



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Evaluación de la visión al color en trabajadores expuestos a solventes dentro de una fábrica de pintado de latas en el Estado de México.

TESIS

Que para obtener el título de
Licenciado en Optometría

PRESENTA

Diana Laura De la cruz Martínez

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Myrna Miriam Valera Mota

ASESORAS

Mta. Luz Elena Maya López
Dra. Nadia Yael Morales Rodríguez

DICTAMINADORAS

Mta. Cecilia Islas Vargas
Mta. Ma. Concepción Rodríguez Salgado



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
OBJETIVOS	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
HIPOTESIS	8
ANTECEDENTES.....	9
Cambridge Color Test (CCT)	12
CAPITULO I.....	17
PERCEPCIÓN DEL COLOR.....	17
DIMENSIONES DEL COLOR	19
Saturación	19
Matiz.....	20
Brillo.....	21
CAPITULO II.....	22
ALTERACIONES DE LA VISIÓN AL COLOR.....	22
DISCROMATOPSIAS CONGÉNITAS.....	23
DISCROMATOPSIAS ADQUIRIDAS	23
CAUSAS DE LAS DISCROMATOPSIAS ADQUIRIDAS	23
PRUEBAS PARA EVALUACIÓN DE LA VISIÓN CROMÁTICA.....	24
PRUEBAS DE ORDENACIÓN	24
PRUEBAS PSEUDOISOCROMATICAS	31
PRUEBAS ESPECIALES.....	34
CAPITULO III.....	36
SOLVENTES	36
JUSTIFICACIÓN	37
TRASCENDENCIA.....	38
METODOLOGÍA.....	38
FASES DE ESTUDIO.....	38
FASE 1	38
FASE 2	39
FASE 3	40
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	40

CRTERIOS DE EXCLUSIÓN	41
RECURSOS HUMANOS	41
RECURSOS MATERIALES.....	41
PLAN DE ANÁLISIS.....	41
RESULTADOS.....	42
DISCUSIÓN	60
CONCLUSIÓN	61
GLOSARIO	62
APENDICES.....	63
Apéndice 1	63
Apéndice 2	64
Apéndice 3	64
REFERENCIAS	65
REFERENCIAS DE IMÁGENES.....	69

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.. C de Landont y Control.....	13
Imagen 2. Resultado normal CCT	13
Imagen 3. Resultado anormal CCT	14
Imagen 4. Células fotorreceptoras.....	18
Imagen 5. Espectro de luz Visible	19
Imagen 6.Saturación	20
Imagen 7. Matiz.....	21
Imagen 8. Brillo	21
Imagen 9. Farnsworth-Munsell 100 Hue	24
Imagen 10. Lanthony D-15 Desaturado	25
Imagen 11. D-15 Saturado	26
Imagen 12. Resultado normal D-15	27
Imagen 13. Protanope.....	28
Imagen 14. Deuteranope	28
Imagen 15. Tritanope	29
Imagen 16. Deuteranomalia	29
Imagen 17. Protanomalia.....	30
Imagen 18. Tritanomalia	30
Imagen 19. Moños	31
Imagen 20. Ishihara.....	32
Imagen 21. HRR.....	33
Imagen 22. Percepchrom	35
Imagen 23. Equipo de protección	39
Imagen 24. Longitudes de onda del Espectro de luz	57

Imagen 25. Longitud de onda 510.....	57
Imagen 26. Longitud de onda 570.....	58
Imagen 27. Longitud de onda 650.....	58

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Fase 1	39
Gráfico 2. Fase 3	40
Gráfico 3. Estadística descriptiva e inferencial	42
Gráfico 4. Género	42
Gráfico 5. Edad	43
Gráfico 6. Discromatopsias hereditarias.....	44
Gráfico 7. Áreas de trabajo	44
Gráfico 8. Años laborando en Decorado.....	45
Gráfico 9. Decorado Años laborando-Edad	46
Gráfico 10. Años laborando en calidad.....	47
Gráfico 11. Calidad años laborando-edad	48
Gráfico 12. Años laborando en Diseño	48
Gráfico 13. Diseño años laborando-edad	49
Gráfico 14. Años laborando en Recuperación	50
Gráfico 15. Recuperación años laborando-edad	51
Gráfico 16. Moños D-15 OD	53
Gráfico 17 Moños D-15 OI.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados D-15 Ojo Derecho	52
Tabla 2. Resultados D-15 Ojo izquierdo.....	54
Tabla 3. Resultados HRR	56
Tabla 4. Resultados estadísticos	58

Agradecimientos

A Dios, por todo lo que tengo.

Al proyecto PAPIIT 2023 por la beca otorgada que permitió la realización del presente trabajo.

A la Dra. Myrna M. Valera Mota, por tomarse el tiempo para apoyarme en escribir la presente tesis, por inculcar desde el primer semestre el amor a la carrera y por fomentar la investigación en mí. Sin duda ha sido un ejemplo a seguir y motivo para seguir creciendo como profesionista.

A las profesoras Nadia, Luz, Ceci y Concepción por brindarme su valioso tiempo para ser partícipes del presente trabajo.

A la UNAM y en especial la carrera de Optometría que fue por varios años mi segunda casa, me brindo profesores que regaron día con día la semilla del conocimiento.

A la empresa de pintado de latas del Estado de México por la oportunidad de realizar las evaluaciones correspondientes.

A la segunda familia que forme, Lorena, Erick, Alejandro, Silvia y Miriam que gracias a ellos disfrute tanto mi paso por la carrera y fueron testigos de muchos momentos en mi vida. Los quiero mucho.

A Marilú, por alentarme en este proyecto y tantos años de amistad.

Dedicatorias

A mi hermosa madre Catalina, gracias a ella hoy soy lo que soy, por darme la vida, por todo el amor que me brinda día con día, por ser mi acompañante de desvelos desde los 5 años, por fomentar en mí tantos valores, por ser mi apoyo incondicional en mis momentos más difíciles y por ser siempre mi lugar seguro.

A mi apreciado padre Juan, por motivarme a seguir estudiando a pesar de los errores cometidos, por no permitirme que renunciara a mi meta y por el amor que me brinda día con día. Gracias por confiar en mí y regalarme la oportunidad de cumplir mi sueño.

A mis hermanas Ana, Isabel, Sandra y Blanca que siempre logran hacerme sonreír en los momentos difíciles y por ser mi refugio cuando más lo necesite. Igualmente, a mi sobrino Ezequiel que su llegada trajo alegría a mi vida.

A mis abuelos Francisco y Felicitas por alentarme en continuar con los estudios.

A mis abuelos Concepción y Alberto que en compañía de mi bebita Ángela me cuidan desde el cielo y sé que me bendicen día a día, aunque su ausencia aun duele y no están presentes para compartir este logro, los llevo en el corazón y sé que algún día estaremos juntos celebrando.

A mi tía Carmen, que fue ella mi ejemplo a seguir y por quien decidí ingresar a una profesión del área de la Salud. Gracias por todo ese apoyo y consejos que en vida me dio, gracias por compartir sus conocimientos y sobre todo por cuidar de mí en la etapa más difícil de mi vida. Le envío un abrazo hasta el cielo.

A el resto de mi familia que, a pesar de no mencionar a todos, los tengo muy presentes y que de alguna u otra forma también aportaron un granito de arena para que este sueño se hiciera realidad, por estar presentes en aquellos momentos difíciles y por las palabras de aliento y motivación que siempre me han brindado.

INTRODUCCIÓN

La neurotoxicidad se define como la capacidad de los agentes químicos, biológicos o físicos para producir cambios funcionales o estructurales adversos en el sistema nervioso central y/o periférico, estos cambios pueden ocurrir en los órganos, los tejidos, a nivel celular, subcelular o bioquímico. Los efectos tóxicos de los solventes pueden ser generales o específicos, depende de la estructura química de los mismos, de la magnitud y frecuencia de exposición, de la susceptibilidad individual, de la interacción con otras sustancias, el estado nutricional y con otras enfermedades, por ejemplo, el tabaquismo aumenta los niveles de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno. ¹

Los solventes orgánicos al ser inhalados tienden a producir inicialmente un estado de euforia, posteriormente depresión del sistema nervioso central y efectos anestésicos. Algunos síntomas de las personas expuestas son cefalea, alteraciones del estado de ánimo con depresión y ansiedad, irritabilidad, fatiga, disminución de la atención y concentración, alteraciones de la memoria, confusión, náusea, vómitos y alucinaciones. En el nervio óptico se puede encontrar papiledema y atrofia óptica. ¹

Se han mencionado también visión borrosa, discromatopsias, alteraciones en los potenciales evocados visuales con prolongación de las latencias y anormal sensibilidad al contraste. La prueba de Farnsworth D-15 es aconsejable su utilización. Permite detectar alteraciones en la percepción del color en trabajadores expuestos a solventes. ¹

En México se ha reportado poco sobre el tema, por ello con el desarrollo de esta investigación se busca evaluar la visión cromática y determinar la presencia o no de alteraciones cromáticas adquiridas que presentaran los trabajadores expuestos a solventes orgánicos de una fábrica de pintado de latas en el Estado de México. Además, al emplear un Software que mide el recorrido de longitud de onda que percibe el ojo, podremos observar si hay o no cambios por la exposición a solventes.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Alrededor del mundo existen estudios que evidencian que la exposición a solventes causa cambios en la percepción de los colores, comenzando en el eje azul-amarillo⁷ y posteriormente si se tiene una mayor exposición los cambios llegan al eje rojo-verde¹³, para evidenciar esto en todos los estudios usan las pruebas de D-15 en su versión saturada o desaturada¹². En México hay pocos estudios que evidencien los cambios en la visión al color por exposición a solventes, como el estudio de Mascorro en 2015, sin embargo, cuentan con varias variables que no permiten que los resultados de la muestra sean meramente por exposición a solventes, como enfermedades sistémicas, el consumo de sustancias tóxicas como alcohol o tabaco y debido a esto los resultados de discromatopsias adquiridas no son realmente confiables¹¹. En el presente estudio se delimitaron dichas variables para poder evidenciar si hay cambios en la percepción al color en una fábrica de pintado de latas, además de conocer si la exposición causa cambios en la longitud de onda de los trabajadores.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Analizar la visión al color en trabajadores expuestos a solventes dentro de una fábrica de pintado de latas en el Estado de México.

Objetivos específicos

- Identificar las diferentes discromatopsias obtenidas, a partir de la aplicación de pruebas de visión al color a los trabajadores de la fábrica de pintado de latas en el Estado de México.
- Evaluar si el tiempo de exposición a solventes causa cambios en la percepción al color dependiendo de la discromatopsia encontrada.
- Reportar si el tiempo de exposición a solventes modifica la longitud de onda mediante el software Percepchrom.

HIPOTESIS

A mayor exposición a solventes mayor modificación en la percepción de la longitud de onda del individuo.

ANTECEDENTES

En 1997 en Alemania, Muttray evaluó la visión del color en tres grupos de sujetos, que comprendían 63 trabajadores ocupacionalmente expuestos a solventes orgánicos, 122 trabajadores no expuestos en la misma industria y 185 sujetos de la población general como controles. Los solventes orgánicos a los que estuvieron expuestos fueron el tolueno, xileno, alcohol isopropílico, metilisobutilcetona (MIBK) y etilbenceno. Su trabajo de rutina consistía en esmerilar, mezclar pintura y pintar con aerosol, dentro del taller de pintura. La evaluación de la exposición ambiental se realizó mediante muestreo de aire durante las horas de trabajo; las muestras de aire se analizaron por cromatografía de gases.²

El ácido metilhipúrico, un metabolito del xileno (el solvente orgánico con la mayor concentración en el aire) se midió como marcador biológico de la exposición al xileno, recolectando muestras de orina al final de un turno de trabajo y se analizó el ácido metilhipúrico. La visión del color se evaluó mediante la prueba Lanthony D-15 en condiciones estandarizadas y el test de Ishihara y se estimó cuantitativamente utilizando un Índice de Confusión de Color (CCI). Muchos compuestos orgánicos volátiles fueron detectados durante el turno de trabajo, y entre ellos, el xileno presentó la mayor concentración con una media geométrica de 10,7 ppm.²

Las deficiencias en la visión del color también fueron más frecuentes en los trabajadores expuestos que en la población general y los trabajadores de oficina. Los resultados mostraron que la prevalencia del subtipo de deterioro azul-amarillo en los trabajadores expuestos fue del 9,5 %, significativamente mayor que en los oficinistas 1,6 %, o en la población general 1,6.²

Un estudio en 1998 en Alemania echo por Axel Muttray investigó los efectos agudos de altas dosis de tolueno en la visión del color. La muestra consistió en ocho trabajadores masculinos de imprenta que fueron examinados antes y después de limpiar los recipientes de impresión con tolueno puro. Después de la limpieza, las concentraciones de tolueno en la sangre fueron entre 3,61 y 7,37 mg/l. La visión del color se probó con la prueba del panel Farnsworth D-15, el panel desaturado de Lanthony y las placas pseudoisocromáticas estándar.³

Para el control de los posibles efectos agudos, ocho trabajadores de una fábrica metalúrgica sin ninguna exposición neurotóxica fueron probados de acuerdo con el mismo procedimiento. La exposición aguda al tolueno no causó deterioro de la visión del color. Sin embargo, el poder estadístico es limitado debido al pequeño número de sujetos expuestos. La visión del color de los trabajadores de la imprenta probados

antes de la limpieza se vio ligeramente afectada (estadísticamente no significativa) en comparación con los sujetos no expuestos.³

En el año 2000 Iregren.A., Andersson.M. y Nylén.P en el Instituto para la vida laboral, Estocolmo, Suecia, realizaron un resumen de la literatura publicada hasta entonces, sobre los efectos de algunas exposiciones químicas industriales en la percepción del color, así como breves descripciones de las pruebas aplicadas, encontrando que en varios estudios se usan pruebas para detectar alteraciones congénitas en el eje rojo-verde y, por lo tanto, tienen una sensibilidad relativamente baja cuando se estudian deficiencias en la percepción del color inducidas químicamente. En la actualidad, el panel desaturado Lanthony D15 parece más adecuado para su aplicación en entornos industriales, ya que es claramente la prueba más sensible y fácil de administrar.⁴

Los productos químicos que se estudian con más frecuencia son los distintos disolventes y el mercurio. Se han informado efectos pronunciados en la percepción del color después de la exposición crónica a solventes orgánicos como estireno, disulfuro de carbono, percloroetileno, n-hexano y mezclas de solventes, y al mercurio orgánico e inorgánico. Para algunos de estos compuestos, el efecto sobre la visión del color se ha establecido aún más mediante el hallazgo de claras relaciones dosis-efecto. En unos pocos casos, incluso situaciones de exposición aguda, por ejemplo, exposición al tolueno durante algunas horas o ingesta aguda de alcohol, parecen afectar la percepción del color.⁴

En el año 2007 Lee EH, Eum KD, Cho SI, Cheong HK y Paek do M realizaron un estudio a 908 hombres que habían trabajado durante al menos 6 meses en una gran fábrica de destilación petroquímica. Los que trabajaban solo en la oficina se clasificaron como no expuestos, mientras que los que trabajaban en instalaciones externas se dividieron en tres grupos de tamaño aproximadamente igual según sus niveles de exposición al benceno (bajo, medio, alto). La visión del color se evaluó usando la prueba de color del panel desaturado Lanthony D-15.⁵

Los resultados mostraron que el índice de confusión de color (ICC) se relacionó positivamente con la edad. La prevalencia de la discromatopsia total fue significativamente mayor con el aumento de los niveles de exposición acumulada en el ojo izquierdo ($p < 0,05$), pero no en el ojo derecho. La significación para la prevalencia de discromatopsia tipo III fue límite en el ojo izquierdo ($p = 0,0571$). La relación entre la discromatopsia adquirida y el nivel de exposición también mostró un aumento en la razón de probabilidades en el ojo izquierdo, pero no en el ojo derecho. En conjunto, estos resultados sugieren que la exposición crónica a niveles bajos de benceno puede provocar discromatopsia adquirida.⁵

Carranza, A.V y Montes, N.M en 2008 analizaron una muestra de 40 trabajadores de lavanderías localizadas en las localidades de Usaquén y Suba, Bogotá. En cada trabajador se determinaron las posibles alteraciones oculares y visuales que se asocian a la exposición al percloro-etileno, exxol, jabones y blanqueadores, mediante la técnica de Farnsworth D15 de visión cromática, se realizó antes y después de la jornada laboral con una siguiente muestra al mes.⁶

Se evaluaron 40 pacientes de los cuales 29 eran mujeres y 11 hombres con edades entre 18 y 40 años quienes trabajaban en el área de lavado y plancha. Del total de la muestra se encontró que 17 pacientes resultaron con alteración al color, 11 mujeres y 6 hombres. De estos 17 pacientes 10 trabajan 8 horas diarias y los 7 restantes trabajan 12 horas diarias. El tiempo que llevan laborando estos pacientes varía entre 6 meses y 5 años de esta forma: 5 trabajadores llevan 7 meses trabajando, 2 trabajadores llevan 9 meses, 8 trabajadores llevan 2 años y otros 2 trabajadores llevan más de 4 años trabajando en las lavanderías.⁶

De estos 17 pacientes 2 presentaron protanopía, otros 3 presentaron deuteranopía y 12 tritanopía. Se concluye que del 100% de la muestra se encontró que el 42.5% de pacientes tenían alteración de la visión de color, con predominancia de tritanomalía en un 70.58 % del total de pacientes alterados, lo cual nos muestra que la toxicidad por el percloro-etileno se centra en los conos tritán, encargados de captar el espectro visible de luz azul.⁶

En el año 2008 Diana Rodríguez y Adriana Orjuela analizaron una muestra de 16 trabajadores de lavanderías convencionales localizadas en la localidad de Puente Aranda, Bogotá. En cada trabajador se determinaron las posibles alteraciones cromáticas que se asocian a la duración de exposición y tiempo laboral a causa de los químicos del percloroetileno, exxol, jabones y blanqueadores, así como las temperaturas, humo, gases y vapores, mediante la técnica de Farnsworth D15, la prueba se realizó antes y después de la jornada laboral (8 horas). Posteriormente se realizó una tercera toma a los 4 meses de las 2 primeras. Del 100% de la muestra se encontró que el 62.5% de trabajadores de lavanderías tenían alteración en la visión cromática, encontrando un mayor porcentaje de Tritanomalia en un 47.75%, demostrando así la toxicidad de los químicos utilizados con trastornos al espectro visible de la luz azul.⁷

Thiago, L. en el año 2010 realizó un estudio con 25 asistentes con edades comprendidas entre 18 y 50 años que laboraban en gasolineras de Brasil y un grupo control con rangos de la misma edad, con 25 sujetos no expuestos, reclutados entre estudiantes y personal universitario de Sao Paulo. La media de edades de los asistentes fue de 36.4 años con desviación estándar de +/- 8.9, en cuanto al grupo control la edad media

fue de 33.3 años con desviación de +/-8.8. En sus criterios de exclusión estuvieron el consumo de otras sustancias, patologías y AV peor a 20/30. La exposición fue estimada a partir de los metabolitos de tolueno y xileno en muestras de orina y el tiempo de trabajo en años.⁸

Los resultados mostraron que los niveles de metabolitos estuvieron dentro de los valores normales. En cuanto al tiempo que llevaban trabajando la media fue de 9.64 años con desviación de +/-6.19. Las jornadas laborales fueron de 8 horas y 6 días a la semana. En general, los trabajadores afirmaron que no usaron equipo de protección personal (mascarillas, guantes o similares) durante el turno de trabajo. Para evaluar la visión del color, utilizamos Lanthony D15-d y Cambridge Color Test. Todas las mediciones se realizaron monocularmente con un ojo elegido al azar. Los resultados mostraron que en la prueba CCT, los trabajadores mostraron umbrales más altos en los ejes protán (U = 121), deután (U = 87) y tritán (U = 84) en comparación con los controles. Para el Lanthony D15d, los índices de confusión de colores para los trabajadores fueron más altos que los del grupo de control (U = 43; p<0.01).⁸

Para los umbrales de los ejes protán, deután y tritán, respectivamente, el 37,5 %, el 33,28 % y el 45,76 % de los trabajadores obtuvieron resultados superiores a los intervalos de confianza (IC) del 95 % del grupo de control: el 33,28 % de los trabajadores tuvieron valores promedio del área de elipse superiores a los IC 95% del grupo control, 70,7% de los trabajadores presentaron valores de ICC superiores a los IC 95% del grupo control.⁸

Cambridge Color Test (CCT)

La prueba Cambridge Color utiliza el concepto probado de introducir ruido espacial y de luminancia en el estímulo, que se compone de círculos agrupados que varían aleatoriamente en diámetro y no tienen estructura espacial. Por otro lado, el Landolt C se define únicamente por la cromaticidad, lo que garantiza que las respuestas del sujeto no se deban a señales espaciales o de luminancia en el estímulo y, por lo tanto, evita la necesidad de un procedimiento preliminar para encontrar la isoluminancia de los colores de prueba.⁸

Se aplica en una sala oscura, monocularmente y a 3 metros del monitor, el participante debe identificar la orientación de un estímulo, la C de Landont mediante el cuadro de respuesta de infrarrojos de 4 botones. La cromaticidad de los componentes de la C varía a lo largo de las líneas protán, deután y tritán (u otros ejes cromáticos si se desea). Los resultados se guardan en formato ASCII y se presentan gráficamente como elipses de discriminación en el espacio de color CIELUV o CIE (X,Y). Los resultados mostrados en la imagen

2 son típicos de un sujeto con visión de color normal; en sujetos deficientes, las elipses de discriminación se extienden significativamente en las direcciones de cromaticidad protán, deután o tritán según el tipo de deficiencia como se muestra en la imagen 3. ⁸

Imagen 1.. C de Landont y Control

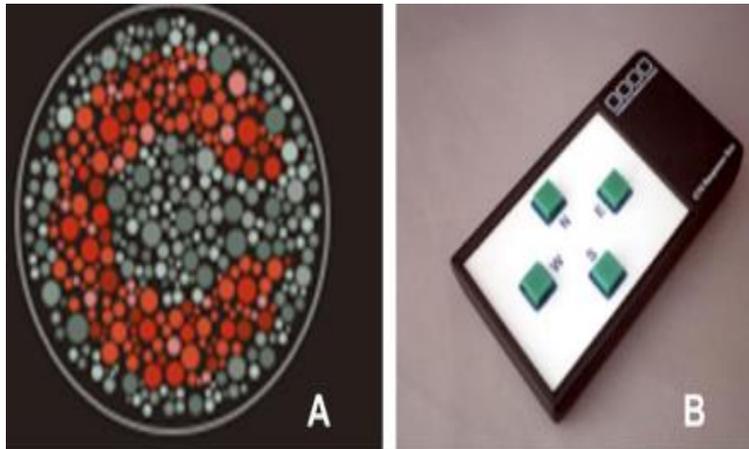


Imagen tomada de <https://www.crsLtd.com/tools-for-vision-science/measuring-visual-functions/cambridge-colour-test/>

En la imagen 1.A se muestra la C de landont sobre un fondo de color confusor con respecto a la letra. La apertura de la C se puede cambiar de orientación gracias al control que se muestra en la imagen 1.B

Imagen 2. Resultado normal CCT

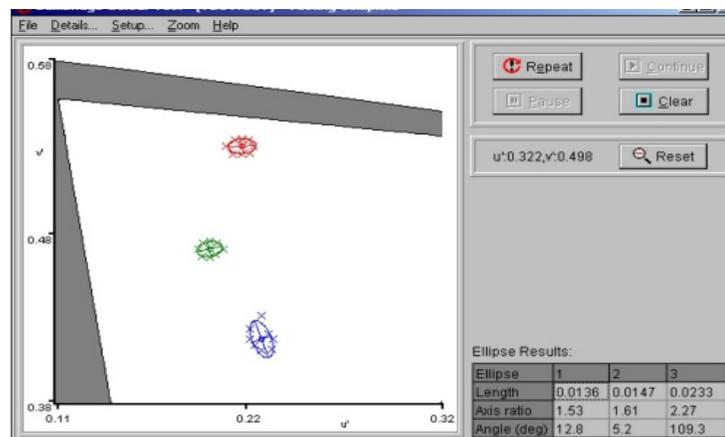


Imagen tomada de <https://www.crsLtd.com/tools-for-vision-science/measuring-visual-functions/cambridge-colour-test/>

En la imagen 2 se puede observar un resultado normal en la prueba de CCT, es decir una persona tricromata capaz de distinguir todos los colores. Esto es porque la longitud de las 3 elipses (rojo, verde y azul) son muy similares.

Imagen 3. Resultado anormal CCT

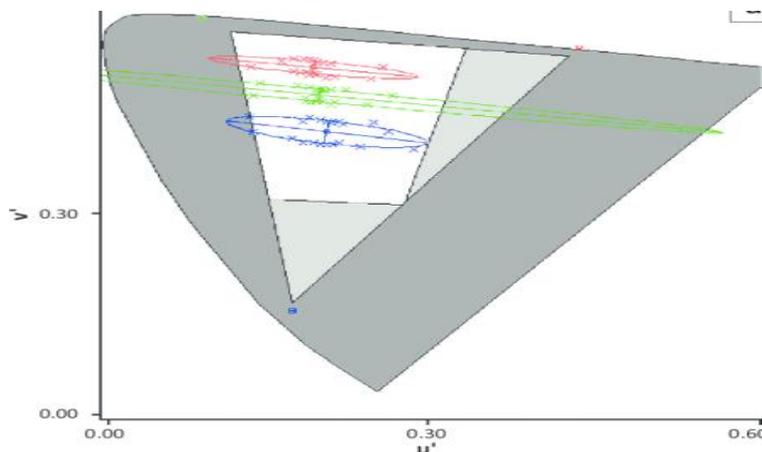


Imagen tomada de https://www.researchgate.net/figure/Ellipses-test-results-from-a-deuteranope-a-showing-a-top-left-slant-and-b-protanope_fig1_277904189

En la imagen 3 se aprecia el resultado en CCT de un paciente Deuteranope ya que la longitud de la elipse verde es de mayor tamaño en comparación con la elipse azul y rojo.

En el año 2012 en Colombia, Amado, F., Carvallo, B, Londoño, J.L, Restrepo, H. y Silva, J.L compararon la prevalencia de discromatopsia adquirida de un grupo expuesto a plaguicidas y radiación UV conformada por 154 trabajadores de una empresa dedicada al cultivo de flores con la observada de un grupo no expuesto conformada por 139 trabajadores de una empresa de confección de textiles. Se aplicó la prueba D-15 para evaluar la visión al color. La prevalencia estimada de discromatopsia adquirida en los expuestos fue de 59,1 y en los no expuestos fue de 50,4% y sus intervalos del 95% de confianza fueron de 50,9 a 66,9 y de 41,8 a 58,9, respectivamente, resultados que no muestran diferencias estadísticamente significativas en dicha prevalencia. ⁽⁹⁾

En Bogotá en el año 2015 Palma M. Realizo un estudio en el que se caracterizaron las condiciones de salud y de trabajo de individuos expuestos a solventes orgánicos en talleres de lámina y pintura comparando un grupo de trabajadores expuestos a solventes orgánicos con un grupo no expuesto. En total se evaluó 125 trabajadores, 62 de ellos laboraban en talleres de lámina y pintura y estaban expuestos a solventes, y 63 eran individuos no expuestos. Todos los trabajadores expuestos pertenecían al sexo masculino, con un promedio de edad de 42 años; en el grupo de los individuos no expuestos, el 50 % eran hombres menores de 40 años que trabajaban en labores administrativas, de investigación, como profesionales o como independientes. ¹⁰

En la población de expuestos, el promedio de tiempo de exposición fue de 21 años y en cuanto al uso de elementos de protección personal, en el grupo de trabajadores expuestos, 38 (61 %) utilizaban guantes, 45 (73 %) usaban tapabocas desechables y 12 (19 %) usaban botas de seguridad. Se determinaron las concentraciones de benceno, tolueno y xileno en el aire y se midieron los ácidos fenil-mercaptúrico, hipúrico, orto y para-metilhipúrico en orina. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas de benceno, tolueno y xileno entre la población expuesta y la no expuesta a solventes ($p < 0,001$). Los valores del ácido hipúrico estuvieron por encima de los límites permisibles en 11 trabajadores y, los de ácido p-metilhipúrico, en ocho de ellos.¹⁰

En el año 2015 Mascorro Arturo realizó un estudio transversal con un grupo de trabajadores expuestos a una mezcla de disolventes orgánicos y otro grupo sin exposición. La investigación fue llevada a cabo en dos centros de trabajo; un edificio administrativo de la Ciudad de México y una refinería de la ciudad de Salamanca Guanajuato, en ambos se seleccionó un grupo de expuestos y un grupo control. El grupo de expuestas fueron operarios del taller de pintura tanto del centro administrativo como de la refinería y analistas químicos de laboratorio de control de calidad de esta última.¹¹

El grupo de no expuestos se integró por oficinistas de ambos centros de trabajo. La muestra comprendió 142 trabajadores del cual 5.4% (4 trabajadores) presentaron discromatopsia congénita, de esta forma el grupo de trabajadores expuestos lo integraron 73 operativos y el grupo control de 65 oficinistas de ambos centros de trabajo. Se aplicó la prueba de Lanthony D15 para determinar la capacidad de discriminación de color. Los resultados mostraron una prevalencia del 17% de discromatopsias adquiridas en comparación con un 8% del grupo control. Los factores confusores que demostraron una relación estadísticamente significativa con la discromatopsia adquirida fueron la diabetes mellitus y la hipertensión.¹¹

En 2017 Betancur realizó una búsqueda bibliográfica de artículos científicos publicados en los últimos 15 años, en las bases de datos Lilacs, Pubmed, Science Direct, Cochrane y EBSCO de estudios observacionales que evaluaron la asociación entre las alteraciones en la visión de colores y la exposición a solventes orgánicos. En total se seleccionaron 11 estudios realizados en población laboralmente activa, en todos ellos emplearon el test de Lanthony desaturado (D-15) para evaluar la visión cromática, midieron la exposición a solventes orgánicos e incluyeron controles no expuestos. Los resultados mostraron que existe una relación estadísticamente significativa entre la exposición a solventes orgánicos y la presencia de alteraciones en la visión de colores, apoyando la hipótesis de que la exposición a solventes orgánicos podría inducir discromatopsias adquiridas.¹²

Bolaños en el año 2018 comparó a 59 trabajadores de una industria textil expuestos a solventes orgánicos con 59 personas que formaron un grupo control. Los integrantes del grupo control incluyeron estudiantes universitarios mayores de 18 años y trabajadores de otras ocupaciones e industrias no expuestos a solventes orgánicos. Para evaluar la percepción cromática se empleó el test de Ishihara, el test de Lanthony D15d y la prueba computarizada de Farnsworth Munsell Hue100 (FM 100). En los resultados se obtuvo que en el grupo expuestos el número de personas sin alteración fueron 49, 1 persona protán, 2 personas deután y 7 personas tritán, por lo tanto, en el grupo expuesto si se genera una discromatopsia en los ejes azul-amarillo, mientras que en el grupo de no expuestos fueron 56 personas sin alteración, 1 persona protán y 2 personas deután. ¹³

López Danis en el año 2020 en Colombia realizó un estudio a 11 sujetos, todos ellos pintores de una empresa de metalúrgica con un promedio de edad de $43,09 \pm 10,5$ años de los cuales todos eran hombres que tenían mínimo 25 años de edad y 57 años la máxima edad encontrada en estos trabajadores. En promedio hubo $15,36 \pm 7,7$ años de exposición a solventes orgánicos y, siendo 30 años el mayor tiempo de exposición en los trabajadores y 6 años el mínimo tiempo de exposición encontrado. La exposición a los solventes fue considerada crónica ya que la mayoría de sus trabajadores habían estado expuestos por más de 10 años con un tiempo de exposición de más de 8 horas diarias. ¹⁴

Se aplicó el test de Ishihara y el test de Farnsworth D15, los resultados arrojaron que 2 personas tenían alteración protán y deután, 5 en el eje tritán y 2 en deután; con esto se puede decir que el 45.5% de la población evaluada tiene una discromatopsia en el eje azul amarillo. En cuanto a los trabajadores con resultados tritán, la mayoría había estado expuesto por más de 5 años y 1 persona por apenas 1 año. ¹⁴

En 2021 Mosquera, G y Arteaga, M realizaron un estudio en Ecuador a 54 personas de edades entre 20 a 40 años para determinar las alteraciones de la visión cromática por gentes neurotóxicos como alcohol, tabaco, drogas, químicos y medicamentos, la muestra se obtuvo utilizando el primer instrumento que fue una encuesta con preguntas cerradas relacionadas a si los pacientes consumían alcohol, cigarrillo u otros estupefacientes considerados como neurotóxicos, los pacientes cuyas respuestas fueron positivas, se les sometió a un examen visual para aplicar el segundo instrumento que fue la historia clínica. ¹⁵

A los 54 pacientes que cumplieron con el requisito, a parte del examen visual completo, se les aplicó el test de Farnsworth que es la prueba más certera y completa para el diagnóstico de las distintas alteraciones de la visión cromática. El neurotóxico que mayor porcentaje de anomalías de la visión causó, fue el alcohol, desencadenando 56% de protanomalías, 71% de deuteranomalías y 29% tritanomalías, el segundo

neurotóxico fue el tabaco causando el 44% de protanomalias y 3 % de deuteranomalias, los químicos causaron el 21% de deuteranomalias y el 29% de tritanomalias. ¹⁵

CAPITULO I

PERCEPCIÓN DEL COLOR

Todo lo que se percibe a nuestro alrededor es por efecto de la luz, lo que permite distinguir un objeto de otro, un color de otro y también su entorno, la luz también llamada radiación electromagnética es un tipo de energía que estimula al sistema nervioso y es interpretado como color por nuestro cerebro. Esta radiación es emitida por una fuente luminosa principalmente el sol como fuente de luz natural. Su iluminación determina el estándar de nuestra percepción del color, pero también existen otras fuentes luminosas, tanto naturales como artificiales. ¹⁶

El color tiene su origen en la luz natural, que al descomponerse ofrece los colores del arcoíris, compuesto por los colores rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta, que es una respuesta a la estimulación que sufre el ojo y sus mecanismos nerviosos por la energía luminosa de ciertas longitudes de onda. La luz visible es una mínima franja de rayos visibles comprendidos entre los 380 y 780 nanómetros que el sentido de la vista percibe. Cada longitud de onda define un color diferente y la suma de todas las longitudes de onda dan como resultado luz blanca, sabiendo que el negro es la ausencia de los colores. ¹⁶

La percepción del color constituye una de las ventajas de adaptación que el desarrollo evolutivo ha proporcionado a los animales, siendo uno de los más importantes mecanismos de señalización biológica y una auténtica fuente de información acerca del entorno. La retina está compuesta por tres tipos de células; ganglionares, bipolares y fotorreceptores. La energía luminosa incide primero sobre las células ganglionares, luego sobre las bipolares y por último sobre las células fotorreceptoras, compuestas por conos y bastones que son las únicas células sensibles a la luz. La misión de ambas es captar la energía de las radiaciones que inciden en ellas y transformarlas en impulsos eléctricos que son recepcionados por los nervios ópticos para luego ser enviadas al cerebro que la interpreta como una sensación de color convirtiéndose en un proceso neurofisiológico muy complejo. ¹⁶

Imagen 4. Células fotorreceptoras

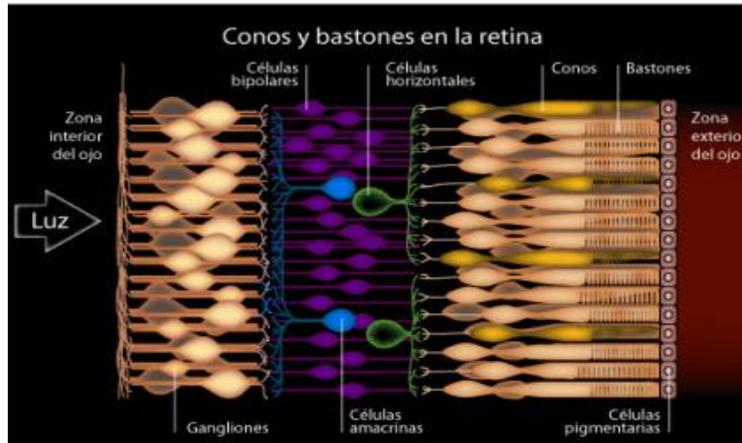


Imagen tomada de <https://www.macula-retina.es/conos-y-bastones/>

En la imagen 4 se muestran las células por las que atraviesa la luz, empezando por las ganglionares, seguidas de las bipolares, amacrinas y horizontales, para finalmente llegar a las pigmentarias, conformadas por los bastones y conos, siendo estos últimos los encargados de la visión al color.

El color es percibido por tres tipos de conos que se encuentran en la retina, los cuales captan, longitudes de onda larga (L) que son sensibles al color rojo, longitudes de onda media (M) que son sensibles al color verde y longitudes de onda cortas (S) que son sensibles al color azul. Cada cono contiene sustancias que permiten la visión: retinol, opsina (una típica para cada cono) y 11-cis retinol, este último capaz de cambiar, mediante estímulos de luz a una longitud de onda específica. Los conos se concentran en una región cerca del centro de la retina llamada fovea.¹⁶

Sus distribuciones siguen ángulo alrededor de 2° contados desde la fovea, la cantidad de conos es de 6 y 7 millones y operan en condiciones de moderada a alta iluminación ambiental, proporcionando visión fotópica. Los bastones se concentran en zonas alejadas de la fovea y son los responsables de la visión escotópica o visión nocturna, la cantidad de bastones es de 100 a 120 millones y operan en condiciones de escasa iluminación. Los bastones son mucho más sensibles que los conos a la intensidad luminosa por lo que aportan a la visión al color aspectos como el brillo y el tono.^{16, 17}

Imagen 5. Espectro de luz Visible

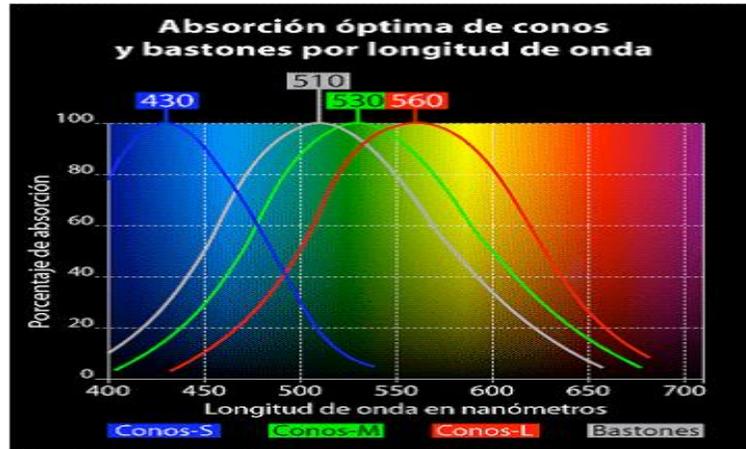


Imagen tomada de <https://www.foucaultacerbi.com.ar/optica-de-precision/vision-del-color/>

En la imagen 5 se puede apreciar los conos S, que son sensibles a longitudes de onda cortas (azul) con un máximo centrado en 430 nanómetros (nm), los conos M sensibles a longitudes de onda media (verde), con un máximo centrado en 530 nm y finalmente los conos L que son sensibles a longitudes largas (rojo) y que tienen un máximo centrado en 560 nm.

DIMENSIONES DEL COLOR

La percepción del color o la visión del color es la capacidad de percibir y discriminar entre las luces sobre la base de su composición de longitud de onda. El principal componente de un color es la longitud de onda de la luz y, para una sensación de color determinada, existen tres dimensiones psicológicas: La saturación, o pureza de la longitud de onda; el matiz, significado común de color; y la brillantez, o percepción de la cantidad de luz emitida por una fuente o reflejada por una superficie. El proceso de combinar diferentes longitudes de onda de luz a fin de producir colores nuevos se denomina mezcla aditiva de color, existiendo fenómenos de post-imagen y contraste sucesivo ante efectos de fatiga debidos a estimulación prolongada en una región de la retina.¹⁷

Saturación

Es evidente que el color más puro que puede obtenerse corresponde a un matiz monocromático o espectral y, conforme se le añaden otras longitudes de onda, o luz blanca, parecerá volverse “deslavado”. Este atributo psicológico de la apariencia del color se conoce como saturación. La saturación corresponde a la pureza (llamada pureza colorimétrica) de la longitud de onda¹⁸. Para desaturar un color hay que agregar

gris, blanco o negro. Un color rojo perderá su saturación a medida que agregamos blanco y se convertirá en rosa.¹⁹

Imagen 6.Saturación

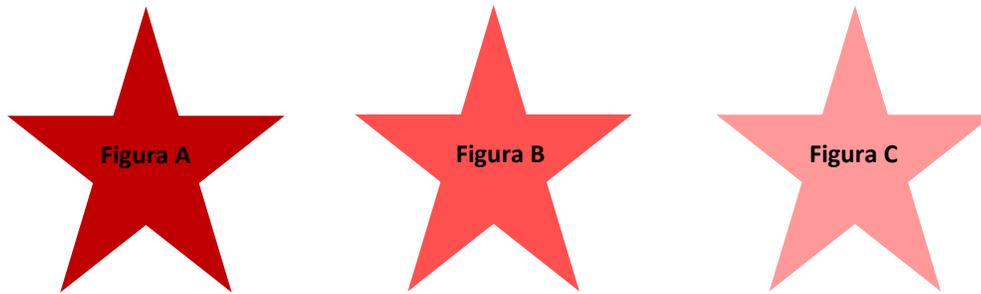


Imagen de elaboración propia en Word mediante el uso de formas.

En la imagen 6 se muestra un ejemplo de saturación, es decir a la figura A se le agrego color blanco, dando como resultado la figura B y a la que nuevamente se le agrego blanco para obtener la figura C.

Matiz

Es el estado puro del color, sin el blanco agregado, es un atributo asociado a la longitud de onda dominante en la mezcla de las ondas luminosas. El matiz nos permite distinguir el rojo del azul y se refiere al recorrido que hace un tono hacía uno u otro lado del circulo cromático, por lo que el verde amarillento y el verde azulado serán matices diferentes del verde (Imagen 7). Reconocer la estrecha relación entre la longitud de onda de la luz y la sensación cromática permite entender por qué el cielo aparece normalmente azul.¹⁸

Esta coloración se debe a una clase especial de reflexión de la luz que ocurre en una atmósfera como el cielo, la cual contiene moléculas de gases, vapor de agua y polvo. Cuando la luz del sol atraviesa la atmósfera de la Tierra, moléculas de diversos gases esparcen la luz, pero esparcen selectivamente más las longitudes de onda corta de apariencia azul (las longitudes de onda larga). De igual modo, cuando hay mucho polvo y humedad en la atmósfera, estas partículas más grandes esparcen las longitudes de onda más larga, haciendo que el cielo azul parezca más pálido.^{18 y 19}

Imagen 7. Matiz

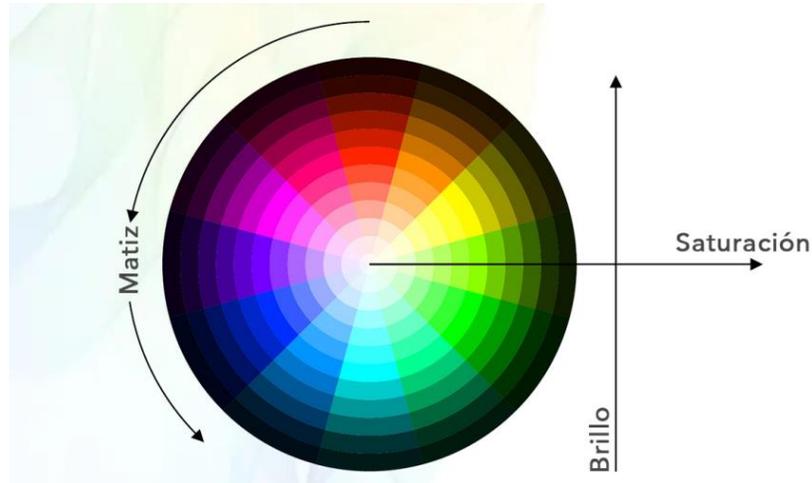


Imagen tomada de <https://www.javierdl.com/propiedades-del-color/>

En la imagen 7 se puede que el matiz es el recorrido del círculo cromático, por lo que un verde azulado y un verde amarillento son matices del color verde.

Brillo

Describe que tan claro u oscuro es un color y se refiere a la cantidad de luz percibida. Se define como la cantidad de oscuridad que tiene un color. Por consiguiente, brillantez es la característica psicológica que corresponde más o menos a las medidas físicas de luminiscencia y luminancia. Es una propiedad importante ya que crea sensaciones espaciales. ^{18 y 19}

Imagen 8. Brillo

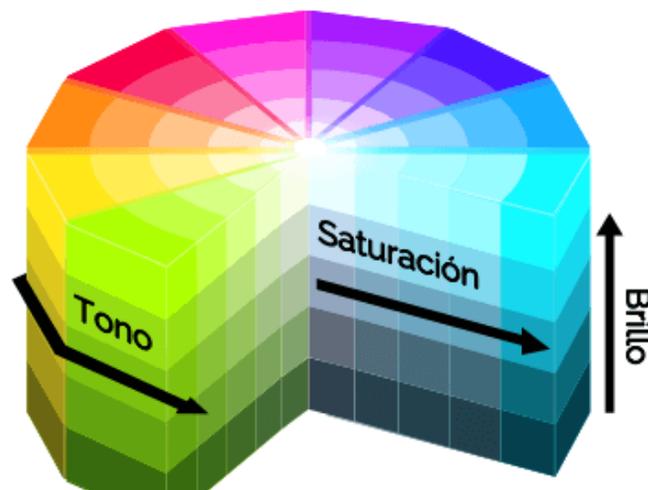


Imagen tomada de <https://www.eniun.com/guia-estilo-diseno-interfaces-web/>

En la imagen 8 se puede apreciar que el brillo va de abajo hacia arriba del círculo cromático, es decir de lo oscuro a lo claro, por lo tanto, corresponde a la cantidad de luz percibida sobre el color.

CAPITULO II

ALTERACIONES DE LA VISIÓN AL COLOR

Se conoce como discromatopsia a la visión basada en solo 2 tipos de conos funcionales, éstas se clasifican en dos tipos: si se encuentra una ausencia total del fotopigmento se dará una ceguera a dicho color la cual se identifica con el sufijo “anopia”, por otro lado, si se encuentra una alteración en el fotopigmento se presentará una dificultad para distinguir dicho color y se identificará con el sufijo “omalía”.²⁰

Con base en la longitud de onda afectada podemos clasificar las discromatopsias en cuatro tipos, utilizando los sufijos antes mencionados.²⁰

- **Protán** se denomina así a la dificultad para identificar el color rojo del espectro, se puede dar una confusión entre el color verde y rojo entre sí. Utilizando los sufijos ésta puede ser:
 - Protanopia: Ceguera al color rojo y puede existir confusión entre colores rojos, verdes, marrones y púrpuras.
 - Protanomalia: Dificultad para percibir el rojo, el cual se identifica débilmente debido a la alteración de los conos sensibles al rojo.²⁰
- **Deután** se denomina así a la dificultad para identificar el color verde del espectro, al igual que en el defecto protán se da una confusión entre color rojo y verde. Puede ser:
 - Deuteranopia: El ojo no presenta receptores para el color verde, existe una incapacidad de percibir dicho color y se da confusión entre colores verdes, rojos, azules y púrpuras.
 - Deuteranomalia: El color verde se percibe débilmente debido a la alteración en los conos sensibles al verde.^{20 y 21}
- **Tritán y tetrán** se presenta una dificultad para identificar el color azul y amarillo, lo cuales suelen confundirse entre sí y suele ser el que mayor incidencia presenta. Puede ser:
 - Tritanopia: Incapacidad de percibir colores azules, confundiendo azul y amarillo entre sí.
 - Tritanomalia: Existe una dificultad para percibir los colores azules y pueden ser confundidos con amarillos.^{20, 21 y 22}

DISCROMATOPSIAS CONGÉNITAS

Las discromatopsias pueden tener un origen congénito o adquirido. Las discromatopsias de origen congénito afectan de 8% a 10% de población del sexo masculino y de 0.4% a 0.5% del sexo femenino, éstas suelen ser de carácter recesivo y ligadas a cromosoma X donde el padre suele ser transmisor y la madre portadora y causan alteraciones en la visión cromática del eje rojo-verde.²²

Las alteraciones cromáticas en el eje rojo-verde se relacionan a alteraciones oculares como: neuritis óptica, papilitis, atrofia óptica de Leber, ambliopía tóxica, lesiones a nervio óptico o vía óptica, distrofia macular y degeneración macular juvenil hereditaria, así como la ingesta de antidiabéticos orales o fármacos utilizados para tratar la tuberculosis.²³

DISCROMATOPSIAS ADQUIRIDAS

Las discromatopsias de origen adquirido son secundarias a enfermedades sistémicas, autoinmunes, traumatismos, consumo de sustancias tóxicas, uso de anticonceptivos hormonales o la edad, relacionándose a pérdida de un tipo específico de cono, disminución de un fotopigmento o alteraciones en filtros prerreceptores, éstas ocasionan alteraciones en la visión cromática en el eje azul-amarillo.²³

CAUSAS DE LAS DISCROMATOPSIAS ADQUIRIDAS

Los defectos al eje azul-amarillo se relacionan con alteraciones como: glaucoma, diabetes, opacidad en medios refringentes, desprendimiento de retina, DMAE, coreorretinitis, papiledema y retinopatía serosa central, ingesta de fármacos como eritromicina, indometacina, trimetadine, cloroquina y fenitiacinas. La ingesta de etanol, glucósidos digilácticos y anticonceptivos orales pueden causar alteraciones en los ejes rojo-verde y azul-amarillo. El deterioro de la visión del color en trabajadores expuestos a solventes generalmente resulta en un deterioro de la discriminación del color azul-amarillo. En la discromatopsia adquirida, la alteración puede afectar a los ojos de manera monocular, y puede tener un curso variable, progresivo o regresivo, dependiendo de varios factores, incluida la exposición.²⁴

PRUEBAS PARA EVALUACIÓN DE LA VISIÓN CROMÁTICA

Las pruebas para detectar las anomalías de la visión al color se basan en la capacidad del sujeto para distinguir diferentes colores entre sí y también juzgar correctamente el grado de contraste entre los mismo.²⁵

PRUEBAS DE ORDENACIÓN

En estos test el paciente debe ordenar un conjunto de muestras coloreadas según su criterio.²⁵

Farnsworth-Munsell 100 Hue (FM-100)

Se basa en la capacidad de recombinar la secuencia cromática formada por un conjunto de 85 tapones separados en cuatro grupos. En la primera caja el tono de las fichas varia del rosa al amarillo, en la segunda del amarillo al azul verdoso, en la tercera del azul verdoso al azul y en la cuarta del azul al rosa pasando por el púrpura. Proporciona una medida cuantitativa muy sensible de los defectos de la visión del color, incluidas las discromatopsias congénitas y adquiridas. Se aconseja aplicar la prueba de manera monocular, a una distancia de 50 centímetros y bajo un iluminante no inferior a 270 lux. ²⁶

Imagen 9. Farnsworth-Munsell 100 Hue



Imagen tomada de <https://doctordelosojos.com/optometrist-service/farnsworth-munsell-100/>

En la imagen 9 se puede apreciar la prueba Farnsworth Munsell 100, que consta de 85 fichas de colores divididas en 4 hileras. El paciente ordena hilera por hilera de manera monocular y posteriormente se hace el registro.

Lanthony D-15 (D-15 d)

Compuesto por un único juego de 15 tapones con colores desaturados. Es una “versión más corta” del FM-100, cuya sensibilidad se ha incrementado mediante el uso de colores desaturados. Se utiliza en estudios sobre grupos de trabajadores expuestos a solventes ya que es lo suficientemente sensible para la detección temprana de discromatopsia adquirida leve, y consume mucho menos tiempo que el FM-100 (generalmente solo toma unos minutos). Además, es sencillo y bien aceptado por los trabajadores y se puede realizar fácilmente y directamente en el lugar de trabajo. Cada ojo debe examinarse por separado, ya que la deficiencia adquirida en la visión del color puede ser monocular, utilizando una lámpara fluorescente de luz diurna (temperatura de color 5000 K) que proporciona 1200 lx en el plano de trabajo, ya que los resultados obtenidos con diferentes condiciones de iluminación no son comparables.²⁷

Imagen 10. Lanthony D-15 Desaturado



Imagen tomada de <https://optimed.com.au/index.php/our-products/eshop/miscellaneous-testing-items/colour-vision-tests/lanthony>

En la imagen 10 se puede observar la prueba Lanthony desaturado que consta de 15 fichas de todos los colores del círculo cromático, pero de manera desaturada. Contiene una ficha piloto y a partir de ahí el paciente se guía para acomodar las fichas restantes. Al terminar se hace el registro del acomodo.

D-15 saturado

El test es capaz de diferenciar de forma gruesa deficiencias protán, deután y tritán, además de aproximar la severidad del defecto. La prueba Farnsworth D-15 se llama 'dicotómica' porque fue diseñado para separar sujetos en uno de dos grupos:

- 1.) Fuertemente/Color medio deficiente
- 2.) Color levemente deficiente o color normal.

Esto se logra mediante la disposición de 15 discos de colores vivos saturados. Si al realizar esta prueba el resultado no es normal será indicativo de una fuerte deficiencia de color.²⁸

Imagen 11. D-15 Saturado



Imagen tomada de <https://assmedicaips.com/portfolio/optometria/>

En la imagen 11 se puede observar la prueba D15 en su versión saturada, consta de 15 fichas con colores que van desde los azules, pasando por los verdes, amarillos, rojos y finaliza con los violetas. Contiene una ficha piloto y a partir de la cual el paciente acomoda las fichas restantes para después registrar su resultado.

Consideraciones: Cada disco de color se monta sin ninguna protección del color. En consecuencia, es muy importante asegurarse de que nadie toque la muestra de color para evitar el daño de las huellas dactilares. Por esta razón es muy importante que el examinador y el paciente usen algún tipo de protección en las yemas de los dedos, por ejemplo, guantes de látex.²⁹

Iluminación: La prueba se aplica sobre un fondo negro para evitar que el entorno afecte la percepción del color por parte del paciente. La iluminación debe proporcionar aproximadamente 6700^º Kelvin a 25 velas-pie o más (Iluminante C) o luz. ²⁹

Procedimiento: El observador debe sentarse a una distancia de 50 cm de la prueba para ordenar 15 fichas coloreadas. Se realiza de manera monocular, basándose en la primera ficha piloto, la pieza siguiente a colocar debe ser de una apariencia de color más similar a la misma.²⁹

Resultados: El examinador registrara con una línea en la hoja de registro a partir de la ficha piloto y en el orden que el paciente los ordeno. Para la interpretación del resultado, si las líneas permanecen a lo largo del exterior del círculo, entonces se considera que el paciente es "normal". ²⁹

Imagen 12. Resultado normal D-15

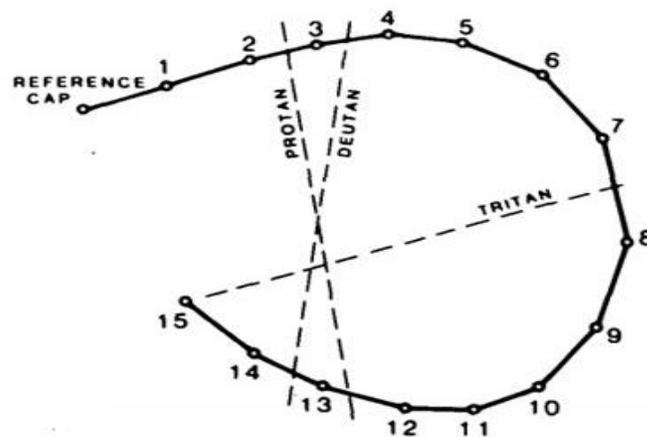


Imagen tomada de <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-more>

En la imagen 12 podemos observar un resultado normal en la prueba de D15, esto porque al unir los puntos en el orden que acomoda el paciente las fichas, se forma un círculo incompleto, es decir ordeno de manera secuencial cada una de las fichas.

Si al unir los puntos en el orden que el paciente acomoda las fichas, la secuencia forma picos, el diagnóstico nos indica que tiene un defecto fuerte, es decir una **ceguera** al color. El tipo de defecto se determina mediante su inclinación para ver si son paralelo a los ejes de confusión de color protán, deután o tritán.³⁰

Imagen 13. Protanope

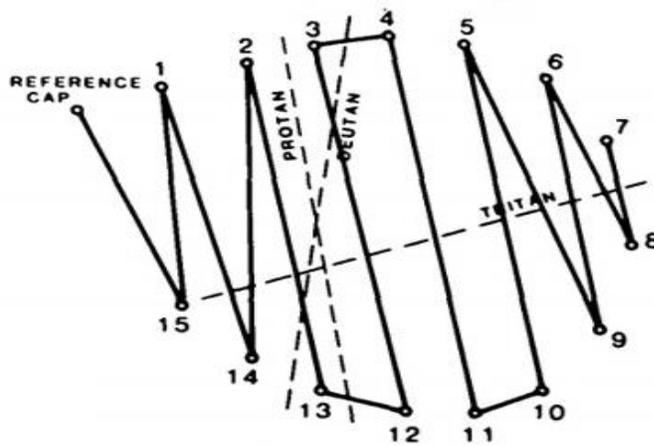


Imagen tomada de <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-more>

La imagen 13 corresponde a un diagnóstico de un paciente protanope, es decir ceguera al color rojo debido a que la inclinación de los picos es a la izquierda.

Imagen 14. Deuteranope

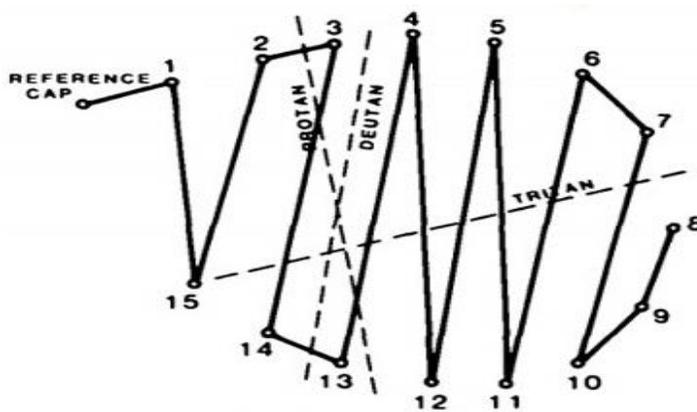


Imagen tomada de <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-more>

En la imagen 14 se puede observar el patrón que se forma de un paciente Deuteranope, es decir ceguera al color verde ya que la inclinación de los picos es a la derecha.

Imagen 15. Tritanope

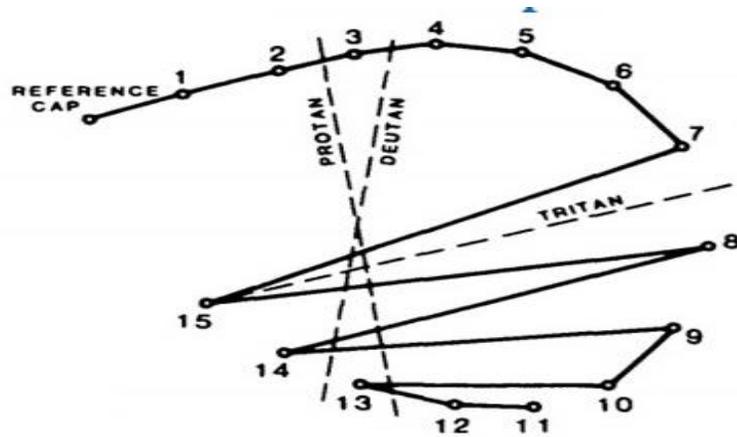


Imagen tomada de <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-morem>

La imagen 15 corresponde a un diagnóstico Tritanope es decir ceguera al color azul debido a que los picos se forman de manera horizontal.

En el caso de las **anomalías**, es decir, deficiencia para ver el color, el patrón que se formara serán rectángulos, de igual forma se debe tomar en cuenta la inclinación de los rectángulos para saber el color hacia el que se tiene la deficiencia. ³⁰

Imagen 16. Deuteranomalía

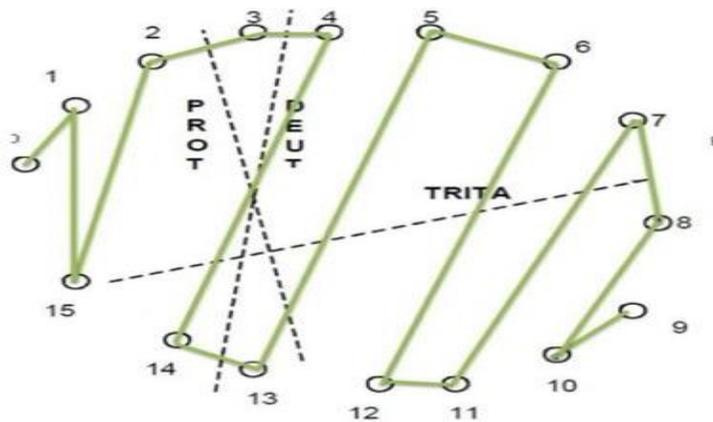


Imagen tomada de <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-morem>

En la imagen 16 se observa el patrón de un paciente diagnosticado con Deuteranomalía, es decir, existe una alteración para percibir el color verde debido a que se forman rectángulos que se inclinan hacia la derecha.

Imagen 17. Protanomalia

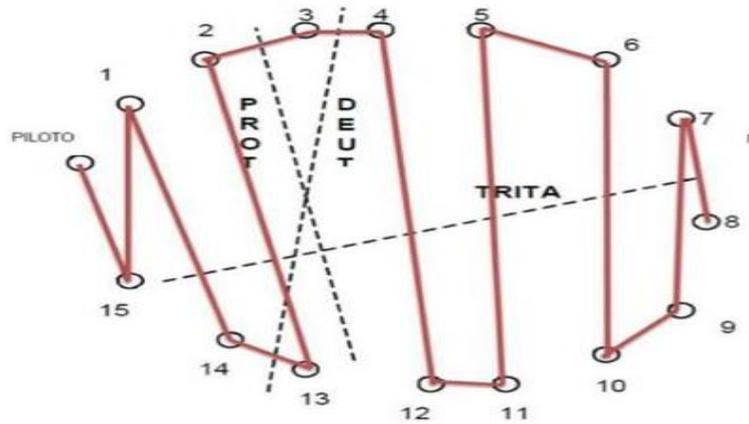


Imagen tomada de Mónica Irene Barrios Roldán. 2018. Estudio epidemiológico de discromatopsias en tres poblaciones diferentes. Tesis para obtener el título de licenciado en optometría.

En la imagen 17 se observa el patrón de un paciente diagnosticado con Protanomalia, es decir, existe una alteración para percibir el color rojo debido a que se forman rectángulos que se inclinan hacia la izquierda.

Imagen 18. Tritanomalia

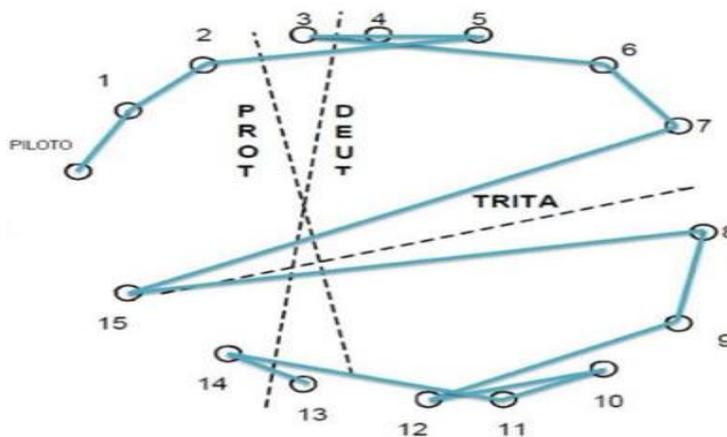


Imagen tomada de Mónica Irene Barrios Roldán. 2018. Estudio epidemiológico de discromatopsias en tres poblaciones diferentes. Tesis para obtener el título de licenciado en optometría.

La imagen 18 corresponde a un paciente diagnosticado con Tritanomalia, es decir, hay una alteración para percibir los colores azules-amarillos. El patrón que se forma son rectángulos que se inclinan de manera horizontal o en algunos casos se tiende a formar un pico con el eje tritan pasando por en medio de este.

En algunos pacientes se reportan “moños” es decir de la ficha 3 se van a la 5, regresan a la 4 y continúan a la 6 siguiendo con el orden normal, estos cambios no significan que haya alguna Discromatopsia, más bien existe un recorrido en la longitud de onda y por ello se invierte los matices.

Imagen 19. Moños

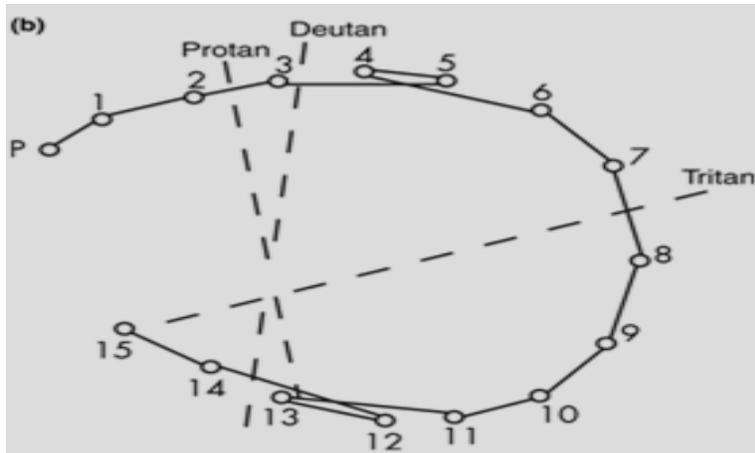


Imagen tomada de un expediente del gabinete de Visión al Color en la Clínica de Optometría.

En la imagen 19 se puede apreciar el patrón que se forma cuando los pacientes tienen problemas para identificar los matices de algún color, invirtiendo el acomodo de fichas para posteriormente continuar con el orden correcto.

PRUEBAS PSEUDOISOCROMATICAS

Ishihara

Diseñada para evaluar la pérdida congénita de la visión del color en el rango rojo-verde. Sin embargo, estas pruebas no son adecuadas para la detección temprana de discromatopsias adquiridas.³¹

Está compuesto de 38 láminas formadas por superficies de color constituidas por un fondo sobre el que destacan zonas coloridas que asignan figuras como números, letras, trazos, entre otros. Los tipos de láminas que constituyen el test se clasifican en:

- De prueba: legibles para todos
- De contraprueba: ilegibles para los tricromatas y legibles para los discromatas
- De confusión: Lecturas diferentes para tricromatas y discromatas.³¹

Para realizar la prueba se deben tener en consideración:

- Iluminación: Debe realizarse bajo una iluminación de 200 lux cuidando que no exista algún tipo de reflejo.

- Distancia: El paciente deberá sentarse a 75 cm de las láminas.
- Tiempo de observación: Cada lámina será observada por 3 segundos como máximo
- Número de láminas: se mostrarán al paciente las láminas de la 1 a la 14, si no existe certeza en el diagnóstico se proseguirá al número 15.
- Uso de Refracción (Rx) : El paciente deberá tener colocada la graduación que necesite.³²

Imagen 20. Ishihara

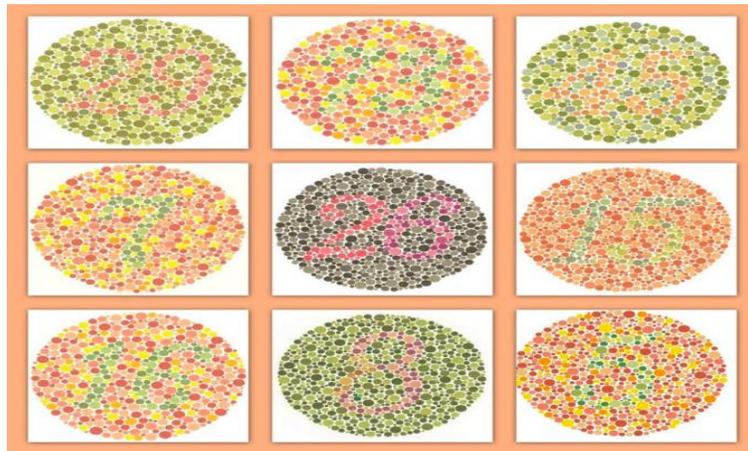


Imagen tomada de <https://tactical-medicine.com/blogs/news/que-es-el-daltonismo-discromatopsia-laminas-de-ishihara>

En la imagen 20 se pueden apreciar algunas laminas que conforman el test de Ishihara, dichas laminas están formadas por puntos de colores que forman un número y que se contrastan con el fondo que de igual manera está formado por puntos. Dependiendo del número que vea el paciente es el diagnóstico que se da.

Hardy Rand and Rittler (HRR)

Es una de las pruebas más actuales desarrollada en 1954, presenta patrones de formas geométricas sobre fondos de puntos grises. Da un diagnóstico para las discromatopsias congénitas y adquiridas. Consta de 24 láminas de las cuales, las primeras 4 son de ejemplificación; a partir de la lámina 5, se comienza la valoración, de la lámina 11 a la 20, se evalúan las discromatopsias congénitas y se conoce si es protán o deuterán esto, de acuerdo al número de aciertos que se presente. Las últimas 4 láminas son utilizadas para el diagnóstico de discromatopsias adquiridas. Debe realizarse a 75 cm del paciente; dichas láminas deben ser colocadas en un atril de 45° con un iluminador. El paciente debe tener su graduación y deberá realizarse de manera monocular, siempre comenzando con ojo derecho.³²

Cada lámina debe ser mostrada por 3 segundos. Si el paciente tiene dificultad para realizar la prueba, se le deberá indicar que son 3 figuras distintas (una x, un círculo y un triángulo) y, podrán estar o no en las esquinas de cada lámina. Se le dará al paciente un pincel para que pueda señalar la figura encontrada en cada lámina y, se le dirigirán las siguientes preguntas: ¿qué figuras se observan?, ¿dónde están ubicadas?, ¿Qué color son? Si contesta de forma errónea alguna pregunta, no se considerará correcto.^{32 y 33}

El diagnóstico dependerá del número de palomas obtenidas en la columna protán y deuterán siendo este en el que se tengan más. Si se encuentra el mismo número de palomas en ambas columnas, no se podrá clasificar. El diagnóstico para los pacientes tritán y tetrán, se realiza de la misma manera, dependerá del mayor número de palomas en cada columna. No se clasifica si existe la misma cantidad de palomas en ambas columnas. Para conocer el grado de discromatopsia, debe tomarse en cuenta donde se encuentran los mayores aciertos.^{32 y 33}

Imagen 21. HRR



Imagen tomada de <https://kaypictures.co.uk/product/hrr-colour-vision-test/>

En la imagen 21 se aprecia la prueba HRR que tiene 3 figuras básicas (triángulo, círculo y equis), formadas por puntos de colores sobre un fondo de puntos grises. El paciente debe reconocer las figuras que se le presentan en cada lamina. Dependiendo del número de figuras reconocidas se da el diagnóstico.

PRUEBAS ESPECIALES

Anomaloscopio Nagel

Es un aparato diseñado 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. Sin embargo, su empleo está restringido por el elevado costo debido a la complejidad de sus mecanismos internos; solo está disponible en algunos laboratorios de investigación, no siendo viable su uso en la práctica optométrica diaria.³⁴

El Anomaloscopio Nagel Tipo I presenta al observador un campo amarillo (589nm) que debe igualar (match) mediante la mezcla de rojo (679nm) y verde (544nm). Tiene dos controles, uno permite variar la cantidad de luz amarilla y el segundo ajusta la proporción de luz roja a verde, es decir, hay dos variables: la intensidad del amarillo y la proporción rojo/verde. En el test, la mayoría de los tricrómatas sin anomalías eligen el mismo valor relativo para cada intensidad de amarillo, con muy ligeras variaciones.³⁴

Los individuos con deuteranomalía definen proporciones con mayor contenido de rojo, pero en forma más o menos independiente de la luminosidad. Los individuos con protanomalía, en cambio, aumentan la proporción de verde con la luminosidad. Como regla, la deuteranomalía requiere mucho rojo, tanto más cuanto más oscuro, la protanomalía requiere más verde, pero en proporción independiente de la intensidad.³⁴

Cambridge Color Test (CCT)

La prueba Cambridge Color utiliza el concepto probado de introducir ruido espacial y de luminancia en el estímulo, que se compone de círculos agrupados que varían aleatoriamente en diámetro y no tienen estructura espacial. Por lo tanto, el Landolt C se define únicamente por la cromaticidad, lo que garantiza que las respuestas del sujeto no se deban a señales espaciales o de luminancia en el estímulo y, por lo tanto, evita la necesidad de un procedimiento preliminar para encontrar la isoluminancia de los colores de prueba. Se aplica en una sala oscura, monocularmente y a 3 metros del monitor, el participante debe identificar la orientación de un estímulo, la C de Landolt mediante el cuadro de respuesta de infrarrojos de 4 botones.³

La cromaticidad de los componentes de la C varía a lo largo de las líneas protán, deután y tritán (u otros ejes cromáticos si se desea) utilizando un procedimiento estándar de escalera psicofísica descendente. Los resultados se guardan en formato ASCII y se presentan gráficamente como elipses de discriminación en el espacio de color CIELUV o CIE (x,y). Los resultados mostrados son típicos de un sujeto con visión de color normal; en sujetos deficientes, las elipses de discriminación se extienden significativamente en las direcciones de cromaticidad protán, deután o tritán.³

Perceptrom

Es un software que evalúa de manera monocular el recorrido de la longitud de onda y no de alguna discromatopsia. Se ingresa en la base de datos el nombre, fecha de nacimiento, sustancias tóxicas consumidas y/o fármacos, así como el tiempo expuesto a estos y el diagnóstico en percepción al color (esto lo sabemos realizando D-15 y HRR previamente). Posteriormente se indica al paciente colocarse frente al monitor con su ojo izquierdo ocluido, se le explica que del lado izquierdo tiene un recuadro con un color y otras 5 opciones del lado derecho, de las cuales tendrá que seleccionar la que sea igual o más parecida a la del lado izquierdo. Se indica que de la prueba 1 a la 12 se hará con el ojo derecho y al pasar a la prueba 13 el paciente deberá ocluir el ojo derecho para continuar hasta la prueba 24 con el ojo izquierdo. Esta prueba se hace con la luz apagada. Los resultados se guardarán en la base de datos del software y muestra los nanómetros recorridos entre el cuadro base y el cuadro que selecciono el paciente.³⁵

Imagen 22. Perceptrom

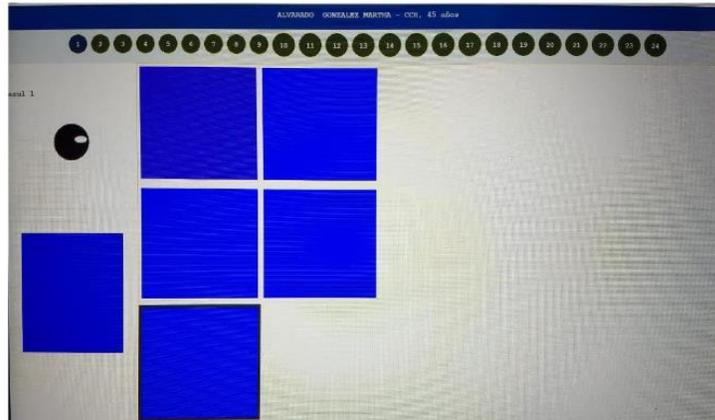


Imagen tomada de Bernal Rojano Daniela. Creación De Pruebas Para La Detección De Discromatopsias En Pacientes Pediátricos. Tesis. UNAM FESI

En la imagen 22 se muestra la prueba de Perceptrom, del lado izquierdo aparece un cuadro de color que funciona como base para escoger de las 5 opciones del lado derecho la que más se parezca o sea igual a esta. Una vez seleccionada se pasa al panel número 2 y así sucesivamente hasta llegar a la 24.

CAPITULO III

SOLVENTES

Los solventes son compuestos orgánicos, los cuales se caracterizan por ser volátiles o mezclas líquidas de compuestos químicos que pueden ser utilizados solos o en combinación con otros agentes. Estos son químicamente diferentes, pero contienen una característica en común: disuelven grasas, aceites, resinas, acetato de celulosa y nitrato de celulosa, lo que los hace ampliamente utilizados en la industria. Se utilizan en las industrias en especial las que fabrican pinturas, adhesivos, plásticos, metales, etc.²

En la industria de las pinturas son ampliamente utilizados para proporcionar la resina, la cual es la materia prima que ayuda al recubrimiento de la superficie, a la protección contra la corrosión y durabilidad de la pintura. Los solventes orgánicos utilizados en la fabricación de la pintura son: Tolueno, Ésteres, Acetona, Isopropanol. La inhalación a altas concentraciones del vapor de estos puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio, además puede causar efectos en el sistema nervioso central.^{2, 36}

Los hidrocarburos hacen parte del gran grupo de solventes orgánicos y están constituidos exclusivamente por los elementos carbono e hidrógeno. Se derivan, principalmente del petróleo, del carbón mineral y de fuentes vegetales. Pueden clasificarse en hidrocarburos alifáticos (de cadena recta) e hidrocarburos cíclicos (de cadena cerrada). Los alifáticos se clasifican en: parafinas (alcanos), olefinas, acetilenos y terpenos acíclicos. Los cíclicos se clasifican en acíclicos, aromáticos y terpenos cíclicos. Los hidrocarburos aromáticos son sustancias altamente lipofílicas, capaces de transponer con facilidad las membranas biológicas, pasando rápidamente a través de los alvéolos, hasta llegar a la corriente sanguínea y de allí son distribuidos y depositados en diferentes tejidos para ejercer su acción en los diferentes órganos blanco.³⁷

El **benceno**, (C₆H₆), puede formar una mezcla altamente inflamable y explosiva con el aire. Ha sido designado como “carcinogénico humano confirmado”. El **tolueno** (toluol, metilbenceno, fenilmetano) es un líquido incoloro, no corrosivo, de olor dulce y penetrante semejante al del benceno, poco soluble en agua y soluble en alcohol, cloroformo, éter, acetona, ácido acético glacial y disulfuro de carbono. El tolueno se usa en la fabricación de pinturas, diluyentes de pinturas, barniz para las uñas, lacas, adhesivos y gomas, y en ciertos procesos de imprenta y curtido de cuero. A partir del tolueno se obtienen derivados como el benceno, el ácido benzoico y el fenol.³⁸

Con el abuso del tolueno se han encontrado también efectos a largo plazo sobre el SNC, con aparición de encefalopatía, atrofia óptica, degeneración cerebelosa y alteraciones del equilibrio, así como neuropatía periférica. Las vías de penetración son inhalación y dérmica. El **xileno** es un derivado dimetilado del Benceno, soluble en alcohol y éter e insoluble en agua. Son líquidos incoloros con un olor ligero y dulce. Se utilizan como disolventes y en la elaboración de pinturas, adhesivos y otras sustancias químicas. Por su inflamabilidad, el riesgo de incendio es moderado. Las vías de ingreso implicadas en su acción tóxica son la ingestión, dérmica e inhalatoria.³⁸

Los **esteres** son compuestos que se forman por la unión de ácidos con alcoholes, generando agua como subproducto. Los que son de bajo peso molecular son líquidos volátiles de olor agradable. Debido a que la mayoría de estos solventes son lipofílicos y volátiles a temperatura ambiente, tienden a adherirse fácilmente a tejidos ricos en lípidos como el tejido cerebral, la mielina y el tejido adiposo. Esta característica hace que los SO sean perjudiciales para la salud. Entre los efectos adversos de los SO se han reportado: neurotoxicidad, mielotoxicidad, dermatitis, conjuntivitis e irritación de las vías respiratorias. La neurotoxicidad es la manifestación más reportada en la bibliografía y se presenta como cambios neurocomportamentales y alteración de las capacidades sensoriales, como la visión de colores, percepción de olores y pérdida de la audición.³⁹

La **acetona** es un disolvente líquido incoloro usado en la fabricación de plásticos y otros productos industriales. Se evapora fácilmente, es inflamable y es soluble en agua. La acetona sintetizada se usa en la fabricación de plásticos, fibras, medicamentos y otros productos químicos, así como disolvente de otras sustancias químicas. La acetona también puede usarse en cantidades limitadas en productos para la casa, entre otros cosméticos y productos de cuidado personal, donde su aplicación más frecuente sería en la formulación de quitaesmalte para uñas.^{2,40}

JUSTIFICACIÓN

En diversos estudios se ha demostrado que la exposición a solventes causa alteraciones en la percepción del color. La visión al color se ve afectada en los ejes amarillos-azules y después de mucho tiempo de exposición los daños llegan al eje rojo-verde.³

En México existen pocas referencias sobre las discromatopsias causadas por solventes, como el estudio de Mascorro en 2015. Los daños causados se han reportado con frecuencia, sin embargo, se han enfocado a visión y patología, pero no a percepción del color.¹¹

Las referencias sobre las pruebas que emplean para evaluar la Visión al Color están encaminadas a detectar si hay o no una discromatopsia, en su mayoría congénita; por lo que el presente estudio pretende evidenciar si hay un cambio en la longitud de onda sin llegar a considerarse una discromatopsia o bien si ya existe una alteración profunda.

TRASCENDENCIA

Según datos del Censo Económico en el año 2019 se totalizaron 127 unidades económicas en Industria Básica del Aluminio en México, de las cuales los estados con mayor concentración de estas fábricas fueron Nuevo León, Estado de México y Jalisco ⁴¹. Por lo que siendo el Estado de México el segundo lugar con mayor concentración, es importante realizar continuas revisiones de visión al color a los trabajadores, para dar a conocer si la toxicidad en retina por solventes tiene que ver con el tiempo de trabajo o con la protección que se otorga al trabajador por parte de la industria. De este modo se podrá brindar o hacer modificaciones en la protección de los trabajadores para prevenir futuras alteraciones en la visión al color.

METODOLOGÍA

El presente estudio es **Descriptivo** ya que se describe y registra lo observado, **transversal** ya que se hace una sola toma en un tiempo determinado y **observacional** ya que el objetivo es la observación y registro de acontecimientos sin intervenir en su naturalidad. ⁴²

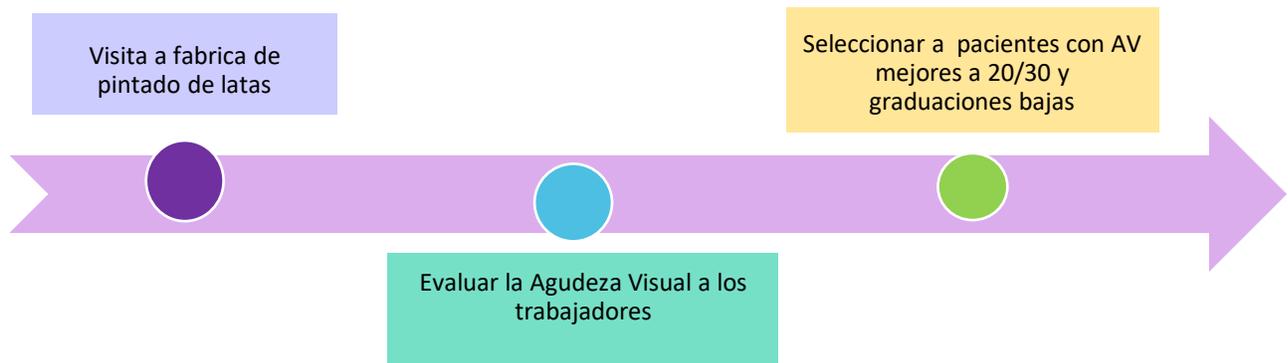
FASES DE ESTUDIO

FASE 1

Se acudirá a una fábrica en el Estado de Toluca que elabora latas para diferentes marcas para evaluar la Agudeza Visual (AV) de los trabajadores no importando su tiempo laboral. El equipo de protección empleado está regulado bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008. El equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo incluye el uso de cubre bocas, guantes industriales de látex o algodón, camisa de algodón, pantalón de mezclilla, lentes de seguridad y zapatos industriales como se muestra en la figura 23. Para la evaluación se empleará una cartilla de Snellen a una distancia de 6 metros y en un cuarto con buena iluminación. Una vez obtenida su AV se refractará a cada uno de los trabajadores para obtener su graduación y se seleccionarán personas con AV mejores a 20/30 y

graduaciones bajas (igual o menos a 2.00 dioptrías de miopía o hipermetropía y menos o igual a -1.00 de astigmatismo) como se muestra en el gráfico 1.

Gráfico 1. Fase 1



Creación propia mediante el uso de gráficos en Word.

En el gráfico 1 se muestra las diferentes etapas de la fase 1.

Imagen 23. Equipo de protección



Imagen de creación propia tomada en la zona de trabajo de la empresa.

En la imagen 23 se puede observar el uso de lentes de seguridad, cubreboca, guantes, camisa de algodón y pantalón de mezclilla como equipo de protección en los trabajadores de la empresa.

FASE 2

Con la mejor Rx de los trabajadores se aplicará la prueba D-15; en un cuarto oscuro y sobre una mesa se colocará la lámpara de luz led. Frente a la lámpara se sentará el paciente a una distancia de 40 cm y se dará la indicación de ocluir su ojo izquierdo y acomodar las fichas de color, teniendo como referencia la primera ficha, al terminar se indicará ocluir el ojo derecho y se repetirá la prueba. El resultado se registrará en la hoja para D-15.

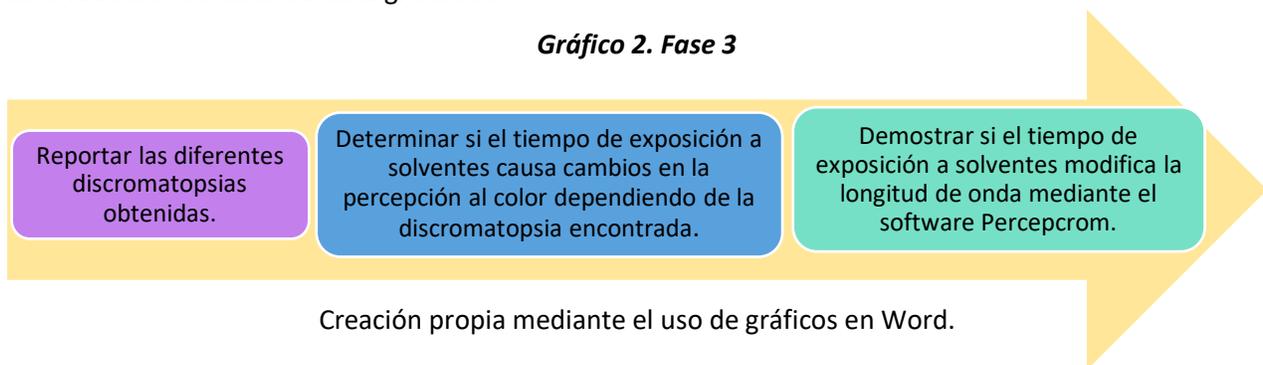
Posteriormente a la misma distancia se aplica la prueba de HRR, se le indica al paciente ocluir su ojo izquierdo y se le explica que se le mostrarán unas láminas con unas figuras que resaltan de un color, él tendrá que indicar que figura observa. Al terminar se le indicará ocluir el ojo derecho y repetir la prueba. Los resultados se registrarán en la hoja de HRR.

Finalmente se agregará a la base de datos del software información del paciente como nombre, fecha de nacimiento, consumo de sustancias tóxicas, enfermedades sistémicas, fármacos y tiempo de consumo, así como el diagnóstico de visión al color que se obtendrá de las pruebas realizadas anteriormente. Se indicará al paciente sentarse frente a la computadora a una distancia de 40 cm, se le pedirá ocluir su ojo izquierdo para que realice la prueba con el ojo derecho, desde el panel 1 al 12, al pasar al panel 13 el paciente deberá cambiar el ocluidor al otro ojo y continuar con la prueba hasta llegar al panel 24. Los resultados se guardarán en el software y después de unos minutos se podrá consultar en la base de datos.

FASE 3

Al terminar de aplicar las pruebas de visión al color se obtendrá y reportará cada uno de los diagnósticos para poder determinar si la exposición a solventes causa alguna Discromatopsia o alteración en la longitud de onda como se muestra en el gráfico 3.

Gráfico 2. Fase 3



Creación propia mediante el uso de gráficos en Word.

En el gráfico 2 se muestra las diferentes etapas de la fase 3.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Trabajadores que laboren en una fábrica de pintado de latas sin importar sexo, edad y tiempo de trabajo.
- Agudezas Visuales igual o mejor a 20/30.
- Graduaciones bajas.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Consumo de alcohol, tabaco, drogas y medicamentos con impacto en el SNC.
- Consumo de tratamiento hormonales.
- Enfermedades sistémicas como diabetes, hipertensión y/o que afecten de manera ocular.
- Agudezas Visuales peores a 20/30.
- Graduaciones altas.

RECURSOS HUMANOS

- 1 Pasante de servicio social del área de Visión al color de la carrera de Optometría

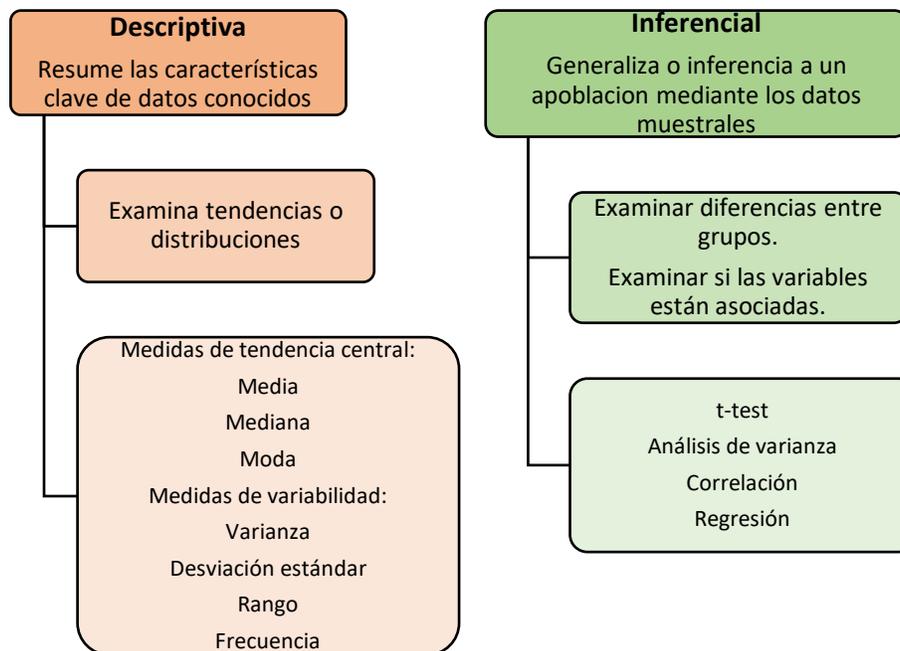
RECURSOS MATERIALES

- 1 libro de HRR
- 1 D-15 Saturado
- 1 D-15 Desaturado
- Hojas de registro de D-15
- Hojas de registro de HRR
- 1 Ocluser
- 1 lámpara con luz led
- 1 computadora Lenovo con el software longitud de onda
- 1 consentimiento informado
- 1 lista para firmas del consentimiento informado
- Hoja de registro para los trabajadores con folio y diagnostico
- Hoja de registro para los trabajadores con los años que han laborado en la empresa

PLAN DE ANÁLISIS

Mediante estadística descriptiva e inferencial explicada a continuación en el gráfico 3.

Gráfico 3. Estadística descriptiva e inferencial



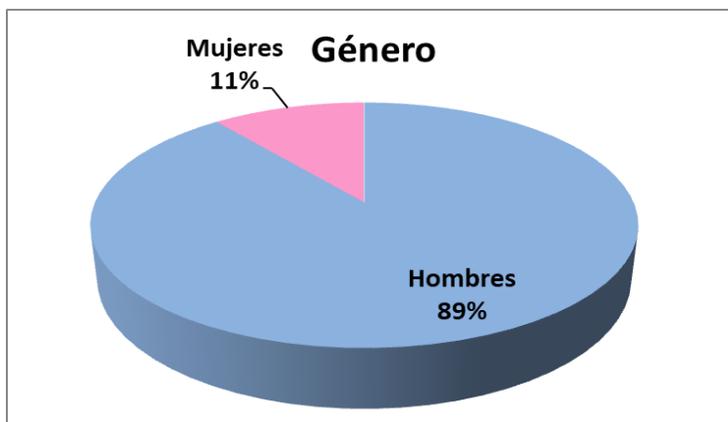
Creación propia mediante el uso de gráficos en Word.

En el gráfico 3 se muestra las características de estadística descriptiva e inferencial.

RESULTADOS

Se evaluó a 37 trabajadores de una fábrica de pintado de latas del estado de México, que por derechos de esta no se mencionará el nombre. De los 37 trabajadores 33 fueron de género masculino, es decir el 89% de la población y solo 4 trabajadoras de género femenino, representando el 11 % como se muestra en el gráfico 4.

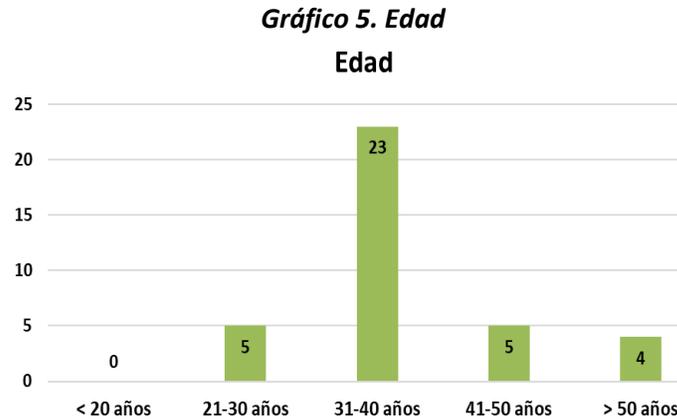
Gráfico 4. Género



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el gráfico 4 se puede observar que el mayor porcentaje de pacientes atendidos fueron de género masculino.

De los 37 trabajadores que se evaluaron, el grupo etario con mayor asistencia fue el de 31 a 40 años con 23 asistentes, seguido del grupo con edades de entre 21 a 30 años con 5 asistentes coincidiendo con el grupo de edades de 41 a 50 años y finalmente el grupo con menor frecuencia fue de 50 años o más con solo 4 trabajadores como se muestra en el gráfico 5.

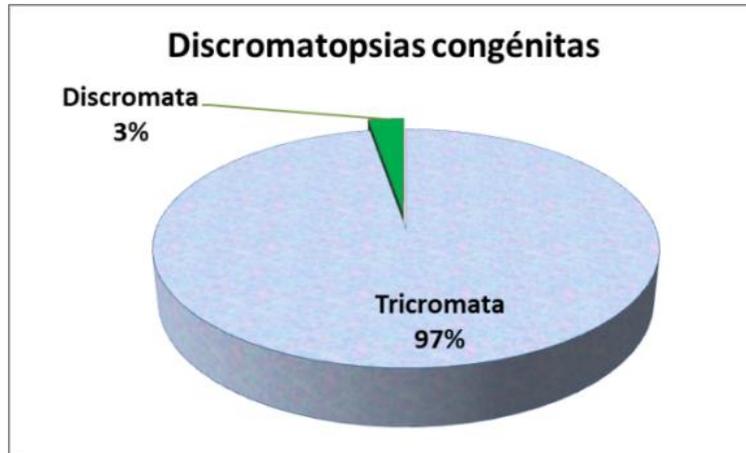


Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el gráfico 5 se muestran los diferentes grupos de edades que se obtuvieron en la evaluación, teniendo con mayor asistencia trabajadores con edades comprendidas entre 31 a 40 años y con menor asistencia trabajadores con edades de 50 años o más.

De los 37 trabajadores que se evaluaron, 31 obtuvieron como diagnóstico Tricromata, es decir que no tenían ninguna alteración diagnosticada como Discromatopsia y por tanto representaron el 97% de la población, sin embargo, en 1 paciente se pudo encontrar una discromatopsia congénita de tipo Deuteranope, es decir ceguera al color verde, representando el 3% como se muestra en el gráfico 6. Esta discromatopsia fue de carácter desconocido por el paciente y reportó no haber sido diagnosticado anteriormente, a pesar de llevar 3 años laborando en la empresa.

Gráfico 6. Discromatopsias congénitas

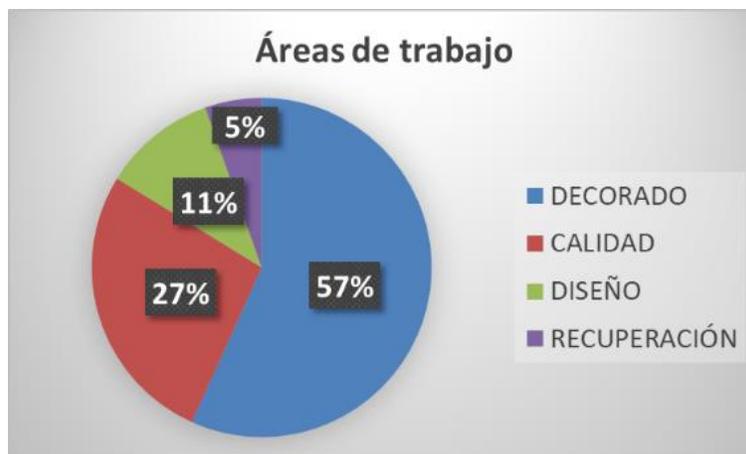


Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el gráfico 6 se muestra el porcentaje de discromatopsias encontradas y el porcentaje de diagnósticos Tricromata (visión normal a los colores).

La empresa cuenta con cuatro diferentes áreas de trabajo mostradas en el gráfico 7; Decorado, donde se pintan las latas utilizando solventes y pigmentos en polvo; Calidad, donde en una banda circulan las latas ya pintadas y los trabajadores verifican el estado, uniformidad de color e integridad de la lata; Diseño: área de cómputo donde se realiza el diseño gráfico para cada marca; Recuperación: Aquí se realiza la segunda evaluación de calidad, es decir las latas desechadas en calidad vuelven a ser revisadas para verificar su estado.

Gráfico 7. Áreas de trabajo



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el grafico 7 se muestra el porcentaje de los 37 trabajadores que había en cada área, siendo Decorado el área de mayor porcentaje con 21 trabajadores, seguido del área de calidad con 10 trabajadores, continuando con Diseño con 4 trabajadores y finalmente Recuperación con solo 2 trabajadores.

➤ DECORADO

De los 37 trabajadores que se evaluaron 21 laboraban en el área de decorado, todos de género masculino. El porcentaje de población que llevaba trabajando de 1 a 10 años fue de 33% (7 trabajadores); de 11 a 20 años representó el 43% (9 trabajadores); de 21 a 30 años indicó un porcentaje de 14% (3 trabajadores) y de 31 años o más resultó el 10% (2 trabajadores) como se muestra en el gráfico 8.

Gráfico 8. Años laborando en Decorado



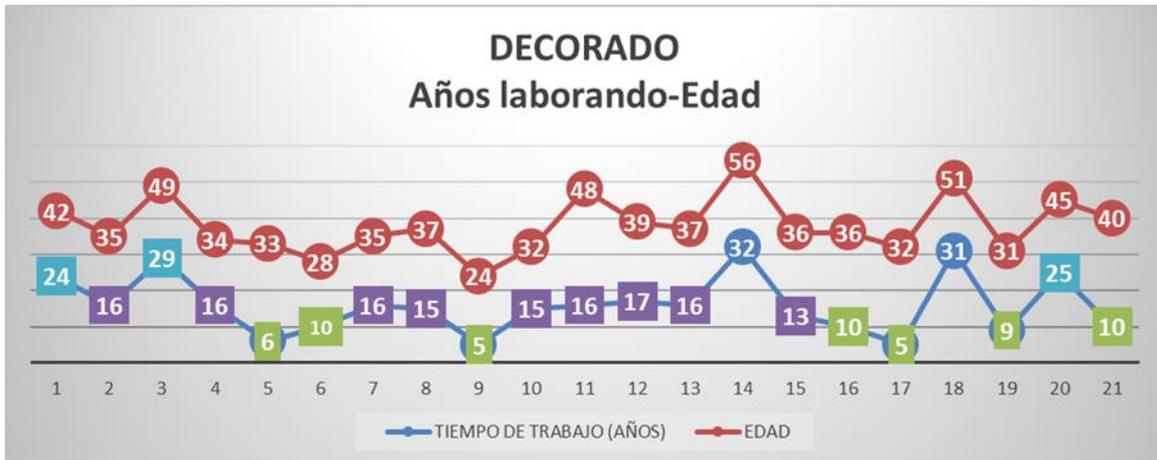
Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el grafico 8 se puede observar el porcentaje de trabajadores obtenido a partir de los años que llevan laborando en el área de decorado, siendo el de mayor porcentaje el grupo que lleva de 11 a 20 años laborando y el de menor porcentaje el grupo de 31 años o más.

De igual manera se buscó la relación de la edad de cada trabajador y los años que llevaba laborando en el área de Decorado como se muestra en el grafico 9, encontrándose que aquellos trabajadores que llevan menos de 10 años trabajando y que están representados de color verde, tienen edades que van de los 24 a 40 años, por lo que en este grupo no tiene relación la edad con el tiempo de trabajo, sin embargo cuando observamos los años laborando que van de 11 a 20 años y que están representados por color morado, nos damos cuenta que las edades que estos tienen son desde los 34 a 48 años es decir llevan expuestos a los solventes la mitad de su vida.

Al igual que el grupo anteriormente mencionado los trabajadores que llevan de 21 a 30 años laborando representados por color índigo, tienen edades de 42, 45 y 49 años es decir corresponde a la mitad de su vida expuestos. Ahora bien, cuando observamos los trabajadores representados de color azul que corresponden a aquellos trabajadores que llevan 30 años laborando o un poco más, tienen edades de 51 y 56 años, es decir uno de ellos lleva la mitad de su vida expuesto y el otro lleva poco más de la mitad.

Gráfico 9. Decorado Años laborando-Edad



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación

En el gráfico 9 se puede observar la edad correspondiente a cada trabajador del área de decorado, relacionándose con el tiempo que llevan laborando en la fábrica, de este modo se conoce cuanto tiempo ha llevado expuesto cada trabajador.

➤ **CALIDAD**

De los 37 trabajadores que se evaluaron 10 de ellos pertenecían al área de calidad, 6 de género masculino y 4 femenino. El 50% de esta población lleva laborando de 1 a 5 años que corresponde a 5 trabajadores (3 mujeres y 2 hombres), el 20 % ha trabajado de 6 a 10 años, es decir 2 trabajadores (1 hombre y 1 mujer) y finalmente el 20% de la población lleva de 11 a 15 años que corresponde a 3 trabajadores, todos masculinos como se muestra en el gráfico 10.

Gráfico 10. Años laborando en calidad



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el gráfico 10 se puede observar el porcentaje de trabajadores obtenido a partir de los años que llevan laborando en el área de calidad, siendo el de mayor porcentaje el grupo que lleva de 1 a 5 años laborando con el 50% y el de menor porcentaje el grupo de 6 a 10 años con el 20%.

Al relacionar la edad de cada trabajador del área de calidad con los años que llevan laborando como se muestra en el gráfico 11 nos dimos cuenta que en el grupo de aquellos trabajadores que llevan laborando de 1 a 5 años representados por color azul, las edades que tienen van de los 30 a 50 años es decir el tiempo que en su vida han estado expuestos a solventes es baja. Esta condición de baja exposición se repite en el grupo que lleva laborando de 6 a 10 años, representados por color morado ya que encontramos edades de 33 y 34 años, es decir menos de una cuarta parte de su vida han estado expuestos. Ahora bien, cuando miramos el grupo que lleva de 11 a 15 años laborando representado por color naranja, las edades que hallamos son 36 y 37 años, es decir casi la mitad de su vida han estado expuestos a los solventes.

Gráfico 11. Calidad años laborando-edad



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el gráfico 11 podemos encontrar la edad de cada trabajador del área de calidad en relación con los años que lleva laborando, de color azul están aquellos empleados que llevan de 1 a 5 años laborando, de color morado los que llevan de 6 a 10 años y de color naranja aquellos que llevan de 11 a 15 años. Además, podemos identificar a las mujeres que pertenecen a esta área remarcadas con color negro, es decir tres de ellas llevan laborando de 1 a 5 años y solo una pertenece al grupo de 6 a 10 años laborales.

➤ DISEÑO

De los 37 trabajadores que se evaluaron solo 4 laboraban en el área de diseño, todos de género masculino. El 50% lleva laborando de 1 a 10 años es decir 2 trabajadores, solo un trabajador lleva laborando de 11 a 20 años representando el 25% y el otro 25 % corresponde a un trabajador que lleva más de 20 años laborando como se muestra en el gráfico 12.

Gráfico 12. Años laborando en Diseño

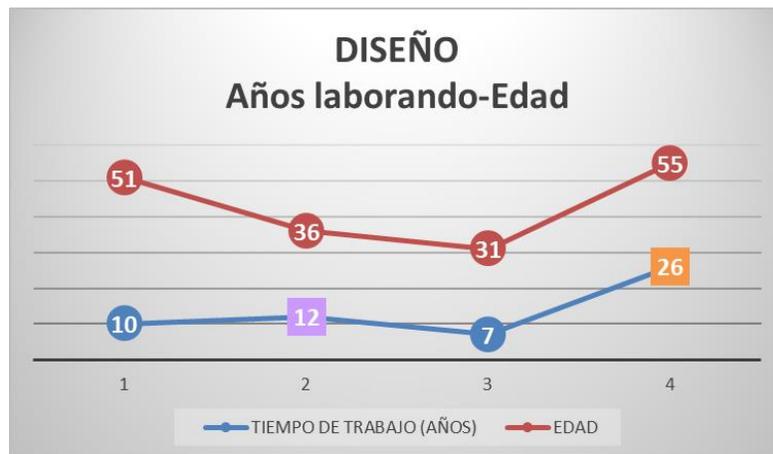


Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el grafico 12 podemos observar el porcentaje de trabajadores obtenido a partir de los años que llevan laborando en la empresa específicamente en el área de diseño, el cual cuenta con 4 trabajadores y de los cuales el 50 % lleva trabajando de 1 a 10 años, el 25% de 11 a 20 años y el otro 25% restante pertenece a más de 20 años laborando.

Del mismo modo en estos 4 trabajadores se buscó la relación de los años que llevan laborando con su edad como se muestra en el gráfico 13, encontrando que, en el grupo de 1 a 10 años, es decir 2 trabajadores representados por color azul, tienen edades de 31 y 51 años, por lo que el tiempo de su vida que han estado expuestos a solventes es mínimo. Al ver el trabajador que representa al grupo de 11 a 20 años laborando y que resalta en color morado, nos damos cuenta que la edad que tiene es 36 años y son 12 años los que ha laborado en la empresa, es decir poco menos de la mitad de su vida ha estado expuesto a solventes. Finalmente, al mirar al trabajador que pertenece al grupo de más de 20 años laborando y que está representado por color naranja podemos ver que su edad es de 55 años, de los cuales 26 años ha estado expuesto, casi la mitad de su vida.

Gráfico 13. Diseño años laborando-edad



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el grafico 13 podemos encontrar la edad de cada trabajador del área de diseño en relación con los años que lleva laborando, de color azul están aquellos empleados que llevan de 1 a 10 años laborando, de color morado los que llevan de 11 a 20 años y de color naranja aquellos que llevan más de 20 años laborando.

➤ RECUPERACIÓN

De los 37 trabajadores que se evaluaron, solo 2 pertenecían al área de recuperación, ambos de género masculino y ambos con menos de 5 años trabajando en la empresa, por lo que el 100% pertenece al grupo de 1 a 5 años laborando como se puede observar en el gráfico 14. Dentro de esta área se encontró al trabajador diagnosticado con una Discromatopsia congénita de tipo Deuteranope.

Gráfico 14. Años laborando en Recuperación



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el gráfico 14 se puede observar que el 100% de los empleados evaluados pertenecientes al área de recuperación pertenecen al grupo de 1 a 5 años laborando en la empresa.

Al buscar la relación de los años que llevan trabajando en la empresa con su edad podemos observar que el trabajador que lleva solo 1 año laborando y que está representado por color azul en el gráfico 15, tiene 21 años por lo que su exposición es mínima. Del mismo modo el trabajador que lleva 3 años en la empresa, representado por color verde del gráfico 15, tiene 28 años por lo que su exposición igual ha sido mínima, sin embargo, dada su condición de no poder distinguir los colores verdes y por el papel que desempeña en la fábrica es necesario buscar una solución favorable tanto para la empresa como para el trabajador.

Gráfico 15. Recuperación años laborando-edad



Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En el gráfico 15 podemos encontrar la edad de cada trabajador del área de recuperación en relación con los años que lleva laborando. Ambos trabajadores llevan menos de 5 años laborando en la empresa, representado por color azul se encuentra un trabajador con solo 1 año laborando con edad de 21 años y en color verde está el otro trabajador que lleva 3 años en la empresa y que tiene una edad de 28 años, por lo que ambos han tenido una exposición a solventes mínima en su vida.

➤ RESULTADOS DE LA PRUEBA D-15

Al aplicar la prueba Farnsworth D15 a los 37 trabajadores evaluados nos percatamos que 36 de ellos obtuvieron como diagnóstico Tricromata, es decir no mostraron ningún patrón de Discromatopsia a excepción del paciente Deuteranope que el patrón de su diagnóstico formaba picos con una inclinación al eje Deután, por lo que se puede decir que hay una ceguera para percibir los colores verdes. Sin embargo, aunque los 36 pacientes no mostraron alguna discromatopsia, en 4 de ellos si se registró una alteración en ciertos colores como se muestra en la tabla 1. Las alteraciones encontradas fueron en el ojo derecho ya que se formaron moños en su patrón, indicando que los evaluados invirtieron los matices en ciertas fichas. Los colores en los que hubo confusión fueron rojo, azul y verde.

Además, en uno de los 4 trabajadores que formaron moños en su patrón, también se llegó a formar un pico en los colores morados que pertenecen a la longitud de onda de los colores rojos.

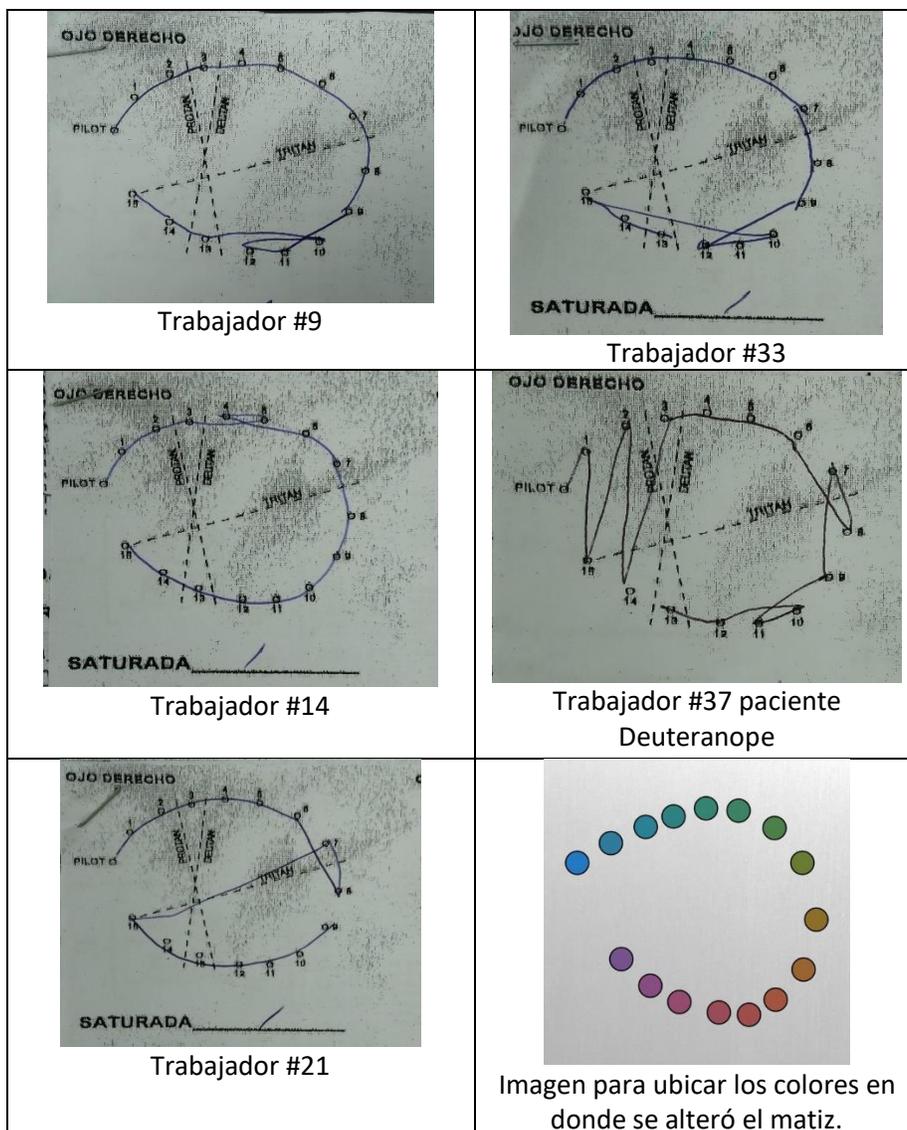
Tabla 1. Resultados D-15 Ojo Derecho

MOÑOS Y PICOS PRESENTADOS EN D-15 OD				
# de paciente	MOÑOS	COLOR	PICOS	COLOR
1	0		0	
2	0		0	
3	0		0	
4	0		0	
5	0		0	
6	0		0	
7	0		0	
8	0		0	
9	1	ROJO	0	
10	0		0	
11	0		0	
12	0		0	
13	0		0	
14	1	AZUL	0	
15	0		0	
16	0		0	
17	0		0	
18	0		0	
19	0		0	
20	0		0	
21	1	VERDE	0	
22	0		0	
23	0		0	
24	0		0	
25	0		0	
26	0		0	
27	0		0	
28	0		0	
29	0		0	
30	0		0	
31	0		0	
32	0		0	
33	1	ROJO	1	MORADO
34	0		0	
35	0		0	
36	0		0	
Paciente con Discromatopsia	2	ROJO-ROSA Y VERDE	2	VERDE

Creación propia en Excel a partir de los datos obtenidos en ojo derecho de la evaluación de D-15.

En la tabla 1 se puede observar la cantidad de moños que se llegaron a formar en el ojo derecho de 4 trabajadores, es decir la confusión de matices en las fichas de la prueba. Así mismo la cantidad de picos que se formó en uno de estos 4 trabajadores, lo que significa que existe una alteración más fuerte pero aún no se cataloga como discromatopsia.

Gráfico 16. Moños D-15 OD



Creación propia en Word a partir de los patrones que se obtuvieron al aplicar la prueba D-15.

En el gráfico 16 se muestran los patrones de los 4 trabajadores que mostraron problemas para identificar correctamente los matices de algunas fichas y por lo tanto se invirtió el orden de estas, formando los típicos moños. Además, también se muestra el patrón del paciente con Deuteranopía. Para ubicar los colores en los que hubo confusión se agregó una imagen del orden correcto de la prueba.

En cuanto al ojo izquierdo 36 trabajadores obtuvieron diagnóstico Tricromata, es decir no mostraron ningún patrón de Discromatopsia a excepción del paciente Deuteranope que el patrón de su diagnóstico formaba picos con una inclinación al eje Deután, por lo que se puede decir que hay una ceguera para percibir los colores verdes. Sin embargo, aunque los 36 pacientes no mostraron alguna discromatopsia, en 5 de ellos si se registró una alteración en ciertos colores como se muestra en la tabla 2 ya que se formaron moños en su patrón, indicando que los evaluados invirtieron los matices en ciertas fichas. Los colores en los que hubo confusión fueron rojo, azul, amarillo y verde.

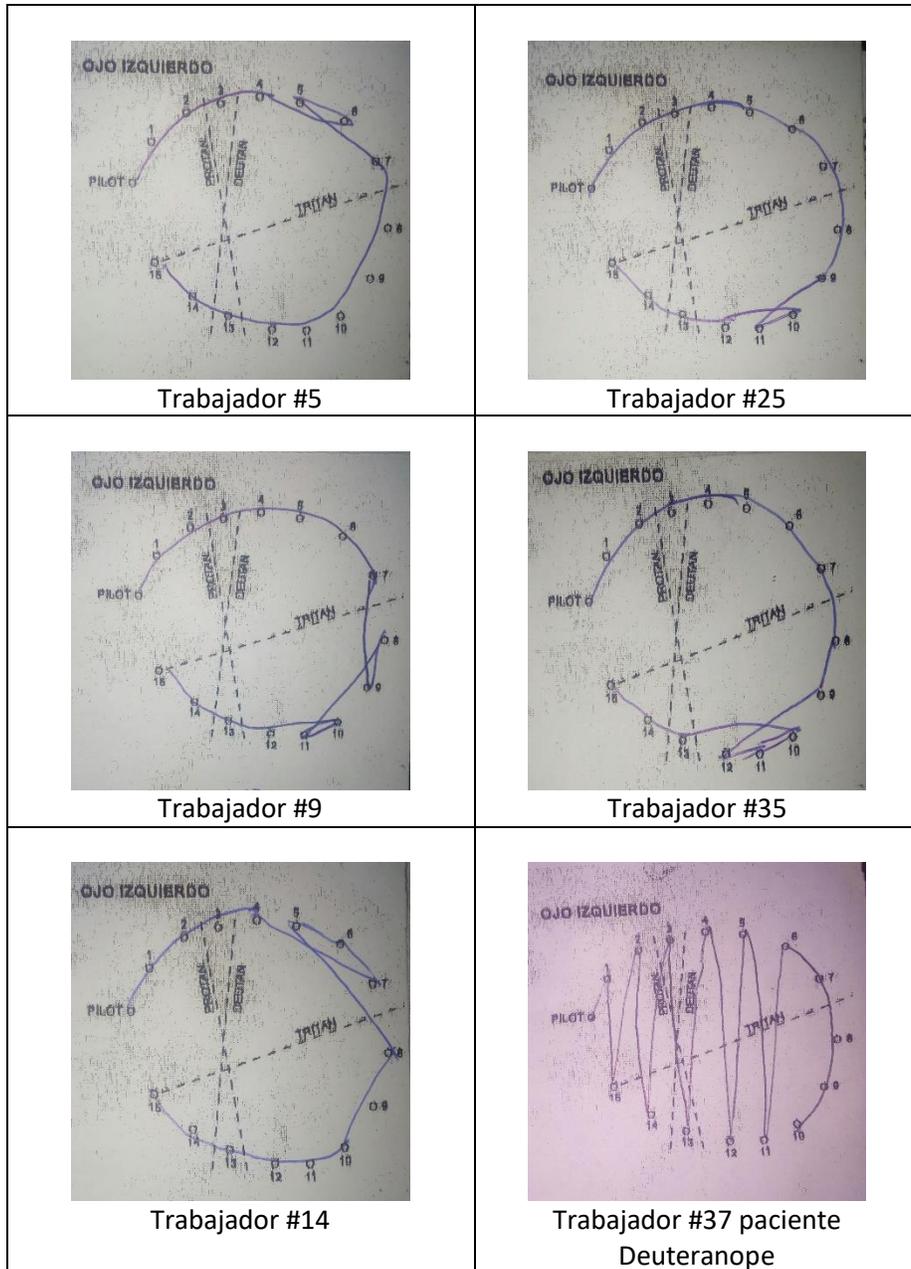
Tabla 2. Resultados D-15 Ojo izquierdo.

MOÑOS Y PICOS PRESENTADOS EN D-15 OI				
FOLIO	MOÑOS	COLOR	0	COLOR
1	0		0	
2	0		0	
3	0		0	
4	0		0	
5	1	AZUL-VERDE	0	
6	0		0	
7	0		0	
8	0		0	
9	2	AMARILLO-ROJO	0	
10	0		0	
11	0		0	
12	0		0	
13	0		0	
14	1	AZUL-VERDE	0	
15	0		0	
16	0		0	
17	0		0	
18	0		0	
19	0		0	
20	0		0	
21	0		0	
22	0		0	
23	0		0	
24	0		0	
25	1	AMARILLO-ROJO	0	
26	0		0	
27	0		0	
28	0		0	
29	0		0	
30	0		0	
31	0		0	
32	0		0	
33	0		0	
34	0		0	
35	1	ROJO	0	
36	0		0	
Paciente con Discromatopsia	0		9	DEUTAN

Creación propia en Excel a partir de los datos obtenidos en ojo izquierdo de la evaluación de D-15.

En la tabla 2 se puede observar la cantidad de moños que se llegaron a formar en el ojo izquierdo de 5 trabajadores, es decir la confusión de matices en las fichas de la prueba. Así mismo se puede observar los colores en los que hubo confusión.

Gráfico 17 Moños D-15 OI



Creación propia en Word a partir de los patrones que se obtuvieron al aplicar la prueba D-15.

En el grafico 17 se muestran los patrones de los 5 trabajadores que mostraron problemas para identificar correctamente los matices de algunas fichas y por lo tanto se invirtió el orden de estas, formando los típicos

moños. Además, también se muestra el patrón del paciente con Deuteranopía. Para ubicar los colores en los que hubo confusión se sugiere ir al gráfico 16.

➤ **Resultados de HRR**

De los 37 trabajadores que se evaluaron, 31 lograron ver las 36 figuras que aparecen en la prueba HRR, sin embargo 6 trabajadores no percibieron todas las figuras como se muestra en la tabla 3, de estos uno resultó ser Deuteranope, por lo que no se consideró en la tabla. Las láminas en las que no se reconocieron las figuras corresponden mayormente al defecto rojo-verde sin llegar a ser discromata.

Tabla 3. Resultados HRR

# de trabajador	Figuras reconocidas		Figuras NO reconocidas		Numero de lámina y color
	OD	OI	OD	OI	
Trabajador 25	35	36	1	0	Lámina 6 azul-amarillo
Trabajador 28	34	26	2	10	Lámina 5 a 10 azul-amarillo/ rojo-verde
Trabajador 29	34	36	2	0	Lámina 7 rojo-verde
Trabajador 30	34	32	2	4	Lámina 7 a 10 rojo-verde
Trabajador 31	34	36	2	0	Lámina 7 rojo-verde

Creación propia en Word a partir de los resultados obtenidos de la prueba HRR

En la tabla 3 se puede apreciar el número de figuras reconocidas y no reconocidas de 5 trabajadores que, aunque obtuvieron como diagnóstico tricromata les causó problemas identificar algunas figuras. Así mismo se observa los colores en los que se mostraron estas dificultades, siendo el color rojo en el que mayor confusión hubo.

➤ **RESULTADOS SOFTWARE PERCEPCROM**

A continuación, se describe el desplazamiento en los 37 pacientes de la longitud de onda en los datos significativos, utilizando una Confiabilidad de 0.01 (99%).

- La longitud de onda media **510** se recorre a la derecha en el grueso de los pacientes (OD 2.4324324 nm y OI 5.1351351 nm), es decir que el verde 510 lo perciben más oscuro.
- La longitud de onda larga **570** se recorre a la derecha en el grueso de los pacientes (OD 1.6216216 nm), es decir que con OD el amarillo 570 lo perciben hacia el naranja.
- La longitud de onda larga **580** se recorre a la derecha en el grueso de los pacientes (OD 3.3783784 nm y OI 2.5675676 nm), al igual que la longitud de onda 570, el amarillo lo perciben hacia el naranja.

- La longitud de onda larga **650** se recorre a la derecha en el grueso de los pacientes (OD 8.6486486 nm y OI 3.2432432 nm), es decir que el color rojo 650 es el más evidente, percibiéndose más oscuro.

Para ubicar los datos anteriores se puede observar el espectro de luz visible que se presenta a continuación en la imagen 24.

Imagen 24. Longitudes de onda del Espectro de luz

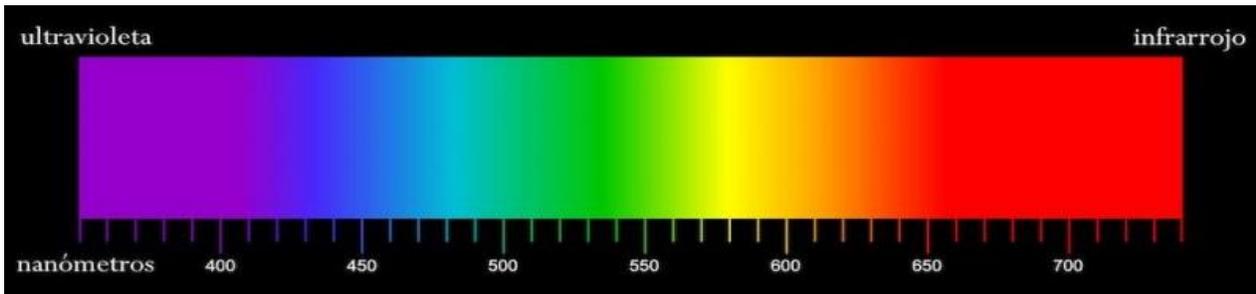


Imagen tomada de <https://concepto.de/espectro-visible/>

En la imagen 24 se muestra el espectro de luz visible, esto para ubicar hacia que colores se recorrió la longitud de onda de los 37 trabajadores evaluados con el software.

El recorrido de las longitudes de onda anteriormente mencionadas se hizo presente al revisar las latas que se estaban produciendo en ese momento, los cambios de color en latas fueron aquellas con tonalidades verdes, amarillas y rojas como se muestra en la imagen 25,26 y 27.

Imagen 25. Longitud de onda 510



Imagen de creación propia tomada en zona de trabajo de la empresa.

La longitud 510 que corresponde a un color verde se vio modificada tanto en ojo derecho como en ojo izquierdo, teniendo un recorrido hacia la derecha en ambos ojos, es decir el verde se recorrió hacia un verde más puro. Este recorrido se hace presente en la lata del lado izquierdo, notándose más oscuro en comparación con la del lado derecho.

Imagen 26. Longitud de onda 570



Imagen de creación propia tomada en la zona de trabajo de la empresa.

La longitud de onda 570 que pertenece a los amarillos solo se modificó en el ojo izquierdo y la longitud 580 que de igual manera es de tono amarillo se alteró tanto en ojo derecho como izquierdo. Ambas longitudes tuvieron un recorrido hacia el lado derecho, es decir hacia los naranjas y rojos, es por ello que en la lata del lado derecho se puede apreciar como la tonalidad es más oscura en comparación con la del lado izquierdo.

Imagen 27. Longitud de onda 650



Imagen de creación propia tomada en la zona de trabajo de la empresa.

La longitud de onda 650 que corresponde a un color rojo se vio alterada en ambos ojos, teniendo un recorrido hacia la derecha, es decir hacia un rojo más oscuro. El recorrido se puede observar en la lata del lado derecho que a comparación de la lata izquierda se observa mas oscura.

Tabla 4. Resultados estadísticos

	OJO DERECHO				OJO IZQUIERDO			
	VC	ESTADÍSTICO T	P UNILATERAL		VC	ESTADÍSTICO T	P UNILATERAL	
430 AZUL	2.37	1.356801051	0.089541612	No es significativo	2.37	0	0.5	No es significativo
450 AZUL	2.37	1.356801051	0.089541612	No es significativo	2.37	65535	0.5	No es significativo
470 AZUL	2.37	65535	0.5	No es significativo	2.37	1	0.160329758	No es significativo

510 VERDE	2.37	-2.7 DERECHA	0.004318384	Si es significativo	2.37	- 6.164414003 DERECHA	0.0000000184	Si es significativo
530 VERDE	2.37	1.275585608 IZQUIERDA	0.10310112	No es significativo	2.37	0	0.5	No es significativo
550 VERDE	2.37	1.782265577 IZQUIERDA	0.039460981	No es significativo	2.37	1	0.160329758	No es significativo
570 AMARILLO	2.37	- 3.401680257 DERECHA	0.000548207	Si es significativo	2.37	- 1.961161351 DERECHA	0.026864054	No es significativo
580 AMARILLO	2.37	-5.79500557 DERECHA	0.0000000836	Si es significativo	2.37	- 4.066245338 DERECHA	0.0000603	Si es significativo
590 NARANJA	2.37	- 1.160083787 DERECHA	0.124923539	No es significativo	2.37	- 1.356801051 DERECHA	0.089541612	No es significativo
650 ROJO	2.37	- 5.098742897 DERECHA	0.00000133	Si es significativo	2.37	-2.63964807 DERECHA	0.005084043	Si es significativo
670 ROJO	2.37	0.584497229 IZQUIERDA	0.280356451	No es significativo	2.37	- 1.743955077 DERECHA	0.042717446	No es significativo
690 ROJO	2.37	0.118771137 DERECHA	0.452893714	No es significativo	2.38	- 0.602907948 DERECHA	0.274245486	No es significativo

Creación propia en Excel con base a los datos obtenidos de la evaluación.

En la tabla 4 se puede observar los valores de P menores a 0.01, lo que significa que el valor es significativo en relación con los valores normales de longitud de onda que evalúa el software. De este modo se conoce en que longitudes si fue notorio un cambio y en qué dirección.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la visión al color en trabajadores expuestos a solventes dentro de una fábrica de pintado de latas en el Estado de México, los solventes a los que estuvieron expuestos fueron el Xileno, Acetona, Metiletilcetona, Metilbenceno y Tolueno. Estos solventes ya han sido estudiados alrededor del mundo como en Alemania (Muttray 1997 y 1998), Suecia (Iregren 2000), Colombia (Carranza 2008 y López 2020), Brasil (Thiago 2010), Ecuador (Mosquera 2021) y han mostrado que la percepción al color se ve modificada en el eje azul-amarillo, causando discromatopsias adquiridas mayormente de tipo tritán, en el caso de la evaluación en la fábrica de latas en México, no se presentó esta alteración, sin embargo en la evaluación de la percepción de la longitud de onda por medio del software Percepchrom, todas las longitudes de onda se recorrieron hacia las longitudes de onda largas que justamente refieren a los amarillos, naranjas y rojos.

En México se han reportado pocos estudios como es el caso de Mascorro Arturo 2015, quien realizó un estudio transversal con un grupo de trabajadores expuestos a una mezcla de disolventes orgánicos y otro grupo sin exposición. Sus resultados mostraron una prevalencia del 17% de discromatopsias congénitas en comparación con un 8% del grupo control, sin embargo, hubo factores confusores como son la diabetes y la hipertensión, enfermedades que son bien sabidas causan discromatopsias adquiridas, por lo que sus resultados no son realmente confiables. La muestra del presente estudio no cuenta con ningún trabajador que presente alguna patología sistémica. Y como se puede observar, las discromatopsias congénitas no tienen relación con el trabajo con solventes, por lo que el trabajo mexicano reportado hasta el momento es confuso.

En estudios realizados como Carranza en 2008, Thiago en 2010 y López en 2020 se estudia los años que llevan laborando los trabajadores, así como las horas de jornada laboral, relacionando ambos como factores influyentes en la prevalencia de discromatopsias, es decir a mayor tiempo trabando y mayor horas de exposición, el índice de discromatopsias aumenta, sin embargo en el presente estudio se encontró que la mayoría de los trabajadores llevan laborando de 21 a 30 años y aun así no se presentó una discromatopsia.

La ausencia de discromatopsias adquiridas en el presente estudio puede estar relacionada con el uso correcto de equipo de protección, ya que en un estudio realizado por Thiago en 2010 demostró que solo pocos trabajadores empleaban su protección y por tanto se encontró un mayor índice de discromatopsias en el eje azul-amarillo y rojo-verde.

Otro estudio realizado en Bogotá en 2015 menciona que el equipo de protección que se emplea es guantes, tapabocas desechables y botas, sin embargo, los ojos no contaban con alguna protección y por tanto al

evaluar la exposición de solventes presentes en orina superaban los límites permisibles en 11 trabajadores además de una serie de sintomatologías como dermatitis, somnolencia, irritación de piel y dolor de cabeza. En la fábrica donde se evaluó a los trabajadores de este estudio, cuentan con equipo de protección como mascarillas de tipo KN95, guantes y lentes de seguridad, por lo que la entrada de solventes al cuerpo se ve reducida.

CONCLUSIÓN

Si bien algunos estudios como el de Thiago en 2017 mencionan que el uso de solventes causa problemas para discriminar colores en el eje azul-amarillo y además se asocia al tiempo de exposición, en el presente estudio no se encontró ninguna discromatopsia adquirida a excepción de un trabajador con discromatopsia de tipo congénito, en la que tenía problemas al color verde y por lo tanto afectando laboralmente considerando que su puesto en la empresa era Recuperación, es decir el ultimo filtro de evaluación de las latas, por lo que todas las que eran de color verde eran desechadas por él.

El uso correcto del equipo de protección puede reducir considerablemente la manifestación de discromatopsias, sin embargo, con el uso del software se evidencio que si existen cambios en la longitud de onda tanto en trabajadores que han laborado 30 años como en los que llevan 1 a 5 años por lo que no necesariamente la intoxicación causará una discromatopsia, pero si se puede recorrer la longitud de onda y dependiendo de la actividad del individuo esta puede afectar laboralmente.

En el presente estudio se vieron alteradas las tres longitudes de onda (L, M y S), siendo la longitud de onda larga 650 la que mayor modificación tuvo y que corresponde a los colores rojos. Los conos sensibles al color rojo y verde están concentrados en el centro de la fóvea, mientras que en la periferia se encuentran los conos sensibles al color azul. En este sentido podemos observar que la toxicidad de los solventes presentes en este estudio ha llegado a la parte central de la fóvea, área de mayor visión y por lo tanto de alta importancia para estar monitoreando el efecto de los solventes en los trabajadores. A pesar de no detectarse una discromatopsia, el cambio en la percepción del color se está haciendo presente por lo que se sugiere brindar tiempos de desintoxicación a los trabajadores y posteriormente realizar una reevaluación de percepción al color para verificar si el recorrido de longitud de onda se ve reducido.

GLOSARIO

- Agudeza Visual: capacidad de nuestro sistema visual para distinguir detalles de forma nítida a una distancia y condiciones determinadas.
- Atrofia óptica: afectación del nervio óptico que ocasiona que la visión disminuya y se reduzca el campo visual.
- Cefalea: dolor de cabeza recurrente.
- Congénito: Afección o rasgo presente en el momento del nacimiento que se origina en factores genéticos o de otro tipo.
- Cromatografía de gases: técnica de separación que nos permite determinar los diferentes componentes de una muestra compleja formada por compuestos volátiles.
- Discromatopsia: discapacidad de visión de los colores. Puede ser congénita o adquirida.
- Neurotoxicidad: alteraciones funcionales, estructurales y bioquímicas producidas en el SN.
- Papiledema: afección en la que el aumento de la presión dentro o alrededor del cerebro hace que se inflame la parte del nervio óptico dentro del ojo.
- Percepción: mecanismo individual que realizan los seres humanos que consiste en recibir, interpretar y comprender las señales que provienen desde el exterior, codificándolas a partir de la actividad sensitiva.
- Potenciales evocados: pruebas diagnósticas que analizan la respuesta cerebral provocada por estímulos visuales y valoran el estado funcional del sistema visual.
- Saturación: Se refiere a la viveza del tono, la cantidad de color puro que hay en una muestra concreta.
- Somnolencia: trastorno del sueño, una actitud exagerada de este.
- Software: programa informático que hace posible la ejecución de tareas específicas dentro de un computador.
- Tricromata: persona capaz de distinguir todos los colores.
- Visión al color: capacidad de distinguir los colores.

APENDICES

Apéndice 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Ri declaro libre y voluntariamente que se me ha explicado la conveniencia de participar en el estudio de **PERCEPCIÓN AL COLOR** que se realizará en la **Crown Fabricas Monterrey**; dirigido por la **Dra. Myrna Miriam Valera Mota** adscrita a la **Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM**, cuyos objetivos consiste en:

- Evaluar la discriminación tricromata de los pacientes con un Software de percepción al color, en computadora.
- Comparar la percepción visual cromática de este software con las pruebas de uso rutinario.
- Conocer la salud visual de los pacientes con respecto a su percepción a los colores.

Estoy consciente de que los procedimientos y pruebas, para lograr los objetivos mencionados consistirán en una evaluación visual con un software/computadora que no tardará más de 20 minutos; y que no existirá ningún riesgo para mí. Entiendo que del presente estudio se derivaran los siguientes beneficios:

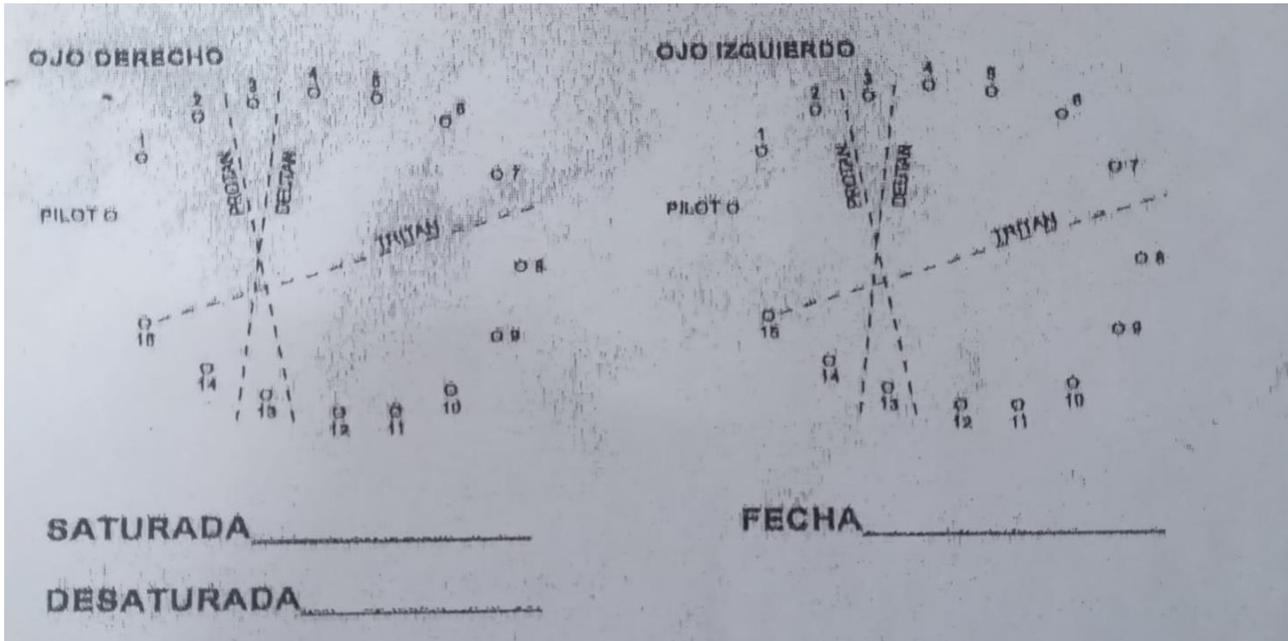
- Diagnosticar anomalías de la percepción visual cromática en las diferentes poblaciones etarias.

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.

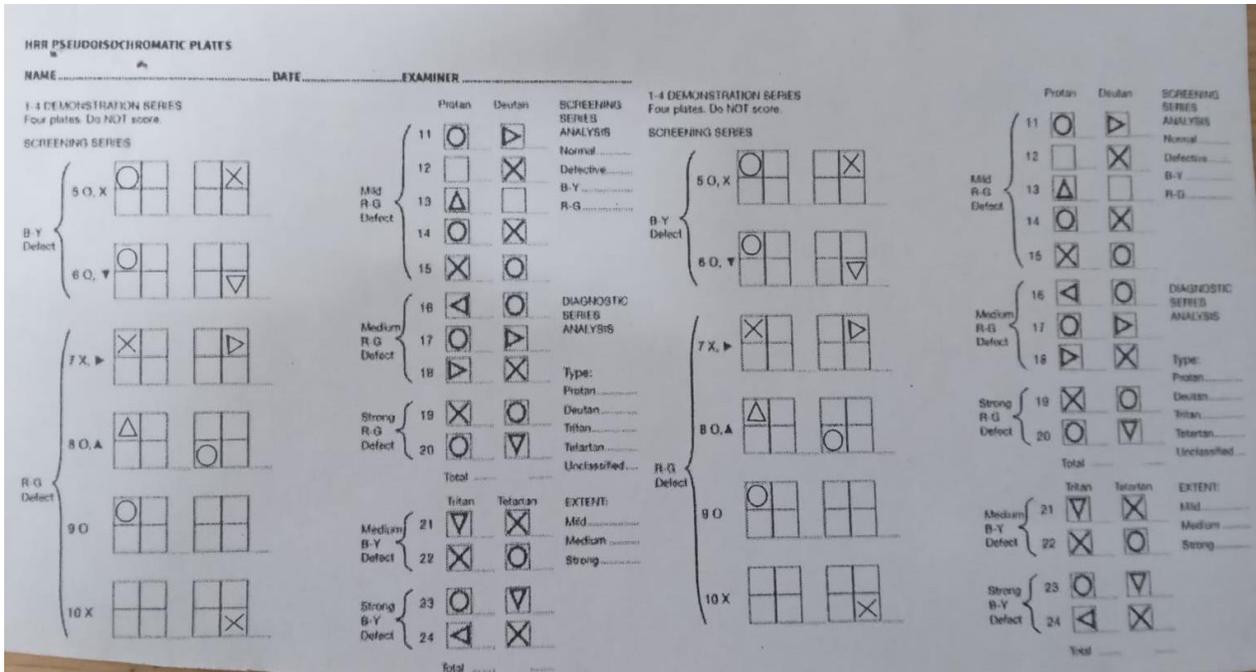
Septiembre de 2022

FIRMA: HOJA ANEXA

Apéndice 2



Apéndice 3



REFERENCIAS

1. Ramos G. Neurotoxicidad por solventes orgánicos Aspectos neurológicos y neurofisiológicos. LILACS. Revista Acta Neurológica colombiana [Internet]. 2004 [Consultado 04-11-22]; 20 (4);190-202. Disponible en: http://acnweb.org/acta/2004_20_4_190.pdf
2. Muttray A, Wolff, Jung, Konietzko. Deficiencia azul-amarilla en trabajadores expuestos a bajas concentraciones de solventes orgánicos. Archivos Internacionales de Salud Ocupacional y Ambiental. 1997;70(6):407-12. doi: 10.1007/s004200050237. PMID: 9439988.
3. Muttray A, Volkmar, Detlev, Konietzko. Efectos de altas dosis de Tolueno en la Visión al Color. Instituto de Medicina Ocupacional, Social y Ambiental, Universidad de Maguncia, Alemania IAS, Instituto para el trabajo y la higiene social, Fundación, Karlsruhe, Alemania.1998.
4. Iregren A, Andersson M, Nylén P. Color vision and occupational chemical exposures: I. An overview of tests and effects. Neurotoxicology. 2002 Dec;23(6):719-33. doi: 10.1016/S0161-813X(02)00088-8. PMID: 12520762
5. Lee EH, Eum KD, Cho SI, Cheong HK, Paek do M. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. Neurotoxicology. 2007 Mar;28(2):356-63. doi: 10.1016/j.neuro.2006.05.005. Epub 2006 May 22. PMID: 16806479.
6. Carranza P, Montes. (2008). Valoración de las alteraciones en visión cromática en los trabajadores del sector de lavanderías de las localidades de Suba y Usaqué. Recuperado de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/98>
7. Rodríguez Pinzón, D. C., & Orjuela Roza, A. (2008). Determinación de las alteraciones cromáticas en los trabajadores de lavanderías de la localidad de Puente Aranda, presentes en este tipo de empresas y fortalecer las competencias en comunicación de riesgos para la salud asociados al ambiente. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/30>
8. Costa L. Repercusiones visuales de la exposición ocupacional a una mezcla de solventes orgánicos: visión cromática y acromática en empleados de gasolineras brasileñas [disertación]. São Paulo: Universidad de São Paulo, Instituto de Psicología; 2010 [citado el 04-11-2022]. doi:10.11606/D.47.2010.tde-09022011-113352.
9. Amado Zárate F, Carvallo Suárez B, Londoño Fernández JL, Restrepo Osorio H, Silva Sánchez JI. Prevalencia de discromatopsia adquirida y exposición a plaguicidas y a radiación ultravioleta solar. Rev. Fac. Nac. Salud Pública [Internet]. 2 de noviembre de 2012 [citado 14 de febrero de 2023];15(1). Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/13417>
10. Palma Marien, Briceño Leonardo, Idrovo Álvaro J., Varona Marcela. Evaluación de la exposición a solventes orgánicos en pintores de carros de la ciudad de Bogotá. Biomédica [Internet]. 2015

Aug [cited 2023 Feb 14] ; 35(spe): 66-76. Available from:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572015000500008&lng=en.

<https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2268>.

11. Mascorro Villaseñor, Arturo Alejandro. (2015). "Frecuencia de discromatopsia adquirida en un grupo de trabajadores mexicanos ocupacionalmente expuestos a una mezcla de disolventes orgánicos (benceno, tolueno y xileno), durante el periodo de enero a junio de 2015". (Trabajo de grado de especialización). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/111045>
12. A.M. Betancur-Sánchez, E.M. Vásquez-Trespalcios, C. Sardi-Correa. Discromatopsias y exposición a solventes orgánicos: una revisión sistemática. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, Volume 92, Issue 1,2017,Pages 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.ofal.2016.05.008>.
13. Bolaños Godoy, D. A. (2018). Evaluación de la visión cromática en trabajadores de la industria textil expuestos a solventes orgánicos. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_vision/64
14. López D., Escobar E. Prevalencia de alteraciones en la visión cromática de pintores expuestos a solventes orgánicos. Municipio de guarne, 2020. Universidad Antonio Nariño Facultad De Optometría Medellín, 2020. Abril 2020. <http://186.28.225.13/bitstream/123456789/2676/1/2020DanisBeatrizLopezVergara.pdf>
15. Proaño Mosquera Gabriela, de Jesús Arteaga Segarra Mariana. Alteraciones en la visión cromática por agentes neurotóxicos en pacientes de 20 a 40 años. Viva el Rev. Salud [Internet]. 2021 Abr [citado el 2023 Feb 13]; 4(10): 44-52. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-32432021000100044&lng=es. Epub 30 de abril de 2021. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i10.74>
16. Froilán Ramiro Gareca Hurtado.2011. Percepción del color- Teoría del color. Libro. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Arquitectura y Artes. Carrera de Artes y Diseño.
17. Viviana Correa, Lina Estupiñán, Zioneth Garcia, Oscar Jiménez, Luisa Fernanda Prada, Andrea Rojas, Sandra Rojas, Edgar Cristancho. Percepción visual del rango de color: diferencias entre género y edad. Revista Med 2007, 15(1)
18. Ariel Prado Serrano Dra. Jiny Tatiana Camas Benítez, Dra. Lisbet Laredo Mendiola. Sensopercepcion del color. Rev Mex Oftalmol; Marzo-Abril 2008; 82(2):101-110
19. Froilán Ramiro Gareca Hurtado.2011. Percepción del color- Teoría del color. Libro. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Arquitectura y Artes. Carrera de Artes y Diseño
20. Checa Caratachea Ximena Alejandra. Propuesta De Pruebas De Evaluación De Visión Al Color En Niños Con Síndrome De Down. Tesina. UNAM FESI

21. Sotil, W, Calvo, N. Tests de visión cromática asistidos por computadora. In VI Congreso Argentino de Informática y Salud (CAIS)-JAIIO 44Ñ. 2015 Neitz M, Neitz J. Genética molecular de la visión del color y defectos de la visión del color. Archivos de oftalmología. 2000; 118(5):691-700
22. Neitz M, Neitz J. Genética molecular de la visión del color y defectos de la visión del color. Archivos de oftalmología. 2000; 118(5):691-700
23. Valera Mota MM, Méndez Mondragón FT, Mendoza Tapia G, Alonso Trujillo J, Alonso Ricardez A. Prevalencia de discromatopsias en el gabinete de evaluación de visión al color de la UNAM FES Iztacala. Cienc Tecnol Salud Vis Ocul. 2021;19(2). <https://doi.org/10.19052/sv.vol19.iss2.3>
24. A.M. Betancur-Sánchez, E.M. Vásquez-Trespalacios, C. Sardi-Correa. Discromatopsias y exposición a solventes orgánicos: una revisión sistemática. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, Volume 92, Issue 1, 2017, Pages 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2016.05.008>
25. Bernal Rojano Daniela. Creación De Pruebas Para La Detección De Discromatopsias En Pacientes Pediátricos. Tesis. UNAM FESI
26. LUQUE, M.J; FEZ, D. de; DÍEZ, M.A. "Directrices para la administración y puntuación del test Farnsworth-Munsell de 100 tonos". Ver y Oír. N. 157 (jul.-ag. 2001). ISSN 0212-4394, pp. 413-420
27. Good GW, Schepler A, Nichols JJ. The reliability of the Lanthony Desaturated D-15 test. Optom Vis Sci. 2005 Dec;82(12):1054-9. doi: 10.1097/01.opx.0000192351.63069.4a. PMID: 16357647.
28. Fanlo Zarazaga A, et al. Revisión de los principales test clínicos para evaluar la visión del color. Arch Soc Esp Oftalmol.
29. A. Fanlo Zarazaga, J. Gutiérrez Vásquez, V. Pueyo Royo. Revisión de los principales test clínicos para evaluar la visión del color. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología. Volume 94, Issue 1. 2019. Pages 25-32. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.006>.
30. Mónica Irene Barrios Roldán. 2018. Estudio epidemiológico de discromatopsias en tres poblaciones diferentes. Tesis para obtener el título de licenciado en optometría.
31. Gobba F, Cavalleri A. Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. Neurotoxicology. 2003 Aug;24(4-5):693-702. doi: 10.1016/S0161-813X(03)00037-8. PMID: 12900082 Mitzi Rubi Valencia Estrada. 2022. Influencia de los diferentes tipos de discromatopsias en la vida de los pacientes que las padecen. Tesis que para obtener el título de licenciada en optometría.
32. Mitzi Rubi Valencia Estrada. 2022. Influencia de los diferentes tipos de discromatopsias en la vida de los pacientes que las padecen. Tesis que para obtener el título de licenciada en optometría.
33. Huna-Baron, R., Glovinsky, Y. & Habot-Wilner, Z. Comparación entre la 4.ª edición de Hardy-Rand-Rittler y las pruebas de placa de color de Ishihara para la detección de discromatopsia en la

- neuropatía óptica. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 251 , 585–589 (2013).
<https://doi.org/10.1007/s00417-012-2073-x>
34. Walter Sotil1 y Nestor Calvo. 2015. Tests de visión cromática asistidos por computadora
 35. Espino Alvarado Lizbeth Alejandra. Como afecta la presencia de estrógenos la percepción al color en las mujeres jóvenes. 2019. Tesis que para obtener el título de Licenciada en Optometría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala
 36. Patiño F.R. Riesgo Químico y salud ambiental en Colombia. Estudio de caso con hidrocarburos aromáticos. Tesis para obtener el grado de Doctora. Instituto de Bioingeniería Unidad de Toxicología y seguridad química. Universidad Miguel Hernández de Elche.
 37. Sánchez, J., Calderón, Z. & García M.L. (s.f.). Tipos de fórmulas, isomería, y nomenclatura de hidrocarburos. En *Química* (pág. 165 - 185).
 38. Marley Sugely Castellar Anillo. 2007. Efectos crónicos neurocomportamentales en trabajadores del sector petrolero expuestos a solventes orgánicos aromáticos (benceno, tolueno y xileno- btx). Tesis presentada como requisito para optar al título de Especialista en salud ocupacional. Pontificia Universidad Javeriana Facultad De Enfermería - Facultad De Medicina Especialización Salud Ocupacional. <http://hdl.handle.net/10554/54915>
 39. Mora B, J.C et al. Clasificación del riesgo químico de solventes orgánicos mediante la aplicación del método "CHEM21 selection guide of classicaland less classical-solvents. *Tecnología en Marcha* [online]. 2022, vol.35, n.1 [citado 2023-08-24], pp.28-43. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v35i1.5370>.
 40. Yáñez N, T.A. Propuesta de protocolo médico para la identificación de los efectos a la salud por exposición a formaldehído, clorobenceno, tolueno, xileno y acetona. Tesis de grado Magister en Seguridad, higiene industrial y salud ocupacional. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
 41. Gobierno de México. 2023. Economía (internet). Consultado en octubre 2023 Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/>
 42. Manterola, C y Otzen, T. Estudios Observacionales: Los Diseños Utilizados con Mayor Frecuencia en Investigación Clínica. *Int. J. Morphol.* [online]. 2014, vol.32, n.2, pp.634-645. ISSN 0717-9502. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000200042>.

REFERENCIAS DE IMÁGENES

1. <https://www.crsLtd.com/tools-for-vision-science/measuring-visual-functions/cambridge-colour-test/>
2. <https://www.crsLtd.com/tools-for-vision-science/measuring-visual-functions/cambridge-colour-test/>
3. https://www.researchgate.net/figure/Ellipses-test-results-from-a-deuteranope-a-showing-a-top-left-slant-and-b-protanope_fig1_277904189
4. <https://www.macula-retina.es/conos-y-bastones/>
5. <https://www.foucaultacerbi.com.ar/optica-de-precision/vision-del-color/>
6. Imagen de elaboración propia en Word mediante el uso de formas.
7. <https://www.javierdlt.com/propiedades-del-color/>
8. <https://www.eniun.com/guia-estilo-diseno-interfaces-web/>
9. <https://doctordelosojos.com/optometrist-service/farnsworth-munsell-100/>
10. <https://optimed.com.au/index.php/our-products/eshop/miscellaneous-testing-items/colour-vision-tests/lanthony>
11. <https://assmedicaips.com/portfolio/optometria/>
12. <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-more>
13. <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-morem>
14. <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-morem>
15. <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-morem>
16. <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-morem>
17. Mónica Irene Barrios Roldán. 2018. Estudio epidemiológico de discromatopsias en tres poblaciones diferentes. Tesis para obtener el título de licenciado en optometría
18. Mónica Irene Barrios Roldán. 2018. Estudio epidemiológico de discromatopsias en tres poblaciones diferentes. Tesis para obtener el título de licenciado en optometría
19. Expediente Gabinete de Visión al Color. Clínica de Optometría
20. <https://tactical-medicine.com/blogs/news/que-es-el-daltonismo-discromatopsia-laminas-de-ishihara>
21. <https://kaypictures.co.uk/product/hrr-colour-vision-test/>
22. Bernal Rojano Daniela. Creación De Pruebas Para La Detección De Discromatopsias En Pacientes Pediátricos. Tesis. UNAM FESI
23. <https://concepto.de/espectro-visible/>