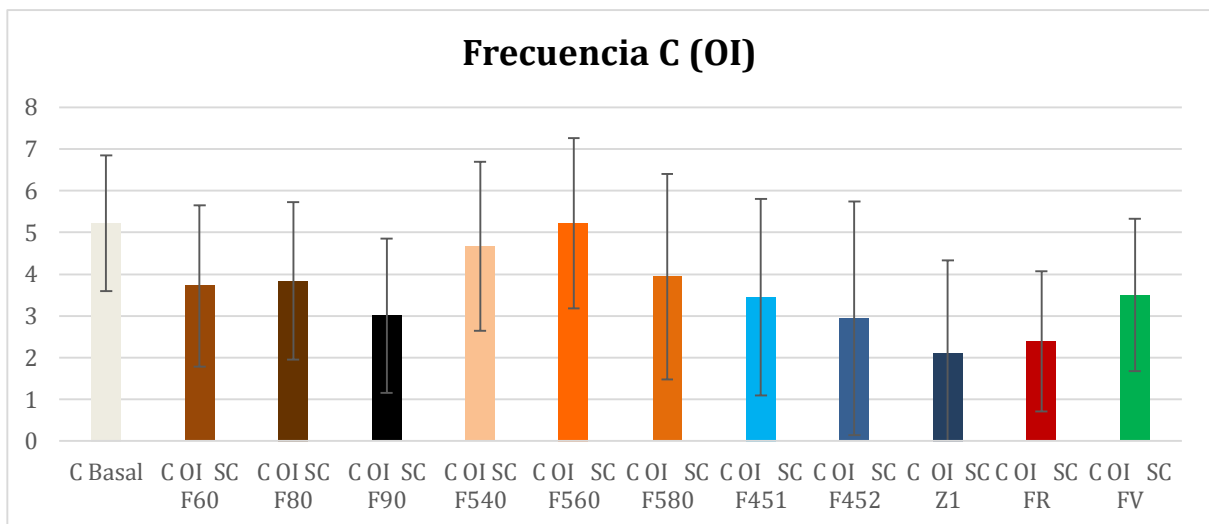


Grafico 30. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el FZ1 y FR. Mientras que con el que menos se percibió disminuido la SC fue con F560 y F540.

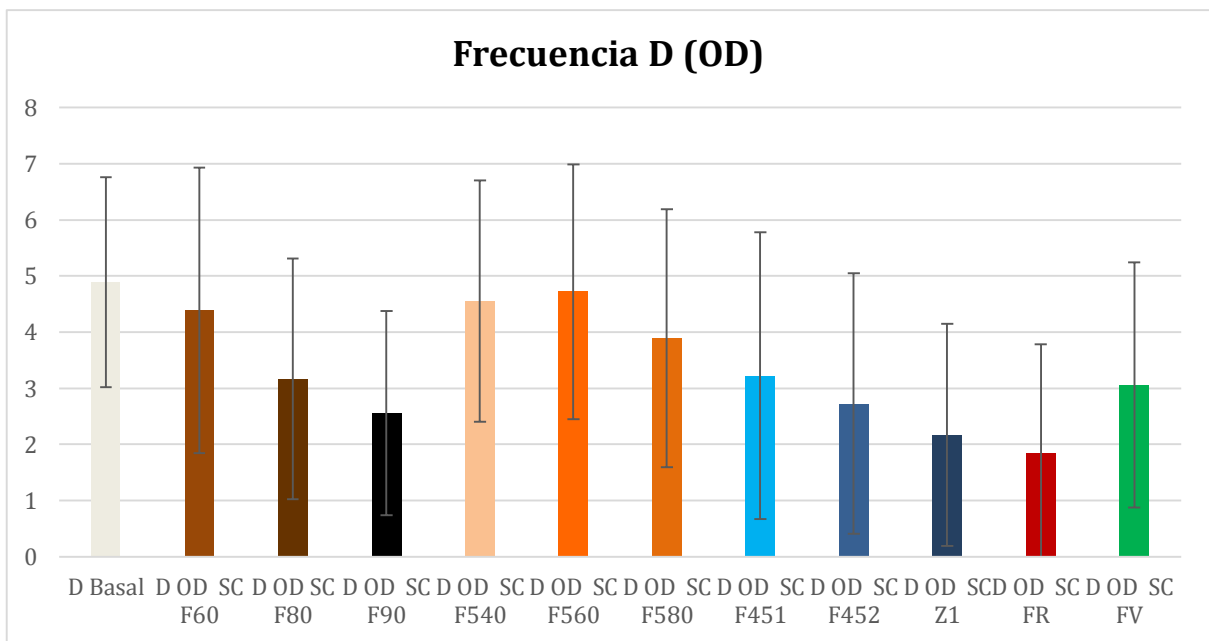


Grafico 31. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el FR, Z1 y F90. Mientras que con el que menos se percibió disminuido la SC fue con F560, F540 y F60.

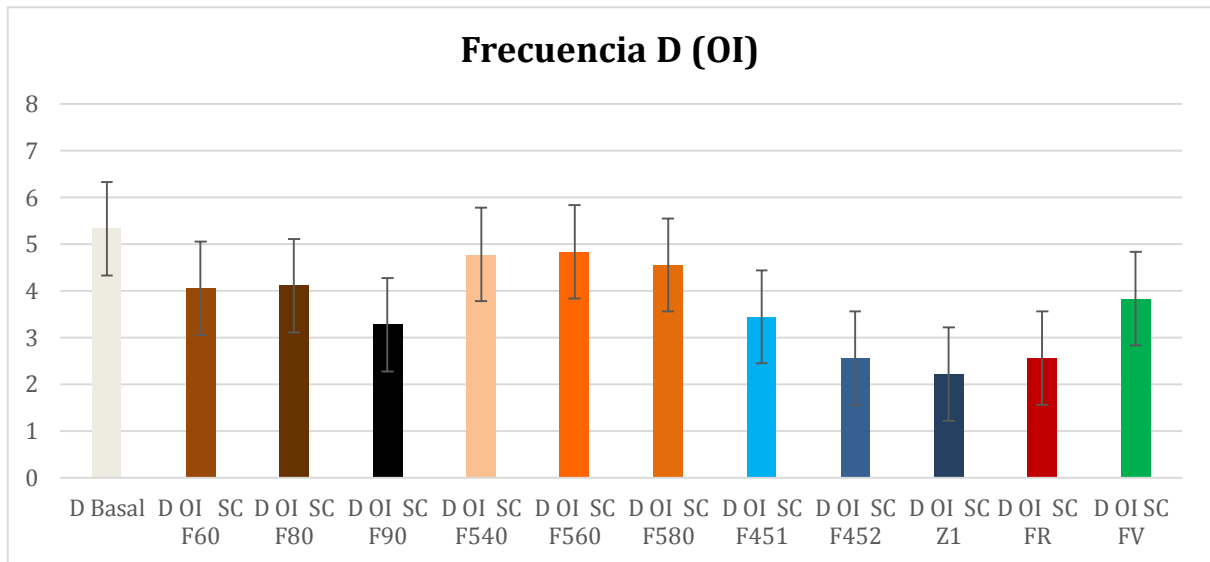


Grafico 32. Los filtros con los que la SC se detectó más disminuida fue el FZ1, F452 y FR. Mientras que con el que menos se percibió disminuido la SC fue con F560, F540 y F580.

DISCUSIÓN

En la literatura investigada se ha encontrado pocos casos experimentales como lo es este estudio, pero la mayoría confirman que el uso de los filtros en pacientes discromatas no beneficia en ningún termino a este tipo de pacientes y que se ve modificada la percepción que tenían en un inicio, como es el caso de esta investigación/estudio.

Lamentablemente en México no se suele haber investigación sobre la Discromatopsia ya que esta afectación la dejan pasar porque no están lo suficientemente informados de lo importante que es este tema.

Los autores revisados en esta investigación respaldan la afirmación de que los filtros no son un tratamiento fiable para remediar las alteraciones en la percepción de las personas Discromatas.

Valera Mota dijo a través de una investigación que realizó en la FES Iztacala que las personas discromatas que utilizan filtros, no solo se le modifica la sensibilidad al contraste, sino que de igual manera se ve alterada la percepción en que la persona logra ver los colores que desde un inicio sí puede identificar. Es importante explicarles a los pacientes de manera clara, que un filtro los puede hacer ver algunas figuras en las pruebas de color, pero eso no significa que ya pueden percibir el color al que son ciegos. (30)

Luis Gómez Robledo dio a conocer, en el departamento de Óptica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, en una investigación sobre el uso de filtros, utilizando EnChroma, mediante las pruebas de Ishihara y Farnsworth-Munsell, y se revela que una persona discromata, al utilizar las gafas EnChroma, no percibe nuevos colores, sino que percibirá los colores de una manera diferente. De esa manera se concluyó que se descarta la eficacia los lentes comerciales para personas con discromatopsia, ya que supuestamente ayudan a ver los colores, pero en realidad se dieron cuenta que no solucionan ni ayudan en nada a la persona, ya que solo les trae más consecuencias a las personas que los usan. Los lentes EnChroma no curan la discromatopsia, su efecto en la percepción al color es similar al de otras gafas comunes las cuales no corrigen ni ayudan a esta deficiencia visual. (14)

En el Departamento de Optometría y Ciencias de la Visión y el Instituto para la Promoción del ojo de la Universidad de Daegu, Gyeongsan en Corea del Sur. Se realizó una investigación sobre los cambios de percepción al color con lentes entintadas.

Se sometieron 14 participantes con visión de color normal, con el uso de las lentes entintadas en diferentes tonalidades y se sometieron a 3 pruebas: la prueba de placas pseudoisocromaticas, la prueba de disposición y la prueba de Lantern.

Los resultados que se obtuvieron mostraron que el uso de lentes entintadas cual sea el color, se asocia a puntuaciones altas con un margen de error en las pruebas. En especial las lentes color amarillo oscuro mostraron errores altos que los demás colores. Los lentes de color **gris oscuro y marrón** de igual manera perjudicaron al paciente confundiéndolo en la percepción del color, especialmente en la prueba de Lantern. Con este estudio llegaron a la conclusión de que el uso de las lentes entintadas afecta la percepción del color incluso en personas que los perciben de manera correcta. (11)

Castro realizo un estudio en el Instituto de ingeniería y tecnología en Chihuahua, donde examinó el potencial de los lentes EnChroma los cuales se venden en el mercado con el propósito de mejorar la visión en personas con deficiencia al color. Este estudio se realizó a través de la prueba de Ishihara y Farnsworth 100-Hue.

Los resultados mostraron que los lentes EnChroma transmiten la luz de manera similar a otros filtros para discromatopsia. Sin embargo, no hubo evidencia de que los lentes permitieran a las personas con discromatopsia ver más colores.

En la prueba digital del test Ishihara, los lentes EnChroma no mejoraron los resultados de los participantes, al igual que en la prueba de Farnsworth 100-Hue.

Además, se encontró que el filtro rojo de los lentes EnChroma empeoraba los resultados del test Ishihara en los observadores. Los resultados del estudio sugieren que los lentes EnChroma no son una solución efectiva para mejorar la visión del color en personas discromatas. (5)

De igual manera se encontró poca literatura que aplicó la misma prueba que esta investigación Hardy-Rand-Rittler (HRR).

Castro propuso el primer filtro para personas con deficiencia al color. Y un ejemplo de esos filtros son los filtros del lente X-Chrom patentado en 1971 que oscurece los colores amarillo y verde y que produce que los naranjas se oscurezcan para permitir a los tricromatas y discromatas percibir mejor el rojo. En un estudio participaron 16 personas que obtuvieron buenos resultados al probarlos con el test de discromatopsia HRR (Hardy-Rand-Rittler), pero no hubo mejora cuando los participantes realizaron el test de ordenación 100-Hue.

Al finalizar las pruebas se dieron cuenta que había muchas confusiones a la hora de identificar las cartillas en el test de HRR ya que provocaba que los pacientes no pudieran concluir de manera correcta la prueba. (5)

Paulson en un estudio evaluó la efectividad de las lentes X-Chrom del Dr. Zeltzer en dos sujetos con deficiencia al color: El sujeto 1 era un piloto aviador con protanomalia severa y el otro sujeto era un enfermero del hospital de la marina de los EE. UU. con deuteranopia. Ambos sujetos utilizaron la lente tintada en su ojo no dominante. Se realizaron las pruebas de Hardy-Rand-Rittler y Farnsworth-Munsell 100-Hue en ambos sujetos. Ambos tuvieron resultados muy bajos en las pruebas, duplicando sus errores.

Paulson refiere que si bien la lente X-Chrom puede ayudar a los discromatas a pasar pruebas de visión del color específicas, pero no mejora su capacidad de discriminar colores en situaciones del mundo real. También especifica que las pruebas de visión del color deben administrarse bajo condiciones específicas. Si estas condiciones no se siguen, se pueden producir diagnósticos incorrectos. (6)

Ditmars realizó un estudio reclutando 10 sujetos del servicio militar. Ya que el personal estaba refiriendo deficiencias al color, y a base de eso les aplicó la prueba de Hardy-Rand-Rittler e Ishihara utilizando un lente de contacto rojo en el ojo no dominante.

A través de las pruebas aplicadas se llegó a la conclusión de que los militares no presentaban alguna mejoría notable en ninguno de los casos. (8)

CONCLUSIÓN

A través de esta investigación, se llegó a la conclusión que si se pudieron cumplir con los objetivos planteados previamente.

Se analizó como se altera y deteriora la agudeza visual en un paciente discromata al momento de colocarle un filtro de cualquier color, aunque esté al principio de la prueba presentara una buena AV. Se pudo observar como el filtro perjudicaba en la toma de SC y esta se veía altamente disminuida. Y cómo es que todos los filtros alteraban la percepción de los colores incluso los que el paciente podía percibir antes de colocarse algún filtro.

Gracias al manejo de las pruebas asignadas (HRR, SC y AV), con y sin filtros se pudieron realizar las pruebas de manera eficaz, dando buenos resultados.

De igual manera se confirmaron muchas situaciones que otras literaturas comentan: las discromatopsias se presentan principalmente en hombres, en mujeres es muy raro que se presente alguna, se presenta una alta disminución de SC, la manera en la que los colores que si se perciben se ven perjudicados, los pacientes que se colocan un filtro de absorción no se sienten cómodos, les dan falsas esperanzas de que el filtro los ayudará a tratar su discromatopsia.

Con los resultados obtenidos en el HRR se vio que:

- Los Deuteranopes tienden a ser volverse Tritanopes, Deuteranomalos y Protanopes pero en ocasiones se pueden volver en: Protanomalo y Acromata.
- Los Protanopes tienden a volverse Acromatas, Tritanopes y Deuteranopes; con el FR se vuelven Deuteranomalos.
- Los Tritanopes tienden volverse a volverse Tritanopes, Deuteranomalos y Protanomalos.
- Los Deuteranomalos tienden a volverse Tritanopes y Tricromatas y en ocasiones se mantienen Deuteranomalos (específicamente con FR).
- Los Protanomalos tienden a volverse Tritanopes, Protanomalos y Deuteranomalos. En ocasiones se vuelven Acromatas.
- Los Tritanomalos tienden a volverse Tritanopes, Protanomalos y Deuteranomalos y en ocasiones se vuelven Acromatas.

Con los datos obtenidos en la toma de Sensibilidad al Contraste (SC) observa que:

- Los filtros que más perjudican a los pacientes y le reducen la sensibilidad al contraste fue el Filtro rojo (FR) y F452.
- El filtro que todavía permite visualizar un poco los niveles de sensibilidad al contraste, pero no con los mejores resultados son los: F540 y F560 y en ocasiones el F580.

Nosotros como optometristas y siendo profesionales de la salud visual tenemos la obligación de evaluar la sensibilidad al contraste, la percepción al color y claro, la agudeza visual ya que con estos puntos a evaluar podemos dar un buen diagnóstico de 3 factores que son fundamentales para el desarrollo del paciente.

Es importante que al momento de evaluar a un paciente Discromata y en caso de querer mandar algún tipo de filtro sea únicamente como una ayuda momentánea o solo en actividades específicas, por ejemplo, al momento de conducir de noche, fotosensibilidad etc.

Es fundamental que se les explique a los pacientes porque un filtro de cualquier color no es correctamente sano que se use como un tratamiento diario, ya que eso puede perjudicar su percepción de los colores, sensibilidad al contraste y su agudeza visual. El usar un filtro de manera diaria puede traer consecuencias visuales a largo o corto plazo perjudicando hasta factores que complementan el sistema visual.

Debemos de explicar de manera detallada por qué un filtro no ayuda a tener una buena percepción de los colores, es imposible que genere un fotorreceptor (cono) en el ojo que es el que se necesita para poder percibir los colores de manera correcta. Así mismo le podemos dar alternativas para que la persona o niño comience a identificar los colores a su manera, por ejemplo: que se le enseñe los colores y que el paciente comience a identificarlos, poniéndole nombre a los lápices de colores, etiquetando ropa o comida, estos últimos puntos en caso de que se trate de una OPIA.

Debemos destacar que el padecer una discromatopsia no es una enfermedad que sea limitante o que impida el correcto desarrollo del paciente. Solo debemos notificar que al momento de la elección de estudiar una carrera no sea por ejemplo aviación, ya que se han presentado casos de que la institución donde se imparte esta carrera suele poner límites a estos pacientes. Pero también se ha tenido casos de que pacientes discromatas, son maquillistas profesionales.

Apéndices

Apéndice 1. Hoja de consentimiento informado



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ 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 _____ de _____ del 202__

Apéndice 2. Hoja de resultados de la prueba HRR

[illegible]

Apéndice 3. Hoja de resultados de la prueba de Sensibilidad al contraste

Toma de SC en la prueba de filtros												
OD	S/f	F60	F80	F90	F540	F560	F580	F451	F452	Z1	FR	FV
OI	S/f	F60	F80	F90	F540	F560	F580	F451	F452	Z1	FR	FV

Referencias consultadas

1. Arancón C. El ojo humano y sus defectos [Internet]. Diciembre de 2014 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 23. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/136-2015-01-29-el%20ojo%20humano%20y%20sus%20defectos..pdf>
2. Mosquera GP, Segarra M de JA. Alteraciones en la visión cromáticas por agentes neurotóxicos en pacientes de 20 a 40 años. Revista Vive [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2024 Sep 02];4(10):44–52. Available from: <http://revistavive.org/index.php/revistavive/article/view/75/224>
3. Aston S, Denisova K. Exploración de los determinantes de la percepción del color utilizando Thedress y sus variantes: el papel del contexto espacio cromático, la iluminación cromática y la interacción material-luz. Perception [Internet]. 2020 Nov [citado 2024 Sep 2];49(11):1235–51. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0301006620963808>
4. Li R, Polat U. Mejora de la función de sensibilidad al contraste mediante el entrenamiento con videojuegos de acción. Nature Neuroscience [Internet]. 29 de marzo de 2009 [citado el 2 de septiembre de 2024];12(5):549–51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19330003/>
5. Castro JB. Algoritmo de clasificación aplicado en la identificación de píxeles en imágenes a repintar para su adaptación a personas con protanopia [Internet]. Junio de 2021 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 47. Disponible en: <https://erecursos.uacj.mx/server/api/core/bitstreams/a603334a-5279-42eb-82f3-a5561c0ab9d8/content>
6. Paulson HM. The X-Chrom lens for correction of color deficiency. Medicina militar [Internet]. 1 de agosto de 1980 [citado el 2 de septiembre de 2024];145(8):145(8):557-60. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6774292/>
7. Lauer AR. Filter study of the effect of certain transmission filter son visual acuity with and without glare. [Internet]. Agosto de 1951 [citado el 2 de septiembre de 2024] pág. 12. Disponible en: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrbbulletin/43/43-004.pdf>
8. Ditmars DL. Una lente de contacto para el tratamiento de los defectos de la visión del color. Medicina militar [Internet]. 1 de mayo de 1976 [citado el 02 de sepe de 2024];141(5):322. Disponible en: <https://academic.oup.com/milmed/article-abstract/141/5/319/4909522?redirectedFrom=fulltext>
9. Cole BL, Lian KY. The new Richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the Ishihara test. Optometría clínica y experimental [Internet]. 2006 Mar [citado 2024 Sep 2];89(2):73–80. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16494609/>
10. Cole, Barry L, Lian KY Using clinical tests of colour vision to predict the ability of colour vision deficient patients to name surface colours. Ophthalmic and Physiological Optics , vol. 27, núm. 4, julio de 2007, págs. 381–388, <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2007.00493.x>.
11. Lee JH, Chu BS. Efecto de lentes oftálmicas de diferentes colores en la percepción de la visión del color. Daehan sigwahak hoeji/Daehan si'gwahag hoeji [Internet]. 31 de diciembre de 2015 [citado el 19 de abril de 2024];17(4):443–52. Disponible en: <http://online-koptometry.net/journal/article.php?code=37231>
12. Varikuti VNV, Zhang C. Efecto de las gafas EnChroma en la detección de la visión del color mediante las pruebas de visión del color Ishihara y Farnsworth D-15. Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus [Internet]. 2020 Jun [citado 2024 Sep 2];24(3):157. Disponible en: [https://www.jaapos.org/article/S1091-8531\(20\)30100-2/abstract](https://www.jaapos.org/article/S1091-8531(20)30100-2/abstract)
13. Badawy AR, Hassan MU. Contact Lenses for Color Blindness. Advanced Healthcare Materials [Internet]. 26 de abril de 2018 [citado el 2 de septiembre de 2024];7(12):1800152. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29696828/>
14. Gómez L. Las “gafas de corrección del daltonismo”: sin evidencia científica de que producirán mejor visión del color [Internet]. OTRI. Septiembre de 2012 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 5. Disponible en: https://www.ucm.es/data/cont/docs/1334-2019-12-05-2019_12_not2.pdf

15. González-Pérez J, Rodríguez Daporta E. Case Report: Effect of Haploscopic Filter on Contrast Sensitivity Function and Color Vision Tests. Optometry and Vision Science [Internet]. 30 de noviembre de 2020 [citado el 2 de septiembre de 2024];97(12):1034–40. Disponible en: https://journals.lww.com/optvissci/abstract/2020/12000/case_report_effect_of_haploscopic_filter_on.5.aspx
16. Almutairi N. Evaluación del filtro Enchroma para corregir la visión del color Evaluación del filtro Enchroma para corregir la visión del color Deficiencia Deficiencia Cita recomendada Cita recomendada [Internet]. CommonKnowledge. 2017 Jul [citado 2024 Sep 2] p. 50. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/141726688.pdf>
17. De los Santos A. La Teoría del Color [Internet]. IDAT. Octubre de 2010 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 12. Disponible en: <https://adelossantos.files.wordpress.com/2010/10/teroria-del-color.pdf>
18. Merino JE. Alteraciones de la Visión al color en trabajadores expuestos a vapores de Tolueno y Xileno en una empresa de pinturas [Internet]. UNAM. Febrero de 2007 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 45. Disponible en: <http://132.248.9.195/pd2007/0618223/0618223.pdf>
19. De la Peña L. La naturaleza de la luz. Revista Digital Universitaria [Internet]. 4 de mayo de 2018 [consultado el 2 de septiembre de 2024];19(3):13. Disponible en: https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v19_n3_a1-Luis-de-la-Pen%cc%83a.pdf
20. Ruíz L. Teoría del color [Internet]. Observatorio de tecnología en educación a distancia. 2008 [consultado el 2 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://observatoriotecedu.uned.ac.cr/teoria-del-color/>
21. Lavado Landeo L. Córnea [Internet]. Septiembre de 2017 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 20. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Libros/Medicina/cirugia/Tomo_IV/archivospdf/05c_ornea.pdf
22. Lledó Rinquelme M. La transducción visual [Internet]. Anales de Oftalmología. 2010 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/244465514_La_transduccion_visual
23. Sotil W, Calvo N. Tests de visión cromática asistidos por computadora CORE Ver metadatos, citas y artículos similares en core.ac.uk proporcionados por El Servicio de Difusión de la Creación Intelectual [Internet]. CAIS. Marzo de 2015 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 16. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/301071072.pdf>
24. Gigantes H. Thomas Young, el polifacético científico que descubrió el astigmatismo. RTVEes [Internet]. 28 de mayo de 2012 [consultado el 2 de septiembre de 2024];7(2). Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20120528/thomas-young-polifacetico-cientifico-descubrio-astigmatismo/531988.shtm>
25. Gómez Chova, J. Desarrollo de un nuevo modelo de visión del color basado en la fisiología del sistema visual. Universidad de valencia, 2004 [consultados el 2 de septiembre de 2024]. Disponible: core.ac.uk/download/pdf/70999331.pdf. Consultado el 12 de septiembre de 2024.
26. Padilla Mejía KI. Teoría del proceso oponente de la visión de color [Internet]. Scribd. 2020 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/489504261/Teoria-del-proceso-oponente-de-la-vision-de-colo>
27. Rueda PN, Alexandra D. Efectividad del test cromático visual Software Interactivo en la detección de las alteraciones de la visión cromática en trabajadores de lavanderías en la localidad de Chapinero en Bogotá [Internet]. Ciencia Unisalle. 2008 [consultado el 2 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/27/>
28. Cortés J. La Percepción del Color [Internet]. Abril de 2000 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 10. Disponible en: https://personal.us.es/jcortes/Material/Material_archivos/Articulos%20PDF/Color.pdf
29. Barrientos García B. Experimentos simples para entender una tierra complicada [Internet]. 2011 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://tellus.geociencias.unam.mx/wp-content/uploads/2020/01/libro2_-luz_color.pdf

30. Valera Mota MM, Ibarra Castillo JP. Evaluación de sensibilidad al contraste sin y con filtros en personas jóvenes sanas sin discromatopsias. Revista Cubana de Tecnología de la Salud [Internet]. 22 de junio de 2023 [consultado el 3 de septiembre de 2024];14(2):4060. Disponible en: <https://revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/view/4060>
31. Monreal López Á. Evaluación de la función visual y de la neuro-retina en sujetos con diagnóstico de daltonismo [Internet]. Universidad de Zaragoza. Septiembre de 2021 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 25. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/110374/files/TAZ-TFG-2021-2845.pdf>
32. Diaconu V, Sullivan D. Discriminating colors through a red filter by protanopes and colour normals. Óptica oftálmica y fisiológica [Internet]. 2010 enero [citado 2024 septiembre 2];30(1):66–75. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-1313.2009.00695.x>
33. AFAC. Padecimientos Más Frecuentes Que Afectan al Personal Técnico Aeronáutico. AFAC, 2023, Consultado el 2 de septiembre de 2024. Disponible en: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/828949/padecimientos-comunes-importancia-seguridad-vuelo-29052023.pdf.
34. Randy A. Estudio de Discromatopsia [Internet]. sisbib.unmsm.edu.pe. 1999 [citado 2024 Sep 2]. Disponible en: <https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/spmi/v12n2/estudio.htm>
35. Espailat Institute. Qué es la discromatopsia [Internet]. Espailatcabral.com. 2022 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: <https://www.espailatcabral.com/es/blog/item/que-es-la-discromatopsia>
36. Simunovic MP. Colour vision deficiency. Eye [Internet]. 20 de noviembre de 2010 [citado el 2 de septiembre de 2024];24(5):747–55. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19927164/>
37. Ramírez C, Helmut J. *Study of dyschromatopsia in school children and its asociation with the deficient level of vitamin A*. Diagnóstico (Perú) [Internet]. 20 de marzo de 2005 [consultado el 2 de septiembre de 2024];1(44):16–20. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-423599>
38. Coca Torrents I. Evaluación de las estrategias de adaptación a disfunciones de la visión del color isaura coca torrents [Internet]. UPC. Junio de 2012 [consultado el 2 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15589/TFM_Isaura_Coca.pdf
39. Cruz Pérez F de J. Vista de Prevalencia de discromatopsia en pilotos aviadores y factores laborales aeronáuticos, estudio comparativo | Revista Colombiana de Salud Ocupacional [Internet]. Unilibre.edu.co. 2016 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/rc_salud_ocupa/article/view/4942/4227
40. Rojas Yepes J. Estandarización de las pruebas de visión del color y visión de profundidad para la validación del protocolo reisvo [Internet]. 2014 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=maest_ciencias_vision
41. Lee D. Evaluación de las placas de prueba de visión del color de Kojima-Matsubara: validez en niños pequeños [Internet]. OVS. 1997 [consultado el 2 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://journals.lww.com/optvissci/abstract/1997/09000/evaluación_of_kojima_matsubara_color_vision_test.20.aspx
42. Espino Alvarado L. Como afecta la presencia de estrógenos la percepción al color en las mujeres jóvenes [Internet]. UNAM. 2019 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://repositorio.unam.mx/contenidos/como-afecta-la-presencia-de-estrogenos-la-percepcion-al-color-en-las-mujeres-jovenes-3466428?c=pNqv8&d=false&q=*:*&i=1&v=1&t=búsqueda_0&as=0

43. Gómez Moliner JM. Análisis comparativo de la transmitancia espectral para lentes filtrantes de baja visión [Internet]. Octubre de 2017 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/184308/josep.miquel.gomez%20-%20TFM_ANALISIS%20COMPARATIVO%20FILTROS%20TERAPEUTICOS.pdf
44. Espinosa P. Estudio comparativo de filtros oftálmicos de última generación contra filtros convencionales, que desempeñen una mejor calidad óptica a las personas expuestas a cambio de luces de pantallas producidas por video juegos de alta resolución en pacientes de 15 a 35 años de edad en el distrito metropolitano de quito – ecuador 2018. [Internet]. 2019 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: <https://apidspace.cordillera.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a27f8280-e65a-4772-8d53-b868f1299ecf/content>
45. Seco Rodríguez E. Efectividad de la utilización de filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión [Internet]. Universidad de Valladolid. 2012 [consultado el 2 de septiembre del 2024] p. 62. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6473/TFM-M84.pdf?sequence=1&>
46. EPA. Información básica sobre la radiación [Internet]. EPA de EE. UU. 2023 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-la-radiacion>
47. Delgado Jiménez I. Filtros de absorción selectiva en pacientes con patología ocular [Internet]. Universidad de Valladolid. Julio de 2021 [consultado el 3 de septiembre de 2024] p. 25. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48467/TFM-M543.pdf?sequence=1&>
48. Pérez Baladrón A. Evaluación de un protocolo de prescripción de filtros de absorción selectiva [Internet]. Optomato. Abril de 2016 [consultado el 3 de septiembre de 2024] p. 2. Disponible en: <https://www.optomcongreso.com/abstract2016/pdf/Poster552.pdf>
49. Zeiss. Cuidado de la visión ZEISS [Internet]. Zeiss.com. 2023 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: <https://www.zeiss.com/vision-care/en/newsroom/company-profile.html>
50. De Fez D, Luque J. Cambios en la sensibilidad al contraste en usuarios mayores de gafas de sol tintadas. *wwwsedopticaes Opt Pura Apl* [Internet]. 2007 [citado 2024 Sep 3];40(3):289. Disponible en: https://www.sedoptica.es/Menu_Volumenes/Pdfs/267.pdf
51. Colombo E. Comparación de dos pruebas psicofísicas de sensibilidad al contraste en un entorno clínico. *Psicología USP* [Internet]. 4 de marzo de 2011 [consultado el 2 de septiembre de 2024];22(1):45–66. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/pusp/a/p7kQ88XNVYKjdNLYBjJTs3C/#>
52. Tribiño Casado A. Efecto de la edad sobre el test de sensibilidad al contraste en una población supuestamente normal. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología* [Internet]. 2022 [consultado el 2 de septiembre del 2024];55(3):259–64. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8495858>
53. Departamento de Óptica. Laboratorio de Óptica Fisiológica y Psicofísica de la Visión [Internet]. Studocu. 2020 [consultado el 2 de septiembre de 2024] p. 5. Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-granada/optica-fisiologica-ii/practica-5-de-sensibilidad-al-contraste-con-csv1000/98224400>
54. López Y. Importancia de la valoración de sensibilidad al contraste en la práctica optométrica. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular* [Internet]. 2009 [consultado el 2 de septiembre del 2024];7(2):99–114. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599235>
55. Herranz RM. Sensibilidad al Contraste Objetivos Específicos del Tema [Internet]. 2012 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/154/491/864022351_sensibilidad_al_contrastec.pdf

56. Hernández Díaz MR. La Sensibilidad al Contraste Prueba clínica fundamental para una valoración Optométrica Ocupacional [Internet]. Academia.edu. 2016 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://www.academia.edu/27651293/LA_SENSIBILIDAD_AL_CONTRASTE_Prueba_cl
57. Matilla T. Sensibilidad al contraste [Internet]. 2018 [consultado el 2 de septiembre del 2024] p. 16. Disponible en: https://optonet.es/descargas/ovu/SC/SC_i.pdf
58. LEA. Lea-Test Ltd. [Internet]. Lea-test.fi. 2017 [citado el 2 de septiembre de 2024]. Disponible en: <http://www.lea-test.fi/index.html?start=es/vistests/instruct/contrast/lowsymbo.html>
59. Salvestrini P. Presbicia: evaluación clínica. Sensibilidad al contraste - Qvision [Internet]. Qvision. 2019 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: <https://www.qvision.es/blogs/patrizia-salvestrini/2019/03/30/3-8-presbicia-evaluacion-clinica-sensibilidad-al-contraste/>
60. Instituto Catalana de Retina. Test de Sensibilidad al Contraste – CSV 1000. Institut Català de Retina [Internet]. ICR. 2017 [consultado el 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: <https://icrcat.com/tratamientos-pruebas/test-de-sensibilidad-al-contraste-csv-1000/>
61. Jiménez Ortiz H. Valoración de la discromatopsia adquirida mediante nueva aplicación informática en pacientes con neuropatías ópticas desmielinizantes. Dialnet [Internet]. 2017 [consultado el 2 de septiembre del 2024];2(1):2. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=128872>
62. Lillo, Julio. “Las “Gafas de Corrección Del Daltonismo”: Sin Evidencia Científica de Que Produzcan Mejor Visión Del Color”. Universidad Complutense de Madrid [Internet] 2013 [consultado 2 de septiembre del 2024]. Disponible en: https://www.ucm.es/data/cont/docs/1334-2019-12-05-2019_12_not2.pdf

Referencias de imágenes

1. Espectro visible. (2012, 14 de junio). [Blogspot] Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://3.bp.blogspot.com/-ZnluXHKx0Ec/UM9Vj3UUBVI/AAAAAAAAACng/chhJBs015yA/s1600/Espectro+visible.gif>
2. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.blueconemonochromacy.org%2Fes%2Fsaber-mas%2Fel-ojo%2F&psig=AOvVaw3ZukPOtUMs2wdtS3qlcj8Y&ust=1735942692301000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjRxqFwoTCNjditCI2IoDFQAAAAAdAAAAABAE>
3. Contín Maria. A. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2013). Caracterización y modelado de la respuesta espectral de materiales reflectantes para aplicaciones espaciales. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Córdoba]. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/13264/13007%20R-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. fotopi.gif: https://2.bp.blogspot.com/_IUEhfWa-A58/S8aSzHq5TRI/AAAAAAAAAEY/qfHRnaMT67o/s1600/fotopi.gif
5. Girona Studio. (2018, septiembre 9). Color RGB. [Imagen]. Girona Studio. https://gironastudio.es/wp-content/uploads/2018/09/color_rgb-300x300.jpg
6. Líneas de confusión. 2023, abril 12). Asociación Profesional de Revistas Jurídicas Valencianas. <https://www.uv.es/aprjuv/images/11517con/confusion.jpg>
7. Smith, J. (2023). Diagrama de Young-Helmholtz [Imagen]. Wikimedia Commons. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/23/YoungHelm.jpg/640px-YoungHelm.jpg>
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). Clasificación Internacional de Enfermedades, 11^a Revisión (CIE-11): Edición 2022. <https://core.ac.uk/download/pdf/70999331.pdf>
9. Círculo cromático. [Imagen en línea]. Walk With Me. [Internet]. 2023 Feb [citado 2024 Mar 04]. Disponible en: <https://www.walkwithme.es/wp-content/uploads/2023/02/que-es-el-circulo-cromatico.png>
10. De los Santos, A. (2010, octubre). Teoría del color. [PDF]. Recuperado de <https://adelossantos.files.wordpress.com/2010/10/teroria-del-color.pdf>
11. Arte en general. (2016, 17 de noviembre). Color: Características del color. [Blog]. Arte en general blog. <https://arteengeneralblog.wordpress.com/2016/11/17/color-caracteristicas-del-color/>
12. Espectro visible. (2022, enero). [Imagen]. Arquintro. <https://www.arquintro.com/wp-content/uploads/2022/01/espectro-visible.jpeg>
13. UNAM.mx. Experimentos simples para entender una tierra complicada [citado el 2 de marzo de 2024]. Disponible en: https://tellus.geociencias.unam.mx/wp-content/uploads/2020/01/libro2_-luz_color.pdf
14. Quoracdn.net. [citado el 6 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-9291bf835564ff81709fbe89414706c6-lq>
15. Pérez Iturriaga. Imagen original que representa el desencadenamiento de la Discromatopsia adquirida.
16. Clínica Oftalmológica González Costea. (2023, octubre 24). ¿Qué es la discromatopsia? Tipos y tratamiento. <https://www.clinicagonzalezcostea.es/que-es-la-discromatopsia-tipos-y-tratamiento/>
17. Gutiérrez-Amorós, J. (2016, noviembre). Daltonismo. [Imagen]. Clínica Josefina Gutiérrez Amorós. <https://josegutierrezamoros.es/clinica/wp-content/uploads/2016/11/color-blindness-scientific-publishing-700x494.jpg>
18. https://www.optirepresentaciones.com.mx/cdn/shop/files/GF1256_1000x.jpg?v=1687976711.
19. Pérez Iturriaga 2024. Imagen propia tomada del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México
20. Farnsworth, D. (2015.). Test de Farnsworth [Image]. Área Oftalmológica. <https://areaoftalmologica.com/wp-content/uploads/Test-de-Farnsworth.jpg> (Accessed March 6, 2024).

21. Óptica Callao. (2023). Filtros terapéuticos. [Imagen]. <https://www.opticaliacallao.com/hubfs/filtros%20terape%CC%81uticos.jpg>
22. Rawr Fotografía. (2014, octubre). Filtros2.jpg [Imagen]. Recuperado de <https://rawrfotografia.files.wordpress.com/2014/10/filtros2.jpg>
23. Fotografía esencial. (2023, 14 de noviembre). Filtro ND. [Imagen]. Blog Fotografía esencial. <https://fotografiaesencial.com/blog/wp-content/uploads/Filtro-ND.jpg>
24. García-Sanz, M. J. (2023). Eficacia de la utilización de filtros de absorción selectiva en pacientes con baja visión. Universidad de Valladolid
25. John Doe. (https://www.dzoom.org.es/wp-content/uploads/2009/11/5894855297_231cc54ab1_b-810x540.jpg)
26. Lara, M. (2023). Título del Trabajo de Fin de Grado. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://www.tfgfinancial.net/>
27. Gráficos de rejilla de onda sinusoidal en la vista de un dispositivo de prueba de sensibilidad al contraste. Kara, S. Evaluación de la sensibilidad al contraste. Revista de Oftalmología (2023): 1-10.
28. 2019. [Imagen de un paisaje urbano con edificios altos y un cielo azul claro]. [Imagen en línea] Disponible en: https://storage.googleapis.com/stateless-precision-vision/2019/06/5014_2-scaled.jpg [Consulta: 03 de abril de 2024].
29. Santiago: Instituto Pasteur de Chile. 2017. [Acceso 3 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.pasteur.cl/wp-content/uploads/2017/03/lea-1.jpg>
30. Pérez Iturriaga 2024. Imágenes propias tomadas del gabinete de visión al color de la clínica de Optometría. FESI UNAM. México.