



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**



CARRERA DE OPTOMETRÍA

**“EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR DIURNA Y NOCTURNA EN
PACIENTES CON ECTASIA CORNEAL SIN Y CON CORRECCIÓN CON
LENTE DE CONTACTO: CLÍNICA DE OPTOMETRÍA FES IZTACALA, UNAM”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN OPTOMETRÍA

PRESENTA

ANEL CARRILLO ACOSTA

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MYRNA MIRIAM VALERA MOTA

ASESORES:

AARON BAUTISTA DELGADO

PAOLA GUADALUPE GARCÍA GUÍZAR

DICTAMINADORES:

MARCO ANTONIO REYNOSO CASTRO

JUAN MAURICIO ORTÍZ JUÁREZ

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Cuántas palabras solo para decir todo lo que parecía casi imposible pero ahora agradezco haber llegado hasta aquí.

Por conocer a la Doctora M. Myrna Valera Mota quien creyó en mí para aterrizar todas las ideas que se contaron de a poco conformando ahora este proyecto, a sus enseñanzas y consejos mientras los relojes seguían en movimiento.

Al Proyecto de Inducción a la Investigación en Optometría (PIIO) por darme la primera oportunidad de acercarme a líneas de investigación siendo estudiante y conocer cada uno de los pasos que se sigue en busca de respuestas a todas aquellas hipótesis.

A Layla quien llega a darle luz a todas mis memorias más oscuras y que hasta la fecha todos sus recuerdos viajaran en mí, no hacía falta más, me alcanzaba para sentirme bien, ella me miraba y eso era la dicha plena, felicidad, amor.

Siempre a mi mamá, nunca encontraré todas las palabras para decir lo importante que es, lo valiente que ha sido siempre, por cada uno de mis pasos inculcando lo que ahora somos y sobre todo afrontar cada situación a su manera, la misma para darnos cariño, por ser paciente conmigo y darme una hermana increíble, porque Johana es mi heroína, con ella a mi lado la adversidad se vuelve nula y el miedo declina, es la memoria futuro que siempre querré escuchar.

Por supuesto a ti que eres mi presente y lo mejor que espero del futuro, todos aquellos ánimos que vuelan alto incitándome a seguir, tu mano que va de la mía creando el refugio a las ideas que vamos construyendo, a la libertad de aquello que la vida me da como una tregua para amarte, gracias Jaime por amarme de manera inefable, por reinventarnos día con día, por dejarme ser parte de tu ser.

Gracias totales...

ÍNDICE

Introducción	5
Glosario	6
Justificación	8
Planteamiento del Problema	9
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
Hipótesis	10
Antecedentes	11
Capítulo I: Córnea	14
Capítulo II: Manejo terapéutico de la ectasia corneal	27
Capítulo III: Visión al color	36
Metodología	44
Riesgo de la Investigación	44
Criterios de Selección	45
Fases del Estudio	45
Recursos Humanos	47
Recursos Materiales	48
Resultados	48

Discusión	55
Conclusiones	57
Referencias	58

Índice de gráficos

Gráfico 1. Género	48
Gráfico 2. Edad	49
Gráfico 3. Diagnóstico	49
Gráfico 4. Queratocono grado II	50
Gráfico 5. Queratocono grado III	50
Gráfico 6. Queratocono grado IV	50
Gráfico 7. Discromatopsias	51
Gráfico 8. Percepción de conos	53

Índice de tablas

Tabla 1. Percepción de conos C/LC	52
Tabla 2. Percepción de conos S/LC	52
Tabla 3. Percepción de conos Sin y Con /LC, Prueba T.	53
Tabla 4. Longitud de onda Sin y Con /LC, Prueba T.	54

INTRODUCCIÓN

El presente estudio es de tipo cuantitativo, transversal, se llevó a cabo en la clínica de optometría ubicada en la FES Iztacala UNAM, tiene como objetivo determinar la percepción al color tanto diurna como nocturna mediante pruebas pseudoisocromáticas, de ordenamiento, adaptación de conos y comparación de longitud de onda a partir del software PERCEPCROM, en pacientes diagnosticados con ectasia corneal, sin y con corrección de lentes de contacto.

De acuerdo con la investigación, ectasia corneal es una falla biomecánica crónica del tejido corneal, que engloba distintas atrofas que pueden ser inducidas o provocadas por diversos factores que resultan en la protuberancia, adelgazamiento y debilitamiento de una o ambas superficies corneales. Llegando a ocasionar astigmatismos irregulares que provocan una serie de síntomas como deslumbramientos, fotofobia, irritación, visión borrosa, visión doble y aberración cromática entre otros, dificultando la corrección solamente con lentes de armazón, recurriendo al uso de lentes de contacto rígido gas permeable y de especialidad, aunque en casos más avanzados se hace necesario algunos procedimientos quirúrgicos.

Por otro lado, las alteraciones cromáticas se denominan discromatopsias, pueden deberse a la total inactivación de un fotopigmento o bien a una alteración en el máximo de absorción, estas pueden ser hereditarias, es decir, consecuencia de una anomalía congénita o adquiridas por consecuencia de la exposición a ciertas sustancias químicas, traumatismo, o derivadas de enfermedades o distrofias oculares como ectasia corneal que podrían recorrer la longitud de onda provocando una afectación a los colores azul y amarillo.

El fin fue recabar datos cuantitativos para determinar como se comportaba la ectasia corneal respecto a diversos estímulos cromáticos evaluados en el gabinete de color con las pruebas específicas, ya que el área de visión al color es un tema poco explorado en la investigación a nivel nacional tomando en cuenta que existen diversos temas sobre alteraciones oculares tanto adquiridas como congénitas que propician discromatopsias, pero no a causa de ectasia corneal.

GLOSARIO

Aberración cromática: es un tipo de distorsión óptica provocada por la imposibilidad de una lente para enfocar todos los colores en un único punto de convergencia.

Aberrómetro: es un instrumento de complejos sistemas de análisis de ondas de luz que permiten analizar y cuantificar el conjunto de aberraciones ópticas que se generan dentro del sistema ocular, así mismo puede recrear ilustraciones gráficas que simulan cada una de ellas y describen el impacto sobre la calidad visual.

Acromatizante: del verbo activo transitivo acromatizar; se define como dar a una lente, cristal o un vidrio las propiedades acromáticas y descomposición de la luz, corrigiendo el cromatismo al elaborar instrumentos reflectores como el prisma.

Degeneración marginal pelúcida (DMP): es una ectasia corneal caracterizada por un adelgazamiento corneal inferior y una zona de máxima protrusión corneal localizada superiormente a dicho adelgazamiento.

Deuteranomalia: alteración de la percepción cromática de origen genético que afecta parcialmente la absorción del color rojo y verde, confundiéndose entre sí.

Deuteranopia: alteración de la percepción cromática de origen genético que afecta totalmente la absorción del color rojo y verde, confundiéndose entre sí.

Discromatopsia: es la alteración de la percepción cromática, pueden deberse a la total inactivación de un fotorpigmento determinado, o bien a una alteración en el máximo de absorción de este.

Ectasia corneal: es un grupo de procesos degenerativos no inflamatorios, que originan el progresivo adelgazamiento, debilitamiento y deformación de la córnea.

Fotorpigmento: son pigmentos inestables que sufren un cambio químico cuando absorben la luz y se refieren comúnmente a las proteínas fotorreceptoras de la retina.

Glucosaminoglicano: molécula de polisacáridos larga y no ramificada, son componentes estructurales importantes del cartílago y también se encuentran en la córnea del ojo a nivel estromal.

Longitud de onda: es la distancia física entre dos puntos a partir de los cuales la onda se repite. Se nombra por la letra griega lambda (λ).

Polimetilmetacrilato: es un polímero termoplástico altamente transparente, es estético y resistencia a las rayaduras.

Protanomalia: alteración de la percepción cromática de origen genético que afecta parcialmente la absorción del color rojo y verde, confundiendo entre sí.

Protanopia: alteración de la percepción cromática de origen genético que afecta totalmente la absorción del color rojo, lo cual hace que se confunda con el verde.

Pseudoisocromáticas: término médico que significa aparentar tener el mismo color, tinte o matiz sobre una superficie.

Queratocono: es la forma más frecuente de ectasia que produce un adelgazamiento de la córnea, se presenta de manera asimétrica, bilateral, degenerativa y provoca el aumento progresivo de la curvatura corneal, que adopta una forma cónica, produciendo una pérdida paulatina de visión.

Queratoglobos: ectasia corneal generalizada o difusa, extremadamente rara, bilateral que afecta a pacientes de ambos sexos, se caracteriza por adelgazamiento corneal, sin inflamación, difuso y de limbo a limbo.

Queratoplastia: es un trasplante de córnea en el cual se reemplaza parte de la córnea con tejido de la córnea de un donante.

Tetranomalia: deficiencia cromática de origen adquirido que afecta parcialmente a la percepción del color amarillo llegando a confundirlo con el azul.

Tritanomalia: deficiencia cromática de origen adquirido que afecta parcialmente a la percepción del color azul y amarillo llegando a confundirse entre sí.

Tritanopía: deficiencia cromática de origen adquirido que afecta totalmente a la percepción del color azul y amarillo.

JUSTIFICACIÓN

Es conveniente hacer referencia a la evaluación de visión al color en pacientes con diagnóstico de ectasia corneal y qué relación tiene con las discromatopsias para poder obtener datos sobre la situación actual de México ante este tema.

De acuerdo con algunos autores presentes en esta investigación, refiere que la prevalencia más alta a las discromatopsias a nivel mundial corresponde a los checoslovacos con un 10.5%, le siguen los españoles con alrededor del 8%, mientras que algunos estudios realizados en México refieren una prevalencia entre el 2.7% y 6.01% en varones y 0.5% en mujeres predominando las discromatopsias congénitas sobre las adquiridas.⁽²⁴⁾

Por otro lado, la ectasia corneal tiene una prevalencia variable en la población mundial que va desde 55 a 230 casos por cada 100 mil habitantes, siendo Argentina e Inglaterra los países con mayor número de casos diagnosticados.⁽¹⁴⁾

Debido a que no se encuentran investigaciones nacionales que hablen sobre la correlación de estos dos temas el presente estudio pretende hacer una evaluación sobre la percepción del color mediante pruebas pseudoisocromáticas y de ordenamiento para identificar el comportamiento de ésta a través de la reproducción de diversos estímulos cromáticos a pacientes diagnosticados previamente con ectasia corneal y que posteriormente fueron corregidos con lente de contacto; lo anterior con el fin de recabar datos cuantitativos que permitan obtener resultados certeros sobre la población mexicana estudiada que padece de ambas alteraciones y que podrían ayudar en la mejora de las técnicas de corrección de aberraciones oculares cromáticas ante una ectasia corneal.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de visión al color es un tema poco explorado en cuanto a la investigación a nivel nacional, si bien existen diversos temas sobre patologías oculares tanto adquiridas como congénitas que propician discromatopsias, ninguno se cuestiona sobre las alteraciones de la percepción al color tanto diurna como nocturna que se propician a causa de tener una ectasia corneal y tampoco es claro cómo se comporta la visión cromática cuando estas se corrigen por medio de lentes de contacto.

Con el paso de los años se han realizado diversos estudios sobre problemáticas referentes a patologías oculares, ectasia corneal y discromatopsias, pero solo algunos escritos se han enfocado en las discromatopsias adquiridas biológicas, en específico hay muy pocos escritos que hablen sobre las discromatopsias relacionadas a la ectasia corneal y la mayoría de ellos son internacionales. Tal como lo describe Mas David en 2005, su estudio menciona que alteraciones corneales como el queratocono vuelve la visión muy pobre y tiende a haber una disminución de la percepción a longitudes cromáticas de $m=550$ nm. Más adelante Mayorga al igual que Patricia Izquierdo hacen estudios en particular con pacientes de queratocono que son corregidos por lente de contacto rígido mencionando que mejoran significativamente las aberraciones monocromáticas de bajo y alto orden cuando el lente de contacto hace un enmascaramiento a la ectasia. Y aunque es una gran fuente de información que se tiene referente a las alteraciones corneales no hay escritos que hablen sobre que sucede con la medición de la percepción del color tanto diurna como nocturna al tener una atrofia corneal.

Es por esta razón que en el presente estudio se pretende saber si existen cambios que sean medibles y cuantificables en la percepción al color que serán evaluados con y sin luz en pacientes con algún tipo de ectasia corneal en una primera fase sin corrección y en la segunda con ayuda de la adaptación de lentes de contacto con la mejor corrección para cada caso que será proporcionada por los alumnos del diplomado de ectasia corneal de la FES Iztacala y evaluados por el módulo de visión al color.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la percepción del color diurna y nocturna mediante pruebas pseudoisocromáticas, de ordenamiento, adaptación de conos y comparación de la longitud de onda, en pacientes diagnosticados con ectasia corneal, sin corrección y con corrección con Lentes de Contacto.

Objetivos específicos

- Conocer los diferentes tipos de ectasia corneal que acuden para atención en el diplomado de Ectasia corneal.
- Evaluar mediante pruebas pseudoisocromáticas y de ordenación los tipos de discromatopsias.
- Medir la adaptación de conos a todos los pacientes atendidos sin y con lentes de contacto.
- Medir la longitud de onda (430, 450, 470, 510, 530, 550, 570, 580, 590, 650, 670 y 690) que perciben todos los pacientes con ectasia corneal sin y con lente de contacto.
- Comparar la longitud de onda percibida sin y con corrección óptica.

HIPÓTESIS

Al existir una ectasia corneal se alterará la aberración cromática modificando la percepción del color.

ANTECEDENTES

Anto Roca en 1996 en su trabajo desarrolla un sistema experimental de medida del frente de onda ocular con gran rango dinámico basado en un sensor Hartmann-Shack. Con él se miden las aberraciones oculares monocromáticas en dos grupos de sujetos: uno de jóvenes con ojos sanos y otro de sujetos que han sido intervenidos de trasplante corneal (queratoplastia penetrante). Se construyó un sistema experimental de medida de la aberración de onda ocular (aberrómetro) basado en el sensor Hartmann-Shack con iluminación infrarroja cercana al infrarrojo de 788.73 nm. Los resultados muestran una reducción generalizada de la aberración total en todos ellos empleando las lentes de contacto, si bien sólo se logró una reducción de las aberraciones de alto orden en el caso de los queratoconos que se tradujo en una mejora de la agudeza visual (superior al 50 %) respecto a la mejor corrección subjetiva con lentes de prueba estándar. Para el grupo de sujetos normales la agudeza visual disminuyó en un 10% respecto a la mejor corrección subjetiva con lentes de prueba estándar; en el grupo de sujetos con trasplante de córnea la agudeza visual era la misma para ambas correcciones. (1)

Mas David y colaboradores en 2005 hablan sobre determinar la aberración cromática en el ojo humano mediante el uso de la teoría de Fresnel, en el cual combinan datos reales de la morfología corneal como el grosor central del cristalino aunado a medidas biométricas sobre la longitud axial junto al cálculo numérico de la propagación. Analizaron la aberración cromática y calidad óptica que existía en diversos sujetos utilizando tres longitudes de onda diferentes correspondientes a; $s=450$ nm, $m=550$ nm y $l=650$ nm con una pupila natural de 4mm de diámetro. Obtienen como resultado que los cambios en la longitud de onda tienen poco efecto en las demás aberraciones, sin embargo, en el desenfoque y alteraciones corneales como el queratocono la visión se vuelve muy pobre y tiende a haber una disminución de la percepción a longitudes cromáticas de $m=550$ nm. (2)

Fernández Enrique y sus colaboradores en 2006 mencionan que se diseña una lente oftálmica acromatizante en el rango del infrarrojo cercano (700 a 900 nm), con

finas de mejora en la imagen. El análisis de los cálculos mostró una corrección casi perfecta para la aberración cromática longitudinal, manteniendo una alta calidad óptica. Dentro de la metodología que realizaron se estudiaron las aberraciones oculares en cinco sujetos que se han corregido con la lente acromatizante y sin ella, todo esto mediante el uso de un sensor de frente de onda Hartmann-Shack. Obtuvieron como resultado que los pacientes tienden a mejorar su visión de enfoque eliminando la aberración cromática y percibiendo mejor los colores rojos cercanos a los 700 nm, aunque en la vida diaria no notarían estos cambios por completo. ⁽³⁾

Mayorga Teresa en su estudio determina las variaciones que sufren las aberraciones corneales frente a un lente de contacto. Menciona que se estudiaron 24 ojos no usuarios de lentes de contacto, divididos en tres grupos: el primero con diagnóstico de queratocono y corregido con lentes rígidos esféricos, el segundo con diagnóstico de astigmatismo refractivo y corregido con lentes blandos tóricos y el tercer grupo son miopes corregidos inicialmente con lentes blandos esféricos y luego con lentes rígidos esféricos.

En particular los pacientes con queratocono corregidos con lente de contacto rígido mejoran significativamente las aberraciones monocromáticas corneales de bajo orden, y las de alto orden como: Coma, trifolio, coma secundario, trifolio secundario. Se realizó un análisis cualitativo y en este mismo grupo de pacientes el 68% de las aberraciones disminuyó con el lente de contacto, el 26% aumentó y el 6% permaneció igual. ⁽⁴⁾

Izquierdo Patricia en 2011 menciona en su estudio la evaluación de las aberraciones en pacientes con queratocono en dos fases; en la primera se evaluaron un total de 24 ojos con queratocono, comparando las aberraciones con y sin lentes de contacto rígidas permeables al gas (RGP). Las aberraciones de alto orden fueron medidas con un sensor del frente de ondas para una pupila de 4 mm. En la segunda fase igualmente se tomaron las medidas con dos gotas de lágrima artificial. Estos datos se compararon con un grupo control compuesto por 24 ojos.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las aberraciones entre lente de contacto y sin ella en los pacientes con queratocono. Sin embargo, no se

encontraron diferencias en la instilación de lágrima artificial en este grupo de queratocono, pero sí en el grupo control, observándose un aumento de las aberraciones con la instalación de la misma. ⁽⁵⁾

Los pacientes con queratocono muestran mayores aberraciones sin lente de contacto que con ella. Por lo tanto, las lentes de contacto (RGP), debido al enmascaramiento de las irregularidades corneales, producen una mejora de la calidad visual de estos pacientes. Sin embargo, estas aberraciones siguen siendo mayores que en ojos sanos, debido a las aberraciones residuales. De forma curiosa, aunque estos pacientes tengan una reducida calidad lagrimal, no muestran mejora significativa con lágrima artificial.

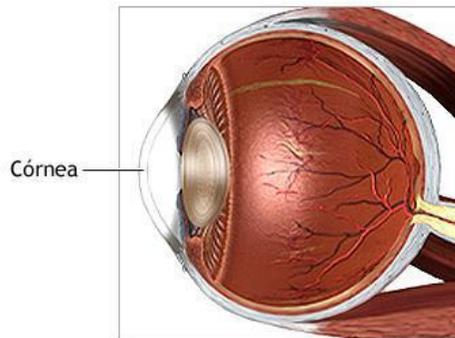
CAPÍTULO I: CÓRNEA

La córnea se asemeja al cristal de un reloj ya que su forma ideal de la superficie anterior es una elipse prolata ⁽⁶⁾, se ubica en la parte frontal del globo ocular, es una estructura avascular, transparente, está rodeada de fluidos; la zona anterior por la película lagrimal y el humor acuoso por la

parte posterior. Representa una sexta parte de la circunferencia del ojo, tiene una forma oval y su diámetro es mayor en el meridiano horizontal de 12mm y 11mm vertical. ⁽⁶⁾

Además, con una potencia de +48 D en su superficie anterior y -5.8 D en la posterior ⁽⁷⁾, es la estructura refractiva más importante

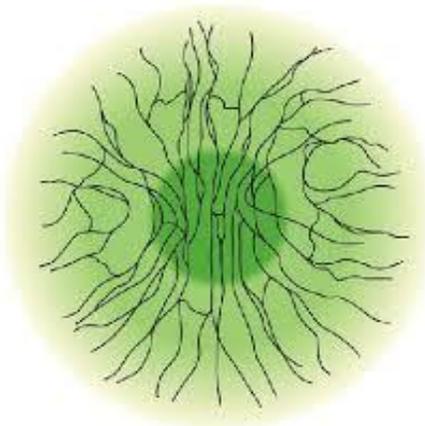
del ojo pues aporta 2/3 del poder dióptrico ⁽⁸⁾, su radio de curvatura anterior es de unos 7,8 mm, el posterior de 6,8 mm, mientras que su espesor central es de unos 0.5 mm a 0.6 mm y el espesor periférico alrededor de 0.7 mm. ⁽⁹⁾, alcanza el tamaño adulto en el primer año de vida. En cuanto al índice de refracción, cada capa de la córnea tiene su propio índice de refracción, pero puesto que el estroma es la capa más gruesa, su índice de refracción es el que predomina, este se sitúa en 1.376 un valor intermedio entre el colágeno (1.55) y la sustancia fundamental (1.34). ⁽¹⁰⁾ Tiene un contenido en agua de 78%, colágeno 15%, otras proteínas 5%. Se nutre del humor acuoso, película lagrimal y capilares limbares. En la periferia gradualmente se transforma en esclera, siendo el limbo la zona de transición entre ambas estructuras. ⁽¹⁰⁾



Su transparencia se debe a la perfecta colocación de las fibras de colágeno y la alteración de su estructura va a producir una influencia directa sobre sus propiedades ópticas, sobre todo en su transparencia ⁽¹¹⁾, dando lugar a una alteración más o menos importante, dependiendo del grado de afectación. Existen diferentes factores que determinan la estabilidad de la córnea y que se pueden definir en extra e intra-corneales, conjugados como fuerzas contrapuestas haciendo un equilibrio dinámico. Dentro de los factores extra-corneales, el más importante es la presión intraocular el cual ejerce una fuerza sobre la cara interna de la córnea.

Menos relevante resulta la presión atmosférica que actúa sobre la cara externa, a la que se suman los párpados, los músculos extraoculares, y el músculo ciliar que durante la acomodación produce un acortamiento del diámetro corneal e induce un cambio de curvatura equivalente a 0.60 a 0.72 dioptrías. ⁽¹²⁾

Está inervada por los nervios ciliares y otros nervios de la conjuntiva, los cuales son



ramificaciones del nervio (V) trigémino de la división oftálmica, su inervación es exclusivamente sensorial. Los nervios entran en la córnea por las capas estromales media y anterior y corren hacia delante en forma radial hacia el centro de la córnea. Los filamentos nerviosos en general no pierden su vaina de mielina hasta que han atravesado 1 mm o más de la córnea. Por ello, en la periferia de la córnea

pueden verse como fibrillas bastante gruesas. A medida que corren hacia la córnea, los nervios se dividen, perforan la membrana de Bowman y forman un plexo debajo del epitelio. Más adelante, las terminaciones nerviosas libres corren entre las células epiteliales. La densidad de nervios en la córnea es muy elevada, lo que la convierte en la estructura más sensible de todo el cuerpo humano ⁽⁹⁾, se calcula que hay una inervación sensitiva que es 300 veces mayor que la de la piel y 80 la del tejido dentario. La concentración de estas terminaciones es entre 20 y 40 veces mayor que la pulpa dental y entre 300 y 600 veces mayor que la piel, con mayor densidad en los 2/3 centrales de la córnea. Lo que indica que la lesión sobre una sola célula epitelial sería suficiente para provocar la percepción dolorosa. Cuando se dañan estas terminaciones, la regeneración no recupera exactamente la sensibilidad específica anterior. ⁽¹⁰⁾

La córnea tiene dos funciones fundamentales:

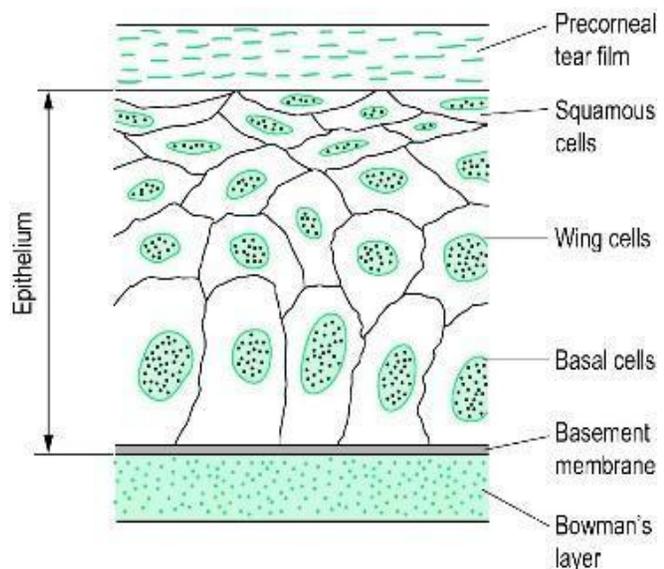
- a) Permitir la transmisión de la luz y, mediante la refracción, ayudar a su focalización en el fondo de ojo.
- b) Proteger las estructuras intraoculares. ⁽⁹⁾

Capas de la córnea

Epitelio

Es la capa más externa, es una estructura escamosa regular no queratinizada, bien organizada estructuralmente que tiene entre 5 y 7 capas de células epiteliales escamosas estratificadas al 5% que equivale al 0.05 mm del grosor total de la córnea, el epitelio y la película lagrimal forman una superficie ópticamente lisa, las uniones estrechas entre las células epiteliales superficiales impiden la penetración del líquido de la lágrima hacia el estroma. Se puede diferenciar tres zonas, de dentro a afuera, zona basal, media y superficial. ⁽⁶⁾

La zona basal está formada por una sola capa de células alargadas en forma de columna, tienen capacidad reproductiva y dan lugar con su división a la capa de células medias, segrega una fina e irregular membrana que separa estas células de la membrana de Bowman y a la que están firmemente unidas, están continuamente reproduciéndose cada 7 días aproximadamente, se ha renovado todo el epitelio corneal. La zona media está compuesta por 2-3 capas de células de forma poligonal alada, las cuales proceden de las basales. La zona más externa del epitelio es la superficial, formada por 2-3 capas de células escamosas poligonales que se van adelgazando a medida que se acercan a la superficie donde se descaman (Diariamente se descama un 14% del número de células del epitelio). ⁽¹¹⁾ Presentan fuertes puntos de unión son como una barrera epitelial y en la zona más superficial presentan microvellosidades y micropliegues que aumentan la superficie de absorción y mejoran la estabilidad de la película lagrimal ya que aumentan la adhesión de la capa mucínica. Tiene una gran capacidad regenerativa y en caso de lesiones se presenta desplazamiento celular. ⁽¹³⁾



El epitelio corneal cumple distintas funciones:

- Ópticas: transparencia y fuerte poder refractivo.
- Protección física de traumas externos.
- Barrera a los fluidos.
- Barrera a los microorganismos como: *Pseudomona aeruginosa*, *Streptococcus pneumoniae*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Haemophilus influenzae* y *Corynebacterium* spp 4.
- Estabilizador de la lágrima a través de las microvellosidades.

Membrana de Bowman

Está compuesta por fibrillas de colágeno (glicosaminoglicanos). Su espesor se encuentra entre 8 y 14 micras. Esta membrana presenta una gran resistencia a la acción traumática y a la penetración de gérmenes que pueden causar infecciones.

⁽¹¹⁾ Sólo está perforada de forma natural por fibras nerviosas que van a distribuirse entre las células del epitelio corneal para determinar la sensibilidad. Sin embargo, cuando es destruida no se regenera y es sustituida por epitelio corneal o por la formación de tejido cicatrizal, disminuyendo en esta zona la transparencia del tejido.

⁽¹¹⁾

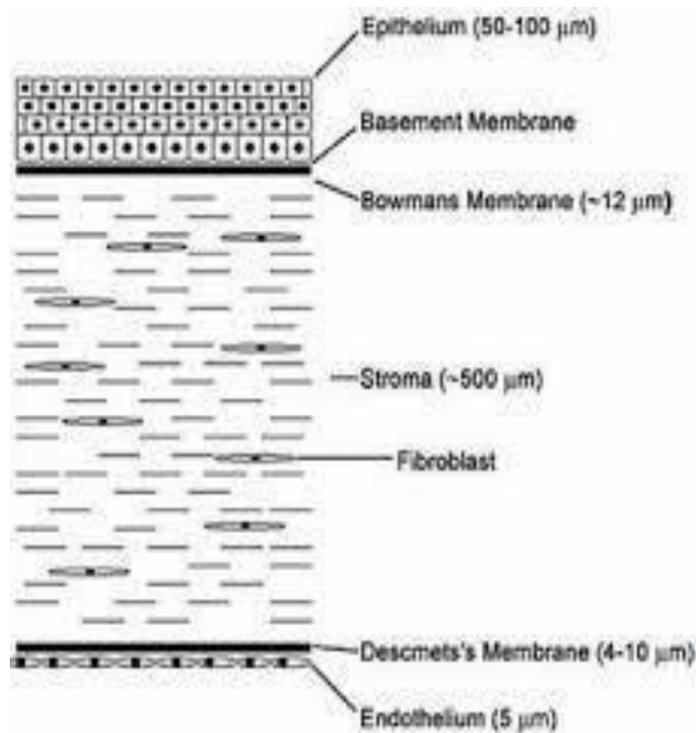
Estroma

El estroma es la sustancia propia que constituye casi el 90% del espesor de la córnea (500 micras). Para mantener su alta transparencia, el estroma está compuesto por entre 200 y 250 lamelas que están formadas por fibrillas de colágeno tipo I rodeado por glucosaminoglicanos. ⁽¹¹⁾ Estas lamelas se distribuyen a lo largo y ancho de la córnea, de un extremo en el limbo al otro, son de muy similar calibre (22-35 nm) y están uniformemente espaciadas (41 nm), entre cada una con disposición en ángulo recto, su estructura es como una red completamente ordenada. Cuanto más internas son estas lamelas mayor paralelismo entre ellas existe. ⁽¹³⁾ Entre las lamelas se encuentran los queratocitos; las cuales son aplanadas y alargadas, son las responsables de producir el colágeno y de la

sustancia que está entre las fibras de colágeno. La formación de las lamelas corneales con las sustancias de unión interpuestas entre las fibras de colágeno individuales crea una red tridimensional de difracción que es la estructura básica para la transparencia corneal. Cuando esta red tridimensional se altera va a producir una disminución de la transparencia corneal. ⁽¹¹⁾

Membrana de Dúa

Ha sido la última en ser descrita en el 2013. Se trata de una capa de 10 μm compuesta por láminas de colágeno, que a pesar de su grosor se describe como una capa altamente resistente. Esta capa separa la última fila de queratocitos del



estroma corneal de la membrana de Descemet. ⁽¹⁴⁾

Membrana de Descemet

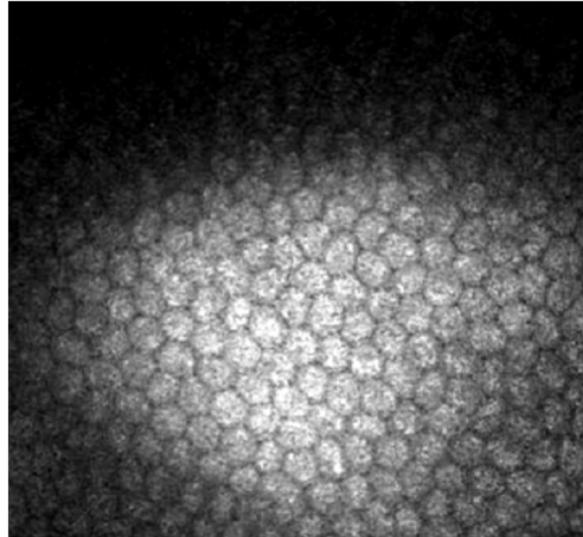
Es la membrana basal del endotelio corneal, su grosor aumenta de 3 micras al nacer hasta 10-12 micras en los adultos, es transparente, elástica y está compuesta de fibrillas de colágeno y glicoproteínas que les confieren gran resistencia a los procesos inflamatorios y es difícilmente destructible lo que ayuda al aislamiento del resto de

la córnea. ⁽¹¹⁾ Las irregularidades en la parte adulta de esta membrana se conocen con el nombre de córnea guttata, que ocasionalmente puede afectar a la salud del endotelio, produciendo la distrofia endotelial de Fuchs. ⁽¹⁴⁾

Endotelio

Está formado por células entrelazadas que se distribuyen en un patrón de mosaico con formas hexagonales de origen mesoidal con gran capacidad metabólica y son

las responsables de mantener la transparencia. ⁽⁶⁾ A lo largo de la superficie endotelial la densidad celular varía siendo mayor en la periferia, limita la superficie posterior de la córnea y está en contacto con el humor acuoso siendo así el límite de la cámara anterior del ojo. Está compuesto de una sola capa de células, aproximadamente 5 micras. Se cree que el número mínimo de células



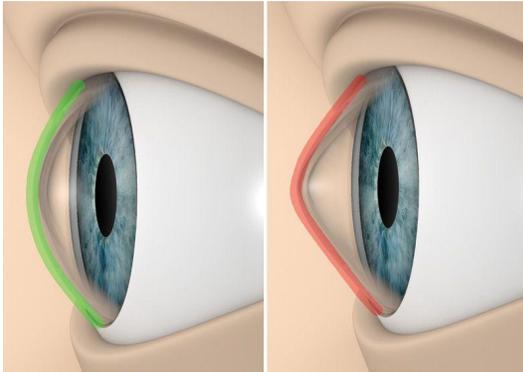
endoteliales necesarias para mantener la transparencia corneal es de 700 a 1000 células / mm². Estas células pierden su capacidad de reproducción en el adulto por lo que resulta una disminución gradual de su número con la edad. ⁽⁶⁾ Entre ellas hay unos fuertes puntos de unión que hacen del endotelio un paso de sustancias mayores. Está barrera endotelial junto con la barrera epitelial controlan el paso de sustancias hacia la córnea y con ello el mantenimiento de la estructura corneal que permite una adecuada transparencia. ^(6, 11)

Ectasia corneal y corrección óptica

La ectasia corneal es una falla biomecánica del tejido corneal inducida o provocada por diversos factores que resultan en la protuberancia de una o ambas superficies corneales. ⁽¹⁵⁾ se caracterizan por ser no inflamatoria, generalmente bilateral, con un aumento progresivo de la curvatura de la córnea que muchas veces ocurre de manera asimétrica, lo cual lleva a astigmatismos irregulares además de causar una serie de síntomas como deslumbramientos, fotofobia, irritación, disminución paulatina de la agudeza visual y visión doble, dificultando la corrección con lentes de armazón y recurriendo al uso de lentes de contacto rígido gas permeable o de diseño especial, aunque en casos más avanzados se hace necesarios algunos procedimientos quirúrgicos. Los factores etiológicos fundamentales de estas distrofias son genéticos y ambientales. ⁽¹⁴⁾

Se sub categorizan de acuerdo a su forma: ⁽¹⁵⁾

1. Ectasia Corneal Central: Se caracteriza por un aumento progresivo de la curvatura corneal, más notoria en la zona inferior al centro de la córnea, se acompaña de adelgazamiento del estroma. ^(15,16)



El queratocono como ectasia primaria es un trastorno frecuente donde la zona central o paracentral de la córnea sufre un adelgazamiento y protrusión, por lo cual adopta la forma de cono. Induce a errores refractivos o aberraciones que los lentes de armazón o lentes de contacto blandos no

están diseñados para corregir, por ello hay falta en la calidad de la imagen y desempeño visual, es decir, aunque estos sean adecuadamente modificados en un ojo con esta distrofia, los otros tipos de aberraciones permanecen sin corregirse.

A medida que progresa provoca alteraciones producidas por los cambios morfológicos que sufre la córnea: aumento de aberraciones cromáticas de alto orden ⁽⁷⁾, el aumento de miopía y cilíndrico conducen a la disminución de la calidad visual. Por lo que cambios de refracción en cortos periodos de tiempo, cambios en el eje del cilindro, y aumento de la cantidad de este hacen sospechar el diagnóstico de esta patología. ⁽¹⁷⁾

A continuación, se mencionan solo algunas escalas de clasificación.

- Clasificación queratométrica o Buxton ⁽¹⁸⁾: Se basa en el valor de la queratometría (K2).

Leve: K2 Menor o igual de 45D

Moderado: K2 entre 46D y 52D

Avanzado: K2 entre 53D y 59D

Grave: K2 igual o mayor de 62D.

Clasificación Hom ⁽¹⁸⁾: Basado en hallazgos clínicos y en el método de corrección óptica para mejorar la visión.

- I. Incipiente: El único síntoma es un defecto visual que no puede corregirse completamente junto con un reflejo en tijera al realizar retinoscopia. En cuanto a los hallazgos queratométricos se encuentra cierto encurvamiento y distorsión inferior de las miras. Por último, en la biomicroscopia con la pupila dilatada se observa el signo de la gota de aceite de Charleux. ^(14, 18)
 - II. Moderada: La visión solo es buena con lentes de contacto rígidas, se hace visible el adelgazamiento central o paracentral inferior y aparecen los signos siguientes.: Estrías de vogt (líneas finas verticales por compresión de las membranas de Descemet), anillo de fleischer (línea epitelial de hierro que forma una circunferencia alrededor de la base del cono) y opacidades superficiales ubicadas entre el epitelio y el estroma anterior. Además, hay un aumento de la visibilidad de los nervios corneales. ^(14, 18)
 - III. Severo: El adelgazamiento es mayor y la ectasia se hace severa. Los conos de tipo central se hacen más prominentes, pueden aparecer opacidades profundas que corresponden a microrroturas o macrorroturas de la membrana de Descemet que puede producir un edema masivo del estroma con pérdida de la visión súbita, inyección conjuntival y dolor. ^(14, 18)
- Clasificación Amsler-Krumeich-Alió: En 2006 se realizó una revisión a la antigua clasificación y los autores encontraron que el valor de la raíz cuadrática media (RMS) para Coma (en zona de 6mm de diámetro) era un parámetro importante para gradar el queratocono modificando de esta manera la escala. ^(14, 18)
 - Grado I: Queratometría media central $\leq 48D$, RMS aberración de coma entre 1.5 y 2 micras. Ausencia de cicatrices.

- Grado II: Lectura queratometría central $> 48 \text{ D}$ y $\leq 53 \text{ D}$, RMS aberración de coma entre 2.5 y 3.5 micras, ausencia de cicatrices y espesor central mínimo > 400 micras.
- Grado III: queratometría central $> 53 \text{ D}$ y $\leq 55 \text{ D}$, RMS aberración de coma entre 3.5 y 4.5 micras. Ausencia de cicatrices y espesor central mínimo > 300 y ≤ 400 micras
- Grado IV: Lectura queratométrica central $> 55 \text{ D}$, RMS aberración de coma > 4.5 micras. Cicatrices corneales centrales y espesor central mínimo 200 micras. (18)

Por último, se encuentra la clasificación ABCD de Belin, un sistema de clasificación que se basa en la publicación “Consenso mundial sobre queratocono y enfermedades ectásicas.”⁽¹⁹⁾

<i>CRITERIOS ABCD</i>	<i>ARC (zona de 3 mm)</i>	<i>PRC (zona de 3 mm)</i>	<i>Punto más delgado (μm)</i>	<i>CDVA</i>	<i>Cicatrización</i>
<i>Etapa 0</i>	$>7,25 \text{ mm}$ ($<46,5 \text{ D}$)	$>5,90 \text{ mm}$ ($<57,25\text{D}$)	>490	$\geq 20/20$	-
<i>Etapa 1</i>	$>7,05 \text{ mm}$ ($<48,0\text{D}$)	$>5,70 \text{ mm}$ ($<59,25\text{D}$)	>450	$>20/20$	-,+,++
<i>Etapa 2</i>	$>6,35 \text{ mm}$ ($<53,0\text{D}$)	$>5,15 \text{ mm}$ ($<65,5\text{D}$)	>400	$<20/40$	-,+,++
<i>Etapa 3</i>	$>6,15 \text{ mm}$ ($<55,0\text{D}$)	$>4,95 \text{ mm}$ ($<68,5 \text{ D}$)	>300	$<20/100$	-,+,++
<i>Etapa 4</i>	$<6,15 \text{ mm}$ ($>55,0\text{D}$)	$<4,95 \text{ mm}$ ($>68,5\text{D}$)	≤ 300	$<20/400$	-,+,++

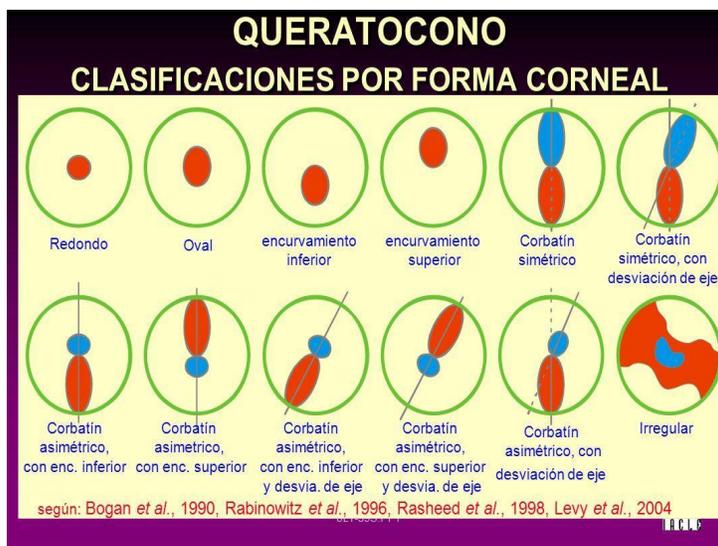
(Villanueva Celia. “Relación entre el grado de queratocono, la agudeza visual y la densitometría corneal” 2018).

La tabla muestra las etapas del queratocono junto con el ARC: radio de curvatura; CDVA: mejor agudeza visual a distancia corregida; PRC: radio de curvatura posterior y espesor corneal en micras. ⁽²⁰⁾

Por otro lado, el queratocono tiene otras clasificaciones de acuerdo con la imagen topográfica y posicionamiento.

Clasificación morfológica ⁽²⁰⁾

- Oval: La ectasia afecta a uno o dos cuadrantes corneales con el ápex generalmente inferior.
- Globo: Afecta en general toda la córnea
- Pezón: El cono afecta menos de la mitad de la córnea central.



- Astigmático: Astigmatismo en la franja vertical de mayor importancia con asimetría inferosuperior.

Por curvatura y posicionamiento del cono ⁽¹⁴⁾

- Queratocono Anterior: Es el aumento de la superficie anterior de la córnea, más notoria en una zona poco inferior al centro de la córnea, que se acompaña de adelgazamiento del estroma, se suele iniciar en la pubertad hasta la cuarta década de la vida.
- Queratocono Posterior: Es una distrofia congénita y poco común, consiste en una depresión de la superficie posterior de la córnea es decir más curva de lo habitual con adelgazamiento central y no tiene relación con el queratocono anterior. Es esporádico, en un principio no es progresiva, aunque parece haber un cierto avance con la edad y predomina en mujeres. ⁽⁶⁾

- I. Queratocono posterior congénito: El estroma está localmente adelgazado hasta un 30% de lo normal y tiene cierta opacidad. Algunos casos son bilaterales, aunque suele ser esporádico.
- II. Queratocono posterior adquirido: Es una lesión que aparece sobre todo a consecuencia de traumatismos o ruptura de la membrana de Descemet. La visión suele estar reducida de ligera a moderada.

Sin embargo, es importante mencionar que el queratocono frustrado o subclínico se presenta sin signos visibles e idiopático. La agudeza visual suele ser normal con corrección óptica, el diagnóstico en este caso solo es presentando una topografía anormal. ⁽¹⁸⁾



El queratocono suele presentarse en personas jóvenes y adultas en un rango de edad de 21 a 45 años, sin embargo, también suele presentarse en edades pediátricas planteando una progresión rápida en pacientes diagnosticados antes de los 15 años que precozmente llegan a necesitar queratoplastia. ⁽¹⁷⁾

La causa del queratocono sigue siendo aún inconclusa y sus factores de riesgo son muy variables dependiendo de la región que ha sido estudiada, por ejemplo, Jerusalén atribuye que los pacientes con esta distrofia se frotan los ojos más que los pacientes sanos, y además lo hacen con más fuerza, mientras que la India relaciona una combinación de factores genéticos y ambientales. Un segundo grupo de asociaciones significativas hace referencia a enfermedades de tejido conectivo, como es el síndrome del párpado flácido, Marfán y Síndrome de Down (trisomía 21). Por último, Bolivia lo asocia a una mayor exposición de los rayos UV. En todo caso

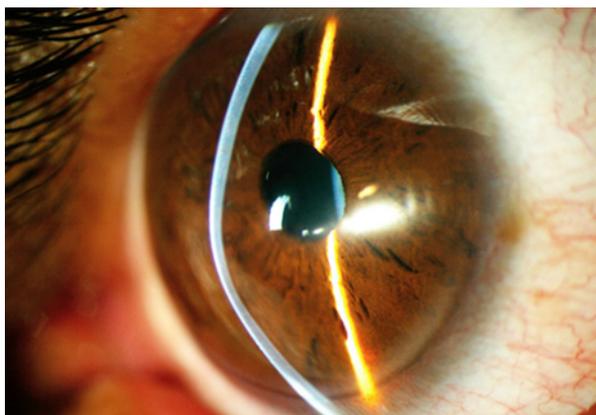
es posible que los factores ambientales favorezcan el desarrollo de la enfermedad en sujetos predispuestos genéticamente, aunque el patrón hereditario no es predecible ni de carácter dominante se ha hecho presente en algunos casos. (14, 18)

A pesar de los hallazgos y asociaciones clínicas la forma más frecuente del queratocono es idiopática, esporádica y aislada, es así como existen varias clasificaciones del queratocono, cada una de ellas englobando la ectasia desde un punto diferente ya sea por su grado de evolución o la morfología que presenta en el momento de ser diagnosticado.(18)



2. Ectasia Corneal Generalizada o querato ectasia iatrogénica (15): también conocida como queratoglobos, su condición es rara y se presenta desde el nacimiento siendo mucho menos común que el queratocono y la degeneración marginal pelúcida. Generalmente es bilateral, caracterizado por una protrusión y adelgazamiento corneal difuso de limbo a limbo, alrededor del 0.3-0.4 mm siendo en la media periferia menor a un 1/3 del normal (0.15-0.20 mm) y hacia el limbo sobre 0.5 mm. Es una distrofia congénita donde la esclerótica anterior también puede estar adelgazada sobre todo cuando tiene aspecto azulado. Existen dos variedades de queratoglobos, la congénita o juvenil y la adquirida del adulto. (14, 15)

Dentro de los hallazgos clínicos bajo biomicroscopia se mencionan (14, 15):



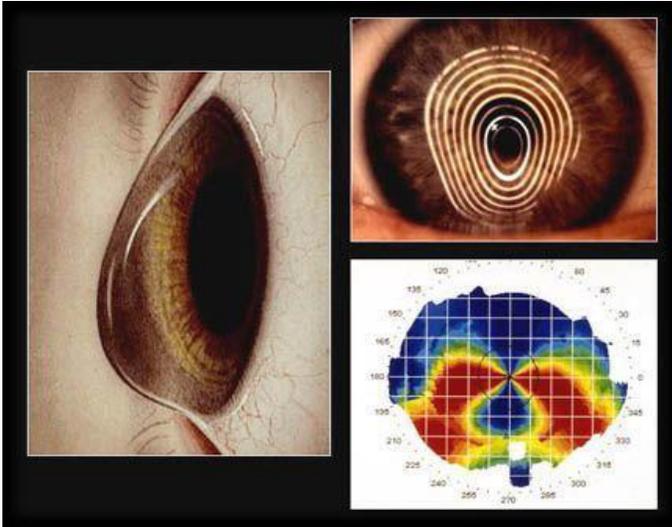
- La córnea tiene forma de globo con una cámara anterior muy profunda. Puede tener una curvatura de hasta 50–60 D, y se aprecia adelgazamiento generalizado, especialmente en la zona periférica media, al contrario que en el

queratocono, que presenta un adelgazamiento máximo en el vértice de la protrusión o en una zona cercana.

- Puede aparecer rotura espontánea de la membrana de Descemet. El diámetro corneal puede estar aumentado y se presenta miopía alta.
 - Normalmente no hay anillo de fleischer, pero es frecuente ver pliegues prominentes y áreas de engrosamiento de la membrana de Descemet.
 - El queratoglobo se asocia a esclerótica azul, hiperextensibilidad articular, sordera neurosensorial, fractura y perforación corneal con traumatismos mínimos.
3. Ectasia Corneal Paracentral-Periférica ^(6, 15): Degeneración Marginal Pelúcida se caracteriza por un adelgazamiento sin opacidad localizado en la periferia inferior, parece comenzar como ectasia paracentral inferior que rápidamente toma un perfil vertical en forma de S con zonas curvas inferiores y planas superiores, puede ser bilateral y asimétrica entre ambos ojos.

Las características clínicas son ⁽¹⁵⁾:

- Se ubica en paralelo al limbo inferior a unos 1-2 mm donde la córnea tiene un espesor de 1/3 de lo normal, mientras que el epitelio se mantiene íntegro. Pueden apreciarse opacidades finas estromales, puntiformes en el sector central, con forma de estriaciones paralelas y horizontales, muy tenues, hacia los extremos laterales.
 - Dentro del área corneal central: tiene un aspecto y espesor normal, pero protruye justo por encima del surco adelgazado y al alcanzarlo puede estar deprimida o estática. No hay estrías de vogt ni opacidades



subepiteliales como en el queratocono, y en general tampoco anillo de fleischer. (14)

- En córnea periférica: entre el surco y el limbo recupera el espesor y aspectos normales, aunque puede haber cierta opalescencia similar a un geróntoxon y aumento de la densidad óptica de la membrana de Descemet. No existe vascularización propiamente dicha,

aunque algunas arcadas limbares pueden estar algo aumentadas. (16)

CAPÍTULO II: Manejo terapéutico de la ectasia corneal

El manejo terapéutico va a depender del estadio de la enfermedad y por consiguiente de los cambios estructurales establecidos en la córnea y el grado de los defectos refractivos, para esto existen diversas modalidades de corrección óptica y tratamiento según la fase de la ectasia corneal.

Anteriormente solo se realizaban correcciones ópticas con LCRPG (Lente de Contacto Rígido Gas Permeable) cuando se encontraba en los primeros estadios tal como lo es el queratocono incipiente ya que mencionan que su rigidez permitía corregir de manera parcial la visión del paciente sin llegar a corregir la deformidad corneal. Los LC van a modificar la cara anterior de la córnea, de tal forma que el sistema óptico formado por el LC y ésta tendrán una forma regular que mejore solamente la agudeza visual pero no la ectasia. (18) La corrección óptica no se basa solamente en la adaptación de lentes de contacto rígidas esféricas, pueden ser esféricas o multicurvas, lentes de contacto esclerales e híbridos, todas estas opciones siempre serán primero evaluadas mediante una anamnesis y correcta exploración por un especialista en salud visual para hacer una adaptación ideal a cada paciente y sus necesidades. (18)

Cuando la enfermedad avanza hacia las fases más severas, se indica el tratamiento quirúrgico. En la actualidad, las opciones quirúrgicas para tratar las querato ectasias

incluyen Cross-Linking (CXL) con irradiación de luz ultravioleta (con o sin epitelio preservado), siendo el único tratamiento quirúrgico aceptado por la FDA para retardar el crecimiento de ésta. El implante de segmentos de anillos intracorneales y las queratoplastias tanto lamelar (QL) como penetrante (QPP) todas estas para mejorar la calidad visual del paciente. ^(15, 24)

Correcciones ópticas

A finales de la década de 1880, Adolph Eugen Fick, Eugene Kalt y August Müller trabajaron de forma independiente en los primeros lentes de contacto con la única idea de corregir la visión del ojo humano. Los dos primeros idearon lentes que eran de cristal con el objetivo de corregir el astigmatismo corneal irregular. El tercero, produjo también una lente de cristal pero con el fin de corregir su miopía de -14,00 D. Pero no fueron los únicos en actuar en este campo, desde entonces y con el paso de los años se han ido creando una enorme cantidad de diseños especiales, utilizando variedades de polímeros de gas permeables e hidrogeles. Es así como las ectasias también buscan ser corregidas y los LC siguen siendo la primera opción casi a un 90% en el método de corrección óptica, corrigiendo las aberraciones corneales de alto orden y mejorando la agudeza visual en aquellos pacientes en los que la corrección con lentes oftálmicas ya no es la solución adecuada. ⁽²¹⁾

Esta adaptación dependerá del tipo y grado de progresión en el que se encuentre la patología ectásica, de la estabilidad de la córnea y de las condiciones oculares presentadas. ⁽²¹⁾ Brindando una mayor comodidad, mejora en la visión y estética del paciente. ⁽²²⁾

- Lentes de contacto blandos (LCB): Su adaptación es indicada en los primeros estadios de la ectasia; cuando existe una topografía atípica y la mejor agudeza visual corregida es óptima o ligeramente disminuida, es decir, ante un queratocono frustro o grado I que presente ciertas aberraciones de alto orden. Se emplearán lentes tóricas para compensar el astigmatismo que siempre está presente en el queratocono. Proporcionan una imagen óptica aceptable y su uso es confortable en los casos en los que el cono está localizado cerca de la línea de visión y el ápex no es tan curvo. Actualmente,

para mejorar estos resultados se están desarrollando nuevos hidrogeles, que incluyen zonas ópticas pequeñas, espesores centrales más gruesos y superficies internas esféricas. También existen los LCB personalización guiada por frente de onda, que facilitan la adaptación en casos especiales.
(21)

- Lentes de contacto rígidos (RGP): Realizan una mejor forma de corrección visual para los pacientes de queratocono, ⁽¹⁴⁾ se emplean en los casos en los que el paciente muestra una topografía irregular y un grado de aberraciones de alto orden. Son la



indicación más apropiada para la compensación óptica, ya que proveen al ojo de una superficie anterior adecuada y libre de aberraciones, todas las irregularidades de la superficie anterior corneal quedan enmascaradas y compensadas por el menisco lagrimal que se forma entre la cara interna de la lente y la cara anterior del tejido corneal. En este caso la adaptación requiere del acoplamiento entre la lente y córnea además de un buen intercambio lagrimal para poder disminuir la alta sensibilidad del paciente. Estas lentes generalmente son de diámetro pequeño, a medida que el diámetro del cono aumenta, también lo debe hacer el diámetro de zona óptica posterior (DZOP). ⁽²¹⁾ Logrando una buena adaptación es probable que haya una mejora en la máxima agudeza visual sin alteraciones acomodativas y parpadeo completo, obteniendo comodidad en su uso. ⁽¹⁴⁾ Una mala adaptación se da en casos en los que la zona óptica (ZO) es demasiado grande comparada con el diámetro del cono, la sagita de la lente de contacto será mayor que la del cono y quedará un espacio libre alrededor de éste, formando burbujas en la película lagrimal, por lo que la función visual se verá afectada. ⁽²¹⁾

- Lente híbrida: Las ventajas de este sistema se basan en combinar las propiedades del RGP para la corrección del astigmatismo irregular

obteniendo una buena agudeza visual y las hidrofílicas que aportan mayor estabilidad, comodidad y tolerancia. ⁽¹⁴⁾ Está conformado por la combinación de una zona central rígida permeable al gas y una zona periférica hidrofílica. Algunas de las lentes híbridas más conocidas son: Saturn (CIBA Visión, Duluth, GA, EUA), SoftPerm (CIBA Visión, Duluth, GA, EUA), SynergEyes (SynergEyes Inc., Carlsbad, CA, EUA), o Harmony (Vista Optics Limited, Widness, RU). ⁽¹⁵⁾

- Lentes de contacto Piggyback: Esta corrección combina e intercala características ópticas de un lente de contacto RGP y el confort de un LCB de hidrogel de silicona. ⁽²²⁾ En general se utiliza para solucionar problemas de irregularidad corneal severa. Es un sistema que permite adaptar un lente hidrofílico como soporte de uno rígido, lo cual ayuda a mejorar la tolerancia mecánica y el centrado en algunos casos de queratocono. La adaptación de la lente blanda se hace ligeramente plana y sobre ella se determina el valor de K en la superficie anterior central, lo cual sirve para la selección de la curva base de la lente RPG. Esta lente debe tener un espesor reducido y un diámetro de entre 9-10 mm para conseguir mayor estabilidad. Aunque son varias las ventajas de comodidad, tolerancia y corrección en algunos pacientes, este sistema presenta dificultades para conseguir un resultado bueno, debido a que mantener una relación de equilibrio y estabilidad entre ambas lentes constituye un verdadero problema en la adaptación. ⁽²¹⁾ Es así que es considerado como el último recurso para la adaptación de lentes de contacto, debido a que se emplea casos especiales ayudando a mejorar la agudeza visual y la comodidad, siempre y cuando se mantenga una alta transmisibilidad de oxígeno por el material. ⁽²²⁾ Entre las desventajas están los desplazamientos excesivos o el comportamiento cerrado de la lente rígida que provoca alteraciones en la interfase de ambas lentes dando como resultado presencia de burbujas o detritus que disminuyen la calidad óptica y alteran el metabolismo corneal ocasionando zonas de hipoxia (blanqueamiento) y formación de neovasos. Cuando la adaptación es adecuada, la limitación horaria en el uso de las lentes puede evitar

complicaciones, sin embargo, en el queratocono la dependencia de la corrección con LC motiva su uso excesivo. Además, el abandono es frecuente debido a la necesidad de manejar dos lentes diferentes, sistemas de limpieza y por lo tanto un mayor costo económico. ⁽²¹⁾ Finalmente con el uso de este lente de contacto puede evitarse síntomas de enrojecimiento, dolor y prurito, reportados frecuentemente por pacientes que son usuarios de lentes de contacto rígido. ⁽¹⁴⁾

- Lentes de contacto esclerales: En algunos casos fungen como rehabilitadores de la visión reducida en córneas irregulares o pacientes intolerantes al lente de contacto rígido. Su fluido de reserva funciona como un único líquido de vendaje que da beneficios terapéuticos, este depósito protege a la superficie ocular, promoviendo la salud corneal y manteniendo la hidratación del área al atrapar la lágrima por debajo de la lente, enmascarando grandes áreas de irregularidad corneal pueden tener una ventaja terapéutica para el ojo seco. ^(21, 23) Están



diseñadas para alinearse y apoyarse en la conjuntiva escleral y envolver la córnea, sin tocar el cono. El intercambio lagrimal se logra a través de una acción de bombeo del párpado superior sobre la superficie de la lente de contacto, induciendo presión positiva del centro de los lentes y presión negativa a medida que la periferia de la lente envía lágrimas por debajo del mismo.

Los lentes esclerales actuales pueden fabricarse en diferentes diseños: esféricos, tórico en la superficie anterior, tórico en la superficie posterior y bitóricos. ⁽²³⁾

Finalmente, este tipo de lentes de contacto presentan poco movimiento siendo este directamente proporcional con el diámetro, para valorarlo se debe hacer un push-

up, si el movimiento es espontáneo después del parpadeo (poco común) y vertical puede producir disconfort y poca satisfacción. En caso de estar bien adaptada la lente debe moverse razonablemente. ⁽²¹⁾

Tratamiento Quirúrgico

CXL (Crosslinking): Es un método para fortalecer la córnea debilitada, consiste en una intervención ambulatoria, con anestesia local su objetivo es lograr fortalecer la córnea al punto de retrasar que el queratocono siga avanzando. ⁽¹⁴⁾

Este trabajo de crear rigidez o provocar una pérdida de elasticidad en las fibras de colágeno corneal, o sea de inducir CXL corneal; fue llevada a cabo por el grupo de investigación de la Universidad técnica de Dresden donde el uso de riboflavina (vitamina B2) y radiación ultravioleta A (UVA) se pretendían incrementar la formación de enlaces cruzados entre las fibras de colágeno en el estroma, produciendo así un efecto de rigidez capaz de retrasar la progresión de la ectasia.⁽¹⁸⁾

El principio básico del Crosslinking se basa en la riboflavina que es un fotoactivador eficiente con una sensibilidad específica a la radiación UV, ya que al absorber la luz alcanza un estado de excitación para interactuar con el oxígeno molecular, generando oxígeno atómico, es así que el dextrano al 20% permite la estabilización osmolar y el mantenimiento del espesor de la córnea durante el procedimiento. Tras la aplicación de la luz UVA, se produce una fotopolimerización del estroma corneal debido a la fotooxidación y liberación de O₂ además de radicales libres, generando nuevos enlaces covalentes dentro de las fibras de colágeno, permitiendo el efecto del Crosslinking. ⁽²¹⁾

Para poder realizar este tratamiento es indicado en pacientes con estas características: ⁽²¹⁾

- a. Manifestaciones clínicas de queratocono progresivo.
- b. Edad: menor a 35 años.
- c. Agudeza visual peor a 0,8 (20/25; LogMAR 0,1).
- d. Paquimetría mayor a 400 micras.

e. Lecturas queratométricas menores a 58.00D.

Dentro de las contraindicaciones se encuentran: ⁽²¹⁾

f. Embarazo y lactancia.

g. Edad: puede ser un factor de riesgo causante de pérdida visual, pero por el momento no hay un límite establecido.

h. Agudeza visual: como factor de riesgo de pérdida visual, A.V. menor a 0.8 (20/25; LogMAR 0.1)

i. Córneas con opacidad central.

j. Síndrome de ojo seco severo.

Se ha comprobado que el Crosslinking genera varios efectos a nivel corneal, como el incremento en la rigidez, cambios en la conducta biomecánica y bio elástica del tejido y diferentes cambios visuales, refractivos, topográficos y aberrométricos en el paciente. ⁽¹⁸⁾

III. Segmentos intracorneales: El uso de segmentos intracorneales en pacientes de queratocono representa, junto al Crosslinking métodos “corneoplásticos”, que permiten la remodelación de la geometría corneal con fines terapéuticos y refractivos. Su uso es relativamente reciente ya que fue introducido en el año 2000 por Colin y colaboradores. ⁽²¹⁾

En general su mecanismo de acción hace que se induzca un efecto biomecánico ejerciendo una fuerza traccional en los lados opuestos del cono y desplazando el área más delgada hacia el centro de la córnea, lo que produce un aplanamiento, el dispositivo deberá quedar situado en la base del cono donde sea que esté. La selección del modelo del anillo dependerá de la ametropía y grado evolutivo de la ectasia. ⁽¹⁴⁾

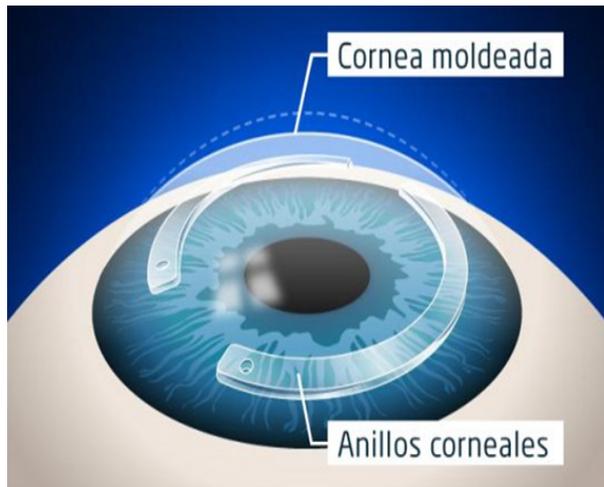
Inicialmente se diseñaron con fines solamente refractivos para pacientes no afectados de queratocono; sin embargo, hoy en día su principal indicación es la regularización del perfil topográfico de la córnea en ojos con ectasia corneal. Esta regularización

puede suponer una mejora directa en la agudeza visual del paciente, o de forma indirecta facilitando la adaptación de lentes de contacto. ⁽²¹⁾

Actualmente existen principalmente 4 tipos de segmentos intracorneales: ⁽²¹⁾

- a. Keraring
- b. Intacs
- c. Ferrara
- d. Myoring

I. Los Keraring y Ferrara son segmentos de anillos fabricados en PMMA (polimetilmetacrilato). Se manufacturan con distintas longitudes de arco (90° , 120° , 160° , 210° y 340°), una sección transversal triangular, espesores que van desde las 150 hasta las 350 μ , una zona óptica variable de entre 5 y 6 mm, personalizando el tratamiento dependiendo de las necesidades en cuanto a los Ferrara su sección transversal es triangular para reducir el deslumbramiento y los halos. Es importante mencionar que los segmentos con longitudes de arco más corto están destinados a reducir el astigmatismo, mientras que las más largas son eficaces para reducir la queratometría. ⁽²¹⁾



II. Por su parte los Intacs son segmentos semicírculos de PMMA, cada una con un diámetro de arco de 150° y una sección transversal hexagonal. Los segmentos tienen un diámetro externo de 8.10 mm y un diámetro interno de 6.77 mm, un espesor total que varía desde las 200 hasta las 450 μ . ⁽²¹⁾

- III. Por último, el Myoring, con un segmento de 360°, un anillo implantado a través de un túnel “pocket” intraestromal. Tiene una mayor capacidad de aplanamiento, aunque no suele reducir de manera significativa el astigmatismo, y de allí que su uso se limite sólo a aquellos casos con defectos esféricos elevados con bajo astigmatismo. ⁽²¹⁾

Hoy en día no hay un patrón que permita predecir cómo va a reaccionar cada queratocono después del tratamiento con Cross Linking, pero se sabe que el mejor momento para realizar esta técnica es en pacientes con queratocono evolutivo, cuando aún presentan buena agudeza visual con corrección (grado II y III clasificación RETICS). ⁽²¹⁾

A partir de esta etapa, durante la última década se ha ido introduciendo esta técnica en la práctica clínica del tratamiento de ectasia como el queratocono, degeneración marginal pelúcida corneal y la ectasia corneal post cirugía refractiva. ⁽²¹⁾

Los segmentos presentan la ventaja de que se pueden retirar en caso de fracaso y su uso puede ser combinado con otras técnicas como el Crosslinking, la queratectomía fotorrefractiva o el implante de lentes fáquicas. Además, pueden intercambiarse por segmentos de diferentes características, mejorando los resultados en caso de que estos sean desfavorables. ⁽²¹⁾

Para realizar el implante de ICRS en la patología ectásica corneal se requiere: ⁽²¹⁾

- Obtener refracción subjetiva manifiesta.
- Realizar topografía corneal (mapa axial).
- Adquirir el mapa paquimétrico. Determinar el espesor corneal mínimo en las zonas ópticas de 5,5 mm y 6,5 mm.
- Determinar el meridiano corneal más curvo. Si el eje refractivo y el eje topográfico más curvo no coinciden, se toma el meridiano topográfico.
- Comparar el espesor del segmento propuesto según el Nomograma escogido, con la paquimetría mínima obtenida en la zona óptica de 6 mm. El espesor del segmento no debe exceder el 60% de la paquimetría mínima. Si es así, habría que seleccionar un segmento de menor espesor.

CAPÍTULO III: VISIÓN AL COLOR

La percepción del color o la visión al color es la capacidad de percibir y discriminar la luz reflejada por un objeto y se considera un concepto psicofísico que involucra la fisiología de la visión, la psicología del paciente y la energía espectral de una fuente luminosa, ya que la mayor parte de luz que llega a nuestros ojos ha sido reflejada o refractada por un cuerpo, pues en ellos hay sustancias que absorben una parte de la luz que incide sobre ellas y reflejan otra. ⁽²⁵⁾

La percepción del color no se puede separar de la percepción de la forma y el movimiento. Las tres se basan y se complementan en los estímulos luminosos y ayudan al cerebro a crear conceptos que sirven para reconocer e interpretar el entorno. ⁽²⁶⁾

Discromatopsias

Se denomina tricrómata a la persona que es capaz de identificar los tres colores primarios rojo, verde, azul y sus variables. No obstante, esta condición no significa necesariamente visión cromática normal porque existen personas que, siendo tricrómatas, hacen igualaciones de color, diferentes a las realizadas por un observador con visión cromática normal, por lo que reciben el nombre de tricrómatas anómalos.

Las alteraciones de la percepción cromática se denominan discromatopsias, pueden deberse a la total inactivación de un fopigmento determinado (deficiencia cromática severa), o bien a una alteración en el máximo de absorción de dicho fopigmento (anomalía cromática). Si los tres conos carecen de fopigmento, y por tanto el individuo no tiene visión al color, se habla de acromatopsia. ⁽²⁷⁾

Las alteraciones de la visión cromática pueden ser hereditarias, es decir, consecuencia de una anomalía congénita o adquiridas por consecuencia de la exposición a ciertas sustancias químicas o derivadas de enfermedades oculares, sistémicas y/o resultado de un traumatismo.

En el caso de los defectos adquiridos en la visión al color son evidentes para el observador, mientras que las deficiencias congénitas no suelen serlo.

Además, los defectos pueden ser monoculares e incluso variar de una parte del campo visual a otra.

Discromatopsias congénitas



En el caso de las discromatopsias congénitas el caso más popular documentado y del cual proviene el origen etimológico de la palabra “daltonismo” la cual ya está en desuso es del físico y matemático John Dalton, que sufrió esta discromatopsia. Es un trastorno hereditario asociado al cromosoma X, por lo que las mujeres tienen menos probabilidades de sufrirlo. Se puede clasificar según el color implicado y el

grado de afectación y suelen ser estables a lo largo de la vida. En este caso los colores implicados son el rojo-verde afectan de 8 a 10% de la población masculina de raza caucásica. Entre estos defectos, la mayor incidencia es la deuteranomalía (anomalía a la percepción del color verde). La frecuencia varía de acuerdo con el grupo étnico y las diferentes publicaciones, pero en general, se encuentra en 3 a 8% en raza blanca, 3% en orientales, 4% en afroamericanos, 4 a 7% en mexicanos, nativos del Congo, 1%, y Uganda, 1%.⁽²⁷⁾

Como se mencionó anteriormente, las discromatopsias congénitas afectan la percepción a los colores rojo-verde, en la mayoría de los casos se trata de una ceguera a alguno de estos colores, cuando se habla de alguna discromatopsia al rojo se mencionará como protanomalia cuando es ceguera parcial y protanopia cuando es una ceguera total.

En este caso el Protan confunde el rojo y el verde entre sí, por una deficiente actividad funcional de los protoconos y no captan la porción roja del espectro.

Al mencionar las discromatopsias al verde se mencionará como deuteranomalía si es una ceguera parcial y deuteranopia cuando es una ceguera total. Los Deutan confunden el rojo y el verde entre sí, porque se producen 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. ⁽²⁸⁾

Discromatopsias adquiridas

Las deficiencias adquiridas pueden afectar de la misma manera a hombres y mujeres, estas pueden ser monoculares y/o binoculares. Puede deberse a enfermedades de tipo infeccioso o no infeccioso, como pueden ser las cataratas, el glaucoma o la degeneración macular, traumas o efectos secundarios de drogas o exposición a químicos industriales que afectan directamente a la corteza cerebral, nervio óptico y a la retina foveal-perifoveal. También se han descrito alteraciones en la visión al color por exposición a plaguicidas, radiación ultravioleta solar, radiación cósmica y diversas formas de radiación no ionizante; también se han encontrado alteraciones en el espectro del verde y azul con la exposición prolongada a niveles altos de decibelios, exposición a cirugía refractiva, exposición a microondas y fuerzas magnéticas. En cuanto a la discromatopsia adquirida, algunos estudios la reportan en 5 a 15%. ⁽²⁷⁾

Discromatopsias adquiridas por toxicidad

La diversidad de los efectos adversos sobre el organismo a causa de la toxicidad por sustancias nocivas, tienen su explicación en la gran afinidad que tienen por los tejidos ricos en grasas, como el sistema nervioso central (SNC) y periférico (SNP) que abarca retina, vías visuales, nervio óptico. Es así como las propiedades fisicoquímicas de estos facilitan su absorción. ⁽²⁹⁾

En este caso los solventes orgánicos se absorben principalmente a través del tracto respiratorio, lo cual depende de la ventilación pulmonar, el coeficiente de distribución sangre/aire y la de circulación a través del alvéolo. Aproximadamente, del 50 al 60% de la cantidad inhalada es absorbida por el organismo. En el caso de sustancias tóxicas como el cigarrillo contienen múltiples toxinas que incluyen el

monóxido de carbono y cianuro, que son absorbidas con rapidez por el organismo. A pesar de todo, las anomalías de la visión de los colores son más frecuentes de lo que la mayoría de la población supone, y las adquiridas son la expresión de enfermedades de la retina y/o nervio óptico en su mayoría por intoxicaciones, y suelen presentarse en las fases iniciales de la enfermedad. ⁽²⁹⁾

En diversos estudios mencionan que al hacer comparaciones estadísticamente entre un grupo de fumadores y no fumadores, el primero es menos sensible a las diferencias rojo-verdes, lo cual consiste en una lesión en el nervio óptico. Otros estudios sobre los efectos del cigarrillo en el campo visual central sugieren que al consumo moderado de cigarrillo se asocia con reducciones en la percepción al azul-amarillo. ⁽³⁰⁾

Al hablar de discromatopsias al azul-amarillo se menciona tritanomalía al ser una ceguera parcial y tritanope al ser ceguera total, en el caso de los Tritán y Tetrán confunden el amarillo y el azul entre sí. Los primeros son de origen Protan y los segundos de tipo Deutan y son más bien adquiridos que congénitos. ⁽²⁷⁾

Discromatopsias adquiridas biológicas

Al hablar de discromatopsias adquiridas hacemos referencia a lo escrito anteriormente y solo nos limitamos a mencionar anomalías en la percepción al azul-amarillo, es así que cuando se habla de biológicas hacemos referencia a toda distrofia ocular que ocasione una alteración en medios refringentes oculares o retina y por consiguiente alguna discromatopsia.

En este caso si hablamos de discromatopsias como la tritanomalía o tritanopia las estructuras involucradas serían los medios refringentes tales como:

- Córnea: si la fisionomía o estructura de ésta se llega alterar como en el caso del queratocono, queratoglobo o degeneración marginal pelúcida entre otras, podría recorrer la longitud de onda provocando una percepción al color anómala.
- Cristalino: esta estructura tiende a opacarse por patologías como cataratas, entre otras se torna de un color amarillento (esclerosamiento) con el paso de

la edad lo cual puede ocasionar de igual manera una alteración en la percepción al color.

- Al hablar de discromatopsias al rojo-verde es más complicado que éstas sean biológicas pues solo pueden verse implicadas estructuras como la retina o el nervio óptico por patologías que ya estén en fases muy avanzadas y que hayan pasado ya por alguna anomalía al azul-amarillo.

Evaluación de visión al color

Valorar la visión al color es de gran importancia que se necesita realizar en la consulta optométrica pues es una característica que posibilita al ser humano para interaccionar con su entorno y aprendizaje, va de la mano de la agudeza visual y sensibilidad al contraste de cada uno de los pacientes y no debe dejarse de lado.

Las pruebas de visión cromática se dividen en dos grupos según el diseño optado, las pseudoisocromáticas y de ordenamiento. ⁽³¹⁾

Láminas pseudoisocromáticas



En el caso de las pseudoisocromáticas se caracterizan por ser libros con láminas de diseños, pueden ser figuras o números basados en el sistema CIE. La más conocida es Ishihara, la cual ya cayó en desuso, pero se utilizaba solo para

anomalías congénitas, se encuentra en dos presentaciones: la original consta de 38 láminas y la segunda solo es de 24 láminas. Fue elaborada en la universidad de Tokio por el doctor Shinobu Ishihara en 1917. ⁽³¹⁾

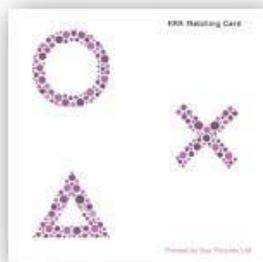
Las láminas de esta prueba forman patrones de números y se aplican de manera monocular. La primera lámina es visible para todos aunque el paciente tenga alguna anomalía, a partir de la lámina 2 y hasta la 9 un paciente con discromatopsias al rojo-verde podrá responder la prueba, pero no de una manera normal como un

tricrómata. A partir de la lámina 10 y hasta la 17 el paciente discromata no percibirá nada. Y de la 18 a la 21 mostrará un patrón diferente al correcto, determinando si es un Protan o Deutan. ⁽³¹⁾

Otra prueba de láminas pseudoisocromáticas es Matsubara, se modifica para que se puedan valorar infantes, se utilizan figuras de animales y flores para su fácil identificación, se valora de manera monocular y solo identifica anomalías congénitas.

Consta de 10 láminas, las primeras 6 sirven para identificar si un paciente es discromata y las últimas 4 para saber si es Protan o Deutan y la severidad si es anomalía o ceguera. ⁽³¹⁾

HRR es la prueba pseudoisocromática más reciente pues fue desarrollada en 1954, y es la más completa y en uso hasta el momento. Presenta patrones coloreados en



formas geométricas (o, x, Δ) sobre un fondo de color gris, la prueba se realiza de manera monocular, sin luz ambiental y con una lámpara especial. Esta prueba evalúa discromatopsias congénitas y adquiridas. ⁽³¹⁾

Consta de 24 láminas, las primeras 4 tienen figuras de color púrpura que sirven como ejemplificación. Se le pide al paciente que identifique qué figuras se presentan y en qué ubicación está mientras las delinea con un pincel que se le da al iniciar la prueba. A partir de la lámina 5 se comienza con la valoración cromática, las dos primeras láminas son

necesarias para definir si la anomalía es adquirida (azul-amarillo) y a partir de la 7 hasta la 10 será para las congénitas (rojo-verde). Si no hay ningún error en estas primeras láminas se puede detener la prueba y el paciente se denomina tricrómata. Las láminas 11 a 20 valoran las discromatopsias congénitas y la severidad del daño distinguiendo si son Protan o Deutan, la columna que tenga mayor número de aciertos será la discromatopsia del paciente. Las últimas cuatro láminas son para diagnosticar anomalías adquiridas, del mismo modo se determinará a qué color es la deficiencia a partir de los aciertos de cada columna. ⁽³¹⁾

Pruebas de ordenación

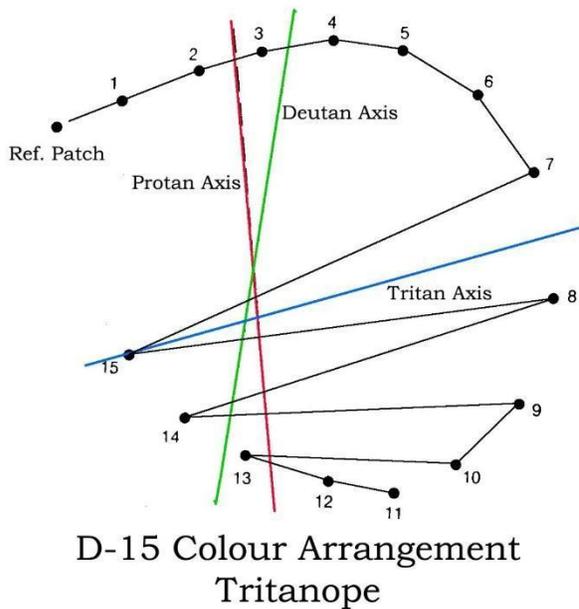
Estas pruebas también son nombradas Farnsworth, consiste en una serie de fichas enumeradas al reverso y coloreadas acorde al sistema de longitud de onda Münsell. ⁽³¹⁾ El paciente deberá ordenar de manera monocular acorde a la similitud de la última ficha que va colocando, la ficha piloto es de tonalidad azul y con esta se iniciara la prueba pasando por tonalidades como verde, amarillo, rojos y morados.



Sus variables se presentan en D100 la cual solo tiene 85 fichas que deberán ser ordenadas en 4 sets de similitud de cromaticidad, el primer estuche va del rojo al verde, el segundo de del verde al azul, el tercero del azul al violeta y el último

del violeta al rojo. Se reportará en un gráfico que se llena en un software. ⁽³¹⁾

Farnsworth D15, consiste de igual manera en el ordenamiento de las fichas por similitud de cromaticidad comenzando por el piloto de color azul. Si el paciente invirtiera alguna ficha de la secuencia se puede considerar como tricrómata, pero será necesario evaluar su sensibilidad al contraste. ⁽³¹⁾



Cada discromatopsia tiene un eje de desviación, si hay 3 picos de desviación seguidos se considera una ceguera, en cambio cuando se forman cuadros en el patrón de la desviación se considerará anomalía. (31)

Con las mismas indicaciones para realizar la prueba y registrar los datos para la obtención de un diagnóstico se hará la prueba de D15 desaturado, esta prueba evalúa de

una manera más fina y precisa la deficiencia al color, ya que todas las fichas han sido disminuidas en su saturación.

A pesar de que existen diferentes pruebas para valorar la visión al color y obtener el diagnóstico más preciso sobre la discromatopsia que tiene el paciente, ninguna es capaz de estimar el daño de células a nivel retinal. (31)

Software

El software PERCEPCROM 2017: Este programa fue apoyado por la DGAPA en el PAPIIT 2016 y desarrollado por la Dra. Valera Mota M. Myrna, Mto. Bernal Hernández Jorge y el Ing. Ortega Ochoa Xicotécatl, quienes lanzaron a la plataforma este programa en 2017. Es una aplicación de escritorio de programación Java lo que le permite ejecutarse en sistemas operativos tales como: Linux, Mac OS X y Windows. La aplicación contiene interfaces gráficas que permite la configuración de pruebas visuales que ejecutan los usuarios finales y la base de datos se almacenará en cada ejecución. Para la conversión entre longitud de onda y color se utiliza un algoritmo desarrollado por Chris Malley para la Universidad de Colorado. Este algoritmo mapea la longitud de onda en el espectro visible sus componentes RGB. Es de importancia mencionar que el espacio de color s RGB de Java 2D no

tiene la capacidad de representar todos los colores visibles por lo que al convertirlo a las longitudes de onda del programa se pierda cierta información de color. ⁽³²⁾

El software se aplicará de manera monocular, con la pantalla a un ángulo de 90° a 40 cm en dirección recta del eje visual del paciente. Se le mostrará una pantalla donde se encontrará de su lado izquierdo el cuadro piloto que deberá comparar con otros 5 que estarán a su derecha y al seleccionar el que más se parezca continuará al siguiente estímulo hasta completar los 12 círculos para cada ojo. Una vez que termine el paciente, los datos se registrarán a la base de datos donde se podrán consultar por medio de una página de Excel y determinar cuánto es lo que se desplazó la longitud de onda que percibió.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio

El presente trabajo es de tipo Exploratorio, Descriptivo, Cuantitativo, Transversal.

RIESGO DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a que el estudio se basó en pruebas de gabinete sin pruebas invasivas, se considera Sin Riesgo.

CRITERIOS DE SELECCIÓN:

Inclusión

Aquellos pacientes que solo tengan como única patología alguna ectasia corneal.

Sexo: individuos de ambos sexos puesto que se va a estandarizar una media del desplazamiento de la longitud de onda respecto al padecimiento de ectasias corneales en la población en general.

Edad: Infantes desde los 10 años hasta la quinta década de vida con un promedio de diagnóstico que oscila a partir de los 20 años.

Exclusión

Adicciones: cigarro, alcohol, drogas, medicamentos o todas las anteriores que por estas toxinas puedan ocasionar daño al nervio óptico o retina como ya se mencionó anteriormente y causen discromatopsias adquiridas por toxicología.

Enfermedades: sistémicas crónico degenerativas. En cuanto a enfermedades oculares tales como discromatopsias, retinopatías, opacidades (córnea-cristalino), y/o traumatismos también quedarán excluidos.

FASES DEL ESTUDIO

Pacientes que acudan a la clínica de optometría para valoración de visión al color y Diplomado de Ectasia Corneal se les aplicará un instrumento con el fin de recabar datos de inclusión o exclusión para apoyo en el proyecto.

La valoración del paciente se realizará en dos fases, la primera sin corrección de lente de contacto y la segunda con corrección de lente de contacto.

a) Se comenzará por realizar pruebas de visión al color, en primera instancia se harán pruebas de ordenación.

- D-15 saturado: Se hará de manera monocular, ocluyendo ojo izquierdo sobre su graduación más reciente y con su adición en caso de ser necesaria, tendrá puesto un guante en mano dominante para no alterar la saturación de la prueba. En

esta prueba el paciente comenzará a ordenar las piezas de acuerdo como se vayan pareciendo a partir de la última que colocó en un atril que estará a 180°, se comienza por la ficha piloto de tonalidad azul correspondiente a estímulos de longitud de onda corta, al terminar de ordenarlas se le menciona que puede hacer todos los cambios que quiera y no tiene límite de tiempo. Una vez ordenada la prueba se corrobora la numeración y se anota en las hojas de resultado, se procede a realizar la prueba ahora con ojo izquierdo bajo las mismas instrucciones.

- D-15 desaturado: Esta prueba consta de 16 fichas numeradas del 0 al 15 con tamaño aproximado de 2cm de diámetro. Seguiremos el mismo procedimiento que D-15 saturado, realizándose de manera monocular, utilizando la ficha cero como piloto y ordenarlas por semejanza, haciéndole saber que puede hacer los cambios que requiera. La diferencia de esta prueba se encuentra

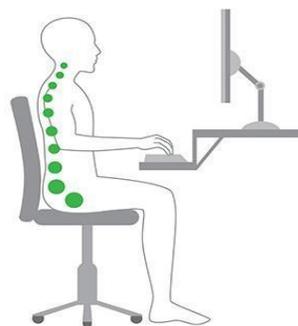


en que la saturación de las piezas se encuentra disminuida haciendo un poco más compleja la prueba y más fina para encontrar alguna alteración a la percepción al color, proporcionando un diagnóstico aún más certero para el evaluador.

b) Láminas pseudoisocromáticas: la prueba de HRR se hace de manera monocular, se le pide al paciente colocarse guante en mano dominante y un pincel para no alterar la prueba, el libro se coloca en un atril con inclinación de 45° y con buena iluminación proporcionada por una lámpara de luz blanca. Se le muestran láminas de figuras de colores en patrones circulares sobre un fondo gris, al explicarle las instrucciones se le pide dibuje el patrón de las figuras que alcanza a ver, en qué posición se encuentran y de qué color son. Las primeras 4 láminas en color morado ayudaron al examinador a ejemplificar la prueba al paciente, y las únicas tres figuras que se encontraban en el libro eran un tache (x). Un círculo (o) y un triángulo (Δ) las respuestas se anotan en las hojas de resultados.

A partir de la lámina 5 a la 10 se hace un escaneo general de la visión al color del paciente; las láminas 5 y 6 son para anomalías azul/amarillo y 7 a 10 para anomalías rojo/verde. En caso de no tener ningún error la prueba se detiene y se continúa con

el ojo izquierdo. Pero si el paciente tenía errores en alguna de estas primeras laminillas se continuará con la evaluación hasta el término del libro. Si el error se encontraba en las láminas 5 y 6 se puede sospechar que es una discromatopsia adquirida y se procedía sólo a evaluar las láminas 21 a 24 pero si se equivocó en láminas del 7 al 10 se procede a realizar a evaluar las láminas del 11 al 20. Al finalizar la prueba se pueden dar diagnósticos sobre si es una anomalía o ceguera al color rojo, verde o azul. ⁽³¹⁾



c) Prueba de adaptación a la oscuridad.

Adaptación de conos: se hace de manera monocular, se disminuye todo estímulo luminoso y se colocan las fichas de colores rojo, verde, azul y amarillo más representante de cada longitud de onda que percibe el hombre, cada una con una cubierta blanca que se levantara para contabilizar 10 seg. En los que el paciente puede ver el color que se encuentra debajo y anotarlo en la hoja de resultados.

d) Software

Se realizará de manera monocular, iniciando por el ojo derecho. Se le presentarán 5 cuadros de colores muy similares a su piloto que siempre estará de su lado izquierdo y tendrán que seleccionar el más parecido, una vez que lo seleccione dará clic y continuará con el número siguiente, se hará lo mismo con los primeros 12 estímulos cada uno correspondiente a una longitud de onda específica del espectro electromagnético. Al llegar al número 13, se cambiará el oclusor al ojo izquierdo hasta terminar la prueba en el número 24.

RECURSOS HUMANOS

- 5 pasantes de visión al color de ambos turnos
- 1 PIIO
- 1 estudiante de optometría de 6to semestre

RECURSOS MATERIALES

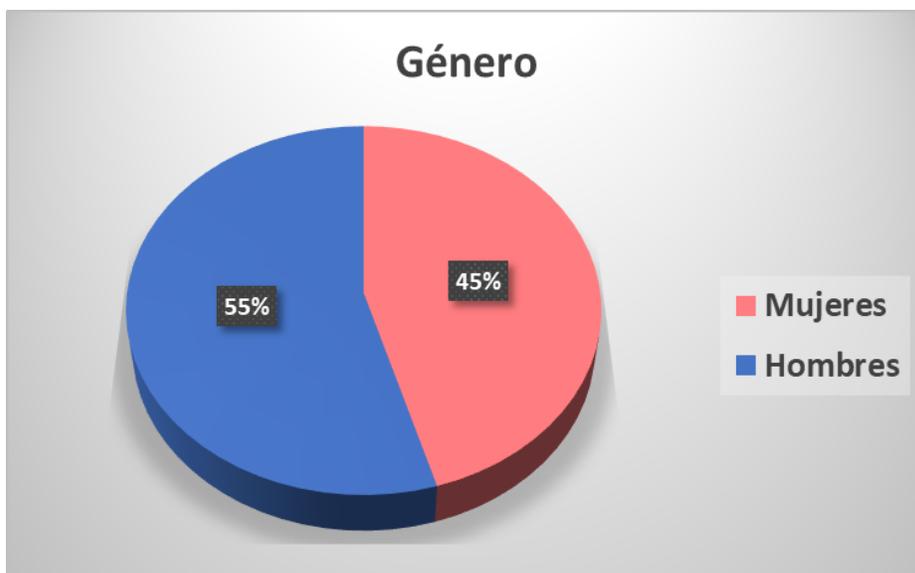
- Computadora; Software de percepción al color.
- Sistema de medición al color; D-15 saturado, D-15 desaturado, láminas Pseudoisocromáticas: HRR y prueba de adaptación a la oscuridad; conos.
- Instrumento de percepción al color

INSTALACIONES

- Clínica de optometría FES Iztacala.

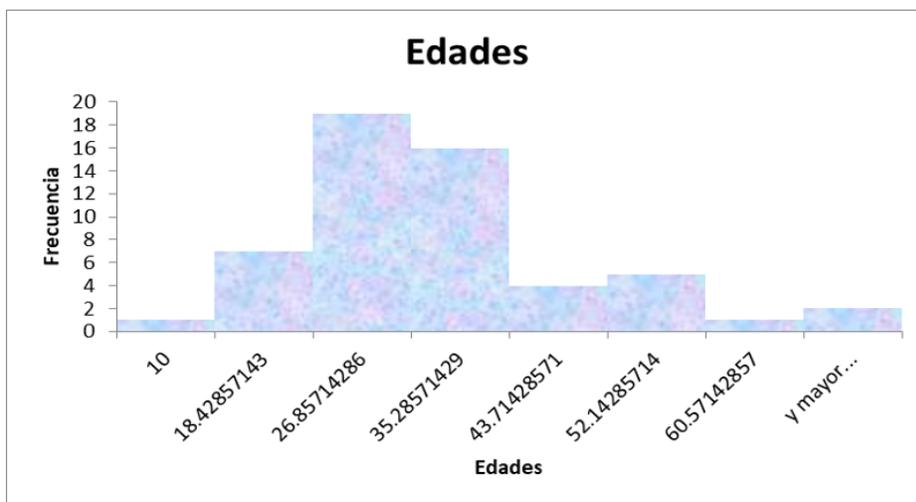
RESULTADOS

Gráfico 1. Género



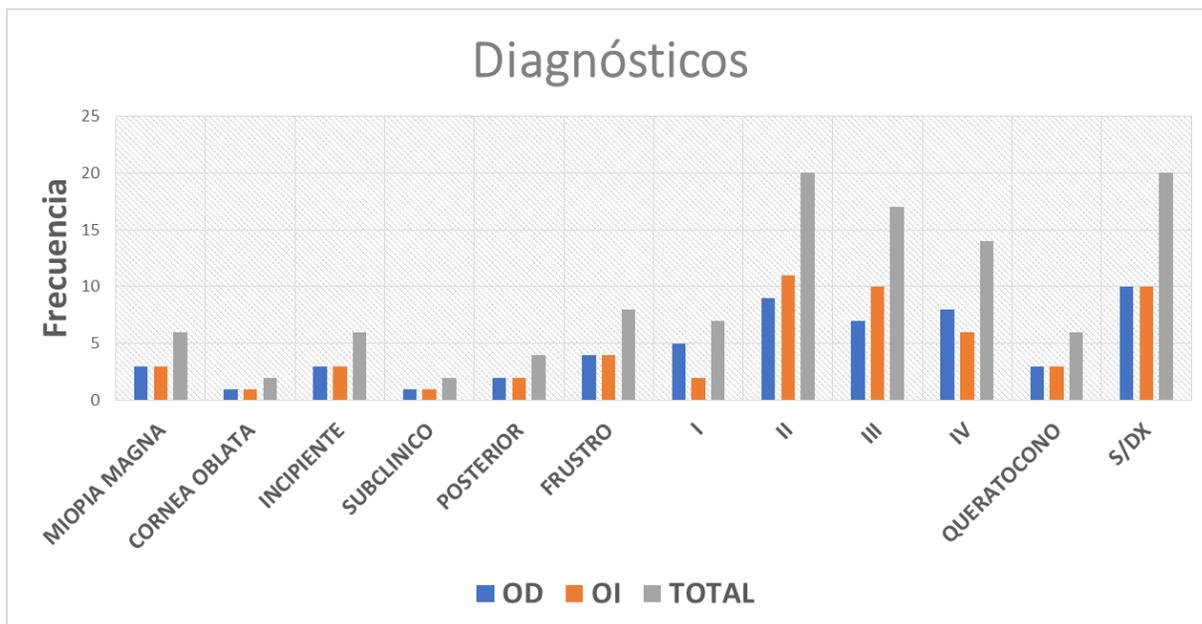
El total de pacientes atendidos fue 66 (30 mujeres y 36 hombres).

Gráfico 2. Edad



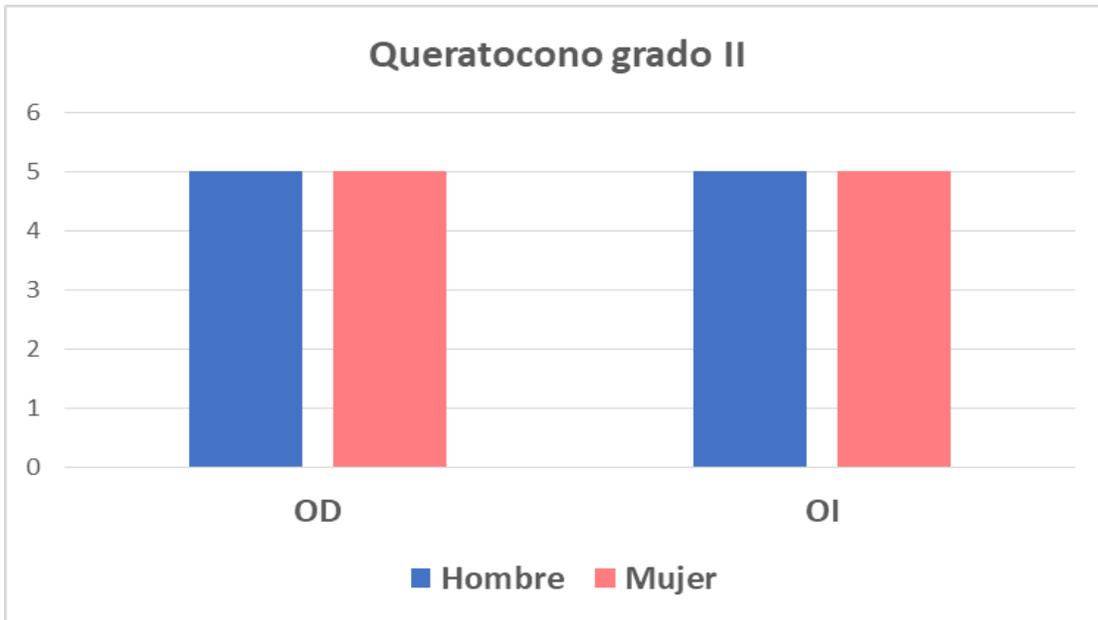
Las edades oscilaron desde 10 hasta 70 años.

Gráfico 3. Diagnóstico



La siguiente gráfica muestra los diferentes tipos de ectasia corneal presentes en el estudio.

Gráfico 4. Queratocono grado II



La mayor prevalencia de ectasia corneal son las de queratocono grado II de OD, continuando el grado III de OD y grado IV de OI.

Y con respecto a estas ectasias, solamente en el grado II se tuvieron las mismas frecuencias en Hombres y Mujeres, al incrementar la severidad de la ectasia, la frecuencia en el Hombre aumentó.

Gráfico 5. Queratocono grado III, Gráfico 6. Queratocono grado IV

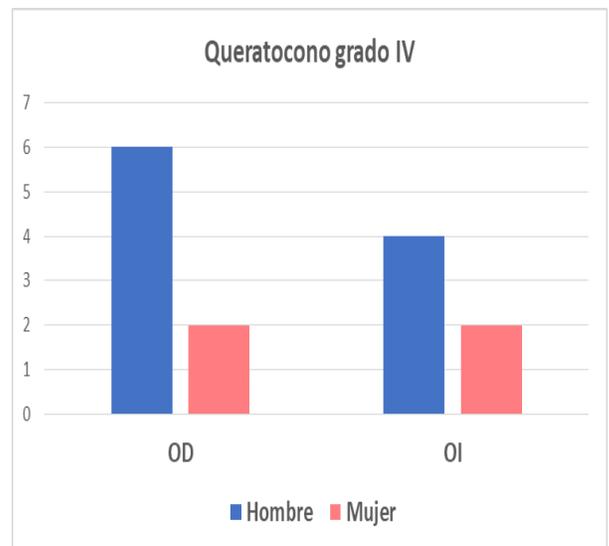
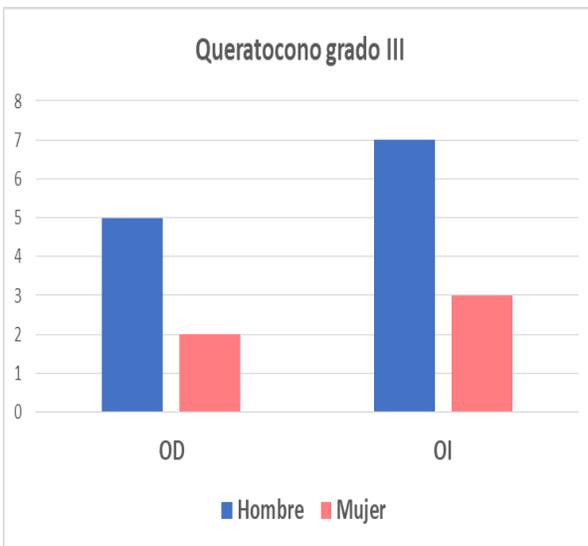
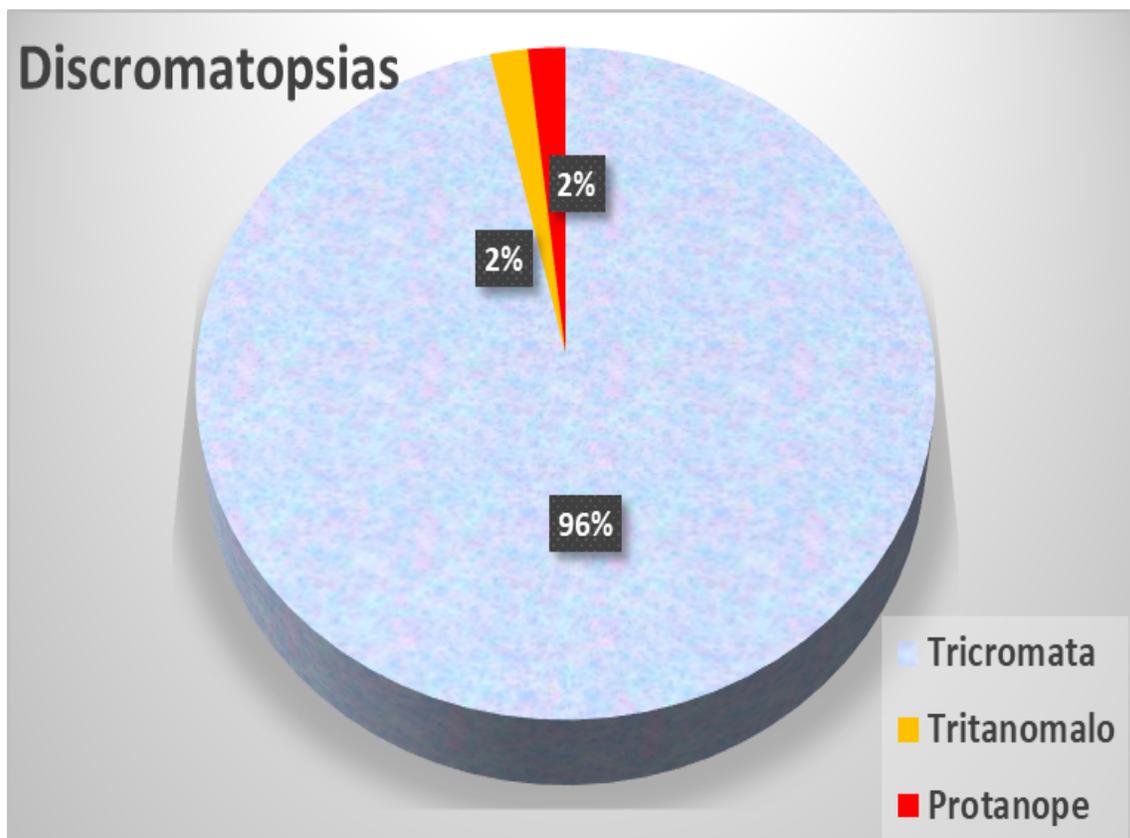


Gráfico 7. Discromatopsias



Las discromatopsias encontradas fueron las siguientes: Solo una mujer Tritanomala y un hombre Protanope.

El 1.85% de las discromatopsias encontradas fue congénita y 1.85% adquirida.

Tabla 1. Percepción de conos C/LC

La siguiente tabla muestra por ojo la Percepción de conos Con lente de Contacto

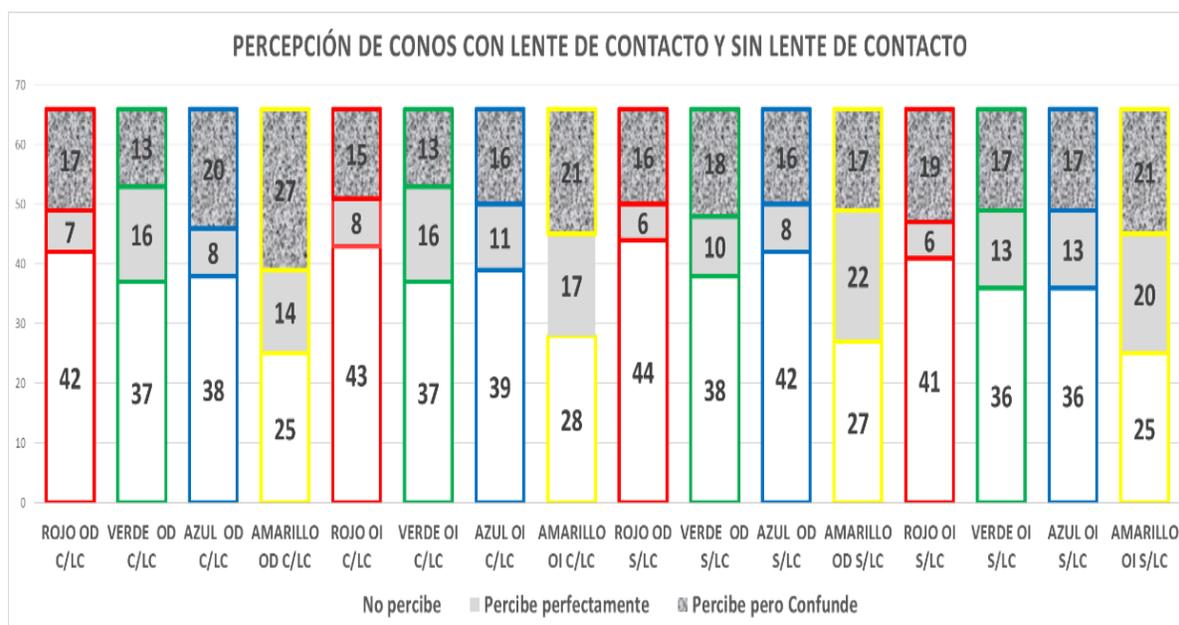
	ROJ O OD	VER DE OD	AZ UL OD	AMARIL LO OD	ROJ O OI	VER DE OI	AZ UL OI	AMARIL LO OI
No percibe	42	37	38	25	43	37	39	28
Percibe perfectamente	7	16	8	14	8	16	11	17
Percibe, pero confunde	17	13	20	27	15	13	16	21
	66	66	66	66	66	66	66	66

Tabla 2. Percepción de conos S/LC

Percepción de conos por ojo Sin lente de Contacto

	ROJ O OD	VER DE OD	AZ UL OD	AMARIL LO OD	ROJ O OI	VER DE OI	AZ UL OI	AMARIL LO OI
No percibe	44	38	42	27	41	36	36	25
Percibe perfectamente	6	10	8	22	6	13	13	20
Percibe, pero confunde	16	18	16	17	19	17	17	21
	66	66	66	66	66	66	66	66

Gráfico 8. Percepción de conos



De acuerdo con las tablas anteriores, se obtuvo la siguiente gráfica (8) que muestra OD, OI, Con y Sin LC, apreciándose el número de ojos, el color percibido y la forma de percepción.

Tabla 3. Percepción de conos Con y sin /LC, Prueba T.

Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales.

Adaptación de conos con y sin L.C.

	OD (P) $\alpha=0.01$	OI (P) $\alpha=0.01$
No percibe	0.68	0.64
Percibe Perfectamente	0.81	1
Percibe, pero confunde	0.43	0.29

Como puede apreciarse, la prueba estadística (con un 99% de confiabilidad) arroja que no existe diferencia significativa en la adaptación de conos a la oscuridad con el lente de contacto y sin él, es decir si perciben el color en la oscuridad sin el lente lo siguen percibiendo con el lente y viceversa.

Tabla 4. Longitud de onda Con y sin /LC, Prueba T.

La siguiente tabla, corresponde a la Longitud de onda diurna con y sin Lente de Contacto.

	OD (P) $\alpha=0.05$	OI (P) $\alpha=0.05$
430	0.51	0.18
450	0.69	0.20
470	0.11	0.68
510	0.13	0.44
530	0.04	0.18
550	0.83	0.49
570	0.79	0.17
580	0.91	0.41
590	0.04	0.82
650	0.88	0.34
670	0.47	0.07
690	0.05	0.76

En cuanto a la longitud de onda que perciben los pacientes con y sin Lente de contacto, se encuentra que la percepción del color amarillo (590 nm) y del Color Rojo (690 nm) del OD son las únicas que tienen diferencia; todas las demás longitudes de onda no tienen diferencia significativa con y sin el lente de contacto.

DISCUSIÓN

En la presente investigación se tuvo como objetivo determinar la percepción del color diurna y nocturna en pacientes diagnosticados con ectasia corneal con y sin corrección de lentes de contacto mediante diversas pruebas de diagnóstico cromático. Es así que algunos autores como Mas David y colaboradores (2005) anteceden esta investigación hablando sobre el grado de aberración cromática en el ojo humano usando datos como la morfología corneal en combinación con el cálculo numérico de la propagación por teoría de Fresnel, sus resultados muestran una afinidad significativa con el presente trabajo ya que mencionan que los pacientes con alteraciones corneales tales como el queratocono tienden a tener una percepción disminuida en longitudes de onda media correspondientes a 550 nm, aunque en los resultados, donde el software PERCEPCROM 2017 permitió observar que los pacientes con ectasia corneal tienen una ligera discrepancia en las longitudes largas correspondientes a 590 nm y 690 nm respectivamente. Esa investigación carecía de otros parámetros que en el presente estudio se incluyeron como lo fue la corrección de lente de contacto, tal como lo hizo Patricia Izquierdo (2011), evaluó las aberraciones en pacientes alterados con y sin lente de contacto, comparando las mismas tras retirar la corrección visual, los pacientes mostraban una ligera mejora en la calidad visual al enmascarar la ectasia con este tratamiento, tal como ella lo menciona, los resultados que se obtuvieron mejoraron ligeramente con el lente de contacto, complementando con Mayorga (2007) quien expresó que estas aberraciones son cromáticas de bajo orden.

El presente trabajo no solo tomó en cuenta el queratocono y sus grados como en los anteriores proyectos, sino que diversifica algunas alteraciones corneales tales como: queratocono I, II, III, IV, subclínico, incipiente, posterior, frustrado. También se mencionan alteraciones de la longitud axial tal como: cornea oblata y miopía magna, aunque estas no son parte del diagnóstico de ectasia corneal.

Y aunque la hipótesis planteada fue que al existir una ectasia corneal se altera la percepción al color tanto diurna como nocturna, se encontró que la percepción al

color nocturna no es alterada en ninguna atrofia ya sea con LC o sin él, pero en la diurna solo dos longitudes de onda larga fueron afectadas para el OD.

A pesar de que los datos del presente trabajo fueron similares a los antecedentes registrados y que las variables de estudio aumentaron en cuanto a corrección y distintas alteraciones corneales, la percepción de longitud de onda media y larga fue casi imperceptible en el estudio, bien es cierto que la ectasia corneal modifica la morfología de la misma llevándola a una captación desplazada del color, sin embargo tal como lo dijo Fernández Enrique (2006) el paciente no sería capaz de reconocerla a simple vista, a no ser que sea medida con los instrumentos precisos como los usados en el proyecto.

Por último, cabe mencionar que este escrito abre la antesala para futuras investigaciones sobre percepción cromática en distintas patologías, ametropías y alteraciones oculares como lo menciona Mayorga Teresa (2007) ya que es una práctica muy común que los profesionales de la visión corrijan la ametropía (aberraciones de bajo orden) además de la forma generada por la ectasia y no tengan en cuenta las aberraciones de alto orden ni su relación, pues, al ser corregidas proporcionan una mejor sensibilidad al contraste y ayudan a mejorar la percepción del color, pues el país aún no cuenta con la suficiente información para anteceder este tema, poniendo como limitante no obtener datos reales de la población mexicana.

CONCLUSIONES

El presente estudio muestra que la mayor prevalencia de ectasia corneal es el queratocono grado II, continuando el grado III y IV; a la evaluación de discromatopsias congénitas se encontró que solo un hombre padecía Protanopia y con respecto a las discromatopsias adquiridas hubo una mujer Tritanomala; ambos casos no asociados con la ectasia.

Los lentes de contacto enmascaran la ectasia corneal por lo que permiten mejor calidad en la visión al corregir las ametropías; sin embargo, el grueso de la población del estudio arrojó el resultado de que la visión al color es similar con el lente y sin él, teniendo en cuenta que las únicas modificaciones encontradas en las longitudes de onda largas solo son medibles con equipo especializado, más no son percibidas por el paciente.

Las atrofas corneales tienen una característica muy importante que es presentar aberraciones corneales de alto orden, pero es importante que los profesionales de salud visual tengan en cuenta que no solo se debe corregir las aberraciones de bajo orden como lo son las ametropías, también deben tomarse en cuenta las aberraciones de alto orden (aberraciones cromáticas) ya que con el uso del lente de contacto adecuado mejorará la agudeza visual, sensibilidad al contraste y por consiguiente percepción del color. ⁽²¹⁾

Finalmente, y debido a los resultados obtenidos en la investigación se incentiva a realizar futuros estudios con cada uno de los grados y tipos de ectasia corneal como lo es el queratocono para determinar si cada uno de ellos es capaz de modificar la longitud de onda haciendo una diferencia perceptible en la visión al color y no solo a través de pruebas especializadas.

REFERENCIAS

1. Roca JA, Coromina, NT. Óptica instrumental. 1a ed. Barcelona: Ediciones UPC; 1996.
2. Mas D, Pérez J, Illueca C, Espinosa J, Hernández C, Vázquez C, Miret JJ. Determination of chromatic aberration in the human eye means of Fresnel propagation theory. In: Medical Imaging: Bellingham; 2005. p. 1–10.
3. Fernández EJ, Unterhuber A, Povazay B, Hermann B, Artal P, Drexler W. Chromatic aberration correction of the human eye for retinal imaging in the near infrared. Rev. OPTICS EXPRESS. 2006: 1–13.
4. Mayorga TM. Efecto del lente de contacto sobre las aberraciones ópticas corneales de alto orden. Ciencia y tecnología para la salud visual y ocular. [Revista en línea]. 2007 [Consultado 15 septiembre 2021]; 9–17. Disponible en: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:q16SE-LuPoUJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599226.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&lr=lang_en%7Clang_es
5. Izquierdo DP. Estudio sobre aberraciones oculares y queratoconos. [Máster tesis]. [Catalunya]: Universidad Politécnica de Catalunya; 2011.
6. Lavado LL. Guía teórica del curso de cirugía. Oftalmología [Revista en internet]. 1997 [consultado 10 septiembre 2021]; (1) p. 5-19. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Libros/Medicina/cirugia/Tomo_IV/archivospdf/05cornea.pdf
7. Bernal RN, Arias DA, Camacho RL. Aberraciones corneales anteriores y posteriores medidas mediante imágenes de Scheimpflug en el queratocono en niños. Revista Mexicana de Oftalmología [Revista en internet]. 2015 [consultado 27 agosto 2021]; (4) p. 210-218. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187451915000487>

8. Vidal OR. Entendiendo e interpretando las aberraciones ópticas. Revista de ciencia y tecnología salud vis ocular [Revista en internet]. 2011 [consultado 9 septiembre 2020]; (2) p. 105-122. Disponible en: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3uMBwnafYycJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599209.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&lr=lang_en%7Clang_es
9. Villa C, Santodomingo J. La córnea, Parte II. Córnea central frente a Córnea periférica. Gaceta optometría y óptica oftálmica [Gaceta de internet]. 2011 [citado 10 septiembre 2020]; (455). p. 14-18. Disponible en: <https://www.cgcoo.es/ediciones/enero-2011>
10. Villa C, Santo Domingo J. La córnea. Parte I. Estructura, función y anatomía microscópica. Gaceta optometría y óptica oftálmica [Gaceta de internet]. 2011 [citado 10 septiembre 2020]; (454). Disponible en: <https://www.cgcoo.es/ediciones/diciembre-2010-2>
11. Velázquez GR. Anatomía de la lágrima y córnea [Revista en Internet]. 2018 [citado 10 septiembre 2019]; Disponible en: <https://www.imagenoptica.com.mx/pdf/revista48/anatomia.htm>
12. Torres RM, Merayo LJ, Jaramillo MA, Galvis V. Biomecánica de la córnea. Arch Soc Esp Oftalmol [Revista en Internet]. 2005 abr [citado 2020 Abr 21]; 80(4). p. 215-223. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912005000400004&lng=es.
13. Velázquez GR. Fisiología corneal en usuarios de lentes de contacto. Columna Internacional IACLE. [Serie en Internet]. 2015 [citado 24 noviembre 2019]; Disponible en: <https://www.imagenoptica.com.mx/pdf/revista49/fisiologia.htm>
14. Martínez IÁ, Guerra PF, Guerra TG, Ibáñez FK, Cárdenas RJ. Prevalencia de las ectasias corneales en la clínica oftalmológica Solex Ltda en el primer semestre del año 2013, Sucre – Bolivia. [Revista en Internet]. 2016 [citado 4

septiembre 2020]; Disponible en:
http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/USTASALUD_ODONTOLOGIA/article/view/1734

15. Boyd S. Distrofias y Degeneraciones Corneales. Panamá: Jaypee-Highlights; 2012 [Consultado: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=5qzafRCZxo4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
16. Galvis RV, Tello A, Aparicio J, Blanco O. Ectasias Corneales. MedUNAB [Revista en Internet]. 2007 [citado 10 septiembre 2020]; (2): p. 110-116. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA173524910&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=01237047&p=IFME&sw=w>
17. Bernal RN, Arias DA, Ortega DL, Cuevas RJ. Topografía corneal mediante discos de Plácido en la detección del queratocono en edades pediátricas. Revista Mexicana de Oftalmología [Revista en Internet]. 2012 [citado 27 agosto 2020]; (4): p. 204-212. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Neisy_Reyes/publication/298174304_Corneal_topography_by_placido_discs_for_the_detection_of_keratoconus_in_pediatic_patients/links/590b6fd2a6fdcc5d421ed310/Corneal-topography-by-placido-discs-for-the-detection-of-keratoconus-in-pediatic-patients.pdf
18. Fernández V, Cueto FL. Clasificación del queratocono para su corrección quirúrgica con segmentos de anillo intracorneales tipo Ferrara [Tesis doctoral]. Asturias: Universidad de Oviedo, Departamento de Oftalmología; 2016.
19. Gomes JA, Tan D, Rapuano CJ, Belin MW, Ambrósio R Jr, Guell JL, Malecaze F, Nishida K, Sangwan VS. Group of Panelists for the Global Delphi Panel of Keratoconus and Ectatic Diseases. Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Córnea*. [Revista online]. 2015 [citado 12 de mayo 2020]; 34 (4): p. 359-369. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/257382355>

20. Villanueva G-CC. Relación entre el grado de Queratocono, la Agudeza visual y la Densitometría corneal. [Máster en tesis]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Óptica II; 2018.
21. Alío JL, Vega-Estrada A, Peña PG, Durán MLG, Saenz-Díez P, Maldonado M, Gutiérrez R. Diagnóstico clínico, clasificación, seguimiento y orientación inicial del paciente con queratocono. En: Bataille L, editores. Guía de actuación en el queratocono. Navarra, España: Universidad de Navarra S.A. (EUNSA); 2015. p. 24-31.
22. Rosales AL, Correa D, Agudelo L, Garzón V, Mayorga C. Piggyback: una alternativa de corrección para córneas irregulares. Ciencia y Tecnología para la salud visual y ocular. [Revista en Internet]. 2003 [citado 22 abril 2020]; 1692 (8415): p.117-128. Disponible en: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9alt19FALz8J:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5599295.pdf+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx&lr=lang_en%7Clang_es
23. Escamilla AQ. Lentes esclerales en ectasias y astigmatismos irregulares post cirugía refractiva insicional y lasik. Ciencia y Tecnología para la salud visual y ocular. [Revista en Internet]. 2010 [citado 16 noviembre 2020]; p. 51–61. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325431770_Lentes_esclerales_en_ectasia_y_astigmatismos_irregulares_post_cirugia_refractiva_incisional_y_lasik
24. Barroso LR, Santiesteban GI, Miranda HI, Jareño OM, Curbelo CL, Perea HL. Lentes fáquicas como alternativa de tratamiento en el queratocono. Revista Cubana Oftalmol. [Revista en Internet]. 2014 jun [citado 21 abril 2020]; 27 (2): p. 237-245. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762014000200008&lng=es.
25. Prado SA, Camas B JT, Laredo ML. Sensopercepción del color. Revista Mexicana de Oftalmología [Revista en Internet]. 2008 [citado 19 diciembre

- 2020]; p. 101–110. Disponible en:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexoft/rmo-2008/rmo082h.pdf>
26. Alberich J, Gómez FD, Ferrer FA. Percepción visual [Libro en internet]. España: Universitat Oberta de Catalunya; 2011 [consultado 20 diciembre 2020]. Disponible en:
[https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Disseny_grafic/Diseno_grafico/Diseno_grafico_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Disseny_grafic/Diseno_grafico/Diseno_grafico_(Modulo_1).pdf)
27. Segarra A, JM. Alteraciones en la visión cromática por agentes neurotóxicos, en pacientes de 20 a 40 años, que pertenecen al programa social bachillerato acelerado en la unidad educativa “3 de diciembre”, periodo abril-septiembre 2018 [Tesis]. Quito: Bachelor's thesis; 2018.
28. Barrios R, MI. Estudio epidemiológico de discromatopsias en tres poblaciones diferentes [Tesis]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2018.
29. Guzmán VJ, García PE, Cruz HA, Bolívar F JA, Casas S LC, Montenegro T LC, Remolina AN. Detección de alteraciones neuro toxicológicas mediante pruebas de visión cromática en pacientes consumidores de nicotina. Teoría y praxis investigativa. [Revista en Internet]. 2008 [citado 26 diciembre 2019]; 1900 (9380): p. 23–29. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3700953>
30. González RG, Baena DB, Gómez DW, Mercado MY. Exposición ocupacional a solventes orgánicos y alteraciones en la visión del color en trabajadores de una empresa de hidrocarburos. Hacia la Promoción de la Salud [Revista en internet]. 2012 [citado 20 noviembre 2020]; p. 105–117. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/hpsal/v17n1/v17n1a08.pdf>
31. Luna C, MI. Análisis de seis pruebas diferentes de visión cromática en la Clínica de Optometría y el Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo, UNAM [Tesis]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2017.

32.Valera MM, Ortega X, Bernal J. Software de percepción cromática (PERCEPCROM). 03-2017022114115000-01. México D.F. 28 de febrero de 2017.