



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA  
CARRERA DE OPTOMETRIA

# ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE DISCROMATOPSIAS EN TRES POBLACIONES DIFERENTES

ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN  
OPTOMETRIA**

## PRESENTA

Mónica Irene Barrios Roldán

## DIRECTOR DE TESIS

Dra. Myrna Miriam Valera Mota

## ASESORES

Mtra. Luz Elena Maya López

Lic. Opt. Rubén Velázquez Guerrero



Los Reyes Iztacala, Edo. México

Febrero, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM, clave TA200216. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida.

Dra. Myrna, de manera especial agradezco su dedicación, paciencia, tiempo, compromiso y sobretodo el ayudarme a creer en mí y no rendirme durante el proceso, sus enseñanzas han dejado una huella en mi interior y me acompañará toda la vida.

A mis asesores y revisores, la Maestra Luz Maya, el profesor Rubén Velázquez, Ruth Eva Hernández y Rafael Sánchez por guiarme y colaborar con sus conocimientos en la elaboración de este trabajo.

A mi mamá, Patricia Roldan, la mujer que más quiero en este mundo, gracias por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida, enseñándome que con esfuerzo, trabajo y constancia todo es posible. Te amo.

A todos mis familiares y amigos por estar siempre a mi lado.

A Dios, por permitirme cumplir mis metas satisfactoriamente.

*“Si quieres llegar rápido, ve solo. Si quieres llegar lejos, ve acompañado”*

**Proverbio Africano.**

# INDICE

CAPITULO I. EL PROBLEMA	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
PREGUNTA DE INVESTIGACION	6
JUSTIFICACION	6
TRASCENDENCIA	7
OBJETIVOS	7
ANTECEDENTES	8
CAPITULO II. EPIDEMIOLOGÍA DE LAS DISCROMATOPSIAS	10
PREVALENCIA	10
CAPITULO III. TEORIAS CREOMÁTICAS	20
CAPITULO IV. TIPOS DE DISCROMATOPSIAS	28
PRUEBAS PSEUDOISOCROMÁTICAS	35
TEST HRR	36
TEST DE ORDENACION	37
METODOLOGIA	39
FASES DEL ESTUDIO	40
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	44
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	44
CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	44
RECURSOS HUMANOS	44
RECURSOS MATERIALES	45
PLAN DE ANALISIS DE LOS RESULTADOS	45
ETICA DEL ESTUDIO	46
RESULTADOS	47

DISCUSION	60
CONCLUSIONES	61
REFERENCIAS	63
APENDICE 1: CARTA DE CONSENTIMIENTO PRIMARIA ISIDRO FABELA	67
APENDICE 2: CARTA DE CONSENTIMIENTO CCH VALLEJO	68
APENDICE 3: CARTA DE CONSENTIMIENTO FES IZTACALA	69
APENDICE 4: COMISION DE ETICA	70
APENDICE 5: HISTORIA CLINICA DE VISION AL COLOR	71
GLOSARIO	75
INDICE DE IMÁGENES	76
INDICE DE TABLAS	77
INDICE DE FOTOGRAFIAS	78
INDICE DE GRAFICOS	79

## **CAPITULO I: EL PROBLEMA**

La Optometría en México tiene sus inicios desde 1950 en el Instituto Politécnico Nacional y desde 1992 en la entonces ENEP Iztacala. El licenciado en optometría es el profesional responsable de evaluar el funcionamiento del sistema visual y el cuidado de los ojos; como parte de su formación y compromiso social está capacitado para detectar, tratar y canalizar problemas visuales dentro de los tres niveles de atención para preservar la salud visual de la población, enfatizando en la prevención.<sup>1-3</sup>

Dentro de las actividades que desarrolla un optometrista está la refracción para el diagnóstico de algún error refractivo, como la miopía, hipermetropía, astigmatismo y posteriormente corregirlo con la prescripción de anteojos o lentes de contacto; también evalúa la visión binocular y estereoscópica<sup>2,3</sup> pero la visión al color no, en la mayoría de los casos, debido al alto costo de las pruebas en México, lo que puede generar un problema de desarrollo, debido a que hoy en día el lenguaje es mediante símbolos y colores. La prevalencia de discromatopsias congénitas o adquiridas no ha sido muy estudiada por lo que se desconoce el predominio en hombres o mujeres en México.<sup>4-12</sup> Mediante el análisis de datos, obtenidos de pruebas Pseudoisocromáticas y de ordenación, se pretende obtener estos resultados.

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

La deficiencia en la percepción visual y la importancia del color como forma de comunicación puede dificultar el desarrollo del aprendizaje. Las discromatopsias, también conocidas como daltonismo, son un problema muy poco conocido a nivel nacional.

En México, los estudios sobre discromatopsias son escasos, ya que se desconoce del tema y es un padecimiento que se cree poco común entre la población. Esto genera una desorientación tanto en las personas con alguna discromatopsia, como en los familiares y profesores sobre qué hacer.<sup>4-12</sup>

Es importante profundizar acerca de las discromatopsias para asesorar y orientar de manera adecuada a los pacientes y su familia sobre el origen genético, probabilidades de ser portador, transmisión a su descendencia y conocer su condición para poder adaptarse a ella y proyectar su futuro, profesional y/o laboral.<sup>7</sup>

La valoración de la visión al color debe ser realizada por optometristas, pero son escasos los trabajos realizados por estos, sin embargo otras carreras han realizado algunas investigaciones, como enfermería.<sup>13</sup> La única prueba empleada es Ishihara y no se realiza en todos los pacientes, una de las principales causas es el precio elevado de los materiales utilizados.

Existen datos a nivel mundial sobre la prevalencia de discromatopsias congénitas, sin embargo se desconoce su severidad y prevalencia sobre discromatopsias adquiridas, originada por consumo de algún medicamento específico, drogas o algunas enfermedades que afecten al nervio óptico.<sup>14, 15,16</sup> Por lo que el estudio conjunta: tipo (discromatopsias congénitas y adquiridas) y profundidad (anomalía y ceguera), para determinar la prevalencia en la población mexicana.

Es importante mencionar que el presente trabajo realizó Prevalencia, evaluando visión al color en tres grupos de personas de la zona metropolitana de la ciudad de México, para obtener prevalencia por grupo y total.

#### PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Cuál es la prevalencia de discromatopsias congénitas y adquiridas en la zona metropolitana de la ciudad de México?

#### JUSTIFICACION

Es importante la evaluación de la visión al color para poder obtener un análisis de la situación actual en México y obtener diagnósticos certeros de discromatopsias. Debido a la carencia de estudios realizados en el país, sobre la prevalencia y todos los problemas derivados de este trastorno, las pruebas utilizadas

comúnmente son ishihara y en pocas ocasiones D15, siendo que existen pruebas más finas como HRR o Lantony desaturado; este proyecto servirá como base para el desarrollo de posteriores investigaciones, mejorando la metodología aquí planteada.

## TRASCENDENCIA

En México no existen datos que indiquen la prevalencia de discromatopsias congénitas ni adquiridas; los existentes, son realizados por profesionistas de la salud general, no visual, utilizando una sola prueba para discromatopsias congénitas; el presente trabajo involucra pruebas actuales que evalúan tanto discromatopsias congénitas como adquiridas y fue realizado por profesionistas de la salud visual.

## OBJETIVOS:

- **GENERAL.-**
  - Identificar la prevalencia de discromatopsias diagnosticadas en la zona metropolitana de la ciudad de México.
  
- **ESPECÍFICOS.-**
  - Conocer la prevalencia en tres poblaciones diferentes de la zona metropolitana de la ciudad de México: Primaria Isidro Fabela (Nezahualcóyotl), en la Clínica de Optometría de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo.
  - Comparar si la prevalencia de la zona metropolitana de la ciudad de México coincide con la literatura nacional e internacional.
  - Predecir la posibilidad de ser portador en las discromatopsias congénitas.

## ANTECEDENTES

La prevalencia de alteraciones adquiridas es similar en ambos géneros, pero en alteraciones congénitas el porcentaje es mayor en el género masculino, por la dominancia genética que está ligado al cromosoma X. La prevalencia varía en hombres de 2.5 a 8.7% y en mujeres de 0.2 a 0.4% <sup>5,13, 17, 18,27</sup>

Las discromatopsias congénitas parecen ser más frecuentes en América del Norte y en Europa Occidental. En un estudio realizado por el Investigadores del Grupo de Estudio Multiétnico de Enfermedades Oculares Pediátricas, evaluaron a un total de 5960 sujetos de 30 a 72 meses de edad, únicamente 4177 fueron capaces de completar la prueba de color, obteniendo un 0.5% de prevalencia en mujeres como la mayoría de los autores lo indica. Predominando en varones caucásicos con un 5.6%, siguiendo los asiáticos con un 3.1%, 2.6% en varones hispanos y el grupo de menor prevalencia con el 1.4% pertenece a los afroamericanos. <sup>19, 27</sup>

Algunos estudios realizados en México, refieren que la prevalencia es entre el 2.7 a 6.01% en varones y 0.5% en mujeres, predominando en las congénitas el tipo deután y en las adquiridas, las tritanomalías. <sup>12, 16,20</sup> Difiriendo de estudios que indican también en México que la prevalencia es de 1.9% en varones y 0.1 % en mujeres <sup>13</sup>. Estas grandes diferencias pueden ser a causa del tamaño de la muestra utilizada.

Otros autores refieren que la prevalencia más alta corresponde a los checoslovacos con un 10.5%, estando el resto de Europa alrededor del 8 % y España con un 9% de la población masculina.

Los chinos, japoneses y filipinos presentan una prevalencia de entre un 4 a 5 %, los esquimales tienen la cifra más baja con tan solo 1% de su población.<sup>4, 29</sup>

Algunos resultados obtenidos en la prevalencia pueden variar, por el tipo de pruebas empleadas en la investigación, de tipo pseudoisocromáticas o de ordenamiento, pero las más utilizadas por su facilidad de aplicación son las primeras; y como se indicó, también interviene el tamaño de la muestra. Las frecuencias normalmente altas de 5.43 y 7% observadas se deben a un alto factor de mestizaje, por eso es necesario tener una muestra significativa para reducir el margen de error. Es por eso que investigaciones realizadas en México refieren que mientras el grupo sea menos mestizado, más baja es la incidencia de este defecto.<sup>11,13</sup>

## CAPITULO II: EPIDEMIOLOGIA DE LAS DISCROMATOPSIAS

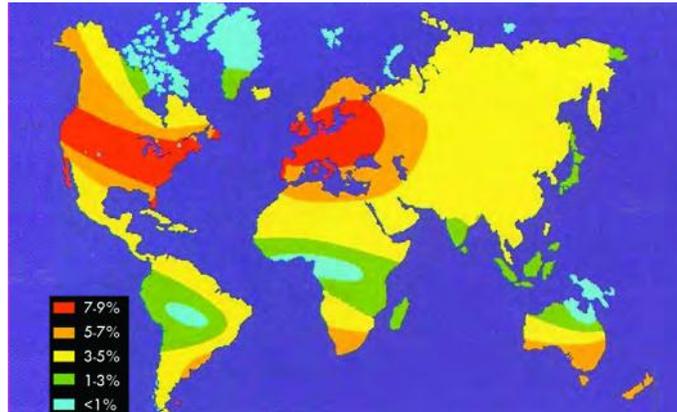
La OMS define a la epidemiología como el estudio de la distribución y los determinantes de estados o eventos (en particular de enfermedades) relacionados con la salud y la aplicación de esos estudios al control de enfermedades y otros problemas de salud. Los estudios descriptivos se pueden utilizar para analizar la distribución, y los estudios analíticos permiten analizar los factores determinantes.<sup>14</sup>

La enfermedad puede medirse en términos de prevalencia o de incidencia. La prevalencia de una enfermedad aumenta como consecuencia de una mayor duración de la enfermedad, la prolongación de la vida de los pacientes sin que éstos se curen o el aumento de casos nuevos. Los estudios de prevalencia son útiles para valorar la necesidad de asistencia sanitaria, planificar los servicios de salud o estimar las necesidades asistenciales. A diferencia de los estudios de prevalencia, los estudios de incidencia inician con poblaciones en las cuales se observa la presentación de casos nuevos a lo largo de un periodo de seguimiento. De esta manera también se puede establecer relaciones de causa-efecto entre determinadas características de la población y enfermedades específicas. La incidencia es el **número de casos nuevos** de la enfermedad que se estudia.<sup>15</sup>

**Prevalencia** es el número de individuos que **presentan** determinado trastorno en un momento determinado y proporciona información sobre la posibilidad de padecer la enfermedad por su tiempo de duración y estima el coste en enfermedades crónicas.<sup>15</sup>

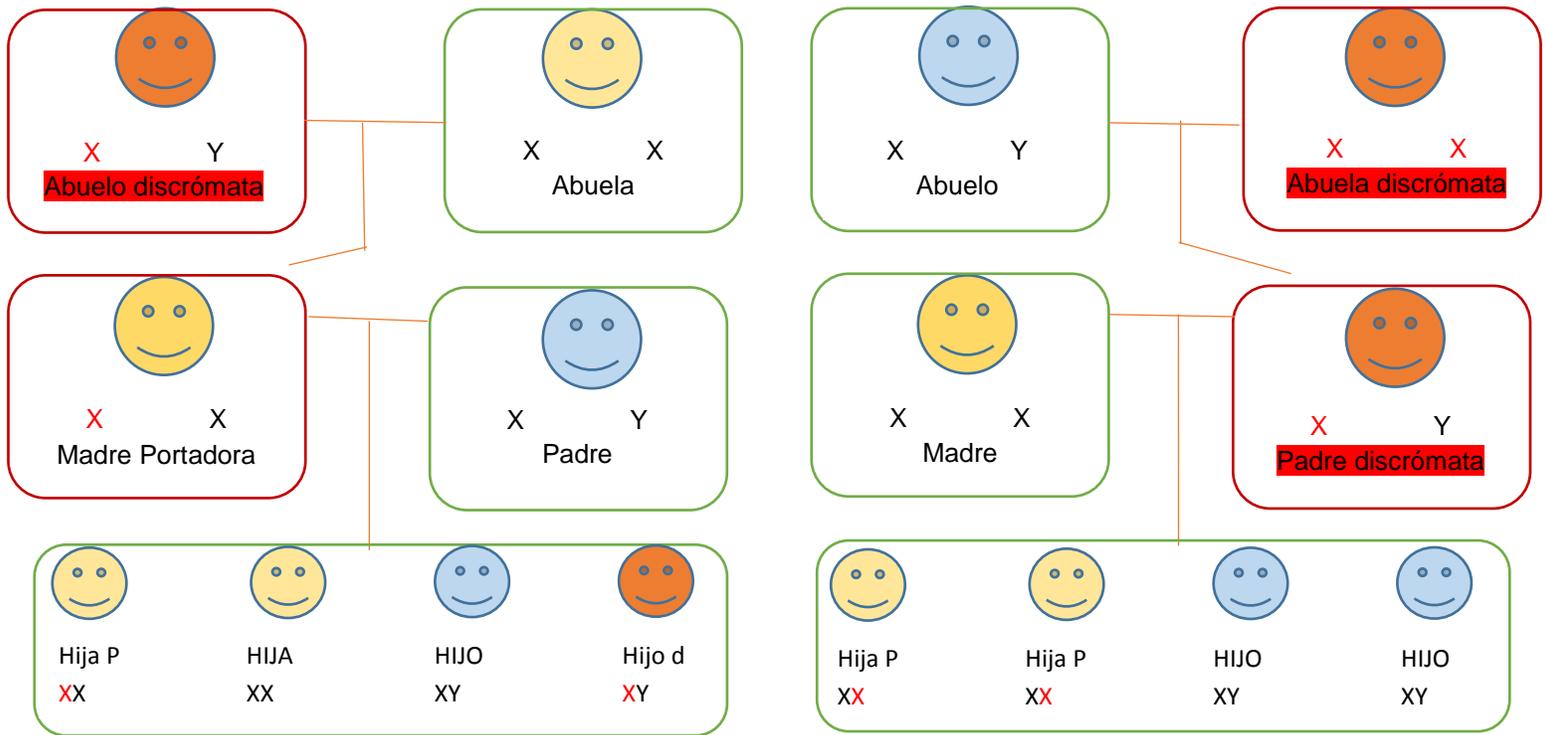
## FÓRMULA PARA OBTENER LAS PREVALENCIAS<sup>15</sup>

Núm. total de casos existentes al momento/ Población total (10) = % prevalencia



**Imagen 1.** Distribución Global de la Deficiencia de la Visión al Color Congénita en Hombres<sup>16</sup>

El mapa muestra las distintas concentraciones regionales de incidencias de discromatopsias congénitas en los hombres. Parecen ser más frecuentes en América del Norte y en Europa Occidental, como se observa en las zonas rojas del mapa. Las razas no-caucásicas parece que presentan una menor incidencia pero las causas exactas de las variaciones en la frecuencia no se conocen.<sup>16</sup>



**Imagen 2.** Herencia: Discromatopsia Congénita

Esta característica se localiza únicamente en el cromosoma X. Un hombre cuyo cromosoma X heredado de su madre y contenga la alteración tendrá alguna discromatopsia. En cambio las mujeres que heredan un cromosoma X defectuoso de su madre y un cromosoma X normal de su padre, no serán discrómatas.

**INCIDENCIA DE LAS DISCROMATOPSIAS EN VARONES DE DIVERSAS  
POBLACIONES MEXICANAS**

POBLACION	TOTAL DE DISCROMATAS			INVESTIGADOR
	(N)	Discrómatas	%	
<b>INDIGENA</b>				
<b>Seris (Bahía, Kino, Sonora)</b>	25		0.00	San Germán, en prensa (1980)
<b>Triques (Chicahuastla, Oaxaca)</b>	137		0.00	San Germán, 1975
<b>Tzeltales</b>	61		0.00	Kalmus, et. al; 1964
<b>Zinancantecos</b>	92		1.10	Kalmus, et. al; 1964
<b>Nahuas (Zitlala, Guerrero)</b>	270		1.85	San Germán, 1975
<b>Tarascos (Cherán, Michoacán)</b>	265		1.88	San Germán, 1975
<b>Tzotziles</b>	<sup>21</sup> 4		2.30	Kalmus, et. al; 1964
<b>Coras (Sierra de Nayarit)</b>	83		2.41	Serrano, Inédito
<b>Mixtecos (Jamiltepec, Oaxaca)</b>	219		2.74	San Germán, 1975
<b>Tlaxcalteca (Cuanalan, México)</b>	126	4	3.17	Halberstein, et. al; 1974
<b>Mayas (Quintana Roo)</b>	344	14	4.07	Aréchiga, 1977 (1)
<b>Mazahúas (diversas comunidades)</b>	289	13	4.49	Lagunas, 1984 (2)

<b>Totonacos (Caxhuacan, Puebla)</b>	146	7	4.79	Lagunas, en prensa
<b>Nahuas (San Pablo, Tlaxcala)</b>	92	5	5.43	Halberstein, et. al; 1974
<b>Otomíes (diversas comunidades)</b>	183	11	6.01	Lagunas, 1984 (3)
<b>Tojolabales (diversas com., Chis)</b>	172	11	6.39	Aréchiga, 1979
<b>MESTIZA Ciudad de México</b>	571		2.30	Garth, 1933
<b>Estudiantes UNAM (1973-74)</b>	324		2.46	San Germán, 1975
<b>Inmigrantes mexicanos (Colorado)</b>	523		2.50	Garth, 1933
<b>Tlaxcala, Tlaxcala</b>	73	2	2.74	Halberstein, et. al; 1974
<b>Mestizos del Norte del Edo. de México</b>	109	3	2.75	Lagunas, 1984
<b>Ticul, Yucatán</b>	778		3.60	Giles, et. al; 1968
<b>Estudiantes, Ciudad de México</b>	739	27	3.65	Pijoan, 1975 y 1980 (4)
<b>Mexicanos nacidos en EE.UU,</b>	346		3.80	Garth, 1933
<b>Estudiantes de U.A.Z (Zacatecas)</b>	1649		3.90	San Germán en prensa (1980)
<b>Estudiantes, Cd de México</b>	707	29	4.10	Pijoan, 1982

<b>Mestizos urbanos mexicanos</b>	402	19	4.70	Kalmus, et. al; 1964
<b>Empleados federales: Cd. De México</b>	79	5	6.32	Lagunas, Inédito
<b>Mestizos rurales mixteco-españoles</b>	142	10	7.00	Kalmus, et. al; 1964
<b>Extranjeros (radicados en México)</b>	51	5	9.80	Pijoan, 1975 y 1980
				Fuente: Las discromatopsias en las poblaciones Mazahua, Otomi y Mestiza del noroeste Del estado de México. Zaid Lagunas r. 1984.

**Tabla 1.** Incidencia de las discromatopsias en varones de diversas poblaciones mexicanas<sup>12</sup>

En el cuadro se muestran los estudios que se han realizado para conocer la incidencia de las discromatopsias congénitas en varones de diversas poblaciones mexicanas. El más antiguo es de 1933 y el último es de 1984.

Los datos indican que el porcentaje de incidencia es del 1.10% al 9.80% en mexicanos, sin embargo no se especifican las pruebas utilizadas y el control que se llevó a cabo para el estudio.

Por ejemplo, en el estudio de **Zinacantecos**, se evaluaron únicamente a 92 personas y el porcentaje es del 1.10%, a comparación del estudio realizado por Gath en 1933 con 571 personas y el porcentaje es del 2.30%. Tampoco se especifica el tipo que predomina, protán o deután<sup>12</sup>.

**DIFERENCIAS RACIALES EN LA CEGUERA AL COLOR EN DIFERENTES POBLACIONES SERIES MASCULINAS ( TOMADO DE CLEMENTS, 1930; PAG. 425, EN FRECUENCIA DE DISCROMATOPSIAS ENTRE LOS MAYAS DE QUINTANA ROO, ARECHIGA J., 1976 )**

<b>GRUPOS</b>	<b>No. EXAMINADO</b>	<b>No. DE DISCROMATAS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>CAUCASOIDES: Los "TODAS" de la India</b>	320	41	12.80
<b>Serie de Miles</b>	1286	106	8.20
<b>Serie de Miles Von Planta</b>	2000	159	7.95
<b>Serie de Miles Haupt (europeos y americanos</b>	448	35	7.80
<b>Lapones</b>	158		6.30
<b>Egipcios</b>	80	4	5.00
<b>Negros Americanos</b>	323	12	3.70
<b>Japoneses</b>	200	57	3.40
<b>Chinos</b>	600	19	3.17
<b>Argentinos</b>	1,200	36	3.00

<b>Chukchis (sub-Polares)</b>	300	9	3.00
<b>Siameses</b>	45	2	2.20
<b>Indios Americanos (California)</b>	624	12	1.90
<b>Hawaianos</b>	394	5	1.25
<b>Eskimales</b>	125	1	0.80
<b>Malayos</b>	476	1	0.21
<b>Tamiles de la India<sup>t</sup></b>	21	0	<sup>t</sup> En las series muy reducidas el porcentaje no ha sido calculado porque el número de probandos es muy pequeño para lograr un valor consistente.
<b>Nubianos</b>	50	1	
<b>Congolese</b>	44	0	
<b>Estrecho de Torres</b>	130	3	
<b>Islas Loyalty</b>	11	3	
<b>Australianos</b>	17	0	

**Tabla 2.** Diferencias raciales en la ceguera al color en diferentes poblaciones (series masculinas).<sup>11</sup>

De la misma forma que el cuadro anterior, se hizo otro estudio de diferencias raciales a nivel mundial. La Serie de Miles Von Planta examinó a 2000 personas, de las cuales 159 resultaron discrómatas, dando un porcentaje de 7.95% en incidencia de discromatopsias, a diferencia del estudio realizado en Islas Loyalty donde únicamente se examinó a 11 personas y 3 son discrómatas<sup>11</sup>, pudiendo ser entre ellos familiares y por eso obtener tal número de discrómatas, pero al tener una muestra tan pequeña, es poco confiable, ya que se necesita tener una variedad de familias o personas para obtener datos reales. A mayor "n", los resultados serán mejores.

Sin embargo los estudios se realizaron en 1976, no encontrando estudios recientes que comparen las diferencias raciales.

### CAPITULO III: TEORÍAS CROMÁTICAS

La capacidad para percibir el color permite detectar objetos que de otra manera podría confundirse con su entorno. La percepción al color está relacionada con la propiedad física de la longitud de onda. El espectro va de longitudes de onda corta (400 nm) a longitudes de onda largas (700 nm) y las bandas de longitudes de onda que se encuentran en este rango, están relacionadas con distintos colores.<sup>14, 21, 23, 24, 25, 26,27</sup>

Existen diferentes defectos al color, los adquiridos se asocian a los colores azul y amarillo, y el glaucoma es una patología que involucra estos colores. La regla de Kollner se refiere a la progresión de pérdida de visión al color secundaria a las patologías oculares, estableciendo que enfermedades externo retinianas causan defectos azules y amarillos, mientras que las patologías de la retina interna (nervio óptico, corteza visual) tienen defectos rojo verde, a excepción del glaucoma<sup>22</sup>.



**Imagen 3.** Espectro Visible

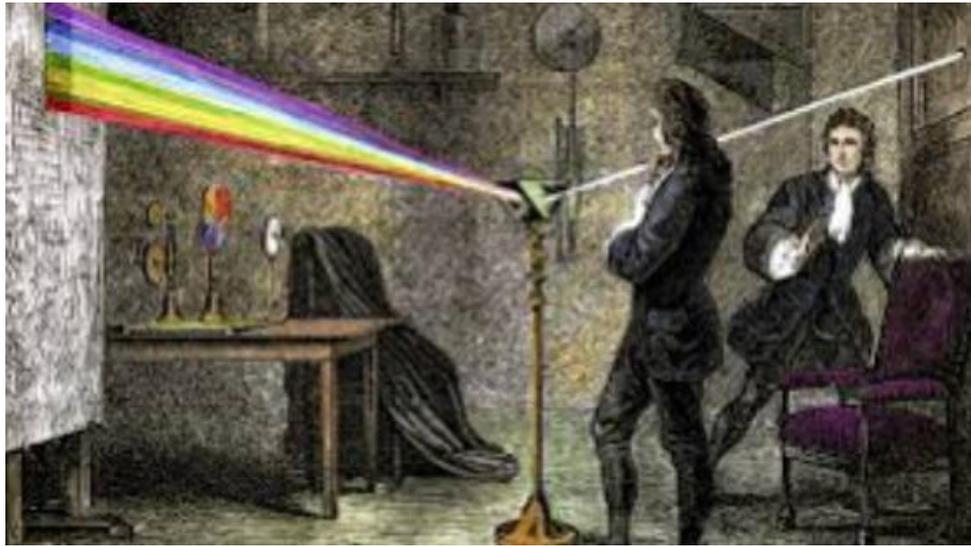
Las longitudes de onda que van de 400 a 450 nm aparecen violetas; de 450 a 490 nm, azules; de 500 a 575 nm, verdes; de 575 a 590 nm, amarillas; de 590 a 620 nm, anaranjadas, y de 620 a 700 nm, rojas.<sup>25</sup>

La visión al color es una respuesta fisiológica y psicológica que cada persona interpreta de manera diferente dependiendo al estímulo de la radiación que incide en los ojos, como resultado de la absorción selectiva de algunas frecuencias del espectro visible.<sup>14</sup> Los objetos reflejan la luz que no absorben, hacia su entorno, de esa forma el campo visual interpreta esas radiaciones electromagnéticas como un color.<sup>26</sup>

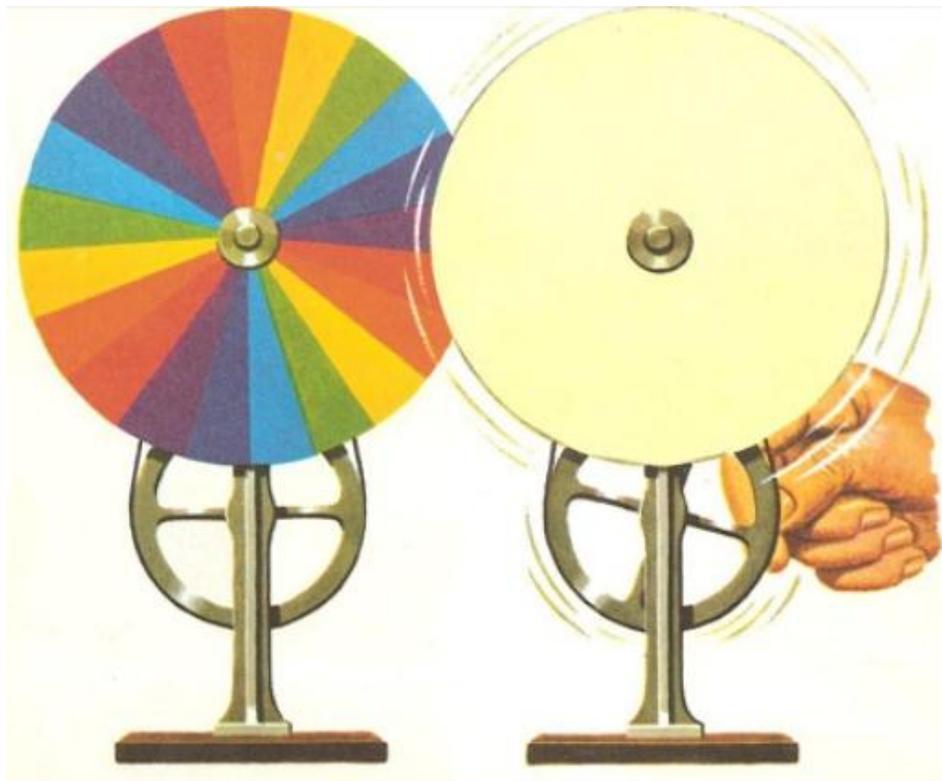


**Imagen 4.** Absorción y reflexión

La visión cromática es tan importante que varios filósofos y científicos han propuesto diferentes teorías sobre el color y su percepción. Comenzando por Isaac Newton quien realizó un estudio del color, que comenzó a la edad de 23 años en 1666, trabajó con prismas para demostrar la dispersión de la luz y que la luz blanca contiene todas las longitudes de onda del espectro visible. Cuando se encontraba en un cuarto completamente oscuro, dejó pasar un haz de luz blanca a través de un pequeño orificio en su ventana, eso permitió que interceptara la luz con un prisma y observó que ésta se descomponía en los 7 colores del arcoíris. Para comprobar que la luz blanca estaba formada por estos colores, desarrolló el llamado “Círculo de color de Newton”, que abarca un poco la idea sobre los colores complementarios, y la mezcla de color aditiva. Observó que algunos colores (magenta, púrpura), no se producían en los colores espectrales.<sup>26, 27</sup>



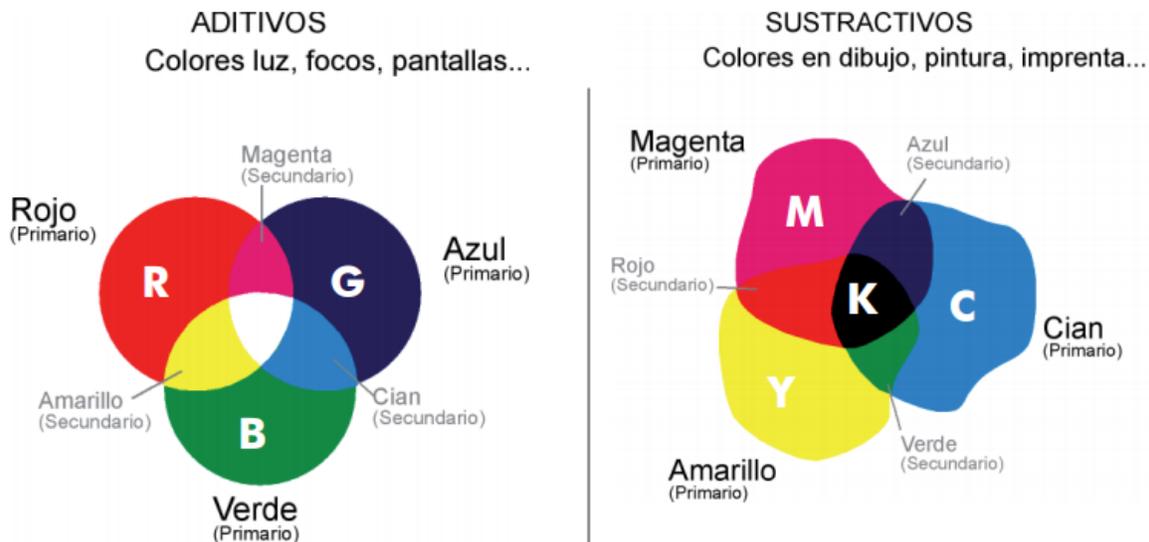
**Imagen 5.** Newton y sus experimentos con prismas



**Imagen 6.** Círculo de Newton

En el círculo de Newton él demostró que la luz blanca está formada por 7 colores y al girar el círculo a cierta velocidad, todos los colores se sumarán formando un círculo blanco.<sup>23</sup>

En 1802, Thomas Young (1773-1829) sugirió que en el ojo humano pudieran existir tres tipos diferentes de receptores sensibles al color. Helmholtz, perfeccionó la hipótesis de Young en 1852, denominada desde entonces hipótesis de Young-Helmholtz, y desarrolló las curvas de absorción espectral de los tres fotorreceptores visuales. Esas experiencias demostraban que la mayoría de los colores se podían igualar superponiendo tres fuentes de luz separadas conocidas como (colores) primarios, un proceso conocido como mezcla aditiva.<sup>19</sup>



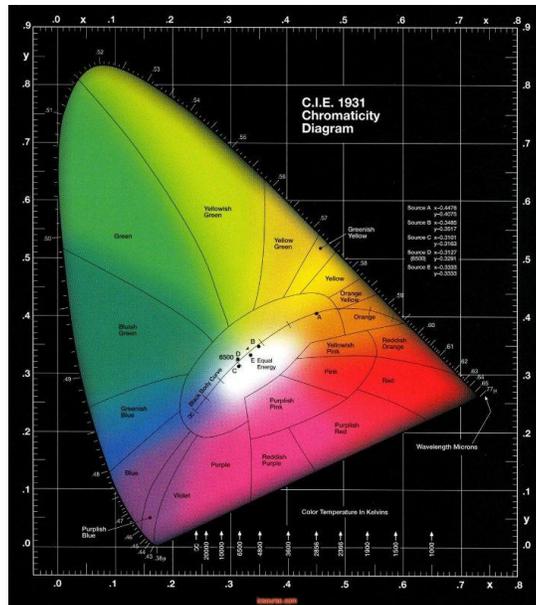
**Imagen 7.** Colores aditivos y sustractivos

La teoría de los procesos opuestos (Hering) contradice la teoría Young-Helmholtz, y fue propuesta para poder explicar los fenómenos que no se podían explicar adecuadamente con la teoría tricrómica, como las postimágenes, que aparecen cuando el ojo recibe un estímulo por ejemplo de color amarillo que al poco se elimina y queda la sensación de percibir esas imágenes en azul. Actualmente ambas teorías son aceptadas ya que describen características esenciales de la visión humana en color.<sup>23</sup>

En tricrómatas normales existen tres tipos de receptores que son denominados según la posición relativa que ocupan en el espectro visual. Cualquier alteración de la sensibilidad espectral de los conos generará una visión deficiente o anómala de la visión del color. David Brewster (1781-1868) Introdujo el término ceguera del color, antes conocida como daltonismo, en honor de John Dalton; quien describió con detalle su propia incapacidad para distinguir el rojo. Se determinó la base genética de la ceguera del color de Dalton, mediante el análisis con reacción en cadena de polimerasa del ADN extraído de su ojo, conservado y se describió que padecía deuteranopia.<sup>19</sup>

En la década de 1860, James Clerk Maxwell mostró que el conjunto de los colores primarios no era único, pero cuanto más separados estuvieran en sus longitudes de onda, más amplio era el conjunto de percepción de matices producidos. Por eso es importante diferenciar entre los colores que son aditivos y los sustractivos. Colores aditivos.- La suma de los tres es el blanco, la ausencia de todos, el negro (la oscuridad). Colores sustractivos.-El negro será la suma de los tres colores, la ausencia de todos, el blanco<sup>23</sup>

Wolfgang van Goethe (1749-1832) dejó una gran cantidad de escritos de su experiencia cromática. Propuso un círculo de color simétrico, basado en el de Isaac Newton. Goethe consideró que el color magenta, que no es espectral, en un círculo de color. Posteriormente, los estudios de la percepción del color definieron el estándar CIE 1931, el cual es un modelo perceptual que permite representar colores primarios con precisión y convertirlos a cada modelo de color de forma apropiada.



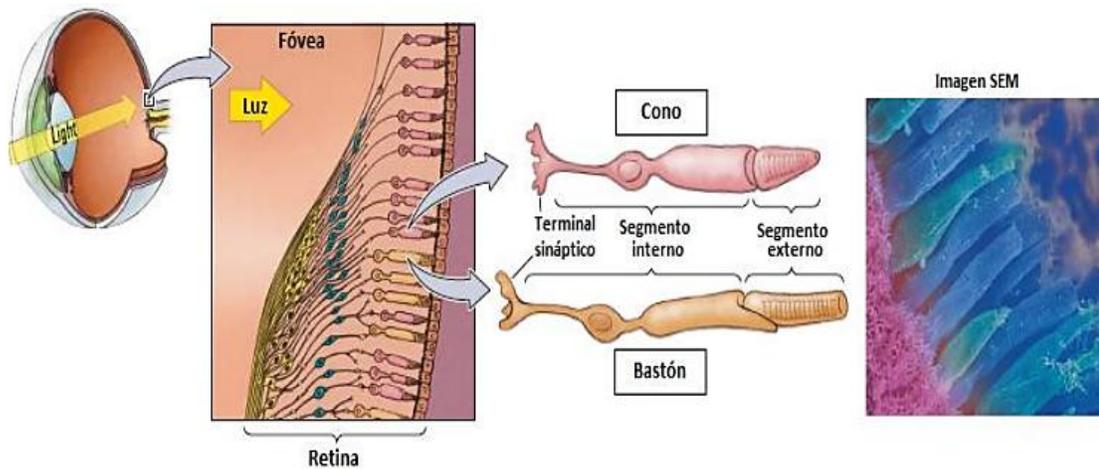
**Imagen 8.** Sistema CIE

Arthar Schopenhaver (1788-1860) amplió el trabajo de Goethe e Immanuel Kant (1724-1804). Josepht Antoine Ferdinand Plateau (1801-1893) estudió las imágenes posteriores y las mezclas de los colores, y propuso la ley de Talbot-Pltean de percepción de la intensidad del color. Herman Rudolf Aubert (1826-1892) además de medir la sensibilidad visual absoluta y la adaptación a la luz y la oscuridad. Demostró que la percepción del color se restringía en gran medida a la región foveal y en otras partes de la retina dependía del entorno.<sup>19</sup>

Después de un siglo de la teoría tricromática, se comenzó a estudiar los tres mecanismos receptores propuestos por la teoría. En 1960 investigadores pudieron medir el espectro de absorción de los tres pigmentos visuales de los conos, con tres regiones de longitud de onda, corta (419nm), media (531 nm) y larga (558 nm) del espectro.<sup>25</sup>

El ojo está formado por diferentes capas, la más interna es la retina, donde se encuentran las células fotorreceptoras (conos y bastones) que participan en la transducción de la luz, convirtiendo los estímulos luminosos en señales eléctricas que se procesan a nivel cerebral por vías neuronales. Diferencia los colores según

su longitud de onda, el brillo y la saturación. La luz visible de menor longitud de onda produce la sensación de violeta y en una transición desigual se perciben los colores azul, azul verdoso, verde, amarillo verdoso, amarillo, naranja y rojo.<sup>15</sup>



**Imagen 9.** Conos y bastones

Los conos son muy numerosos sobre todo en la zona central de la fóvea, se encargan de la agudeza visual y discriminación de los colores por su capacidad máxima de absorción hacia los 430, 530 y 560 nanómetros de longitud de onda respectivamente.<sup>5,</sup>

17

Por eso se les llama “rojo, verde y azul” (colores primarios), que al ser mezclados se obtienen los demás colores, pero ninguno de ellos puede ser obtenido por mezcla de los otros dos. En el caso de los bastones son responsables de una visión bajo condiciones de poca luz, se ubican en casi toda la retina excepto la fóvea y su pigmento, contiene una proteína (rodopsina).

Todos los pigmentos visuales humanos están constituidos por un componente proteínico largo llamado “opsina” y uno pequeño sensible a la luz llamado “retinal”. Comparten un cromóforo común, químicamente relacionado con la vitamina A. El isómero 11-Cis del aldehído de vitamina A, reacciona con la proteína opsina para formar un complejo fotorreceptor-pigmento. Todos los pigmentos de conos y bastones tienen el mismo cromóforo y diferentes opsinas, los genes que codifican las proteínas de opsina son miembros de una familia de receptores semejantes, llamados receptores acoplados a proteínas G. En el caso de los conos y bastones, las proteínas G se denominan transducinas, algunas son específicas, pero los tres tipos celulares de conos comparten una forma única de transducina.<sup>15</sup>

## CAPITULO IV: TIPOS DE DISCROMATOPSIAS

Las personas que pueden percibir todo el espectro visible para el ojo humano, desde el azul (380 nm), el verde, hasta el rojo (780 nm) son tricrómatas normales.

Los tricrómatas anormales o discrómatas, perciben alguno de los 3 colores básicos con deficiencia, los monocromatas tienen un sólo tipo de cono y ven intensidad; los acrómatas (autosómico dominante) sólo tienen bastones, igual a una visión sin color. El ojo humano puede percibir aproximadamente 8,000 colores; de cero a tres meses son discrómatas y a los 6 meses son tricromatas.<sup>2</sup>

La palabra discromatopsia (dis = desorden; cromos = color; opsis ojo =) significa alteración del color y pueden ser de dos tipos: congénitas afectando a las longitudes de onda rojo-verde y adquiridas debido a patologías oculares o sistémicas, por consumo de algún medicamento o droga, afectando longitudes azul-amarillo. Existen 3 categorías de discromatopsias, dependiendo el color afectado reciben un nombre, al rojo es protán, al verde es deuterá, al azul es trita y al amarillo es tetra; las deficiencias visuales pueden ser totales y llevan el sufijo opia; o parciales y se determinan anomalías. El diagnóstico de las deficiencias adquiridas se realiza a partir de la historia médica del paciente.<sup>14, 17</sup> En el presente trabajo, se utilizó la historia clínica de visión al color de la Clínica de optometría de la FES Iztacala.

La ceguera total al color puede estar acompañada de fotofobia y nistagmus, el afectado no aprecia diferencias de un color a otro en el espectro, (se conoce como visión monocromática, porque solo existe un tipo de pigmento. Visión discromática es la más común)<sup>12, 14, 17,27</sup>

La mayoría de los axones transportan información de la zona macular, y en ella los fotorreceptores más abundantes son los conos. Por lo tanto la afectación de la visión de los colores en las neuropatías ópticas sigue la denominada regla de Köllner. Donde los pacientes con enfermedad primaria del nervio óptico predominan las alteraciones de la discriminación cromática entre rojos y verdes y

los pacientes con trastornos retinocoroideos muestran más problemas de discriminación entre azules y amarillos. A excepciones como el glaucoma de ángulo abierto con discromatopsia azul- amarillo, o distrofia de conos y enfermedad de Stargardt con discromatopsia rojo-verde<sup>15</sup>.

<u>Enfermedad</u>	<u>Sustancias de Toxicidad</u>	<u>Neurológico</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diabetes</i></li> <li>• <i>Catarata</i></li> <li>• <i>Degeneración Macular</i></li> <li>• <i>Glaucoma</i></li> <li>• <i>Retinitis Pigmentosa</i></li> <li>• <i>Esclerosis Múltiple (SNC)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Antidepresivos</i></li> <li>• <i>Solventes Químicos (percloro, etanol, tolueno)</i></li> <li>• <i>Drogas</i></li> <li>• <i>Alcohol</i></li> <li>• <i>Tabaco</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Retinopatía</i></li> <li>• <i>Neuropatía</i></li> </ul>

**Tabla 3.** Causas de discromatopsias adquiridas<sup>20 28</sup>

<p><b>Hipnóticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ojo seco</li> <li>• Defectos pasajeros del color amarillo-verde</li> </ul>	<p><b>Nicotina</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidad al contraste.</li> <li>• Defectos en el color del rojo-verde (&gt;rojo)</li> </ul>	<p><b>Xantinas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidad al contraste.</li> <li>• Reducen la sensibilidad al azul y aumentan la del rojo.</li> </ul>
<p><b>Cocaína</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las alteraciones cromáticas asociadas al azul y menor para el rojo.</li> </ul>	<p><b>Las sulfaminas (antibióticos)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteran todo el espectro de colores, (bcngo) en casos de intoxicación.</li> </ul>	<p><b>Crack</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación cromática de todos los colores</li> </ul>

**Tabla 4.** Drogas que afectan la visión cromática

ANOMALIAS ADQUIRIDAS	ANOMALIAS CONGENITAS
➤ Aparecen después del nacimiento	➤ Presentes al nacer
➤ Tipo y severidad varían	➤ Tipo y severidad estables
➤ Difícil de clasificar	➤ Clasificable
➤ Diferencias entre ojos	➤ Normalmente ambos ojos mismo defecto
➤ AV mala y pérdidas de CV	➤ AV y CV normal, salvo en acrómatas
➤ Predominan Tritan	➤ Predominan protán y deután.
➤ Igual incidencia en hombres y mujeres	➤ Son más frecuentes en hombres

**Tabla 5.** Características y diferencias entre anomalías congénitas y adquiridas<sup>29</sup>

Al tener una discromatopsia congénita existen muchos problemas en el desarrollo tanto educativo como en lo personal, por lo tanto, es esencial que alguna prueba de diagnóstico de visión al color sea incluida en la consulta optométrica y se valore desde que el niño inicia su educación académica, para ayudar a una adaptación más rápida de acuerdo a su problema y planificar su futuro al elegir una carrera que no demande tanto su visión al color, evitando un posible trauma psicológico. En algunos estados de E.U.A es obligatorio, pero el mayor problema al que se enfrenta un optometrista es el alto costo de las pruebas. El propósito de las pruebas es determinar si el paciente tiene visión al color normal o alguna discromatopsia, de ser así, clasificar si es congénita o adquirida y su grado. El diagnóstico de una discromatopsia es complejo, por lo que los autores sugieren realizar varias pruebas para complementar el test de Ishihara, que puede llegar a ser la prueba más conocida y utilizada. Todas las pruebas de visión en color tienen limitaciones: la degradación y modificación de los tonos, la iluminación e incluso los pacientes.<sup>20</sup>

## CLASIFICACION DE DISCROMATOPSIAS

<u>No. DE VARIABLES EN LA COMBINACIÓN DE LONGITUDES DE ONDA</u>	<u>NUMERO DE FOTOPIGMENTOS DEL CONO</u>	<u>TIPO</u>	<u>DISCRIMINACIÓN DEL COLOR</u>	
1	NINGUNO	ACROMATICO	AUSENTE	
1	UNO	ACROMATICO	AUSENTE	
2	DOS	DICROMATICO	SEVERAMENTE DAÑADO	PROTANOPE DEUTERANOPE TRITANOPE
3	TRES (UNO ANORMAL)	TRICROMATA ANOMALO	DAÑO MEDIO	PROTANOMALIA DEUTERANOMALIA TRITANOMALIA
3	TRES	TRICROMATA NORMAL	OPTIMA	

**Tabla 6.** Clasificación de la deficiencia de la visión en color<sup>16</sup>

**Protanopia;** Confunden el rojo y el verde entre sí, por una deficiente actividad funcional de los protoconos y no captan la porción roja del espectro.

**Deuteranopia;** Confunden el rojo y el verde entre sí, se producen por una deficiente actividad funcional de los deutoconos y no captan la porción verde del espectro. Sin embargo debido a la ubicación del verde dentro del espectro, los individuos con esta anomalía presentan una visión casi perfecta de toda la gama del espectro.

**Tritanopia y Tetranopia;** Confunden el amarillo y el azul entre sí. Los primeros son de origen protán y los segundos de tipo deutan y son más bien adquiridos que congénitos.

**Monocromatopsia;** No tienen capacidad de percepción de colores lo ven todo gris.

**Acromatopsia;** Caso extremo en la capacidad de discriminación cromática, lado claro u oscuro<sup>16</sup>.

#### ❖ ANOMALÍAS ADQUIRIDAS

Enfermedades que afectan la retina, el nervio óptico, o el sistema biológico, produce pérdida en la capacidad de discriminación cromática; de manera monocular, pero en este caso las principales anomalías son de tipo tritan.

Consumo del tabaco y alcohol; e ingesta de fármacos y de estimulantes cardiacos, pastillas antibacterianas y píldora anticonceptiva.<sup>24, 25,28</sup>

Pero se ven más afectados las personas de la tercera edad, ya que se produce un progresivo amarillamiento del cristalino por la excesiva acumulación de pigmento macular en la fovea, o cambios degenerativos en los conos y en el nervio óptico.

Esclerosis múltiple, es la más común, neuritis óptica y ambliopía toxica, que genera perdida de la agudeza visual fundamentalmente por el abuso del tabaco y alcohol.<sup>28</sup>

Fundamentalmente tres tipos de pruebas aunque mencionaremos una cuarta última menos importante utilizada para ver ciertas capacidades de los individuos para desarrollar un tipo de actividad específica.

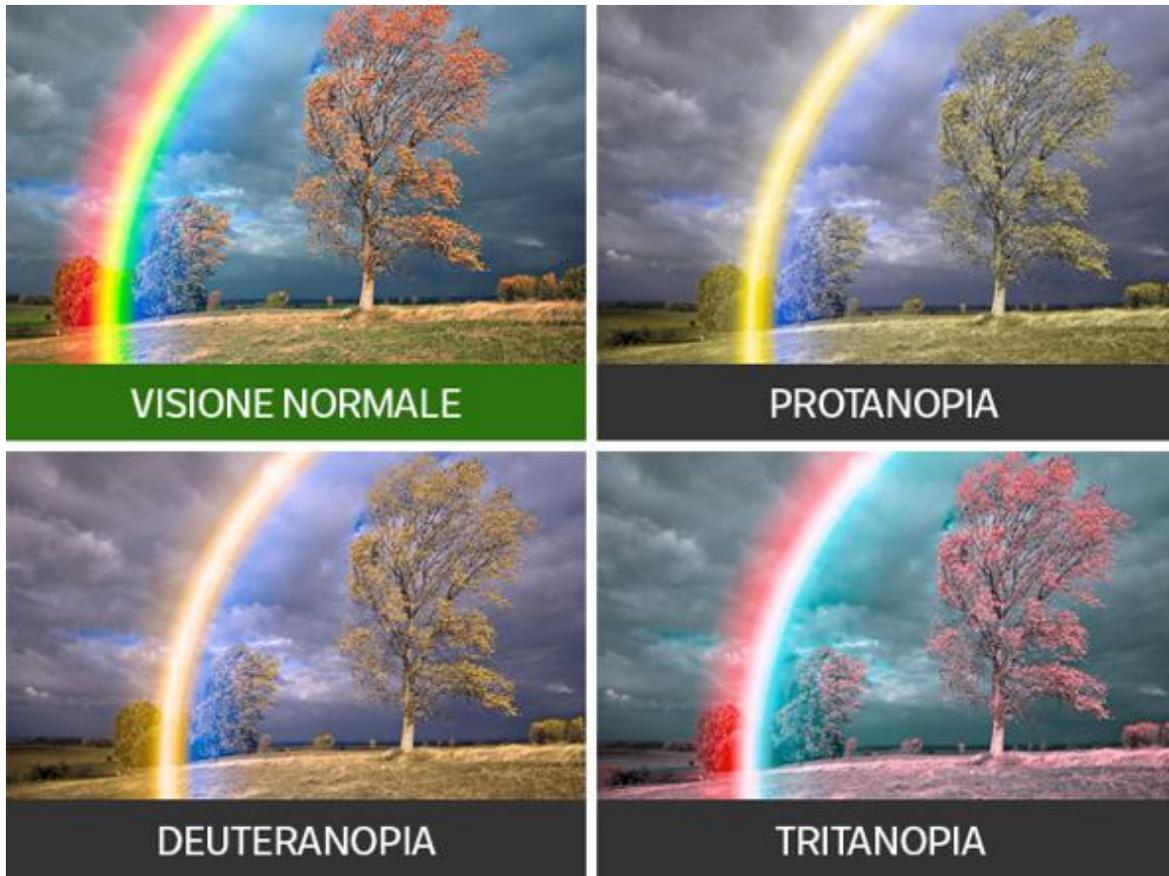
❖ TRICROMATAS ANÓMALOS:

No aceptan las igualaciones hechas por un observador normal, y se caracterizan por utilizar cantidades desproporcionadas de uno de los primarios para hacer igualaciones.

**Protanomalía:** Poseen una percepción débil del rojo como consecuencia de una deficiente actividad funcional de los protoconos.

**Deuteranomalía:** Poseen una percepción débil del verde como consecuencia de una deficiente actividad funcional de los deutoconos.

**Tritanomalía:** Confunden amarillo y azul.



**Imagen 10.** Visión cromática dependiendo el tipo de anomalía

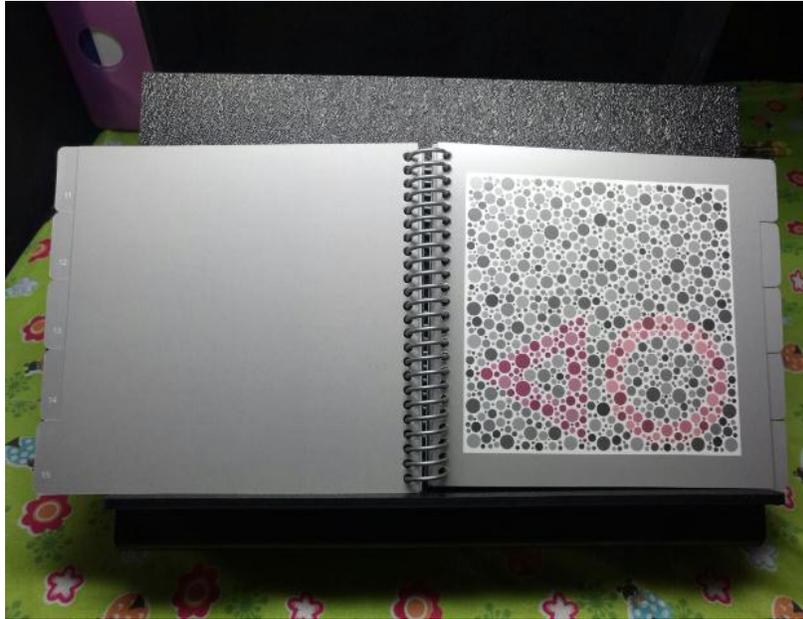
#### ❖ PRUEBAS PSEUDOISOCROMÁTICAS

En este tipo de prueba se le presenta al paciente una serie de láminas con un fondo sobre el que hay una figura, un objeto o número que el observador debe identificar. El fondo y la figura deben pertenecer a la misma recta de confusión, de forma que diferencias de iluminación no deben de servir para identificar la figura del fondo. El test más utilizado es el de Ishihara; detecta deficiencias rojo-verde, constituido por 38 láminas dividido en dos grupos.

1. El paciente utilizara su prescripción habitual
2. El examen se realizara monocularmente
3. El test debe estar uniformemente iluminado

4. Colocar el test a 75 cm de forma perpendicular a la línea visual del paciente.
5. Pasar las láminas para que el sujeto identifique en cada una de ellas números ocultos o para seguir unos recorridos confusos.
6. El tiempo de observación de cada lámina no será superior a 3 seg.

❖ TEST DE HRR



**Fotografía 1. Test HRR**

Sirve para identificar defectos tritan, deután y protán, y calificar su severidad. Tiene 24 placas que contiene símbolos más fáciles de reconocer para los niños, que el Ishihara básico. Emplean los colores neutrales que aumentan la saturación en las placas sucesivas de la prueba.

Hay cuatro placas introductorias, seis para la investigación de la visión del color, y catorce para calificar la severidad de los defectos: tritan, deután y protán.

Las placas de Ishihara se utilizan para la investigación rojo-verde y las placas de HRR para estimar la severidad de la deficiencia del color y para la investigación tritan.

## ❖ TEST DE ORDENACIÓN

Farnsworth D-15, el observador debe ordenar 15 fichas coloreadas, de manera que la pieza contigua a una dada sea la que tenga una apariencia de color más similar a la misma, empezando a partir de un piloto.



**Fotografía 2.** Test de ordenación D15 saturado



**Fotografía 3.** D15 saturado y D15 desaturado



**Fotografía 4.** D15 ordenado correctamente por una persona tricrómata

## METODOLOGIA

El presente estudio de tipo epidemiológico es prospectivo transversal. La representatividad se calculó con base en las recomendaciones para estudios de genética poblacional y se realizó en tres diferentes grupos, en la escuela primaria Isidro Fabela en Nezahualcóyotl, con 308 niños y niñas de 6 a 12 años utilizando Ishihara y D15 como pruebas diagnósticas.

El segundo lugar, fue el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo (CCH), con 549 jóvenes hombres y mujeres de 14 a 18 años, las pruebas de diagnóstico utilizadas fueron D15 y HRR.

Por último en el gabinete 6 de la Clínica de Optometría, se utilizaron las mismas pruebas que en CCH y en algunos casos se utilizaron Matsubara y D15 desaturado; en 789 personas con diferentes rangos de edades. El censo total de la investigación es de 1,646 personas.

Las pruebas de visión al color se evaluaron en el siguiente orden:

1. D15
2. HRR
3. Matsubara o D15 Desaturado

En la mano dominante del paciente se coloca un guante de vinil para que pueda realizar la prueba sin modificar sus propiedades, se comienza el examen con D15 de manera monocular en ambos ojos con su mejor corrección visual y con su adición en pacientes présbitas; a la distancia de trabajo que la prueba lo requiere, utilizando la iluminación de las lámparas para visión al color con la inclinación de  $45^{\circ}$  para las pruebas pseudoisocromáticas y  $180^{\circ}$  para las de ordenación.

Sólo se utilizó Matsubara o D15 desaturado, para un diagnóstico certero, en caso de dudas.

## FASES DEL ESTUDIO:

- PRIMERA FASE.- Primaria Lic. Isidro Fabela, Nezahualcóyotl, México; en el periodo de Mayo-Agosto del 2015.

308 alumnos de un rango de edad de 6-12 años, por lo que se solicitó la firma del Consentimiento Informado de los padres de los niños y la autorización del niño o niña para realizarle las pruebas (Ver Apéndice 1). Se utilizó la historia clínica de visión al color de la FESI, (Ver Apéndice 5). Para indagar con los padres de los niños antecedentes patológicos familiares, enfermedades, medicamentos y consumo de drogas. Considerando que la Agudeza visual fuera mejor a 20/30 con o sin Rx.

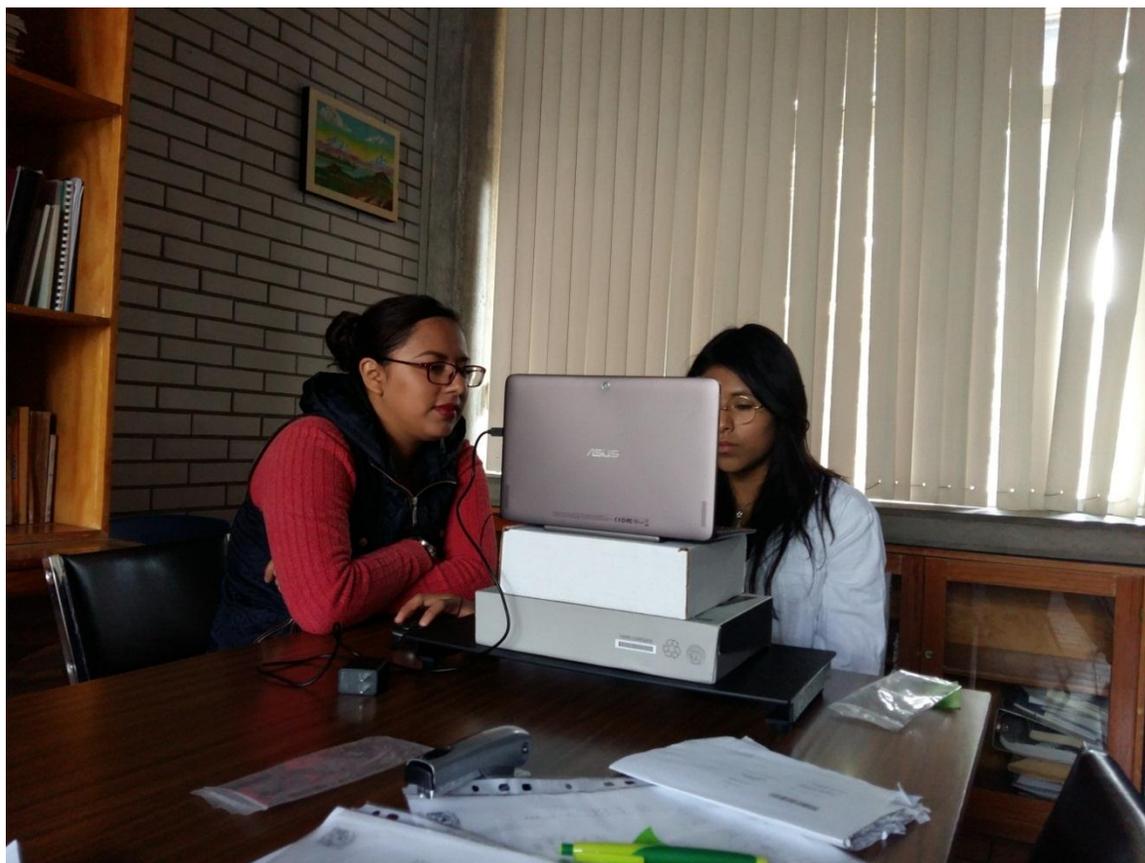
Se evaluaron a 162 niñas y 146 niños con Ishihara y D15.

- SEGUNDA FASE.- Plantel CCH Vallejo, CDMX, en el periodo de Septiembre-Noviembre del 2016.

549 alumnos de edades entre 14 y 18 años; antes de empezar a evaluarlos, se dieron pláticas sobre qué es una discromatopsia, tipos, epidemiología y las pruebas utilizadas para el diagnóstico, generando conocimiento de la importancia de valorar su visión al color. Después se les pidió que firmaran un consentimiento informado a todos los alumnos que voluntariamente quisieran participar en el proyecto siendo evaluados (Ver Apéndice 2). Se utilizó la historia clínica de visión al color de la FESI, (Ver Apéndice 5) para indagar antecedentes patológicos familiares, enfermedades, medicamentos y consumo de drogas. Considerando que la Agudeza visual fuera mejor a 20/30 con o sin Rx.

A todos los que participaron se les explicó su diagnóstico y se les entregaron sus resultados.

Se evaluaron 329 mujeres y 220 hombres con HRR y D15.



**Fotografía 5.** Segunda fase, registro de datos CCH Vallejo



**Fotografía 6.** Conferencias dirigidas a los alumnos del CCH Vallejo.

- TERCERA FASE.- Gabinete 6 de la Clínica de Optometría de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, en el periodo de Septiembre 2016-Mayo 2017.

789 personas con diferentes rangos de edades, se evaluaron con HRR y D15. Se les pidió que firmaran un consentimiento informado para proceder a la evaluación (Ver Apéndice 3). Se utilizó la historia clínica de visión al color de la FESI, (Ver Apéndice 5), para indagar antecedentes patológicos familiares, enfermedades, medicamentos y consumo de drogas. Considerando que la Agudeza visual fuera mejor a 20/30 con o sin Rx.

En algunos casos, los pacientes realizaron correctamente D15 y en HRR obtuvieron un diagnóstico alterado, por lo que se utilizó Matsubara y D15 desaturado, para corroborar el diagnóstico. Se evaluaron 447 mujeres y 342 hombres.



**Fotografía 7.** Test D15 aplicado en pacientes de la Clínica de Optometría

❖ CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Se evaluaron tres recintos, primaria Isidro Fabela; Ciudad Nezahualcóyotl, CCH Vallejo, (Ciudad de México) y Clínica de Optometría FESI, UNAM (Tlalnepantla Estado de México). Donde se atendió de visión al color a todos los pacientes que aceptaron participar en el estudio y firmaron la carta de consentimiento informado.

❖ CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Pacientes con agudezas visuales cercanas peores a 20/30 o sin Rx lejana que proporcionara una agudeza visual peor a 20/30.

❖ CRITERIOS DE ELIMINACIÓN:

Se anularon 5 registros por renuncia, en el CCH Vallejo.

❖ RIESGO DE LA INVESTIGACION:

Sin Riesgo

RECURSOS HUMANOS:

<u>Escuela Primaria Lic. Isidro Fabela, en Nezahualcóyotl, México</u>	<u>Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo</u>	<u>Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Clínica de Optometría, UNAM.</u>
<b>1Optometrista</b>	4Pasantes de Servicio Social	4Pasantes de Servicio Social
<b>1Pasante de Servicio Social</b>	2 PIIO	
	1 Estudiante	
<b>1Ayudante</b>	549 Alumnos	1 Estudiante
<b>308 Alumnos</b>		789 pacientes

**Tabla 7.** Recursos Humanos

## RECURSOS MATERIALES:

Pruebas de diagnóstico de visión al color.-

- PSEUDOISOCROMATICAS:
  - Ishihara
  - 1 Matsubara
  - 1 HRR
- ORDENAMIENTO:
  - 2 D15 Farnsworth saturado
  - 1 D15 desaturado
- 1 Computadora de escritorio y 2 notebooks para la base de datos
- Hojas de diagnóstico y cartas de consentimiento
- 2 Lámparas, para D15 y HRR
- 1 Atril de 45°
- 1 Atril de 180°
- Lápices
- Colores Prisma Color
- Hojas blancas
- Guantes

## PLAN DE ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

De acuerdo a las recomendaciones para estudios de genética poblacional, para obtener el tamaño de la muestra aleatoria mínima se deberán utilizar de 300 a 600 pacientes.<sup>30</sup>

Para la Prevalencia y el tipo de discromatopsia se utilizaron Frecuencias absolutas y proporciones.<sup>14</sup>

Para obtener la probabilidad de ser portador el estudio se basó en la Formula de Hardy-Weinberg<sup>30</sup> ( $2pq$ ). La cual consiste en obtener  $p$  con el número total de pacientes con alguna discromatopsia y ésta dividirla entre el número total de datos. Para la obtención de  $q = 1-p$ . Y por último se obtiene la ecuación multiplicando  $2(pq)$  y el resultado se multiplica por 100.

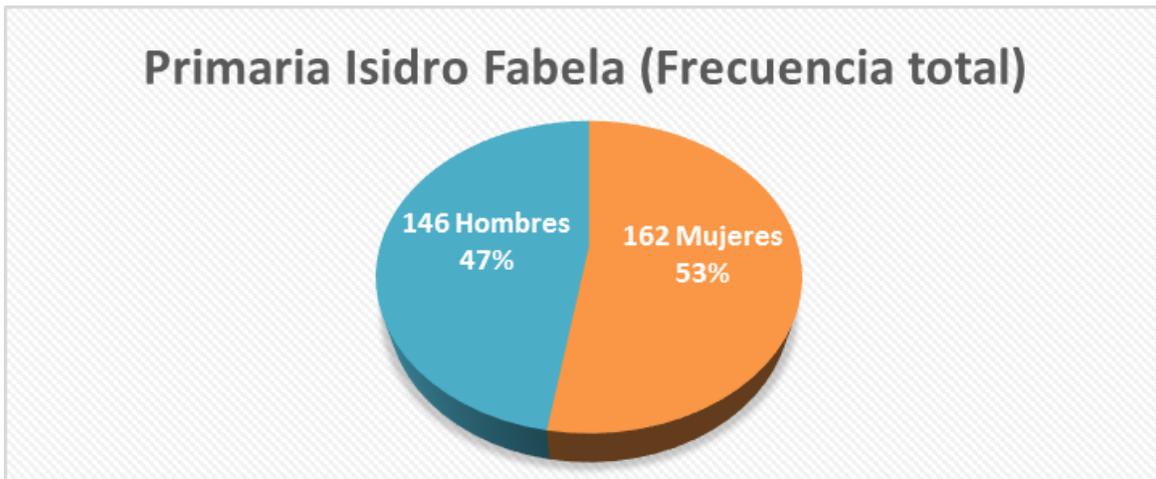
Si se quisiera obtener la probabilidad de encontrar una mujer normal se utilizaría  $p^2$ , y la probabilidad de encontrar una mujer discrómata está representada por  $q^2$ .

#### ÉTICA DEL ESTUDIO:

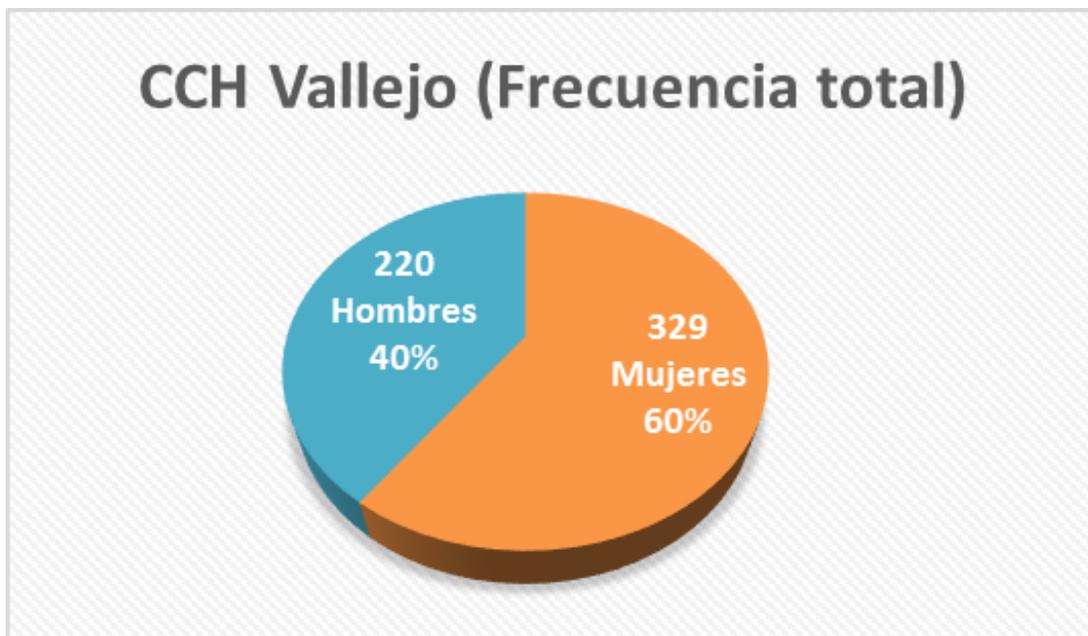
El proyecto está avalado por la comisión de Ética de la FES Iztacala, con fecha 7 de septiembre de 2017, señalándole que se había realizado un trabajo anteriormente con cartas de consentimiento informado, por lo que el trabajo en la primaria Isidro Fabela fue avalado post aplicación (Ver Apéndice 4).

## RESULTADOS

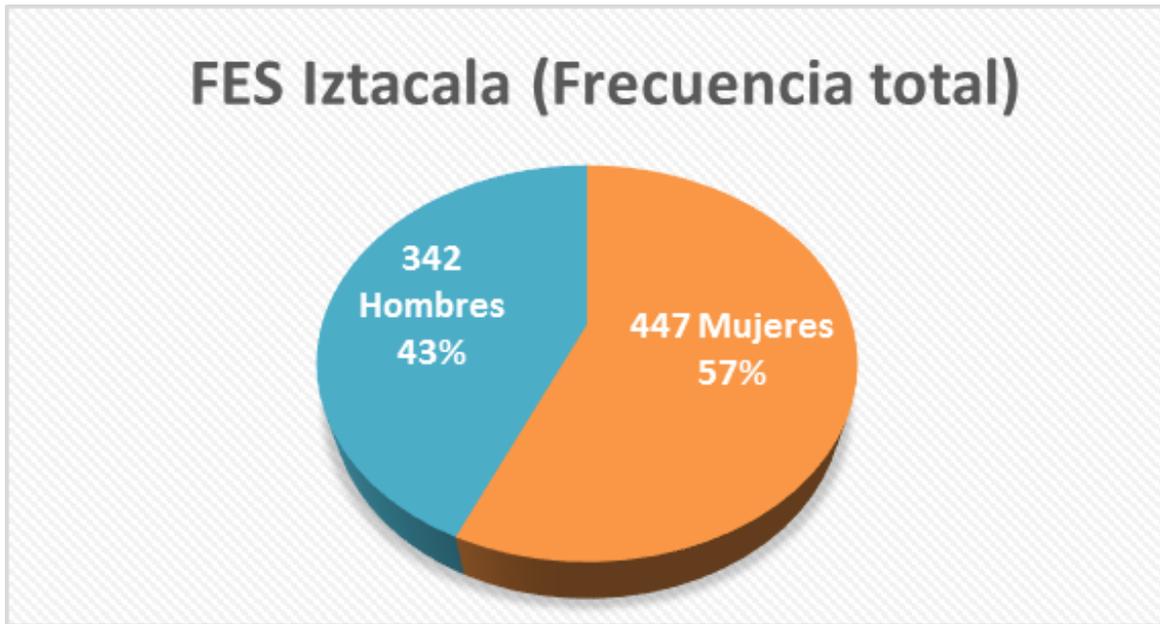
Fueron incluidos en el estudio un total de 1646 personas de 3 instituciones diferentes: Primaria Isidro Fabela con 308 niños de entre 6 y 12 años de edad, (162 mujeres y 146 hombres); CCH Plantel Vallejo con 549 jóvenes de entre 14 y 17 años de edad, (329 mujeres y 220 hombres) y clínica de optometría de la FES Iztacala con 789 personas de entre 3 y 91 años de edad, (447 mujeres y 342 hombres).



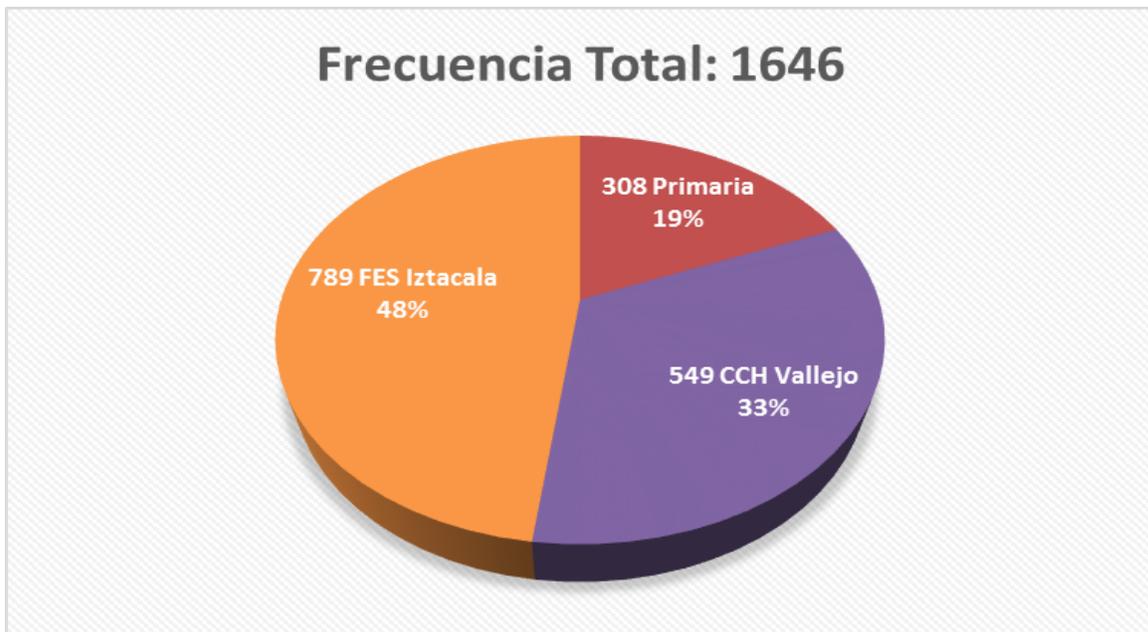
**Grafico 1.** Frecuencia total (Primaria Isidro Fabela).



**Grafico 2.** Frecuencia total (CCH Plantel Vallejo).

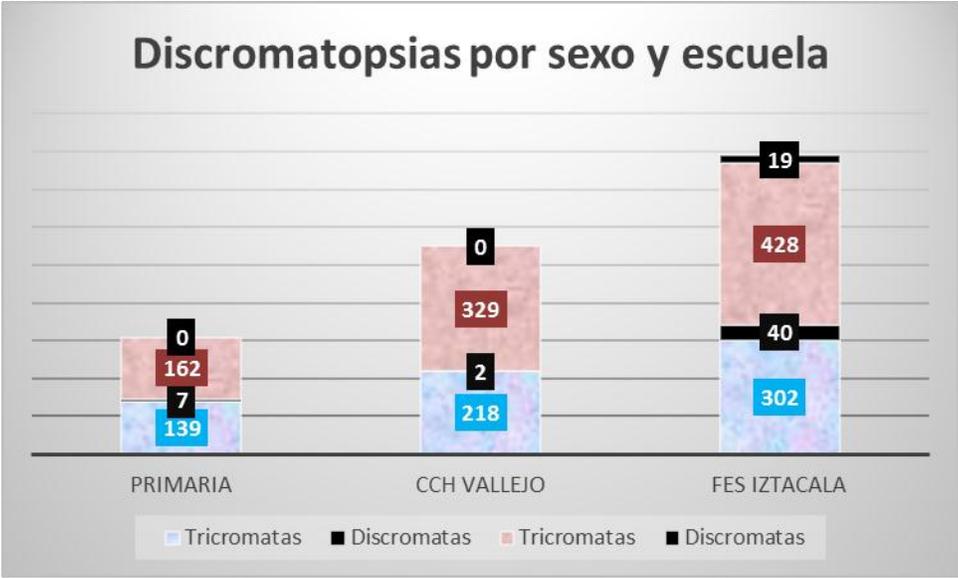


**Grafico 3.** Frecuencia total (FES Iztacala).



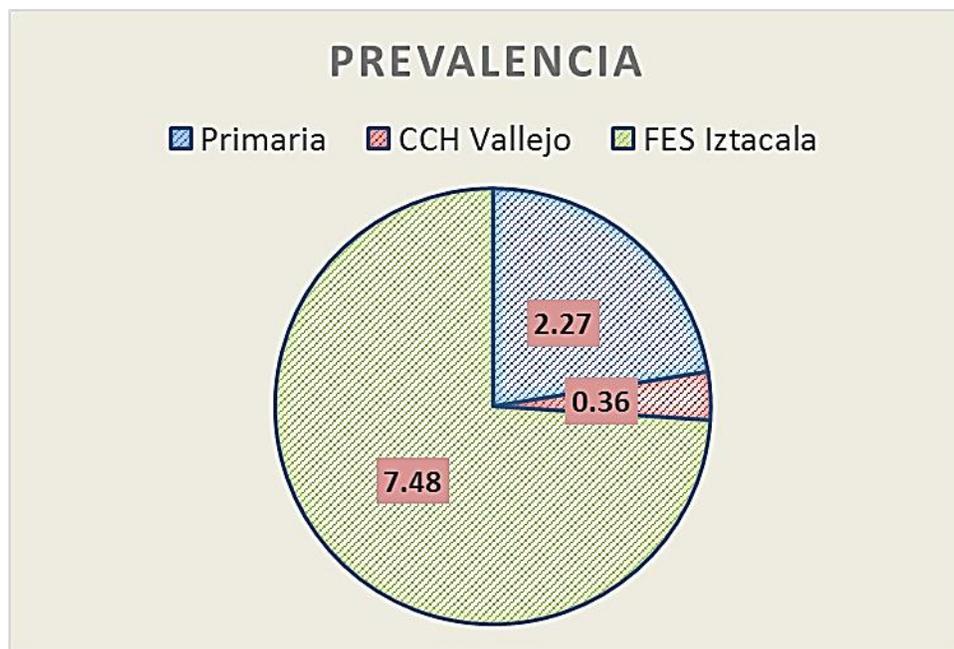
**Grafico 4.** Frecuencia total global.

Las discromatopsias encontradas por sexo y escuela en principio se clasificaron por tricrómata y discrómata (sin importar el tipo), encontrándose en los hombres de las tres instituciones una mayor frecuencia. 7 (4.79%) hombres en la primaria, 2 (0.9%) en el CCH y 40 (1.16%) en la Clínica de la Fes Iztacala. Sin embargo en la última institución se encontraron 19 (0.42%) mujeres discrómicas, esto relacionado a la edad y patología.



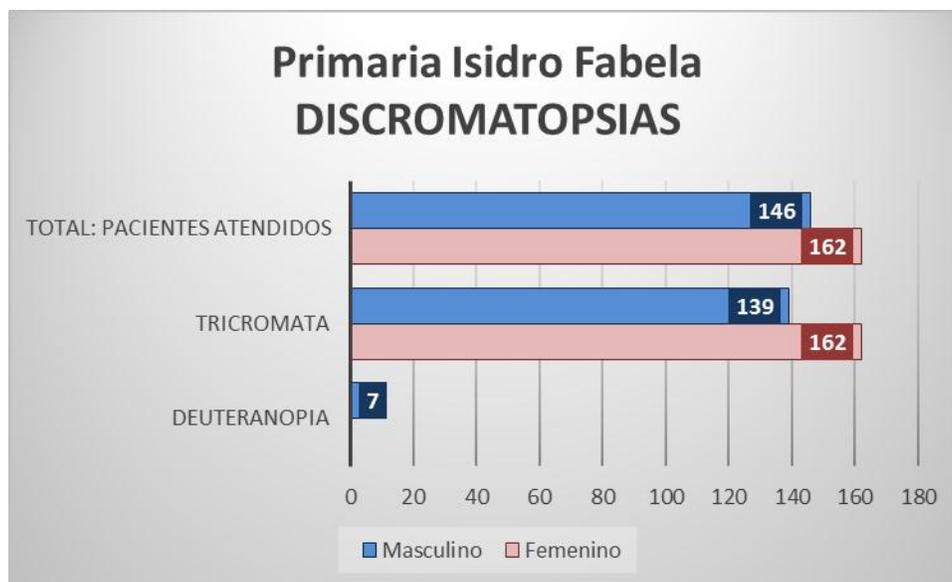
**Grafico 5.** Discromatopsias por sexo y escuela.

El siguiente paso fue establecer la prevalencia por escuela, tomando en cuenta que la primaria tiene un total de 308 niños atendidos, y 7 hombres fueron discrómatas, se encontró una prevalencia de 2.27; en el CCH se atendieron 549 alumnos, siendo 2 varones discrómatas, encontrando una prevalencia total de 0.36 y por último en la clínica de optometría se atendieron 789 pacientes, de los cuales 59 fueron discrómatas, por lo que la prevalencia encontrada fue de 7.48.



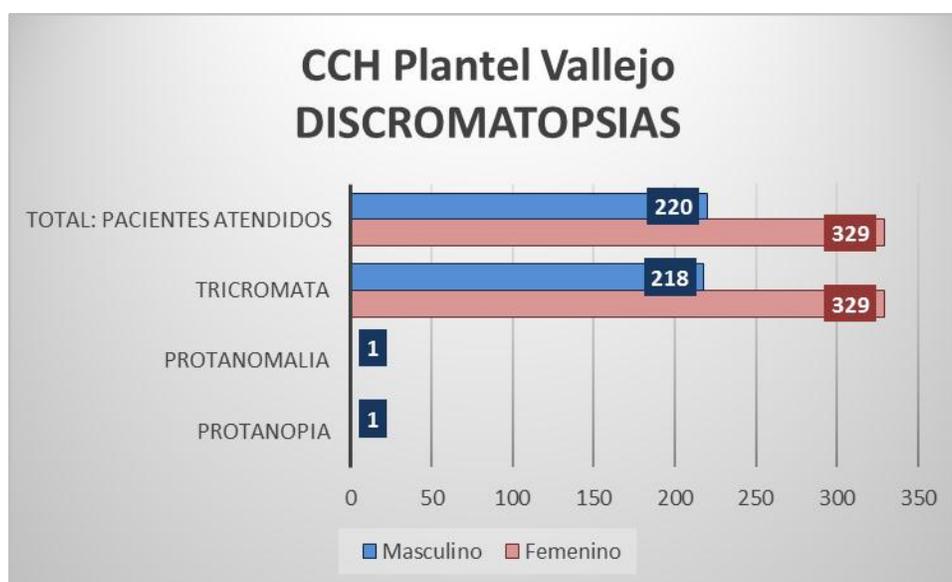
**Grafico 6.** Prevalencia por institución.

A continuación se establecieron las diferentes discromatopsias por institución, encontrando en la primaria Isidro Fabela que el total de discrómatas encontrados, varones, fueron deuteranopes.



**Grafico 7.** Discromatopsias (Primaria Isidro Fabela).

En el CCH plantel Vallejo fueron dos varones en total los discromatas, siendo uno Protanómalo y el otro Protanope.



**Grafico 8.** Discromatopsias (CCH Plantel Vallejo).

La Clínica de optometría fue la que más pacientes atendió de las tres instancias y donde más variedad de edades hubo, con respecto a las mujeres se presentaron 3 casos de discromatopsia congénita, 1 caso con deuteranomalía, 2 casos con deuteranopia y 16 casos con discromatopsia adquirida, los cuales 14 tienen edades de más de 46 años, y 2 casos de menores de edad con catarata congénita.

	GÉNERO	EDAD	DISCROMATOPSIA	PATOLOGÍA	MEDICAMENTOS
1	F	10	AO TRITANOMALIA	CATARATA CONGENITA	
2	F	73	AO TRITANOMALIA		
3	F	89	AO TRITANOMALIA	CATARATA AO	
4	F	69	AO TRITANOMALIA	DIABETES E HIPERTENSIÓN	
5	F	63	AO TRITANOMALIA	DIABETES E HIPERTENSION	METFORMINA
6	F	64	OD NO HAY VISIÓN OI TRITANOMALIA		
7	F	58	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA		
8	F	75	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA		
9	F	63	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA		
10	F	61	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA	HIPERTENSIÓN, GLAUCOMA	
11	F	46	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA		
12	F	77	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA		
13	F	85	OD TRITANOMALIA OI TRICRÓMATA		
14	F	54	OD TRITANOMALIA OI TRICRÓMATA		
15	F	91	OD TRITANOMALIA OI NO HAY VISION		
16	F	8	AO TRITANOMALIA	CATARATA CONGENITA	

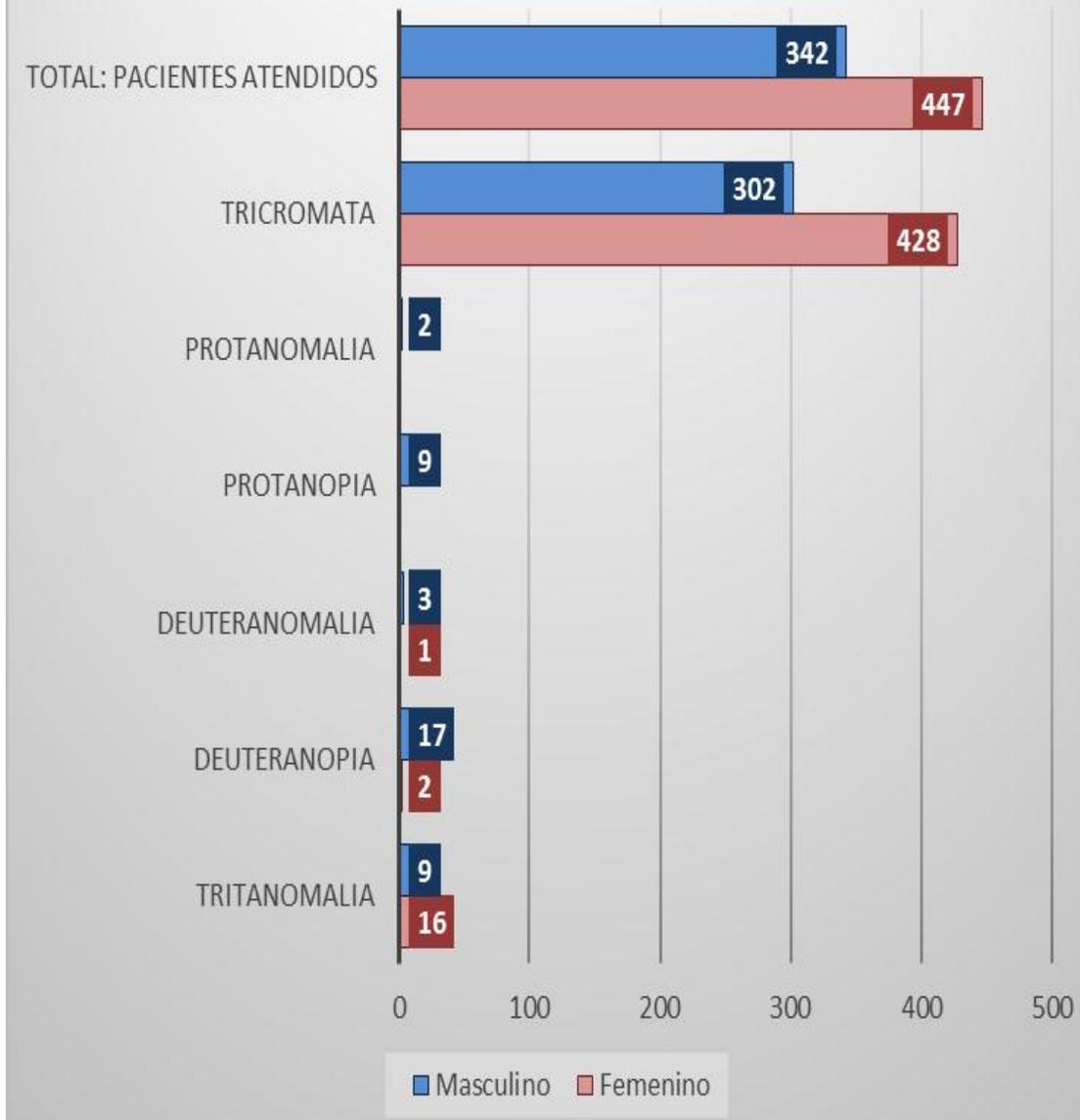
**Tabla 8.** Discromatopsias adquiridas en mujeres (FES Iztacala).

En cuanto a los varones, 40 tuvieron alguna discromatopsia, 31 discromatopsias congénitas (2 protanómalos, 9 protanopes, 3 deuteranómalos y 17 deuteranopes) y 9 discromatopsias adquiridas (tritan), siendo estos últimos 8 pacientes de la tercera edad y un niño con síndrome crouzon.

	GÉNERO	EDAD	DISCROMATOPSIA	PATOLOGÍA	MEDICAMENTOS
1	M	65	AO TRITANOMALIA	HIPERTENSIÓN	CAPTOPRIL
2	M	63	AO TRITANOMALIA	RETINOPATÍA DIABETICA AO	
3	M	81	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA		
4	M	9	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA	SX CROUZON	
5	M	56	OD TRICROMATA, OI TRITANOMALIA		
6	M	87	OD TRICRÓMATA OI TRITANOMALIA	HIPERTENSIÓN	ENALAPRIL COMPLEJO B
7	M	49	OD TRITANOMALIA OI TRITANOPIA	VITRECTOMIA	
8	M	66	OD TRITANOPIA OI TRITANOMALIA	ENF. DE STARGARDT (DEGENERACION MACULAR JUVENIL)	
9	M	74	OD TRITANOMALIA OI TRICRÓMATA	CATARATA OD	

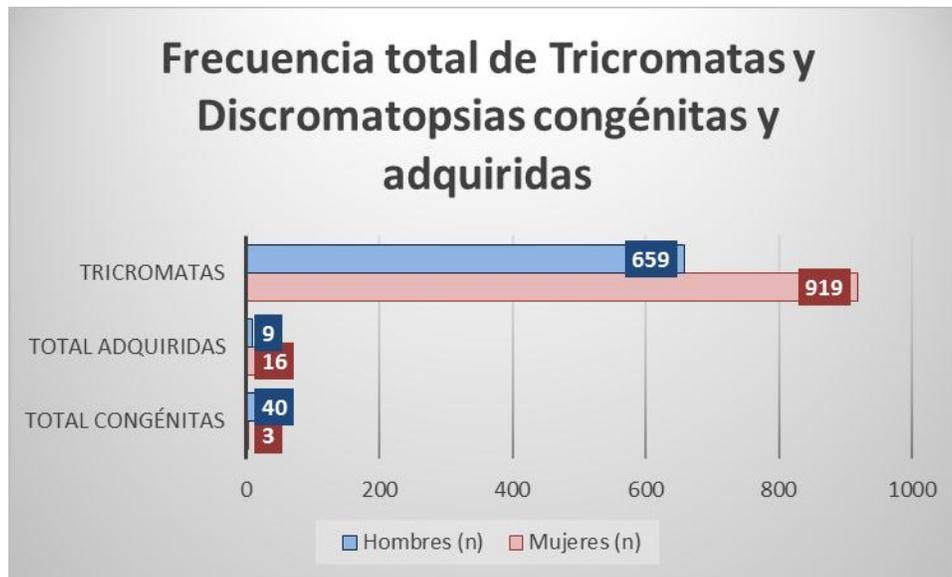
**Tabla 9.** Discromatopsias adquiridas en hombres (FES Iztacala).

# Clínica de optometría FESI, UNAM DISCROMATOPSIAS



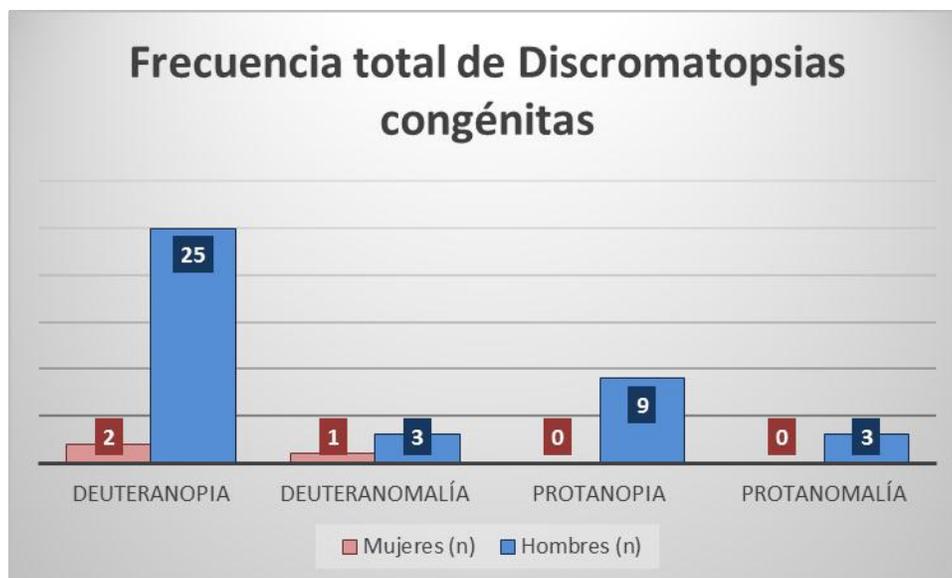
**Grafico 9.** Discromatopsias (FES Iztacala).

El siguiente gráfico muestra el total de pacientes atendidos en las tres instituciones (n=1646), y las discromatopsias congénitas y adquiridas.



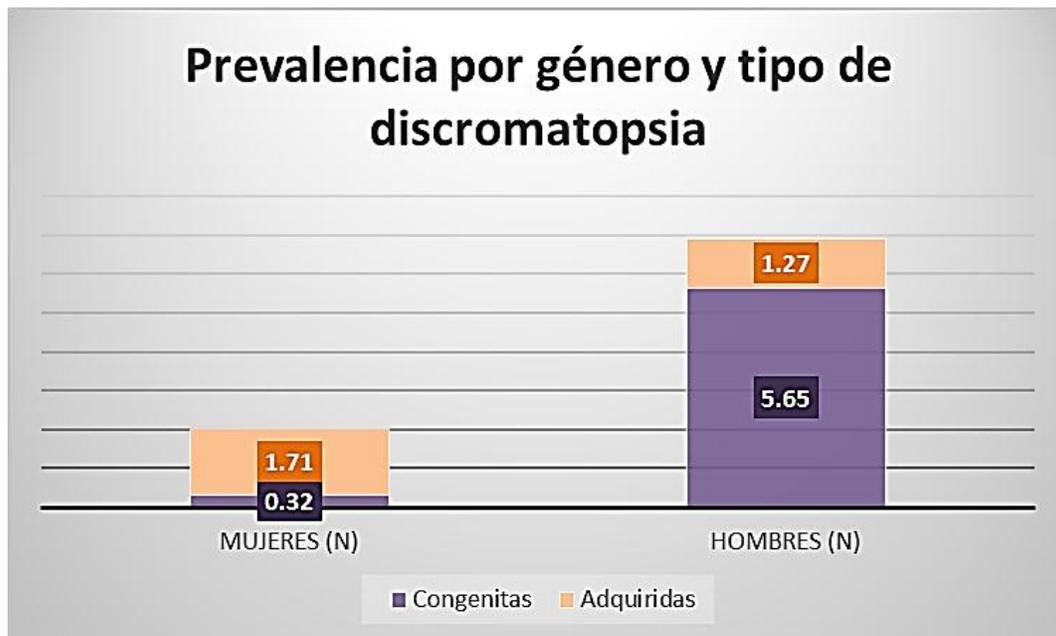
**Grafico 10.** Frecuencia total de Discromatopsias.

Obtenido del grafico anterior, se subdividen los diferentes tipos de discromatopsias Congénitas (Deuteranomalía, Deuteranopia, Protanomalía y Protanopia).



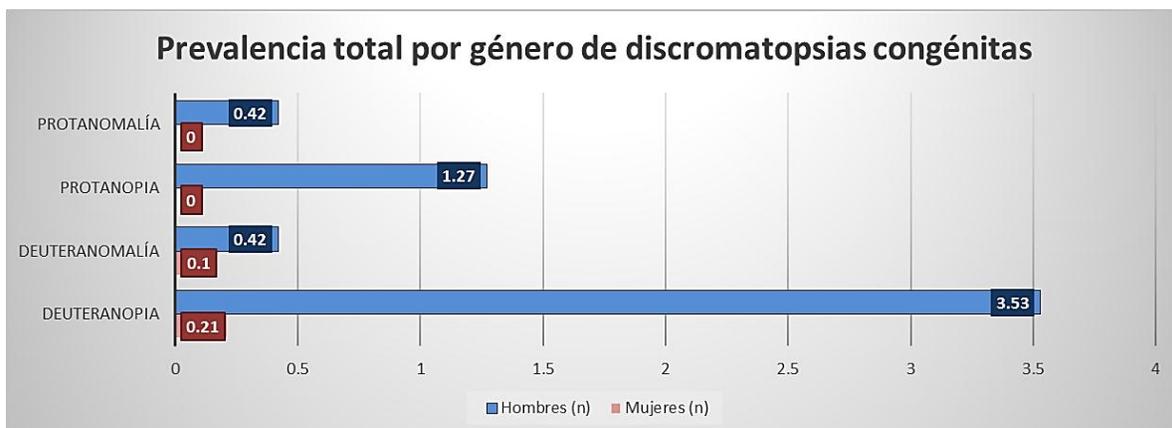
**Grafico 11.** Frecuencia total de Discromatopsias congénitas.

El siguiente gráfico muestra la prevalencia total por género y tipo de discromatopsia, ilustrando la elevada prevalencia de discromatopsias congénitas en hombres.



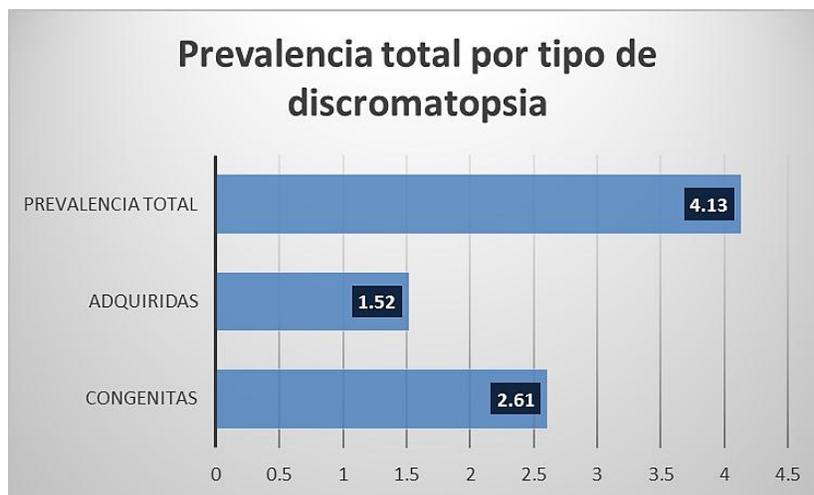
**Gráfico 12.** Prevalencia por género y tipo de discromatopsia.

A continuación el gráfico muestra que la ceguera en hombres al color verde tiene la mayor prevalencia.



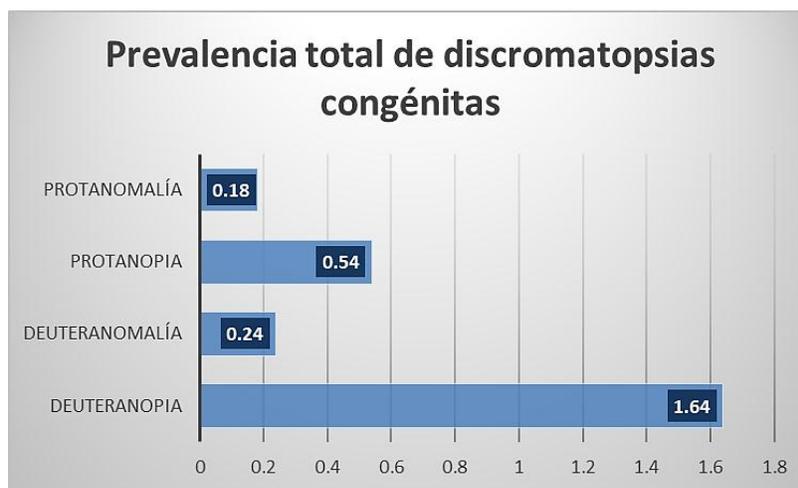
**Gráfico 13.** Prevalencia total por género de discromatopsias congénitas.

La mayor prevalencia pertenece a las discromatopsias congénitas, y el gráfico muestra que la prevalencia del presente trabajo resulto ser de 4.13.



**Gráfico 14.** Prevalencia total por tipo de discromatopsia.

Por último, la mayor prevalencia, en cuanto a las discromatopsias congénitas fue 1.64 con respecto a la ceguera al verde.



**Gráfico 15.** Prevalencia total de discromatopsias congénitas.

Las siguientes tablas muestran las probabilidades de que los pacientes discrómatas encontrados en el presente estudio sean portadores de la misma.

La primera tabla representa las mujeres, y muestra que la probabilidad más alta se encuentra en la ceguera al color verde.

Tipo	Mujeres (n)	n/normales (p)	q = 1-p	(%)Probabilidad de ser portador $2pq(100)$
Deuteranopia	2	0.002176279	0.99782372	0.43
Deuteranomalia	1	0.001088139	0.99891186	0.22
Protanopia	0	0	1	0.00
Protanomalia	0	0	1	0.00

**Tabla 10.** Probabilidad de mujeres de ser portadoras.

La segunda tabla representa la probabilidad de los varones de ser portadores, siendo que la probabilidad en los rojos y los verdes se encuentra presente, mostrando una alta probabilidad en las cegueras de ambos colores.

Tipo	Hombres (n)	n/normales (p)	q = 1-p	(%)Probabilidad de ser portador $2pq(100)$
Deuteranopia	25	0.037936267	0.96206373	7.30
Deuteranomalia	3	0.004552352	0.99544765	0.91
Protanopia	9	0.013657056	0.98634294	2.69
Protanomalia	3	0.004552352	0.99544765	0.91

**Tabla 11.** Probabilidad de hombres de ser portadores.

Por último se presenta la tabla global, que muestra que la mayor probabilidad de ser portador, con 3.36% con respecto a la ceguera al color verde.

Tipo	Casos (n)	n/normales (p)	q = 1-p	(%)Probabilidad de ser portador $2pq(100)$
Deuteranopia	27	0.017110266	0.98288973	3.36
Deuteranomalía	4	0.002534854	0.99746515	0.51
Protanopia	9	0.005703422	0.99429658	1.13
Protanomalía	3	0.001901141	0.99809886	0.38

**Tabla 12.** Probabilidad global de ser portador.

## DISCUSIÓN

En el caso de las discromatopsias congénitas el porcentaje es mayor en el género masculino, esto se debe por la dominancia genética. La prevalencia mundial varía del 2.5 a 8.7% en el sexo masculino y 0.2 a 0.4% en el sexo femenino.<sup>4, 5, 13, 18, 19, 27</sup>

Encontrando en el presente trabajo prevalencias en las discromatopsias congénitas de 5.65 % en hombres y 0.32% en mujeres. Esto es, que la prevalencia de las discromatopsias congénitas del presente trabajo se encuentra en el rango medio mundial.

Ahora bien, el presente trabajo encontró que la prevalencia en discromatopsias adquiridas es mayor en las mujeres que en los hombres (mujeres 1.71% y hombres 1.27%) a diferencia de estudios donde se dice que es similar tanto en hombres como en mujeres <sup>5,13,18,27</sup> probablemente, porque en el presente estudio la cantidad de mujeres evaluadas fue mayor que la de hombres.

Con respecto a la prevalencia de alteraciones adquiridas la literatura solamente menciona que son mayores las tritanomalías sin mencionar estudios con resultados.<sup>12, 16</sup>

El presente estudio encontró una prevalencia de discromatopsias congénitas en el sexo masculino de 5.65% en comparación con los diferentes grupos étnicos, que encontraron que los varones caucásicos tienen una prevalencia de 5.6%, los asiáticos un 3.1%, y los varones hispanos 2.6% y el grupo de menor prevalencia los afroamericanos con el 1.4%.<sup>19, 27</sup>

Estudios mundiales con otros autores refieren que la prevalencia más alta corresponde a los checoslovacos con un 10.5%, estando el resto de Europa alrededor del 8 % y España con un 9% de la población masculina. Los chinos, japoneses y filipinos presentan una prevalencia de entre un 4 a 5 %, los esquimales tienen la cifra más baja con tan solo 1% de su población.<sup>4</sup> Teniendo el presente trabajo, exactamente la misma prevalencia de los caucásicos.

Las referencias indican que las frecuencias normalmente altas de 5.43 y 7% observadas se deben a un alto factor de mestizaje, que es justamente lo que ocurrió en el presente estudio; por lo que es necesario tener una muestra significativa para reducir el margen de error. Es por eso que investigaciones realizadas en México refieren que mientras el grupo sea menos mestizado, más baja es la incidencia de este defecto.<sup>11,13</sup>

Lagunas en un artículo realizado en 1984 revisó los estudios elaborados del año 1933 hasta 1984 en diversas poblaciones mexicanas, encontrando que se realizaron muestras desde 25 hasta 1649 sujetos, con prevalencias de 0.0 a 9.80%, este último en una muestra de 51 personas evaluadas, lo cual indica que existían muestras no representativas con una prevalencia alta de discromatopsias. Así mismo se realizó otro estudio de diferencias raciales a nivel mundial, donde la Serie de Miles Von Planta examinó a 2000 personas, de las cuales 159 resultaron discrómatas, dando un porcentaje de 7.95% en incidencia de discromatopsias, a diferencia del estudio realizado en Islas Loyalty donde únicamente se examinó a 11 personas y 3 son discrómatas, pudiendo ser entre ellos familiares y por eso obtener tal número de discrómatas, pero al tener una muestra tan pequeña, es poco confiable, ya que se necesita tener una variedad de familias o personas para obtener datos reales. A mayor “n”, los resultados serán mejores.

## **CONCLUSIONES**

Se puede concluir que los estudios de prevalencia de discromatopsias deben realizarse subdividiéndolas, y utilizando diferentes pruebas puesto que la literatura en su mayoría revisa discromatopsias congénitas evaluadas con Ishihara solamente.

Es importante conocer la probabilidad de los discrómatas de ser portadores, para poner atención en sus descendientes.

Habría de controlarse las variables durante el estudio para tratar de que sea lo más exacto posible, la mayoría de los estudios utilizaron Ishihara como prueba, pero no

se sabe la iluminación que se utilizó, la distancia de trabajo, la edad de la prueba, etc.

Lo ideal es que se evalúe a los pacientes desde niños, para que de esta forma se oriente a los padres sobre la enseñanza de los colores con utilización de analogías.

Es importante indicar que en las discromatopsias congénitas aunque la muestra de pacientes mujeres fue mayor que la de los hombres, la prevalencia es mayor en los hombres por el factor hereditario.

Y en cuanto a las discromatopsias adquiridas, fue más alta la prevalencia en mujeres, atribuyendo esto a la mayor cantidad de asistencia a consulta; y presentándola en edades de más de 46 años; o asociadas a alguna patología ocular; inclusive se presentaron dos menores niñas con catarata congénita y un varón con síndrome crouzon.

Enfermedades sistémicas como diabetes e hipertensión contribuyen a discromatopsias de tipo adquirido.

La prevalencia encontrada en cuanto a discromatopsias congénitas en comparación con la literatura es menor (2.61); sin embargo si utilizamos la prevalencia total encontrada, es decir tanto discromatopsias congénitas como adquiridas aumenta a 4.13, siendo también menor que la indica la literatura.

En México se desconoce la temática de las discromatopsias, por lo que es conveniente seguir realizando estudios, posiblemente por Estado, para que el mestizaje sea menor y la prevalencia más exacta.

## REFERENCIAS:

1. Carrera de Optometría: Antecedentes.  
[http://optometria.iztacala.unam.mx/opt\\_antecedentes.php](http://optometria.iztacala.unam.mx/opt_antecedentes.php)
2. Peralta RJR. Inicio de la optometría en Europa y México. Blog la optometría y su alcance México: Peralta JR; c1993 [actualizada 20 agosto 2009; consultado 20 enero 2017]. Consultado en:  
<http://alcanceoptometria.blogspot.mx/2009/08/inicio-de-la-optometria-en-europa-y.html>
3. Martínez CJ. Manual de buenas prácticas clínicas del óptico-optometrista [internet] Disponible en:  
<http://www.coooc.cat/fotos/Manual%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas.pdf>
4. Castro A, Romero M, Domínguez M. Estudio epidemiológico de las discromatopsias congénitas en escolares. Rev. San Hig Pub. Sep-Dic1992; 66(No. 5-6): pp. 273-279.
5. Neuta GKA, Camacho MM. Prevalencia de alteraciones de la visión al color y de alteraciones visomotoras en tres localidades de Bogotá. Cien. Technol. Salud. Vis. Ocul. Ene-Jun 2012; 10(No. 1) pp. 123-132.
6. Moreno OMJ, Sánchez, FVA. Prevalencia de daltonismo en estudiantes de las unidades educativas [Tesis]. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Medicina; 2015.
7. Chaves L, Carvalho i. Comparación de la eficiencia de las pruebas de visión al color en discromatopsia hereditaria; reporte de un caso.2008.

8. Bailey, J. Deficiencia de la visión en color. Una guía concisa para la Optometría y la Oftalmología. 2010
9. Kaleydoscopio [internet]. México: Kaleydoscopio; c2014. Niños caucásicos de EU, más propensos a daltonismo. [consultado 22 enero 2017]. Disponible en: <https://www.kaleydoscopio.mx/index.php/archiveros/el-dato/item/1584-ni%C3%B1os-caucasicos-de-eu-mas-propensos-a-daltonismo>
10. El Universal [internet]. México: El Universal; c10 marzo 2008. En México más de dos millones de hombres padecen daltonismo. [citado 22 enero 2017]. Disponible en: <http://archivo.eluniversal.com.mx/articulos/46010.html>
11. Aréchiga J. Frecuencia de discromatopsias entre los mayas de Quintana Roo. 1967; Centro de Estudios Maya UNAM. 1967; X (7): 31-39.
12. Lagunas Z. Las discromatopsias en las poblaciones mazahua, otomí y mestiza del noroeste del estado de México. Dpto. de Antropología física INAH, México. 1984:185-197.
13. Jiménez A, Hinojosa L, Peralta E, García P, Flores Y, et al. Prevalencia de daltonismo en niños de escuelas públicas de México: detección por el personal de enfermería. Ciencia UANL. 16; 2013, Oct-Dic (64):140-144.
14. OMS [internet]. Epidemiología <http://www.who.int/topics/epidemiology/es/>
15. Moreno A, López S, Corcho A. Principales medidas en epidemiología. Salud Pública de México. Jul-Ago. 2000; 42(4):109-120.
16. Deficiencia de la visión en color; Richmond Products. Disponible en: [http://www.richmondproducts.com/files/8713/4446/6252/FOR\\_CD\\_AND\\_WEB--Spanish\\_Color\\_Vision\\_Tutorial.pdf](http://www.richmondproducts.com/files/8713/4446/6252/FOR_CD_AND_WEB--Spanish_Color_Vision_Tutorial.pdf)

17. Solís A, Ramírez L, Valdez T, Seijo E, Voorduin S, López E. Funciones visuales en portadores del virus de inmunodeficiencia humana. ARCH SOC ESP OFTALMOL [INTERNET]. 2011 (citado dic 2016);86(4):103–106  
Disponible  
en: <http://scielo.isciii.es/pdf/aseo/v86n4/original1.pdf>
18. Castro A, Romero M, Domínguez M. Estudio epidemiológico de las discromatopsias congénitas en escolares. Rev. San Hig Pub. 1992; 66(5-6): 273-279.
19. Catalán M, Marín D, Ortí S. Diseño de un test psicofísico para la detección de anomalías cromáticas. Gaceta Óptica. Septiembre 2009;(440):18-24.
20. Vanguardia [homepage en Internet]. México: Daltonismo, una enfermedad masculina. C2012. Disponible en:  
<http://www.vanguardia.com.mx/daltonismounaenfermedadmasculina-1345289.html>
21. Sakmar, T. Capítulo 23: Visión Cromática. En: Kaufman P, Alm A, editores. Adler, Fisiología del ojo, aplicación clínica. Madrid: Elsevier; 2004. P. 578-585.
22. Copro [homepage en internet]. Nueva York: Regla de Köllner. Defectos de visión color adquirido en glaucoma. 2004 [consultado en 9-enero-2017].  
Disponible en: [http://copro.com.ar/Regla\\_de\\_Kollner.html](http://copro.com.ar/Regla_de_Kollner.html)
23. Luna D, Tudela P. Capítulo 2 Percepción visual (pp. 59 - 103) En: La percepción del color. Madrid: Trotta. 2006.
24. Valenzuela M. Anomalías en la visión del color [internet]. En: publica tus libros.com; 2008: p. 1-29.

25. Bruce E. Capítulo 9: Visión al color (pp 201-227) En: Sensación y Percepción. México: Cengage Learning Edit; 2011.
26. Pardo, P. Realización y validación de un programa informático para la detección de deficiencias en la visión de los colores. [Tesis de licenciatura]. España: Universidad de Extremadura. Febrero 2000.
27. Flores R, Swayner R, Sanchez A, Cadillo, R. Estudio de discromatopsias en postulantes a la marina de Guerra del Perú. Boletín de la sociedad peruana de medicina interna. 1999; 12(2).
28. García P, Guzmán J, Cruz H, Bolívar J, Casas L, et al. Alteraciones neurotoxicológicas y pruebas de visión cromática en pacientes consumidores de alcohol. Rev. Teoría y Praxis Inv. Jul-Dic 2010; 5(2):21-27.
29. Montenegro M, Barón G. Caracterización de las alteraciones en la visión de colores en una población cautiva. [Tesis de especialidad oftalmológica]. Colombia: Universidad de la Sabana. Agosto 2011.
30. Weiner J.S; Lourie J.A; Human Biology. A guide to field methods. Handbook. EEUU.: Blackwell scientific publications, Oxford. 1969.

# APÉNDICE 1

## Carta de consentimiento Primaria Lic. Isidro Fabela

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo \_\_\_\_\_ declaro libre y voluntariamente que se me ha explicado la conveniencia de que mi hij@ participe en el estudio de PERCEPCIÓN AL COLOR que se realizara en la Escuela Primaria Isidro Fabela; dirigido por la Dra. Myrna Miriam Valera Mota adscrita a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, cuyos objetivos consiste en:

- Evaluar la discriminación tricrómata en niños sanos con 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 niños con respecto a su percepción a los colores.

Estoy consciente de que los procedimientos, pruebas y tratamientos, 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 mi hij@. Entiendo que del presente estudio se derivaran los siguientes beneficios:

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

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

Nombre del Padre o Tutor

Firma \_\_\_\_\_

Cd. Nezahualcóyotl, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Nombre del niño \_\_\_\_\_

Acepta el niño? \_\_\_\_\_

## APÉNDICE 2

### Carta de consentimiento Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

#### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo \_\_\_\_\_ declaro libre y voluntariamente que se me ha explicado la conveniencia de participar en el estudio de **PERCEPCIÓN AL COLOR** que se realizara en el **Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo**; 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.

## APÉNDICE 3

### Carta de consentimiento Clínica de Optometría de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

#### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo \_\_\_\_\_ declaro libre y voluntariamente que se me ha explicado la conveniencia de participar en el estudio de **PERCEPCIÓN AL COLOR** que se realizara en la **Clínica de Optometría**; 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.

Los Reyes Iztacala, 2017

## APÉNDICE 4

### Comisión de Ética



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala  
**COMISIÓN DE ÉTICA**



Los Reyes Iztacala a 07/09/2017

Oficio: CE/FESI/092017/1202

**DRA. VALERA MOTA MYRNA MIRIAM**

Presente:

En atención a su solicitud de aval, por la Comisión de Ética de esta facultad, para su proyecto denominado **Propuesta de innovación en pruebas para detectar alteraciones de percepción al color en humanos, que va a someter a PAPIIT 2016.**

Esta comisión acordó la siguiente opinión técnica:

**Avalado sin recomendaciones**

Sin otro particular por el momento, quedamos a sus órdenes para cualquier aclaración y aprovechamos la oportunidad para enviarle un atento saludo y nuestro respeto académico.

Atentamente

M. en C. María Eugenia Isabel Heres y Pulido  
Presidente



## APÉNDICE 5

### Historia clínica de visión al color



# HISTORIA CLINICA VISION AL COLOR



Fecha: \_\_\_\_\_ No. de Exp: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_ Acompañante y Parentesco: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ Maneja Automóvil: \_\_\_\_\_

Consumos

Bebidas Alcohólicas: \_\_\_\_\_

Drogas: \_\_\_\_\_ ¿Cuál?: \_\_\_\_\_

Fuma: \_\_\_\_\_ ¿Cuántos?: \_\_\_\_\_ Frecuencia: \_\_\_\_\_

¿Está Embarazada?: \_\_\_\_\_

¿Toma Pastillas Anticonceptivas?: \_\_\_\_\_ ¿Hace Cuánto?: \_\_\_\_\_

¿Sabe si tiene algún problema de percepción al color? \_\_\_\_\_

¿Quién se dio cuenta? \_\_\_\_\_

¿Hace cuánto? \_\_\_\_\_

¿A qué colores han identificado que tiene problemas? \_\_\_\_\_

¿Alguien de su familia tiene problemas de visión al color? \_\_\_\_\_

Antecedentes de Salud

Familiares:

DIABETES  HIPERTENSION  EPILEPSIA  HEMOFILIA  OTROS

¿Quién? \_\_\_\_\_

Oculares:

CATARATA  GLAUCOMA  RETINOPATIA  OTROS

Personales: \_\_\_\_\_

DIABETES  HIPERTENSION  EPILEPSIA  HEMOFILIA  OTROS

Oculares:

CATARATA  GLAUCOMA  RETINOPATIA  OTROS

¿Está bajo tratamiento?: \_\_\_\_\_

¿Cuándo lo inició y cómo lo administra?: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

En caso de ser paciente pediátrico:  
¿La madre llevó una buena alimentación durante el embarazo?

Tiempo de gestación: \_\_\_\_\_

PARTO  CESAREA

¿Complicaciones? \_\_\_\_\_

¿Hubo algún tratamiento?: \_\_\_\_\_

¿El niño tiene algún padecimiento?: \_\_\_\_\_

Tratamiento actual: \_\_\_\_\_

¿La madre estuvo en contacto con alguna sustancia tóxica durante el embarazo?: \_\_\_\_\_

¿En qué mes de gestación? \_\_\_\_\_

¿La madre fumaba tabaco o marihuana durante la gestación? \_\_\_\_\_

¿En qué mes de gestación? \_\_\_\_\_

	Refracción	ADD	AV
OD			
OI			

PRUEBAS:

D-15

**OJO DERECHO**



**SATURADA** \_\_\_\_\_

**DESATURADA** \_\_\_\_\_

**OJO IZQUIERDO**



**FECHA** \_\_\_\_\_

**OJO DERECHO**

**OJO IZQUIERDO**

**SATURADA** \_\_\_\_\_

**DESATURADA** \_\_\_\_\_

**FECHA** \_\_\_\_\_

H.R.R.

HRR Lentes pseudocromáticas

NOMBRE \_\_\_\_\_ EDAD \_\_\_\_\_ EXAMINADOR \_\_\_\_\_

OJO DERECHO

Lentes 1 a 4 Serie de Demostración  
Cuatro Lentes de prueba, no utilizadas en el resultado final.

**SERIE DE DEMOSTRACION**

Lente	Filtro	Prueba		Resultado
		Proxim	Distal	
1	10.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Análisis de la serie de demostración: Normal _____ Defecto: _____ A.A. _____ A.A. _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	10.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Regulación de la serie de demostración: Normal _____ Defecto: _____ Filtro: _____ Total: _____ No Clasificado: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	10.3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	10.4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	10.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	10.6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

OJO IZQUIERDO

Lentes 1 a 4 Serie de Demostración  
Cuatro Lentes de prueba, no utilizadas en el resultado final.

**SERIE DE DEMOSTRACION**

Lente	Filtro	Prueba		Resultado
		Proxim	Distal	
1	10.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Análisis de la serie de demostración: Normal _____ Defecto: _____ A.A. _____ A.A. _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	10.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Regulación de la serie de demostración: Normal _____ Defecto: _____ Filtro: _____ Total: _____ No Clasificado: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	10.3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	10.4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	10.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	10.6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Total: _____
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



MATSUBARA

Marca las figuras que el paciente pueda reconocer

	No.	Normal	
OD	1	Cerezos	<input type="checkbox"/>
	2	Conejo	<input type="checkbox"/>
	3	Tortuga	<input type="checkbox"/>
	4	Cangrejo	<input type="checkbox"/>
	5	Tulipán	<input type="checkbox"/>
	6	Pájaro	<input type="checkbox"/>
	7	Perro	<input type="checkbox"/>
	8	Pescado	<input type="checkbox"/>
	9	Elefante	<input type="checkbox"/>
	10	Mariposa	<input type="checkbox"/>
Dx _____			
	No.	Normal	
OI	1	Cerezos	<input type="checkbox"/>
	2	Conejo	<input type="checkbox"/>
	3	Tortuga	<input type="checkbox"/>
	4	Cangrejo	<input type="checkbox"/>
	5	Tulipán	<input type="checkbox"/>
	6	Pájaro	<input type="checkbox"/>
	7	Perro	<input type="checkbox"/>
	8	Pescado	<input type="checkbox"/>
	9	Elefante	<input type="checkbox"/>
	10	Mariposa	<input type="checkbox"/>
Dx _____			

DIAGNOSTICO DE VISION AL COLOR					
OJO	NUMERO DE FIGURAS EN LA COMBINACION DE LAS FIGURAS DE OCHO	NUMERO DE FIGURAS EN LA COMBINACION DE LAS FIGURAS DE DIEZ	TIPO	SEÑALACION	DISCRIMINACION DEL COLOR
OD					
OI					

Examinó \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## GLOSARIO

1. **BASTÓN.-** Célula fotorreceptoras de la retina que se conecta con una célula bipolar. Contiene rodopsina y está implicada con la visión escotópica.
2. **COLOR.-** Apreciación subjetiva.
3. **DEUTERANOMALIA.-** Deficiencia al amarillo-verde
4. **DEUTERANOPE.-** Ceguera a longitudes de onda medias: amarillo-verde
5. **DROGA.-** Sustancia psicoactiva que puede modificar pensamiento o emociones y cambiar comportamientos o la manera de ser, produciendo dependencia psíquica y física.
6. **INCIDENCIA.-** Es la *frecuencia de nuevos casos* de un trastorno en determinado tiempo. la información es relevante para conocer la posibilidad de desarrollar la enfermedad.
7. **PREVALENCIA.-** Es el número de individuos que *presentan* determinado trastorno en un momento dado y proporciona información sobre la posibilidad de padecer la enfermedad por su tiempo de duración y estima el coste en enfermedades crónicas.
8. **PROTANOMALIA.-** Deficiencia al rojo intenso-amarillo verdoso
9. **PROTRANOPE.-** Ceguera a longitudes de onda largas: rojo intenso- amarillo verdoso
10. **SATURACION.-** Intensidad o pureza.
11. **TETARTAN.-** Se refiere a una persona con tetartanopía o tetartanopsia, condiciones y términos teóricos para un tipo de ceguera amarillo-azul en el que hay dos puntos neutros.
12. **TONO.-** Longitud de onda, dominante del color.
13. **TRICROMATA NORMAL.-** Capacidad de distinguir todo el espectro visible, por la presencia y funcionamiento correcto de los tres tipos de fotorreceptores en retina.
14. **TRITANOMALIA.-** Deficiencia al azul
15. **TRITANOPE.-** Ceguera a longitudes de onda cortas: azules
16. **VALOR O BRILLO.-** Claridad y oscuridad.
17. **VISION AL COLOR.-** Estimulación del ojo y sistema nervioso, sensible a determinada longitud de onda.

## INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. Distribución global de la deficiencia al color congénita en hombres.	11
IMAGEN 2. Herencia: Discromatopsia congénita.	12
IMAGEN 3. Espectro visible.	20
IMAGEN 4. Absorción y reflexión.	21
IMAGEN 5. Newton y sus experimentos con prismas.	22
IMAGEN 6. Circulo de Newton.	22
IMAGEN 7. Colores aditivos y sustractivos.	23
IMAGEN 8. Sistema CIE.	25
IMAGEN 9. Conos y bastones.	26
IMAGEN 10. Visión cromática dependiendo el tipo de anomalía.	35

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Incidencia de las discromatopsias en varones de diversas poblaciones mexicanas.	13
TABLA 2. Diferencias raciales en la ceguera al color en diferentes poblaciones (series masculinas).	17
TABLA 3. Causas de discromatopsias adquiridas.	29
TABLA 4. Drogas que afectan la visión cromática.	30
TABLA 5. Características y dif. entre anomalías congénitas y adquiridas.	31
TABLA 6. Clasificación de la deficiencia de la visión en color.	32
TABLA 7. Recursos humanos.	44
TABLA 8. Discromatopsias adquiridas en mujeres (FES Iztacala).	52
TABLA 9. Discromatopsias adquiridas en hombres (FES Iztacala).	53
TABLA 10. Probabilidad de mujeres de ser portadoras.	58
TABLA 11. Probabilidad de hombres de ser portadores.	58
TABLA 12. Probabilidad global de ser portador.	59

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1. Test HRR.	36
FOTOGRAFIA 2. Test de ordenación D15 saturado.	37
FOTOGRAFIA 3. D15 saturado y D15 desaturado.	38
FOTOGRAFIA 4. D15 ordenado correctamente por una persona Tricrómata.	38
FOTOGRAFIA 5. Segunda fase, registro de datos CCH Vallejo.	41
FOTOGRAFIA 6. Conferencias dirigidas a alumnos de CCH Vallejo.	42
FOTOGRAFIA 7. Test D15 aplicado en paciente de la Clínica de Optometría.	43

## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1. Frecuencia total (Primaria Isidro Fabela).	47
GRAFICO 2. Frecuencia total (CCH Plantel Vallejo).	47
GRAFICO 3. Frecuencia total (FES Iztacala).	48
GRAFICO 4. Frecuencia total (Global).	48
GRAFICO 5. Discromatopsias por sexo y escuela.	49
GRAFICO 6. Prevalencia por institución.	50
GRAFICO 7. Discromatopsias (Primaria Isidro Fabela).	51
GRAFICO 8. Discromatopsias (CCH Plantel Vallejo).	51
GRAFICO 9. Discromatopsias (FES Iztacala).	54
GRAFICO 10. Frecuencia total de discromatopsias.	55
GRAFICO 11. Frecuencia total de discromatopsias congénitas.	55
GRAFICO 12. Prevalencia por género y tipo de discromatopsia.	56
GRAFICO 13. Prevalencia total por género de discromatopsias congénitas.	56
GRAFICO 14. Prevalencia total por tipo de discromatopsia.	57
GRAFICO 15. Prevalencia total de discromatopsias congénitas.	57