

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA DEL ECUADOR**



**FACULTAD SALUD Y CULTURA FÍSICA**

**CARRERA DE OPTOMETRÍA**

**SEDE QUITO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
OPTÓMETRA.**

**TEMA: ESTUDIO CLÍNICO EPIDEMIOLÓGICO DE LOS PRINCIPALES  
FENÓMENOS FISIOLÓGICOS DE LA VISIÓN EN GAMAOPTICA, LATACUNGA,  
ECUADOR 2020.**

**AUTORES: CÉSAR AUGUSTO TERÁN COBA**

**MARLIN JANETH SARANGO TORRES**

**ASESORA: DRA. SOLAIMI ULLOA OLIVA**

**Quito – 2021**

## CERTIFICADO DEL ASESOR

Dra. Solaimi Ulloa Oliva, en calidad de Asesor/a del trabajo de Investigación designado por disposición del canciller de la UMET, certifico que **CÉSAR AUGUSTO TERÁN COBA** con cédula de identidad No **0503134454** y **MARLIN JANETH SARANGO TORRES** con cédula de identidad No **1105531824**, han culminado el trabajo de investigación, con el tema: **“ESTUDIO CLÍNICO EPIDEMIOLÓGICO DE LOS PRINCIPALES FENÓMENOS FISIOLÓGICOS DE LA VISIÓN, EN LA ÓPTICA GMAOPTICA, LATACUNGA, ECUADOR 2020”**.

Quien ha cumplido con todos los requisitos legales exigidos por lo que se aprueba la misma.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad facultando al interesado hacer uso del presente, así como también se autoriza la presentación para la evaluación por parte del jurado respectivo.

**Atentamente:**

---

**Dra. Solaimi Ulloa Oliva.**

**Asesora**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, César Augusto Terán Coba, estudiante de la Universidad Metropolitana del Ecuador "UMET", Optometría, declaro en forma libre y voluntaria que el presente de investigación que versa sobre: "Estudio clínico epidemiológico de los principales fenómenos fisiológicos de la visión, en la óptica Gamaoptica, Latacunga, Ecuador 2020" y las expresiones vertidas en la misma, son autoría del compareciente, las cuales se han realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al referirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

**Atentamente,**



Firmado electrónicamente por:  
CESAR AUGUSTO  
TERAN COBA

---

César Augusto Terán Coba

C.I. 0503134454

AUTOR

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Marlin Janeth Sarango Torres, estudiante de la Universidad Metropolitana del Ecuador "UMET", Optometría, declaro en forma libre y voluntaria que el presente trabajo de investigación que versa sobre: "Estudio clínico epidemiológico de los principales fenómenos fisiológicos de la visión, en la óptica Gamaoptica, Latacunga, Ecuador 2020" y las expresiones vertidas en la misma, son autoría del compareciente, las cuales se han realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al referirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

**Atentamente,**



Firmado electrónicamente por:  
MARLYN JANETH  
SARANGO TORRES

---

Marlin Janeth Sarango Torres

C.I. 1105531824

AUTOR

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, César Augusto Terán Coba, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: "Estudio clínico epidemiológico de los principales fenómenos fisiológicos de la visión, en la óptica Gamaoptica, Latacunga, Ecuador 2020", modalidad Tesis, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, cedo a favor de la Universidad Metropolitana del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Metropolitana del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



Firmado electrónicamente por:  
CESAR AUGUSTO  
TERAN COBA

---

César Augusto Terán Coba

C.I. 0503134454

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Marlin Janeth Sarango Torres, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: “Estudio clínico epidemiológico de los principales fenómenos fisiológicos de la visión, en la óptica Gamaoptica, Latacunga, Ecuador 2020”, modalidad Tesis, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, cedo a favor de la Universidad Metropolitana del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Metropolitana del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



Firmado electrónicamente por:  
**MARLYN JANETH  
SARANGO TORRES**

---

Marlin Janeth Sarango Torres

C.I. 1105531824

## DEDICATORIA

Dedico este modesto trabajo, con inmenso amor y cariño a mi madre Janett Augusta Coba Cevallos, que con su esfuerzo hizo posible la culminación de mis estudios universitarios. Quien me ha sabido inculcar valores para ser un hombre de bien. Quien ha estado a mi lado en las situaciones buenas y malas que la vida me ha ido presentado, quien me ha vinculado a esta magnífica carrera que amo tanto, así como supo infundir en mi alma el deseo de superación y constancia hacia el éxito.

César Augusto Terán Coba

Dedico mi tesis a mis padres Marco Freddy Sarango y Sonia Beatriz Torres por a verme formado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes en los que se incluye este. Me formaron, con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas. Me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos y sobre todo dedico este trabajo a mi más grande inspiración por la cual no me deje vencer a mi hija.

Marlin Janeth Sarango Torres

## AGRADECIMIENTO

La gratitud se escribe con creces, cuando con las acciones se ha logrado plasmar en lo más sensible del corazón, que es el que se manifiesta como el devolver con amor los que se ha recibido por eso:

Agradezco a mi madre Janett Augusta Coba Cevallos quien siempre ha sido la persona más importante en mi vida, que, con su gran personalidad de mentora, amiga y madre, sin escatimar esfuerzo alguno me ha ayudado a superar diversos problemas... Agradezco a mis distinguidos profesores, quiénes han sabido compartir sus enseñanzas y experiencias, sin egoísmo de ningún tipo... Agradezco a la comunidad de la universidad metropolitana por hacerme formar parte de la gran familia que conforman y ya está por despedirse.

César Augusto Terán Coba

Agradezco a Dios por darme la fuerza y entendimiento para lograr culminar mi carrera con éxito. A mis padres que con mucho sacrificio y esfuerzo pudieron brindarme una educación universitaria cumpliendo a si sus sueños de poder verme culminar mis estudios, ya que además de la sabiduría como ser humano la educación es una de mis mejores herencias. En muy importante instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes nos han transmitido sus conocimientos y dedicación que los ha regido, permitiéndonos culminar con gran éxito nuestra tesis.

Marlin Janeth Sarango Torres

## ÍNDICE

CERTIFICADO DEL ASESOR.....	II
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	V
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
AGRADECIMIENTO .....	VIII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN.....	13
Antecedentes y justificación.....	15
Situación problemática.....	23
Formulación del problema científico.....	23
Delimitación del problema.....	23
Justificación del problema.....	24
Formulación de la hipótesis .....	24
Objetivos de la investigación.....	25
Objetivo General .....	25
Objetivos Específicos.....	25
CAPITULO I.....	26
1.    MARCO TEÓRICO.....	26
1.1    Contexto Teórico.....	26
1.2    Conceptos y definiciones teóricas.....	28
1.2.1    Agudeza visual.....	28

	X
1.2.2 Visión del color.....	41
1.2.3. Visión Binocular .....	58
1.2.4. Estereopsis .....	70
CAPITULO II.....	79
2. MARCO METODOLÓGICO.....	79
2.1 Diseño metodológico de la tesis.....	79
2.1.1 Contexto y calificación de la investigación. ....	79
2.2 Universo y muestra .....	79
2.3 Metódica.....	80
2.3.1 Para la recolección de información .....	83
2.3.2 Para el procesamiento de la información, .....	83
2.3.3 Técnica de discusión y síntesis del resultado.....	84
2.4 Bioética .....	84
2.5 Cronograma de actividades.....	85
CAPITULO III.....	86
3. RESULTADOS. ....	86
CONCLUSIONES .....	95
RECOMENDACIONES.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS.....	107

## RESUMEN

La visión no solamente se circunscribe a la agudeza visual, existen otros parámetros para lograr una perfecta visión. Se realizó un estudio descriptivo, longitudinal, retrospectivo en Gamaoptica, Latacunga-Ecuador, en el año 2020, para conocer características clínicas epidemiológicas de los principales fenómenos fisiológicos de la visión. Se estudió una muestra de 120 pacientes donde se exploraron variables como: edad, sexo, ocupación, agudeza visual, test de Ishihara, Test Titmus y Test de Luces de Worth. Las variables cualitativas se resumieron mediante frecuencias absolutas y relativas porcentuales. Se utilizó la prueba de  $X^2$  al 95% de certeza para comparar frecuencias o asociar variables. En el estudio predominó: el sexo femenino con el 51.7%, el grupo etario de 15-24 años con un 28.3% y la población económicamente inactiva con 46%. El 46.7% de los individuos presentaron una agudeza visual sin corrección binocular de lejos con limitación visual, según el test de Ishihara el 98,3% de la muestra fueron personas estándar, el 69.2 % de la muestra presentó visión binocular normal según Luces de Worth y el 88,3% de los individuos alcanzaron una estereopsis de 40 segundos de arcos. Se detectaron alteraciones, en menor por ciento, en todos los test aplicados para evaluar función visual: Test de Ishihara (1.7 %), Luces de Worth (30.8 %), Test de Titmus (11.7%).

**Palabras clave:** Agudeza Visual, Color, Estereopsis y Visión binocular.

## ABSTRACT

Vision is not only limited to visual acuity, there are other parameters to achieve perfect vision. A descriptive, longitudinal, retrospective study was carried out in Gamaoptica, Latacunga-Ecuador, in the year 2020, to know the clinical epidemiological characteristics of the main physiological phenomena of vision. A sample of 120 patients was studied where variables such as: age, sex, occupation, visual acuity, Ishihara test, Titmus test and Worth's light test were explored. The qualitative variables were summarized using absolute and relative percentage frequencies. The X2 test was used at 95% certainty to compare frequencies or associate variables. In the study prevailed: the female sex with 51.7%, the age group of 15-24 years with 28.3% and the economically inactive population with 46%. 46.7% of the individuals presented visual acuity without binocular correction of distance with visual limitation, according to the Ishihara test, 98.3% of the sample were standard people, 69.2% of the sample had normal binocular vision according to Worth's lights and 88.3% of the individuals reached a stereopsis of 40 seconds of bows. Alterations were detected, in a lower percentage, in all the tests applied to evaluate visual function: Ishihara test (1.7%), Worth's Lights (30.8%), Titmus Test (11.7%).

**Keywords:** Visual Acuity, Color, Stereopsis and Binocular Vision.

## INTRODUCCIÓN

En el mecanismo de la visión, las imágenes recibidas por el cerebro son analizadas bajo diferentes aspectos fisiológicos propios de la visión: forma, color, luminosidad y localización. El mecanismo es todavía desconocido en gran parte y ha dado lugar a varias hipótesis. El cerebro es el encargado de procesar la información recibida y surge la percepción conocida como visión. Bien podríamos decir entonces que no vemos con nuestros ojos, sino con el cerebro.

La carencia de información acerca de este tema nos motivó a la realización de este trabajo de investigación. Este estudio trata de orientar hacia un diagnóstico adecuado, preciso y conciso de todos los aspectos de la visión. Pues el examen optométrico no se circunscribe solo a la agudeza visual, sus anomalías y corrección, sino que es un estudio más metódico y completo de todos los fenómenos fisiológicos de la visión para lograr una calidad visual integral que aporte muchos beneficios en el desenvolvimiento de la vida diaria del individuo.

La visión en el hombre es sin duda un conjunto, en parte innato y en parte adquirido. El grado de perfeccionamiento binocular es apreciable en el adulto, puesto que no se adquiere en forma instantánea, sino que requiere un largo período de aprendizaje. En conjunto, el mecanismo de la visión está todavía por desentrañarse y puede muy bien decirse que el “como vemos la luz” está rodeado de oscuridad.

La “vista” es uno de los cinco sentidos que permiten percibir las cosas tal y como son, desde la forma de una carretera hasta el color del amanecer, los ojos son una ventana al diminuto conocimiento que tenemos en la vida, llegando a ser imprescindible en la formación de nuestra identidad y lo que seremos; la interpretación de cómo ver el mundo, cómo actuar y el juicio para cada una de las acciones que se nos presentarán conforme vayan pasando los años. Nos permitirá seguir metas, completar objetivos y enfrentarnos a la adversidad; es indispensable para la realización del ser humano.

El ser humano comparado con las otras especies que coexisten en el mundo es, sin duda alguna, el que mejor ha aprovechado este sentido; Le Grand dice: “Nosotros vemos extraordinariamente mal, pero entendemos relativamente bien”. Haciendo referencia, que nosotros hemos aprendido y conservado el panorama visual

dando significados y señales propias al cómo reaccionar ante dichas situaciones; nosotros somos muy dependientes de nuestra visión (Frandsen, 2013).

Debido a que la evolución juega un papel muy importante, son varias las especies que no han sido muy beneficiadas con la visión y que se han visto obligadas a desarrollar sus otras cualidades y/o sentidos, como por ejemplo el tiburón, que se guía por su olfato, percibiendo olores a más de 25 metros; sin embargo, no son la especie predominante en el planeta, dando por entendido que el sentido de ver es una de los sentidos que nos ha permitido llegar a donde estamos, quizás el más importante.

El color, como ya es sabido, es una clasificación dada por nosotros en necesidad de diferenciar, el ojo humano es capaz de distinguir esta clasificación por medio de la visión cromática, partiendo de tres colores primarios aditivos: azul, rojo y verde. Percibido por células altamente especializadas conocidas como fotorreceptores; son de dos tipos: conos (visión de colores) y bastones (visión a blanco y negro) (Méndez, 2008).

En la visión binocular, cada ojo aprecia una imagen diferente de cualquier objeto y se provoca una fusión de ambas imágenes en una sola. El funcionamiento correcto de la visión binocular obedece tanto al buen funcionamiento de ambos ojos como de nuestro cerebro, ya que es el sistema motor el que coordina los movimientos. Es un procedimiento que sin el funcionamiento adecuado de cada una de sus partes no producirá la binocularidad, va desde los ojos hasta el lóbulo occipital en el cerebro. El lóbulo occipital integra la información que se origina de la retina. Al mismo tiempo, la corteza visual se divide en algunas regiones catalogadas dependiendo de la función designada (Getty, 2015).

La visión estereoscópica o visión en 3D es la percepción de profundidad dada por la binocularidad, es una capacidad innata del ser humano para ver en tres dimensiones, ambos ojos sincronizados bajo disposición de los músculos extraoculares. Llegando el caso que esta función se vea afectada, sin un tratamiento adecuado y control de anomalías presentes, puede incluso llegarse a una ceguera parcial.

## **Antecedentes y justificación**

Para que se produzca el proceso de la visión, en un primer plano la luz del exterior ingresa a través de rayos luminosos al ojo, para que posteriormente a un nivel extremadamente fenomenal de una imagen concreta y real en la retina. El rayo luminoso pasa por diversos procesos anatómicos propios del ojo y diversos medios transparentes: siendo estos: córnea, iris-pupila (procesos de miosis y midriasis), humor acuoso en cámara anterior, acomodación del cristalino (alejando y acercando los rayos), en vítreo y concluyendo en la retina (Clínica Baviera, 2019).

Al momento de haber llegado a la retina se produjo la activación de varias células senso-motoras, que, a través de un proceso químico, transformaron los rayos luminosos en impulsos nerviosos, cuya función fue llegar al cerebro y producir el estímulo que conocemos como visión. Todo este procedimiento es indispensable para producir visión.

El estudio del mismo conjunto de transformación para generar visión, en la actualidad ha sido escudriñado de tal manera que no hay grandes aportaciones hacia las nuevas generaciones. Sin embargo, sabemos que ha habido más parámetros que aún no han sido indagados de igual manera como el proceso para generar la visión, su integración, relación con los demás procesos, atribución, entre otras, han sido un acápite de igual manera indispensable para la visión.

Para lo cual debíamos fundamentar dichos parámetros desde el principio, cuando comenzaron las dudas existenciales del “porque vemos”, pasando desde filósofos de alta influencia en la historia, hasta psicólogos de un enriquecido pensamiento sin prejuicio alguno. Entre el siglo VII y principios del VIII, cuando Mahoma daba inicio a su religión, se dio un pobre concepto sobre el ojo, cuando una persona se acercó a visualizar el ojo de otra persona vio el iris y por alguna extraña razón aseguró que era de agua y fuego (en la actualidad tras varios estudios, sabemos que el iris posee filamentos de varios colores), asemejando lo que vio a lo que era muy frecuente en aquellos tiempos. Tras el paso de varios siglos, tuvo que aparecer la opinión de uno de los filósofos más prestigiosos de hoy en día, la de Aristóteles, para que diera la base para lo que sería un estudio científico hacia la visión. Cuya demostración estaba presente en la forma diferente de ver de las personas. Unas alcanzaban a mirar más que otras (agudeza visual) que se ha

considerado como un enigma desde siempre y son los árabes en la edad media, los primeros en notar su existencia y su importancia, es así como tuvieron mucho éxito en dominar gran parte del mundo por la rigurosa selección de sus guerreros a quienes se les exigía disparar como prueba de ingreso una flecha contra el enemigo dándole en un blanco determinado, de esa manera aunque de forma rudimentaria probaban su agudeza visual para poder pertenecer a las tropas. Quienes a pesar de no tener un concepto claro de lo que era la agudeza visual, conocían su importancia y basaban la elección de sujetos idóneos basándose en su buena visión. Otra manera que utilizaban para determinar la agudeza visual y escoger sus guerreros y vigías era distinguir a las estrellas Arcor y Mizar, que se encuentran en la Osa Mayor (León-Palacios, 2011).

Sin saberlo era una de las primeras evaluaciones de la agudeza visual, que se continuaría a lo largo de los siglos como el trazado mapas astrales para la navegación. Un concepto que no tenía una nominación adecuada, sin embargo, era muy necesaria; en 1858, Herman Snellen inventa con éxito la cartilla de Snellen (como sabemos es uno de los optotipos que siguen usando hasta hoy en día) y consigo la identidad de lo que conocemos como agudeza visual, que se popularizó durante la Primera Guerra Mundial. Debido a que era una manera fácil de evaluar la visión. Además, se incluyó la evaluación de la visión de los colores en la cartilla (la primera línea de color verde y la segunda de color rojo, las alteraciones más frecuentes del color); estas dos pruebas se volvieron relevantes a las fuerzas armadas, que su uso prevalece hasta la actualidad (Instituto Nacional de Geriatria, 2020).

La visión del color es una estimación de la visión que se crea en el cerebro al interpretar las señales nerviosas que le mandan los fotorreceptores de la retina del ojo y al mismo tiempo interpretan las distintas longitudes de onda que atraen la parte clara del espectro electromagnético. La opinión trajo un planteamiento que direccionaría la anatomía del ojo, a un eje correcto, sólido y conciso. Hasta que, en el siglo XIX, a mano de Hermann Von Helmholtz, se diera la catedra a los primeros métodos psicofísicos. De esta forma, Hermann Von Helmholtz había proporcionado indirectamente el estudio de la percepción sensorial de la visión y su fisiología, aunque para la época no supieron la importancia que representaría en un futuro.

La época misma, no poseía la analítica que hay en nuestros tiempos, por lo que suponía una complicación separar el acto del pensamiento, a una ciencia que no

contemplaba una identidad independiente como tal, el hecho fisiológico, dado que, los conceptos que se lograban confeccionar, fueron una mezcla de los mismos. Fueron varios los años en los que se investigaban los enigmas que poco a poco, iban formando una asimilación, que buscaba una explicación al ¿Por qué? de la visión. Era un entrecruzado, de la concepción metafísica del psicólogo y la pureza científica del matemático.

Comenzaron con la matemática. No obstante, hubo otro inconveniente que fue planteado por Hermann Von Helmholtz: siendo la matemática una ciencia tan exacta, como se la podía aplicar a un órgano exento de exactitud (la contemplación de formas alternas en la superficie corneal), él, como las alteraciones en la forma podían brindar una imagen buena en calidad.

Sin embargo, el mismo Hermann Von Helmholtz que daría el nombre de “fenómenos” a los procesos que estaban estudiando, por la manera desconocida de la que parecían suceder: natural, subjetivo con un notable gran resultado. Puso el génesis a uno de los fenómenos fisiológicos más importantes de la visión, lo que conocemos como visión binocular (a partir de este punto supieron de más fenómenos inconclusos de debían ser explicados, centraron más las investigaciones en el entendimiento de fenómenos fisiológicos que se irían categorizando con el tiempo: visión del color, acomodación, etc.), una armonía conceptual de la percepción sensorial del espacio que tuvo un origen biológico. Al que ya se le dio una identidad en el proceso científico, excluyendo al grupo pertinente de estudio.

La búsqueda anatómica y biológica dio un giro inesperado, al derivar la investigación a la fisiología, la ciencia que estudia el funcionamiento biológico. Concluían que las diferentes funciones y mecanismos que trabajaban para crear visión, debía relacionarse y funcionar de forma paralela, para dar el efecto de la “gran verdad” que suponía el estudio científico de la visión.

La interpretación, resultó en una manera imperfecta, donde la visión binocular fue acoplada a la psico-fisiología, al tratar de explicar cómo dos órganos idénticos con sentido opuesto no proporcionaban una carga que podría afectar al cerebro. En 1905, en Lieja, se explicó que los confines psicológicos, que no eran más que denotaciones triviales que se dieron a proceso funcional no descubierto. Era la ignorancia en la

explicación del funcionamiento, la fisiología, que tendría un efecto en doble haz, ya que se crecería la necesidad de conocimiento en la misma ciencia.

La progresión en el tiempo sobre el conocimiento, fue dando verdades al pasar los años, el acto psicológico concluyo en un “mero desastre”, sin embargo, la fisiología junto a la anatomía, dieron varios estudios que resultaban en que el cerebro era el responsable de analizar, gestionar, reconocer, procesar y responder a los impulsos nervioso que eran llevados por el nervio óptico, un resultante para el sentido común de un ser humano las “imágenes” (Perea, 2018).

Cabe recalcar que, se descubrió que al igual que las cámaras fotográficas antes del siglo XXI, la imagen era invertida, al igual que se produce en la retina. El proceso de intervención, no es percibido por nosotros, no hay una constancia biológica que se pueda sentir o nos haga sentir el cambio. El cerebro, además de ser el encargado de toda la función del cuerpo humano, también hace procesos automáticos. La interpretación de los impulsos es uno de ellos, dicho proceso ocurre el momento que el impulso llega al lóbulo occipital y voltea la imagen para que lo podamos entender (Sheikh, 2017).

La imagen invertida que se produjo en la retina presentó un conjunto que se fundamentó en cuatro periodos y el funcionamiento de la imagen invertida, tal como el de las cámaras antes del siglo XXI. Empezando con el funcionamiento, la semejanza es impresionante al de las cámaras antes del siglo XXI, para algunos fue un milagro y no un proceso biológico, yendo en un orden de similitud: el cristalino funciona como el enfoque de la cámara, permite aclarar y fijar la imagen en un punto de nitidez, la córnea funciona como el lente de poder de la cámara, la pupila es igual al diafragma de la cámara por el cómo regula la luz y mejora la definición de la imagen al quitar o aumentar la cantidad de estímulo luminoso que ingresa al ojo, finalmente la retina posee todo el tejido fotosensible y se asemeja a la impresión donde salen las imágenes (Perea, 2018).

La manera del como el cerebro percibió y procesó el sistema para producir visión, esta también relacionado a diversas aptitudes que posee el ser humano. Siendo que varias habilidades requieren ser aprendidas mediante un lenguaje visual, el lenguaje y la escritura son aprendidas de manera visual y vocal, para luego ser replicadas en una escritura, el ser humano reconoce una letra y su pronunciación,

porque la sociedad nos enseñó que esa letra se dibuja así, de igual manera sucede con la matemática, nos enseñaron que los números y su valor son una representación de un dibujo con identidad, al igual que los signos matemáticos como la suma, resta, multiplicación, división, entre otros. Dando una explicación causal a la dislexia (Sociedad Internacional de Optometría del Desarrollo y del Comportamiento, 2020).

Retomando nuestro tiempo, las investigaciones toman la transposición en la retina y la importancia de las fotocélulas, las mismas investigaciones tomaron un punto referencial en el que el entorno visual era el área de relación y condensación de la información visual, que iba derivar en la transformación de energía lumínica en un impulso nervioso como se había planteado antes. Sin embargo, se debió hacer hincapié a los fotorreceptores que se encuentran en la retina, un tipo de células que se dieron como objeción lumínica. Donde se había planteado una hipótesis que años posteriores iba a ser falsa en todos sus sentidos: los conos eran células muy susceptibles a la luz y los bastones no tanto (Álvarez, 2019).

La manera de la que se negó dicha hipótesis fue con el descubrimiento de las células ganglionares y el establecimiento para la función cromática. Hermann Von Helmholtz luego de que dio el rechazo a una teoría que fundamentaba Young, habría vuelto a plantear por las sensibilidades espectrales, en las longitudes de onda. Hasta la actualidad se mantiene dicho replanteamiento como la teoría tricromática de Young-Helmholtz, establecida en el año de 1852 (Gómez Chova, 2004).

Al igual que con las teorías del cosmos, la búsqueda por una verdad era un continuo enfrentamiento. Sería Hering, quien se había sumado, él había propuesto que el rojo-verde y el azul-amarillo respondían según la longitud de la onda. Una proposición contraria a lo ya planteado. Su planteamiento había incluido al blanco y el negro, algo que nunca iba a ser explicado por la teoría tricromática, a esta teoría se la llamo la "Oponente del color" en 1878. En 1881, llegó un autor que combinó ambas teorías, que se complementaban en dos etapas, con cada teoría respectivamente, fue Donders, quien había conseguido una respuesta acertada a este fenómeno fisiológico (Gómez Chova, 2004).

Pasaban los años, y seguía tomando más fuerza la teoría, que fue resultante en un planteamiento con los fotorreceptores, que se producía una visión tricromática mediada por 3 tipos de conos (conos S, conos M y conos L), que junto a las células

ganglionares daban el canal cromático con sus respectivos oponentes del color (rojo-verde y azul-amarillo). Para 1964, Brown y Wald habían confirmado la existencia de 3 tipos de ftopigmentos, había tenido que pasar un siglo para que se confirmara la teoría tricromática (Gómez Chova, 2004).

Tras el descubrimiento de la intervención del núcleo geniculado lateral en el proceso de la visión en 1966, habiendo realizado un experimento con un cerebro de un mono. Con la fisiología de la mano, se hablaron de maquetas de la apariencia del color. Que trajo al igual que sus precedentes, ideas de hipótesis anteriores con el fin de dar una base psicofísica. Dicha base fue constituida por la función tricromática; la que se compuso de 3 pigmentaciones: el color rojo como “protanópico”, el de color verde “deuteranópico” y el del azul como “tritanópico” (Gómez Chova, 2004).

En cambio, la estereopsis en un principio fue interpretada como un delirio, por sus diversos conceptos sobre la percepción de una tercera imagen, nada igual a las 2 que se logran visualizar monocularmente. Siendo varios los filósofos que habían dado su punto de vista por años, como Jean Piaget, Henri Bouasse y Francois Jacob; para que posteriormente se presentará una hipótesis del entorno físico y su relación con la percepción espacial.

Como ya es sabido, la adaptación juega un papel importante e indispensable para el desarrollo de aptitudes en un entorno, un ejemplo claro son las diversas especies que habitan en el planeta Tierra, cada una de esas especies ha dado una progresión para su existencia. Fue un filósofo experto en las artes médicas (Jan Purkinje), el que plantaría que las aptitudes que cada especie había desarrollado es nada más que una consecuencia adversa de una percepción visual falsa.

Además, lo planteado por Jan Purkinje no era del todo ficticio. La binocularidad nos da la localización visio-espacial en el marco que podemos ver, dicha exploración científica, acarrea consigo una duda más que formaría parte de los fenómenos fisiológicos de la visión, no se sabe a ciencia cierta cuando el ser humano se dio cuenta de que veía en tercera dimensión (Perea, 2018).

Serian varios los estudios que habían tenido un acercamiento al concepto real de la visión estereoscópica o de la tercera dimensión, como: Euclides, Galeano de Pérgamo e incluso Hering y Helmholtz; sobre una superposición observada al mismo tiempo que las que lo originan, como es que dos ojos podían generar una angulación

que no alteraba al cerebro, además de todas las funciones que realizaba (se tomaron hipótesis anteriores sobre el origen de los procesos fenomenales). Hasta llegar a Herbert Mayo en 1827, quien había escrito un libro, que traducido al español era “Las sobrelíneas de la psicología humana” y en él se incluía el proceso de la estereopsis. Sin embargo, no serían 5 años después cuando Sir. Charles Wheatstone daría la pauta experimental en físico sobre la estereopsis, con un juego de espejos para producir la tercera dimensión, mediante la superposición de imágenes. Las mismas que a una diferente angulación, producían esa pequeña alteración visual que permitía ver una imagen antes o después de otra, le habían dado el nombre de “estereoscopio”.

Ese experimento había significado más que un acierto a la teoría de Herbert Mayo, puesto que, significaba la conclusión de varios siglos de investigación y, por ende, la inclusión un nuevo fenómeno de la visión, la tridimensionalidad. Habían dado hincapié a una realidad que pudo haber estado desde la misma existencia del ser humano, volviéndola a redescubrir como un proceso fisiológico nuevo del sistema visual. Tras varios años de investigaciones, se descubrieron los límites y alteraciones que llevaba consigo este fenómeno, para que después de los 2.5 m se tase y siga aumentando de manera paralela a la o las imágenes que se puedan percibir en el proceso de visión (Perea, 2018).

La marcha de la investigación siguió y con el paso de los años también se sumaron otros parámetros que hasta hoy en día siguen siendo indispensables del sistema visual, los principios de la visión binocular, trajeron otra incógnita que se iba a ver visto resuelta por la binocularidad. La visión binocular era el proceso de totalidad, que funcionaba como base, ya que el tercer estallido era la estereopsis. No obstante, para tener estereopsis no es necesaria la agudeza visual de un ojo, pero sí que se posea la visión de ambos ojos, por la angulación que generan las diferentes perspectivas de visión.

Los fenómenos fisiológicos de la visión, eran y seguirán siendo un magnífico tema científico, un apartado que existe y forma parte del sistema visual, así como en la función de su óptimo desarrollo, al sentido de la vista, el sentido que ha permitido originar a la sociedad como tal, el planteamiento de forma, color, representación, visualización e identidad a cada cosa que forma parte de nuestro campo o entorno, pero no solo hay que verlos bien sino reconocerlos bien.

La Optometría dio su entrada a la frontera del Ecuador, a finales del siglo XIX, siendo que en la ciudad de Guayaquil se inaugurara el primer taller óptico, para luego que en la capital también se empezaran a fundar las ópticas. Siendo una profesión de atención primaria en salud visual, para el diagnóstico, prevención y tratamiento de todo lo que infiera a la visión de la sociedad ecuatoriana, dando como medida correctora y preventiva lentes oftálmicas (Gualoto Jaramillo, 2018).

Además, el optómetra tiene la potestad de analizar la o las causas probables de alteración al sistema visual, pudiendo programar control y terapia para el mejoramiento al sentido de la vista y la higiene ocular como tal. Una profesión que al igual que todas las que se encuentran laborando en la sociedad, es guiada por la ética y la moral, por el hecho de pertenecer a las ciencias médicas y sus derivados, la formación deberá ser de carácter integral y humanista, para brindar el servicio adecuado y profesional a los pacientes que lleguen a formar parte del gueto tratado con las principios, leyes y normas que se rijan mediante la ley; conocimiento adquirido en su formación, valores para el adecuado trato en el consultorio y aptitudes para la atención del paciente.

El optómetra será capaz de manejar los equipos adecuados para promocionar, diagnosticar, tratar, controlar, rehabilitar o investigar el proceso de la visión, así como sus anexos como apartado. Es el profesional en la primera línea del cuidado visual, que trabaja mano a mano con la oftalmología para el cuidado y tratado de las patologías que igualmente interfieran con la visión (Saona Santos, 2015).

La óptica "Gamaoptica" nació un 15 de agosto del año 1987, con el objetivo de cuidar la visión de los pacientes ofreciendo el mejor servicio en la salud ocular, se localiza en las calles Padre Salcedo 34-3 y Belisario Quevedo, en la ciudad de Latacunga de la Provincia de Cotopaxi, región Sierra; siendo una prestigiosa óptica con más de 33 años de experiencia y trabajo arduo, ha sido objetivo de nuestra investigación.

Gamaoptica fue una de las 3 primeras ópticas en la ciudad de Latacunga, su compromiso se ha ido adquiriendo durante todo este tiempo con la salud de sus pacientes con espacios amplios y dotados de una alta gama exposición con las últimas novedades en lentes y armazones, gafas de graduado y de sol así como la última tecnología en maquinaria para el bisel y montaje de lentes, además del

equipamiento óptico moderno y completo para realizar refracción y los diferentes test necesarios para ejecutar un diagnóstico preciso y diferenciado de los pacientes (Coba, 2019).

### **Situación problemática**

La disminución visual es el motivo de consulta principal que refieren los pacientes que acuden a Gamaoptica, acompañado, en muchas ocasiones, de picor, ardor, cansancio visual, cefalea y ojo rojo. Estos síntomas referidos por el paciente hablan de una posible alteración de los procesos fisiológicos de la visión, que, al generar un esfuerzo del sistema para compensarlos, se manifiestan con esa sintomatología.

### **Formulación del problema científico**

Definir la causa de síntomas visuales que acompañan la disminución visual es una tarea que a veces resulta complicada, ya que existen otras alteraciones fisiológicas que pueden provocarlas. Detectar problemas en la visión del color, en la visión binocular y estereopsis, es de suma importancia ya que estas funciones también pueden generar síntomas en muchos pacientes, sin embargo, en la práctica habitual quedan sin identificar porque no se exploran regularmente o de forma adecuada. Identificar estos problemas podría significar el éxito o el fracaso de un tratamiento optométrico.

### **Delimitación del problema**

En Ecuador, la educación sobre la salud visual que tiene la población en general, suele ser deficiente; en ocasiones las personas no perciben la necesidad de este servicio porque desconocen la relación de los síntomas visuales con las enfermedades visuales, por lo tanto, no tienen una adecuada percepción del riesgo que implica la desatención de ellos. La familia posee una alta influencia, debido a que la falta de preocupación con respecto a la salud visual desde una temprana edad puede ocasionar problemas a futuro, no solo visuales sino también afectando en el proceso de enseñanza y aprendizaje de cada niño y adolescente.

Desde el punto de vista de la comunidad el fenómeno se repite y muchos no ven la importancia de la evaluación visual desde edades tempranas ni la necesidad de contar con servicios optométricos en su comunidad. Como política de estado el

ministerio de salud pública no cuenta con todos los servicios satisfechos al respecto y muchas comunidades quedan desatendidas desde el punto de vista visual, por falta de gestión pública, sobre todo, aquellas comunidades vulnerables y de difícil acceso.

A ello debemos sumar que gran parte de la actividad optométrica en el país funciona de forma privada. Por otra parte, el actuar optométrico en ocasiones es inconcluso, la práctica de toda la exploración de las funciones visuales en muchas ocasiones queda incompleta ya que no se emplean todos los test necesarios para evaluarla. Esto incide de forma negativa en el éxito del diagnóstico y tratamiento al paciente, resolviendo parcialmente el problema de salud, que queda enfocado casi siempre en la corrección óptica.

### **Justificación del problema.**

La carencia de información acerca del tema nos ha llevado a la realización de este trabajo. En muchas ocasiones, a pesar de realizarse la exploración del resto de las funciones visuales, a parte de la visión, no son tomadas en cuenta para el diagnóstico y correcto tratamiento, quedando fuera del diagnóstico temprano, patologías relacionadas con alteraciones de la visión binocular, estereopsis y visión del color.

Algunas pueden diagnosticarse en la edad adulta cuando poco se puede hacer al respecto, pues han influido de forma negativa en el desarrollo visual que ocurre durante el proceso de plasticidad neuronal, limitado a la infancia temprana, a consecuencia de la privación de información necesaria para el desarrollo neuronal.

### **Formulación de la hipótesis**

¿Existen alteraciones de los fenómenos fisiológicos de la visión en los pacientes estudiados, lo cual disminuye su calidad visual integral?

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

Conocer características clínico-epidemiológicas de los principales fenómenos fisiológicos de la visión en los pacientes atendidos en Gamaoptica perteneciente a la ciudad de Latacunga en el periodo 2019 - 2020.

### **Objetivos Específicos**

- Distribuir la muestra de estudio según las variables: sexo, edad y ocupación.
- Determinar la agudeza visual de los pacientes en estudio.
- Analizar resultados de test aplicados para evaluar la fisiología visual: test de Ishihara, test luces de Worth y el test de Titmus.
- Conocer incidencia de alteraciones en los test aplicados para la visión del color, la estereopsis y la binocularidad.

## CAPITULO I.

### 1. MARCO TEÓRICO.

#### 1.1 Contexto Teórico.

Un fenómeno fisiológico de la visión es el conjunto de procesos anatómicos que permite desarrollar diversas funciones en el sistema visual, recibe el nombre de fenómeno por ser de tipo natural y sensorial, siendo que se manifiesta o se percibe cuando ya está ejecutado. Un punto de vista que lo reafirma es que se produce de manera extraordinaria y da un resultado esplendido para el ser humano. Dentro de los fenómenos fisiológicos de la visión se encuentran los diversos procesos visuales como: acomodación, divergencia, convergencia, sensibilidad del contraste, percepción de formas, motilidad ocular, campo visual, visión del color, visión binocular, estereopsis, entre otros.

Todo lo que conocemos y todo lo que sabemos parte desde una imagen, la misma que emula un conocimiento sea de forma, color o contenido. Para poder escribir, leer, necesitamos de un trazo que solo tiene sentido y existe porque pudimos primero ver y darle un nombre, un sentido y un significado, algo similar ocurre con el color pues son nuestros ojos los responsables de darnos esa información para analizar, nombrar y replicarla si fuese necesario.

La agudeza visual es la herramienta que nos pone en contacto con la realidad exterior, podemos apreciar lo hermoso del horizonte, el color de las flores, las aves, las personas que amamos, etc. Todo lo que nos agrada, así como lo que nos desagrada y con mayor razón para precautelar nuestra integridad y vida, visualizando el peligro, la distancia de los coches para cruzar la calle, mirar por donde caminamos, evitar tropezar y caernos con obstáculos, etc.

Se han comprobado que una persona solo al mirar a través de una ventana mantiene su cerebro en funcionamiento y conectado con la realidad, de ahí que la visión se corona como el rey de los sentidos porque con una mirada recogemos mucha información, es una herramienta valiosa de aprendizaje.

La visión del color radica en la comunicación visual, cuya relación que existe entre la ilustración y el sentido que se le ha atribuido. La identidad de cada cosa ha

sido propuesta por la visión, el color permite que conozcamos las cosas en el mundo físico. Más del 90% de la comunicación está basada en gráficos, utilizando el color como principal camino de información, ya que como sabemos cada color posee un distinto nombre y con él, una simbología lingüística, como por ejemplo el azul es comparado con el cielo y los mares, el color de las diversas frutas o el arcoíris como tal.

Se debe considerar que no todas las personas pueden detectar los mensajes a través del color. El poco interés que se les proporciona a los principales problemas fisiológicos de la visión, la deficiencia en la percepción visual, y la importancia del color como elemento de comunicación, conlleva a implicaciones socioculturales, específicamente, con el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La visión binocular, proveniente del latín “bini” que expresa par y “oculaire” de ojo, que se refiere a ambos ojos, al igual que todas las funciones que cumplen. Los ojos llegan al 100% de su capacidad si anatómicamente y refractivamente se encuentran funcionando en su totalidad; dicha capacidad del 100% se aplica a todos los parámetros de la visión que se derivan al estado óptimo de la binocularidad, como: el campo visual, la motilidad ocular, la acomodación, el paralelismo de los ejes visuales, la convergencia, la divergencia, etc., (Tavberidze, 2019).

Al momento de perder algún parámetro para la factibilidad de la visión binocular, perdemos dicha capacidad, la que con el tiempo puede traer consigo varias complicaciones; las más conocidas son: la supresión de imágenes y la pérdida de la rivalidad retiniana, lo que desemboca en que dejemos de ver con ambos ojos o en ver bien con un solo ojo; se compara con que tenemos dos manos, pero no es lo mismo usar una mano que dos, para realizar cualquier actividad.

La estereopsis, también conocida como percepción de la profundidad o el 3D para la sociedad, es una capacidad que no puede faltar en la visión, que indirectamente está en nuestra vida matutina, las actividades como: tomar un café en la mañana, abrir el agua de la ducha, agarrar la manija de una puerta para abrirla e incluso para caminar (Boyd, 2018).

Dichas actividades que presentan una percepción de profundidad, para poder caminar miramos el suelo, viendo donde es más conveniente pisar, para evitar un resbalón o una posible caída, indirectamente la estereopsis siempre ha estado

presente en la capacidad visual, sabiendo que es uno de los principios de la visión binocular, como estallido final y el que representa la máxima de la visión como tal, es un factor de estimación reducida; por el contrario, en una persona que ya presente una disminución visual o alteración en la visión binocular, presentará alteraciones en la estereopsis.

Una buena visión está caracterizada por la presencia de un número elevado de habilidades visuales, entre los que se encuentran: la eficacia visual monocular, binocular, estereoscópica, cromática; todas cualidades indispensables para el normal desenvolvimiento del ser humano.

## **1.2 Conceptos y definiciones teóricas.**

### **1.2.1 Agudeza visual**

La agudeza visual es la habilidad de detección, reconocimiento y resolución del sistema óptico-ocular, para percibir dos objetos próximos entre sí como separados. Es exclusiva función de los conos y se podría definir también como el poder de discriminación de ojo. Para entender esta definición necesitamos conocer acerca del mínimo visible y del mínimo separable.

El mínimo visible es el más pequeño objeto diferenciable o el más pequeño punto, el cual produce una respuesta cerebral y, por lo tanto, se tiene la conciencia de ver algo. Existe una diferencia entre el mínimo visible cuando se observa puntos o líneas. Para un punto es de 35 segundos de arco y para una línea es de 0,5 segundos de arco o de 10 segundos de arco, dependiendo de la iluminación, que el ojo es capaz de discriminar sobre un fondo de contraste.

El mínimo separable es la mínima separación que debe haber entre dos puntos para que se perciban como diferentes. Es una función de los conos y se consideran que el ángulo de separación entre estos dos puntos debe ser de 52 a 64 segundos de arco. El mínimo separable depende de la distancia que hay entre cono y cono, a nivel retinal. Para que dos puntos sean vistos como diferentes se debe estimular dos conos, dejando uno intermedio (Martin Herranz & Vecilla Antolínez, 2011).

Para explicar la fisiología de la agudeza visual podemos partir diciendo que el sentido de la vista es, talvez, el más importante de cuantos sentidos disponemos para la captación de la realidad externa. El hombre, tiene a su servicio un órgano doble

maravillosamente desarrollado: el ojo. Ambos ojos, actuando en perfecta coordinación, recogen con todo detalle, a modo de dos pequeñas cámaras oscuras, las imágenes sobre las cuales fijamos nuestra mirada y las trasladan a la corteza visual del cerebro.

El globo ocular es una pequeña esfera, de unos 2.5 centímetros de diámetro. De la parte posterior emerge el nervio óptico y de la parte anterior sobresale un segmento de esfera de menor diámetro que el resto del globo ocular (la córnea), que se observa entre la abertura horizontal de los párpados.

Como habíamos manifestado, el globo ocular tiene una constitución semejante a la de una cámara oscura o más propiamente como una cámara fotográfica, con mayor propiedad se podría comparar con una cámara de televisión. En efecto, el globo ocular está constituido por una cubierta opaca a la luz, ésta cubierta consta de una capa externa dura, elástica y resistente, la esclerótica, la cual está tapizada por dentro por otra muy vascularizada: la coroides. La coroides sirve de sustento a la capa sensible a la luz, la retina. Sobre la retina, perfectamente desarrollada en el polo posterior del ojo, se proyectan los rayos luminosos provenientes del exterior. Este sistema óptico está situado en el polo anterior y consta del cristalino, el diafragma iris y la córnea. La retina actúa de modo parecido al tubo receptor de la cámara de televisión: transforma los estímulos luminosos en impulsos nerviosos. Estos son conducidos por el nervio óptico, como lo hace el cable de conexión de una cámara televisiva, hasta la corteza cerebral. Y aquí las imágenes, en forma de impulsos eléctricos, son registradas, hechas conscientes o guardadas en la memoria.

Esas delicadas cámaras ópticas que son los ojos, se hallan alojados para su protección en dos cavidades óseas existentes entre la cara y el cráneo, y son las cavidades orbitarias. En el interior de esta cavidad, el globo ocular se halla inmerso en el seno de un tejido adiposo que le sirve de protección. Dentro de él, el globo ocular puede moverse en distintos ángulos para dirigir correctamente la mirada hacia los diferentes puntos, así se consigue que la imagen del objeto sobre el cual se centra la atención, caiga directamente en el punto más discriminativo de la retina: la mácula lútea. Este movimiento se realiza gracias a la acción de seis delicados haces musculares (los músculos extraoculares u oculomotores) que, actuando coordinadamente entre sí y en armonía con los del otro ojo, realizan los movimientos voluntarios de ambos globos oculares.

En la parte anterior del ojo, la esclerótica se continúa con una zona circular de 12 milímetros de diámetro, que es una lámina más delgada de 1 mm de espesor y completamente transparente, denominada córnea. Su transparencia es exquisita, como la del más fino cristal, esto es debido a que las fibras colágenas se hallan inmersas en un líquido intersticial escaso y del mismo índice de refracción y la ausencia de vasos sanguíneos. La córnea sobresale ligeramente hacia adelante, pues posee un radio de curvatura menor que el del globo ocular. La córnea tiene una superficie lisa y transparente gracias a la película lagrimal que la cubre, nutre e hidrata. El índice de refracción de la lagrime es de 1,336, muy similar al del agua. Al llegar la luz al ojo, es en la película lagrimal en donde primero se refracta y no en la córnea.

Más de los 2/3 de la refracción total del ojo se deben a la córnea, cuyo poder refractante normal varía desde 42 a 44 dioptrías, con un valor medio de 43 Dioptrías; su índice de refracción es de 1.376 y su curvatura anterior de 7.7 milímetros mientras que la posterior es de menor: 6.8 milímetros.

Por detrás de la transparente córnea aparece esa membrana circular, pigmentada, que es el iris. Ésta presenta en su centro un orificio que, contemplado desde el exterior, aparece profundamente negro: es la pupila. El Iris y la pupila son las estructuras que caracterizan la mirada humana.

El iris se halla por delante del cristalino y se encuentra inmerso en el humor acuoso de la cámara anterior del ojo. Representa una prolongación de la membrana coroides. Es una delgada lámina circular constituida por diversas capas. El estroma del iris es una capa de tejido conjuntivo de numerosos vasos sanguíneos y nervios y, sobre todo, de variables acúmulos de pigmento. Cuando esta capa contiene mucho pigmento (que es la melanina, sustancia natural de color pardo oscuro), el iris aparece de color castaño. Cuando el pigmento es muy escaso el iris es de color azul claro.

Otro elemento importante que forma parte del estroma del iris es un anillo de células musculares situado en el borde del orificio de la pupila llamado músculo constrictor o esfínter pupilar. Pero el elemento más importante es el conjunto de fibras musculares dispuestas en sentido radial. Los haces de fibras musculares se insertan en el borde de la pupila y divergen radialmente hacia el margen periférico. Cuando estas fibras se contraen, el orificio central del iris, la pupila, se dilata. Estas

fibras constituyen el músculo dilatador del iris o de la pupila. La actividad de los músculos, dilatadora y constrictora, se hallan controlados por el sistema nervioso vegetativo, el cual sirve de base a un mecanismo automático, llamado reflejo pupilar.

Cuando la retina recibe un exceso de luz esta información actúa sobre un centro vegetativo del cual parten precisas órdenes al músculo constrictor. El resultado es que la pupila reduce su diámetro. Esta disminución del diámetro pupilar se denomina miosis, con lo que se corrige el exceso de luz. A la inversa, cuando la cantidad de luz que llega a la retina es escasa y la visión pobre, el centro vegetativo incita una contracción del músculo dilatador, la consecuencia inmediata es una apertura de la pupila o midriasis, por ende, entra una mayor cantidad de luz y la visión mejora. En conclusión, el iris actúa como el diafragma del sistema óptico cuya función es regular el paso de la luz.

Por detrás del iris se halla situado el cristalino. Es una auténtica lente biconvexa, de sustancia elástica y completamente transparente. Tiene un diámetro de unos 9 milímetros y por su biconvexidad, su mayor espesor lo presenta en el centro y es de unos 4 milímetros en estado de reposo, cuando el ojo se halla mirando al infinito.

El cristalino se sitúa por detrás de la córnea a 3.6 mm y su índice de refracción es de 1.416, el radio de curvatura anterior es de 10 milímetros y el posterior de 6. Su transparencia y su forma le confieren las características ideales de una lente óptica, es el responsable del 1/3 de la refracción total del ojo. El cristalino, junto con la córnea y el humor acuoso, contribuye decisivamente a proyectar sobre la retina las imágenes de los objetos en los que se fija la vista.

En estado de reposo, el conjunto óptico: córnea, humor acuoso, cristalino; proyecta con precisión y perfectamente enfocadas las imágenes de los objetos que se hallan situados en el infinito. En una cámara fotográfica, el enfoque de los objetos próximos se logra mediante la regulación del lente objetivo. El cristalino es el encargado de enfocar los objetos a las diferentes distancias mediante un recurso que no posee ni la mejor máquina fotográfica. El cristalino aumenta su curvatura y se transforma en una lente más convexa (para dar un mayor poder), justo hasta el punto exacto para obtener una imagen enfocada sobre la retina, del objeto observado. El ojo solamente puede estar acomodado a una sola distancia a la vez.

Éste aumento de la biconvexidad lo experimenta el cristalino gracias a su elasticidad, esta deformación se llama “acomodación” y es producida por la acción del músculo ciliar que es una especie de anillo circundante que sostiene el cristalino. Cuanto mayor es la contracción del cristalino tiene mayor poder y es más cercano el enfoque de los objetos.

En el interior del globo ocular, en la parte posterior, se halla la retina, que es una delicada membrana sensible a la luz. Es el símil de la cámara fotográfica, la retina representaría la película fotosensible. El sistema óptico del ojo: córnea, humor acuoso y cristalino proyectan sobre ella las imágenes de los objetos sobre los que se fija la vista. La retina contiene una infinidad de elementos microscópicos sensibles a la luz: conos y bastones. Cada punto de la imagen estimula, según la intensidad de la luz y del color que tiene, uno de estos elementos.

La energía luminosa se transforma, a través de un proceso bioquímico, en un estímulo eléctrico que, por medio del nervio óptico, llega a la corteza cerebral, donde se realiza la percepción e interpretación de las imágenes visuales.

Pese a su tenue delgadez, la retina es una estructura extraordinariamente compleja. La capa más profunda que está en contacto con la coroides es el estrato pigmentario formado por células epiteliales cargadas de pigmento oscuro, cuya misión principal es la de absorber los excesos de luz que podrían dañar a los sensibles conos y bastones que se hallan en la capa inmediata. La capa sensorial es la que contiene los conos y bastones perfectamente ordenados, elementos fotosensibles que son los que captan las imágenes luminosas. Los conos y bastones son llamados así por su forma.

Cuando una persona desea obtener una imagen nítida la ve directamente y la imagen que se forma cae directamente sobre la mácula lútea, que es la zona de la retina especializada en la visión fina y de detalle. Esta particularidad se da por la gran concentración de conos en esa zona, siendo la responsable de la visión directa (agudeza visual).

Las fibras del nervio óptico son las encargadas de conectar el ojo con el cerebro. Estas fibras se reúnen en un punto de la retina, desde donde se introducen atravesando la coroides y luego la esclerótica, emergiendo por el polo posterior del ojo. Esta área de la retina donde se forma el nervio óptico carece de conos y bastones

por lo que no es sensible a la luz. Por esta razón es el punto ciego y por su aspecto circular y deprimido se llama papila óptica; es visible a través de la pupila en el fondo de ojo iluminado, mediante un oftalmoscopio.

En la porción central está la región macular que es la porción de mayor agudeza visual de la retina y dentro de la mácula esta la fovea central (fovea centralis) que no tiene bastones sino solo conos, tiene un diámetro de 54 minutos de arco (casi 1° grado de arco), es la zona encargada de la agudeza visual, es donde la visión del detalle llega a su máxima expresión. Existen aproximadamente 150.000 conos/mm<sup>3</sup> en el centro de la fovea (Guyton & Hall, 2006).

Para que dos puntos puedan verse separadamente es necesario que se impresionen dos conos separados por un cono intermedio no impresionado, el ángulo de separación entre estos dos puntos debe ser de 52 a 64 segundos de arco. A los 5 años la agudeza visual alcanza la unidad, pudiendo considerarse, por otra parte, que la visión central o foveal se encuentra definitivamente desarrollada a los 8 años. Entre los 10 y 20 años, la agudeza visual sería máxima, valor que se mantendría hasta 45 años para iniciar un suave descenso a partir de esta edad y acentuarse la disminución a partir de los 60 años.

Entre todas las exploraciones que en la práctica de refracción del ojo se realizan, la determinación de la agudeza visual es sin lugar a duda, una de las más importantes. Teniendo en cuenta que la disminución de la agudeza visual es el síntoma más común de todas las ametropías y que la corrección de estas nos da una notable mejoría.

La evaluación de la agudeza visual se definiría como la capacidad que tiene el ojo para detectar el detalle que subtiende un ángulo de 1 minuto de arco, sin lentes para un emétrope y con lentes para un amétrope. Para lograr este objetivo se emplean los optotipos de Snellen (creados en 1854 y usados hasta hoy en día) cuya realización se basa en el principio anteriormente mencionado, cada letra del optotipo se circunscribe dentro de un cuadrado que tiene 5 minutos de arco y que es directamente proporcional a los 5 detalles que conforman cada letra, que coincide a la distancia que un ojo emétrope será capaz de distinguir. El ángulo visual que se forma entre las líneas, que parten desde los extremos superior e inferior de la letra hacia el punto nodal del ojo, situado a 15 mm delante de la retina y a 7 mm detrás de la córnea, es

de 5 minutos de arco. El cuadrado que contiene cada letra se compone de cinco cuadrados pequeños iguales y a cada uno le corresponde el ángulo visual de 1 minuto de arco. Para las diferentes distancias, las letras van aumentando su tamaño de manera que subtiendan el mismo ángulo visual, mientras mayor sea la distancia, mayor será su tamaño (Galvis Mieles, Niño Bacareo, & Rueda García, 2020).

La agudeza visual (AV) es una determinación cuantitativa de la función visual central de cada ojo y se expresa en forma de la siguiente fracción:  $AV = d/D$  en donde  $d$  = distancia del optotipo-paciente y  $D$  = distancia para la cual se calculó la letra del optotipo. El numerador indica la distancia a la que está colocada la cartilla con respecto al paciente y debe estar a 6 metros o 20 pies; debido a que a esta distancia los rayos llegaran al ojo en forma paralela como si provinieran del infinito. El denominador indica la distancia a la cual debería ser leída por un ojo emétrope (Salazar Costales, 2016).

Ejemplo: una agudeza visual de 20/60, significaría que: una persona amétrope lee a 20 pies, lo que debería ver a 60.

El resultado de la valoración de la agudeza visual se puede expresar tanto en pies, metros, decimales, o en valores porcentuales. Cada medida podrá ser representada de la forma que el profesional lo prefiera, siendo el 20/20 el valor normal o unidad de la agudeza visual (en metros 6/6, en decimales 1 y en porcentaje 100%).

#### **Ilustración N°1: conversión de la Agudeza visual**

METRICO	PIES	DECIMAL	STERLING
6/6	20/20	1.00	100%
6/9	20/30	0.66	91.4%
6/12	20/40	0.50	83.6%
6/18	20/60	0.33	70%
6/24	20/80	0.25	58.5%
6/30	20/100	0.20	48.9%
6/60	20/200	0.10	20%
6/120	20/400	0.05	3.3%

**Fuente:** (Leasim, 2012)

El optotipo y la técnica del examen a realizarse para determinar la agudeza visual varía para los niños o adultos, de acuerdo a su edad, inteligencia, forma de comportamiento, etc. Debemos elegir para cada paciente el test que consideremos más adecuado para conseguir una determinación, lo más exacta posible, de su agudeza visual.

El tambor optocinético es utilizado para niños menores de tres años o personas retardadas mentales. El tambor puede cambiarse por escalas, con líneas más finas o gruesas, según se requiera, si el paciente presenta o no nistagmos al hacer girar el tambor.

Existen optotipos que en vez de letras solo contienen la E en diferentes direcciones y en las mismas escalas de la cartilla tradicional de Snellen. Estos optotipos pueden ser utilizados en personas analfabetas o en niños de edad preescolar.

Para mayor facilidad del parte del paciente, con respecto a la posición de la "E", se le entregará un objeto con dicha forma para que él vaya colocándolo en el mismo sentido en que sea vista la letra del optotipo.

Existen también optotipos con figuras, para la determinación de la agudeza visual en los niños, pero la mayor parte de las figuras no guardan exactamente el ángulo de 1 minuto de arco por cada detalle, siendo menos exacta la valoración. Pero cuando determinamos la agudeza visual en los niños no colaboradores o faltos de interés lo más práctico es la utilización de este tipo de cartillas a base de figuras, ya que, a pesar de no ser exactos, y pudiendo existir además la posibilidad de una confusión en la manera de interpretar el dibujo, no cabe duda de que son los optotipos de elección en niños o deficientes mentales.

El test de los anillos de Landolt consiste en un anillo incompleto cuya abertura varía de posición en las distintas filas del optotipo. Para la agudeza visual a 5 minutos de arco, el diámetro aparente del anillo es de 5 minutos de arco, el espesor del trazo negro es de 1 minuto de arco, al igual que la abertura. Este tipo de optotipo puede ser utilizado en personas analfabetas o en niños de edad preescolar; el paciente deberá reconocer la posición de la abertura del anillo a una distancia de seis metros, el tamaño de la figura que el paciente logre ver determinará el grado de agudeza visual que el posee (Galvis Mieles, Niño Bacareo, & Rueda García, 2020).

Existen optotipos de números en vez de letras mayúsculas, se los utiliza en especial en niños preescolares que no conocen todavía las letras o en personas analfabetas que si conocen los números. Deberán ser leídos a una distancia de seis metros. El tamaño del número visualizado dará el grado de agudeza visual que el paciente tiene.

Los optotipos o cartillas de Snellen son los más utilizados y están conformados por letras mayúsculas cuadradas dibujadas sobre un cartel, cuyo tamaño va variando de arriba abajo. La altura de cada letra forma un ángulo de 5 minutos de arco, el ancho de cada trazo subtiende un ángulo de 1 minuto de arco. La escala más grande corresponde a una letra que puede ser visualizada a 60 metros o 200 pies; seguida de diferentes renglones con letras que deben ser leídas a 30 m o 100 pies, 21 m o 80 pies, 15m o 60 pies, 12m o 40 pies, 9m o 30 pies ,6m o 20 pies, 4.5m o 15 pies y 3m o 10 pies.

Una distancia adecuada para colocar el optotipo con respecto al paciente, es considerado entre los 5 y 6 m, los mismos que corresponderán aproximadamente a 20 pies; debido a que desde esta distancia los rayos incidirán en el ojo en forma paralela como si vinieran del infinito.

Para el examen se procede a colocar al paciente de frente a la cartilla y se examina cada ojo por separado, comenzando siempre por el ojo derecho, colocando un oclisor por delante de ojo izquierdo sin presionar el globo ocular, y se indica que lea las letras del optotipo hasta donde sea posible. Si es capaz de leer la línea de 20/20, se registra esto y se repite la prueba para determinar la agudeza visual del ojo izquierdo.

Si el paciente puede leer las letras más grandes situadas en la parte superior de la cartilla, pero no alcanza a leer hasta la línea de 20/20, se registrará el valor que corresponde a la línea más pequeña que pueda leer. Si no puede leer las letras más grandes de la parte superior de la cartilla se le acercara progresivamente hasta que pueda leerlas; y se registra esta distancia. Si el paciente usa anteojos para ver de lejos, se repetirá la prueba y se anotarán los resultados “sin corrección y con corrección” (Galvis Mielles, Niño Bacareo, & Rueda García, 2020).

Cuando estamos ante una disminución de la agudeza visual, un punto objeto no corresponde a un punto imagen, sino un círculo, del que la parte luminosa

constituye lo que le llamamos la mejor imagen, rodeado de una parte menos luminosa, que es el círculo de difusión. Cuanto más nítida sea la imagen, menor será el círculo de difusión. Por tanto, para que dos puntos sean considerados como distintos, sus mejores imágenes se han de formar sobre dos conos intercalados por un cono no impresionado. Para lo cual es necesario que los círculos de difusión no impresionen el cono intermedio. Si por el contrario sobre éste caen los dos círculos de difusión y si la suma de la intensidad de los dos círculos es superior a la intensidad mínima capaz de provocar la sensación luminosa en el cono intermedio de los dos puntos objeto, cuanto mayor sean los círculos de difusión y menor la intensidad de éstos, menor será la agudeza visual.

La borrosidad de la imagen percibida depende no solamente de las imperfecciones del ojo como aparato óptico y del número de conos por unidad de superficie, sino también de las interacciones de las células de asociación. Esta interacción es la base de ciertas sensaciones, por ejemplo, la de que dos cuadrados es exactamente iguales, uno negro y otro blanco, colocados uno al lado del otro no parece de la misma dimensión.

Entre todas las exploraciones que en la práctica de refracción del ojo se realizan, la determinación de la agudeza visual es, sin lugar a duda lo más fundamental. Esto no tiene nada de extraordinario si tenemos en cuenta, en primer lugar, que la disminución de la agudeza visual es el síntoma común en todas las ametropías, y, en segundo lugar, que la corrección de estas ametropías trae consigo una rápida recuperación de la misma, hasta alcanzar los valores normales. Por otra parte, cualquiera que haya sido el procedimiento empleado para la determinación de la refracción, la extensión de la receta siempre debe ir precedida de una prueba de agudeza visual.

Tenemos varios factores dependientes del aparato dióptrico ocular, que determinan que la agudeza visual esté disminuida, debido a la presencia de los diferentes vicios de refracción o ametropías: miopía, hipermetropía, astigmatismo; que determinan que la distancia focal del ojo no coincida con la del sistema óptico ocular y se necesite de un lente para compensar y corregir la ametropía existente. La pérdida de la agudeza visual va en relación directa con el grado de ametropía, así a mayor grado de ametropía mayor es la disminución de la agudeza visual.

La miopía, entre todas las ametropías, es la que más ha llamado la atención de todos los investigadores pues su evolución y las lesiones que en ella se presentan pueden conducir hasta la ceguera. La miopía es una anomalía de la refracción que consiste en que los rayos que llegan paralelos al ojo forman el foco por delante de la retina, por lo que es necesario que para que se formen sobre dicha pantalla incidan en cierto grado de divergencia, siendo ésta tanto mayor cuanto mayor sea el grado de miopía (Martin Herranz & Vecilla Antolínez, 2011).

El miope bajo ve bien de cerca, ya que sus ojos están adaptados para la visión de los objetos próximos; la visión del miope bajo es mala con relación a los objetos lejanos y la baja de la agudeza visual depende en primer lugar del valor dióptrico del defecto. Según Maggiore, calculando una distancia fija de cinco metros la agudeza visual equivale a 5/10 en el caso de un miope de 1.00 dioptría; el de 2.00 dioptrías tendría una agudeza visual de 2/10; el de 3.00 dioptrías verá aproximadamente 1/20.

Las miopías elevadas traen consigo grandes modificaciones en el fondo de ojo como, por ejemplo: alteraciones papilares; lesiones maculares con trastornos en la visión central, desprendimientos de retina, glaucoma, alteraciones del vítreo, trastornos del sentido luminoso y por supuesto gran disminución visual. La refracción del ojo miope está sometida a modificaciones en el transcurso de la vida. Estas modificaciones guardan relación con el desarrollo de los diferentes elementos que integran el globo ocular. En general el tratamiento óptico de la miopía consiste en el empleo de lentes divergentes o negativos. La lente correctora de una miopía será aquella cuyo foco imagen coincida con el remoto real de la ametropía.

La hipermetropía es el defecto refractivo que posiblemente menos atención ha recibido de los investigadores, debido, quizá, al hecho de que es una ametropía que muy rara vez evoluciona aumentando su valor dióptrico u originando complicaciones.

La hipermetropía es una anomalía de refracción ya sea por la longitud axial de ojo, por la disminución del poder refractivo del ojo, o por una disminución en la curvatura de la córnea o cristalino, consecuencia de esto los rayos que llegan al ojo procedentes del infinito, forman un foco detrás de la retina, cuando el ojo está en reposo. Si un objeto situado en el infinito se fuese acercando poco a poco al ojo, sería visto cada vez más borroso, ya que su imagen retiniana se iría desenfocando progresivamente. Cuando más divergentes son los rayos que inciden en el ojo, más

atrás de éste formarán la imagen, después de sufrir la refracción en las dioptrías oculares, y, por tanto, mayor será el círculo de difusión.

El sujeto hipermetrope no puede ver ni de lejos ni de cerca con nitidez los objetos, con la acomodación en estado de reposo. El síntoma subjetivo más característico de la hipermetropía no corregida son los trastornos producidos por el esfuerzo continuo que somete el individuo a su acomodación y trae consigo la aparición de la llamada astenopia acomodativa, originada por el cansancio visual; hay disminución de la agudeza visual o visión borrosa. El sujeto tiene que suspender de vez en cuando el trabajo visual, y se restriega los ojos para practicar una especie de masaje en la región del músculo ciliar (Morejón Rojas, 2016).

La fatiga puede producir dolores más o menos intensos de la región interiliar, o producir una verdadera cefalea. El exceso de acomodación puede producir un desequilibrio en la convergencia de los globos oculares lo que puede originar, como consecuencia, una endoforia o bien una tendencia al estrabismo convergente o endotropía.

Un detalle muy importante de la corrección óptica de la hipermetropía es que el sujeto no tolera al principio toda la graduación de la ametropía. La explicación es que el hipermetrope de grado elevado está habituado a acomodar constantemente y al colocar la graduación completa el músculo ciliar no se adapta a la nueva condición que le obliga a un estado de reposo en visión lejana; por lo que es necesario realizar la graduación de una manera escalonada. La corrección óptica de la hipermetropía se hace con lentes positivas, para de esta manera tratar de llevar el punto imagen sobre la retina y que de esta manera los objetos vistos sean nítidos.

Otra de las ametropías que influyen sobre la agudeza visual es el astigmatismo, que es una anomalía de refracción del ojo, caracterizada porque la curvatura es diferente en los dos meridianos principales. En virtud de esto, el valor dióptrico también será diferente según el meridiano que consideremos.

Un haz de rayos luminosos homocéntricos, al sufrir la refracción un ojo astigmático, pierden tal propiedad para convertirse en heterocéntricos, dicho de otra manera, los rayos luminosos procedentes de un punto objeto no se reúnen en un solo punto imagen luego de la refracción en las dioptrías oculares.

El ojo astigmata es incapaz de formar un punto imagen. Si uno de los focos cae sobre la retina, la imagen de un punto es una línea de longitud igual al diámetro del círculo de difusión de un emétrepe esférico de refracción e igual a la del otro meridiano principal.

La visión en el astigmatismo es mala tanto en visión lejana como en la próxima. El astigmatismo no corregido o defectuosamente corregido es capaz de provocar una serie de trastornos subjetivos que, en determinados casos, pueden llegar a tener gran intensidad, entre los que podemos mencionar la astenopia acomodativa. Ésta se presenta con gran frecuencia en astigmatismos bajos o mal corregidos y se ocasiona por los esfuerzos asimétricos que realiza el sistema visual para intentar ver bien. De aquí la importancia que tiene la corrección exacta del astigmatismo.

La astenopia puede llegar a producir verdaderas hemicráneas, fotofobia, náuseas, vértigo y repulsión a la visión binocular; hay una notable disminución de la agudeza visual. La sintomatología aumentará igualmente con el trabajo prolongado, o con trabajos que requieren de esfuerzo visual.

Cuando el astigmatismo es simple, la corrección se hará con lentes cilíndricas solamente, y cuando es compuesto con lentes esferocilíndricas. Recordemos que las lentes cilíndricas actúan en su sección activa con el poder dióptrico máximo y en el otro eje perpendicular su valor será igual a cero (neutro).

El uso del agujero estenopeico en la consulta optométrica es importante ya que nos sirve para diferenciar si la disminución de la agudeza visual es refractiva o patológica. El agujero estenopeico aumenta la profundidad de foco del paciente y disminuye el tamaño de los círculos de difusión haciendo que la borrosidad disminuya, cuando la disminución visual es refractiva. Mientras que sí no se observa mejoría, estamos ante la presencia de factores no refractivos que determinan su disminución.

La agudeza visual puede verse disminuida también por factores de diversa índole que estén afectando a la salud ocular y sus diferentes estructuras o comprometiendo su integridad o fisiología. Dentro de estas afecciones tenemos, por ejemplo, factores de tipo congénitos, patológicos, traumáticos, degenerativos, inflamatorios, farmacológicos, seniles, etc.

Dentro de las anomalías congénitas tenemos la afaquia, catarata congénita, luxación del cristalino (síndrome de Marfan), albinismo, nistagmos, etc. Entre los

trastornos degenerativos tenemos: pterigión, hialopatías (vítreo), maculopatías, etc. Dentro de los traumáticos tenemos: desprendimiento de retina, catarata traumática, luxación y subluxación del cristalino. Las opacidades de los medios transparentes tanto en córnea, como en el cristalino. En patologías como: queratitis, conjuntivitis, glaucoma, oclusión arteria o vena central retina. En cambios seniles: catarata senil, degeneración macular, etc. Por inflamaciones no infecciosas: uveítis, hemorragia vítrea (retinopatía diabética), etc. Debido a otras causas: toxoplasma Gondii, tumores oculares (sarcomas), estrabismos, ambliopías, anisometropías, antimetropías, queratocono, etc., (Salazar Costales, 2016).

### **1.2.2 Visión del color**

La visión del color es la facultad que le permite al ojo distinguir los distintos colores, bajo la excitación de estímulos luminosos de diferente longitud de onda. Es un fenómeno extraordinario, propio de la visión fotópica que se da cuando el ojo está adaptado a la luz y por ende es función exclusiva de los conos. Entendiéndose que el color no es una materia o una partición de la luz sino una sensación, es una de las facetas interpretativas que le da el cerebro a la estimulación luminosa exterior que recibe el ojo u órgano receptor, que nos ayuda a distinguir la coloración de forma precisa, de todo lo que nos rodea.

El sentido de la vista es diferente con respecto a los otros sentidos, si lo comparamos con el oído, por ejemplo, al sonar dos instrumentos simultáneamente, el resultado no será un tono intermedio, sino que se puede distinguir diferenciadamente cada nota. El oído, es un sentido analítico, en tanto que en el sentido cromático no. Ya que no es capaz de discernir por separado los diferentes componentes intervinientes en un color final (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

En el ojo, la visión del color, como habíamos mencionado anteriormente, es una exclusiva función de los conos de la retina. Los mismos que luego de ser estimulados por los rayos de luz provenientes del infinito, la convierten en energía química, lista para ser transmitida por la vía visual, hacia el cerebro. Dentro del espectro luminoso, el ojo humano sólo es capaz de apreciar un rango de longitudes de ondas que va desde los 400 hasta los 700 nanómetros (nm), y esto se da por la presencia de los fotopigmentos que están en el segmento externo de los conos, los cuales reaccionan selectivamente a determinadas longitudes de ondas. Por encima y por

debajo de este rango de longitudes de onda, el ojo no está capacitado para percibir ningún estímulo porque no tiene receptor con fotopigmentos para hacerlo, por lo tanto, no es visible para el ojo humano aquella radiación luminosa ubicada en el rango ultravioleta o infrarrojo.

Un factor importante a tomar en cuenta es que la visión del color solo es posible si el estímulo es lo suficientemente intenso, así cuando el observador inicia sin percibir nada; y se va aumentando de manera progresiva la iluminación de la zona coloreada va apareciendo una luz con color, de esta manera el observador habría alcanzado el primer umbral que se conoce como umbral acromático, y por último el color es reconocido; para que se alcance el umbral cromático. Entre estos dos umbrales se encuentra el intervalo fotocromático, que varía con la longitud de onda (aumenta en función inversa de ésta y por lo tanto es mínimo con la luz de color rojo) y con la topografía retiniana (la que aumenta desde el centro hacia la periferia) (Luque Cobija, de Fez Sáiz, Díez Ajenjo, & García Domene, 2019).

El ojo humano normal tendrá una capacidad de recepción promedio de 555nm, son varios los estudios que describen los rangos entre 400-700 nm como mencionamos antes, e incluso van más fondo con 380-780 nm. Pero no podemos olvidar que cada color es visible por el espectro luminoso, a excepción del color morado o púrpura, los únicos de carácter extraespectral, al igual que el café y el rosa; sin embargo, el ojo sólo tiene un rango específico. En el espectro los colores están distribuidos por su longitud de onda (un ejemplo visible es el arcoíris) siendo el orden de la serie cromática de los colores: rojo, naranja, amarillo, verde, cian, azul y violeta (Santini, 2015).

El orden de la serie cromática de los colores, como ya fue mencionado antes, es dado por sus longitudes de onda; además de tener cada uno su propia medida de Terahercios (THz): el color rojo posee un intervalo de 625-740 nm y 480-405 THz, el color naranja uno de 590-625 nm y 510-480 THz, el amarillo uno de 565-590 nm y 530-510 THz, el color verde uno de 500-565 nm y 600-530 THz, el color cian uno de 485-500 nm y 620-600 THz, el color azul uno de 440-485 nm y 680-620 THz, y el color morado uno de 380-440 nm y 790-680 THz (Carrillo López).

Los conos y los bastones tienen componentes químicos que a la presencia luminosa se descomponen y dan lugar a la excitación de las células del nervio óptico.

La sustancia química de los bastones es conocida como rodopsina, la de los conos no ha sido aislada. Sin embargo, se conoce que tiene similitud química con la rodopsina, a excepción de la parte proteínica, las opsinas, que son diferentes: la escotopsina presente en los bastones y la fotopsina en los conos.

En los conos se combina el retineno con la fotopsina y da como resultado pigmentos exclusivos y de esto se deriva la existencia de tres tipos de conos. Su clasificación se debe a los tres diferentes pigmentos existentes y que les da a los conos una sensibilidad diferenciada a los distintos colores, acorde con el tipo de opsina que utilizan y la longitud de onda que son capaces de alcanzar a reconocer. Los conos tipo L o del color rojo que son los conos que perciben una longitud larga (del inglés *large*), utilizan la eritropsina y representan el 62% del total de conos. Los conos tipo M o del color verde, son los conos que perciben una longitud media (del inglés *medium*), utilizan la cloropsina y representan el 32% del total de conos y los conos tipo S o del color azul, son los conos que perciben una longitud corta (del inglés *small*), utilizan cianopsina y representan entre el 2 al 7% del total de conos (Rojo, 2020).

Curiosamente hay una proporción de 1 a 20 entre conos y bastones, existen más de 130.000.000 millones de bastones en la retina y tan solo 6.500.000 millones de conos. Su relación cuantitativa es muy variada, pero su cualitativa es similar (Hirsch, 2019).

Más del 90% de la comunicación visual está basada en gráficos, utilizando el color como principal camino de información, ya que como sabemos cada color posee un distinto nombre y con él, una simbología lingüística, como por ejemplo el azul es comparado con el cielo y los mares, el color de las diversas frutas o el arcoíris como tal. El área cerebral en donde radica el proceso de la visión es en la corteza occipital calcarina, a donde llegan los estímulos luminosos recogidos por el ojo y se transforman en sensaciones visuales. El ojo ve y el cerebro interpreta lo visto (Aznar Mínguez, 2010).

La luz es una radiación y al estimular al ojo, se producen diferentes sensaciones cromáticas, las mismas que físicamente tienen magnitudes, y se expresan en: longitud de onda, intensidad y pureza (cuanto color blanco contiene). No obstante, las tres magnitudes físicas ya mencionadas, desde un punto de vista

sensorial, son nociones elementales (las nociones elementales se dan para el entendimiento y relación con otras ciencias) y corresponden a: tonalidad, luminosidad y saturación (Stivala Nazareno, Pezzucchi, & Anguio, 2014).

La tonalidad es la característica esencial de la sensación cromática ligada a la longitud de onda. La luz es el conjunto de radiaciones electromagnéticas a las que el ojo humano es capaz de captar, la capacidad de detección está entre los 400 a 700 nm. El sol, emite un conjunto de radiaciones visibles dentro del espectro de lo que se conoce como luz blanca (Navas, 2016).

La tonalidad cambia por una minúscula alteración en la longitud de onda, en otras palabras, es una sensibilidad diferencial y es el menor cambio que puede llegar a existir entre dos ondas cercanas, para que puedan ser apreciadas como distintas tonalidades a lo largo del espectro; la curva de sensibilidad a los tonos, permite demostrar la existencia de máximos sensibles en el espectro (García Navas, 2016).

La luminosidad o brillo es la intensidad subjetiva que contienen todas las fuentes luminosas, posean color o no; y es proporcional a la energía generada por la fuente. Dado que, cada tono tiene una diversidad de variantes lumínicas para quien pueda presenciarla, las mismas que se dan por la intensidad física de la radiación, un dado caso, cuando la luminosidad es extremadamente alta, es insoportable para el ojo del espectador y produce el deslumbramiento. El amarillo es el color con mayor brillo en el espectro solar (García Navas, 2016).

Las unidades de medida utilizadas para este efecto son:  $\mu$ =Milimicra; equivale a 1/1.000.000 milímetros. El Ångstrom (Å)= 1/10.000.000 milímetros es decir que 10Å equivalen a 1  $\mu$ .

En la relación del ojo con la adaptación a la luz y la función de los conos que se encuentran en la retina (concretamente en la fovea) se da la visión fotópica.

La iluminación juega un papel indispensable en el color, porque cuando se va reduciendo gradualmente se disminuye el espectro luminoso y da como consecuencia que los objetos pierdan el color en un orden determinado: rojo, amarillo, verde y azul. En la penumbra o semioscuridad ya no se perciben y solo distinguimos las tonalidades de grises, blanco y negro, debido a que en iluminaciones bajas entran en función los bastones que son más sensibles pero ciegos a los colores (células contrarias a los conos) (Pérez Vega, 2006).

La saturación se refiere a la intensidad de la sensación cromática que provoca una luz. Respecto los colores, depende de la cantidad de blanco mezclado al color, un color es más tanto más puro o saturado cuanto menos blanco tenga. Un ejemplo, es el color rojo que es más saturado que el rosa. Es importante recalcar que el blanco tiene un valor de saturación igual a cero.

Los componentes cromáticos alteran y diferencian los colores. No obstante, las mezclas vienen de colores puros, o colores primarios, y hay muchas posibilidades de asociar colores primarios siendo una condición esencial para el mezclado de dos de ellos; para que no se produzca el del tercero, uno de los ejemplos más frecuentes es la de los colores rojo, verde y azul. La incógnita de los colores primarios se ve impregnada, incluso, en la bandera del Ecuador, siendo que los colores amarillo, azul y rojo, son establecidos como los primarios. Sin embargo, no es del todo cierto, ya que se ha comprobado científicamente que los colores primarios son el rojo, verde y azul, ya que son los reconocidos por producir la visión cromática, siendo que el amarillo es la mezcla del color rojo y del color verde. La combinación de los parámetros cromáticos con los colores primarios posee una forma clara de demostrarse en el triángulo de colores (Alonso Felipe, 2019).

A pesar de las múltiples teorías emitidas para lograr explorar a fondo la visión del color, son varios los autores que han tratado de dar acápites a este fenómeno, entre las teorías más resaltantes se encuentra la que propuso Young en 1801, que sería ampliada por Helmholtz en años posteriores (Gómez Chova, 2004).

La teoría tricromática de Young-Helmholtz, explica que existen tres tipos de receptores: el primero para el color rojo de 590 nm, el segundo para el verde de 540 nm y, por último, uno para el azul de 450 nm. No obstante, la incentivación que se requiere mediante un proceso aditivo, de todas las sensaciones de los colores. Donde, cada uno está constituido por una variedad de conos, los que se califican por los pigmentos fotosensibles con una excitación propia (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

La teoría tricromática, al igual que muchas teorías, no se salvaría de las falacias y las objeciones; una de estas objeciones fue la discordancia con la visión del blanco y el gris en la periferia de la retina (lugar donde no existe sensibilidad alguna hacia los colores, a pesar que esta teoría lo planteó en los colores primarios), además,

de la visión del color amarillo, más allá de la zona del rojo y del verde, los colores originarios del color amarillo. Finalmente, no se comprende bien a la ceguera total al color cuando hay visión conservada de los objetos (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

Con diversas interrogantes en marcha, apareció Hering con un concepto de las oposiciones cromáticas, dado que como sabemos que cada cosa tendrá su debido antagonismo, siendo que el color azul tendría al amarillo como su opuesto (este concepto fue adaptado en la actualidad para la creación del filtro de luz azul), y al rojo con el verde. No fue, válida la escala de recepción, donde la experimentación había estado limitada a una teoría de tres únicos colores, pero si a la escala de transmisión, el nombre que con el que se la conoció fue la “Teoría de los pares opuestos de Hering” (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

Esta teoría admite la existencia de tres sustancias fotoquímicas, que se pueden descomponer o recomponer, provocando una sensación diferente, la sensación que llegará al sistema nervioso. Las tres sustancias son: rojo-verde, amarillo-azul y blanco-negro; las que si se regeneran en la oscuridad darán la sensación del color negro, mientras que la inversa será el color blanco (acción dada por la interacción de los bastones como fotorreceptores opuestos a los conos). Un punto a considerar es la existencia de una sustancia independiente para el blanco y el negro, se debe tomar en cuenta porque desglosa la intacta visión en la ceguera total al color. Esta teoría también desarrollo la concepción de los colores complementarios como antagonistas (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

Todas las teorías tuvieron principalmente dos objetivos para determinar la utilidad de la visión del color: una es la naturaleza exacta del defecto y la otra, es si el sujeto constituiría una amenaza para la sociedad. El primero consiste en una investigación exhaustiva con varias pruebas rigurosas de un espectro puro. En la otra, se esclarece el valor de la visión del color y su influencia en la vida cotidiana, pues una persona que llame al rojo como verde o todo lo contrario, no está capacitado para conducir un vehículo por la señalización de tránsito (como sabemos las luces del semáforo son: roja, amarilla y verde), o un medio de transporte que sea utilizado para fines comunes; en las profesiones donde puede incluso sufrir daño por mala práctica, como en la de electricista (la mayoría de cables empleados son de color rojo y verde), etc., (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

Para determinar cualquiera de los objetivos, se requieren emplear pruebas para reconocer y diagnosticar las alteraciones de la visión del color, entre las que tenemos: linternas especiales, lanas de Holmgren, anomaloscopio de Nagel, las láminas de Ishihara, etc. En las linternas especiales el sujeto deberá denotar los colores que se muestren con un color determinado, donde es de suma importancia las aperturas de la linterna (lo que se refiere, al tamaño del área retiniana a estimularse en ambos ojos) y la naturaleza e intensidad de la fuente luminosa (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

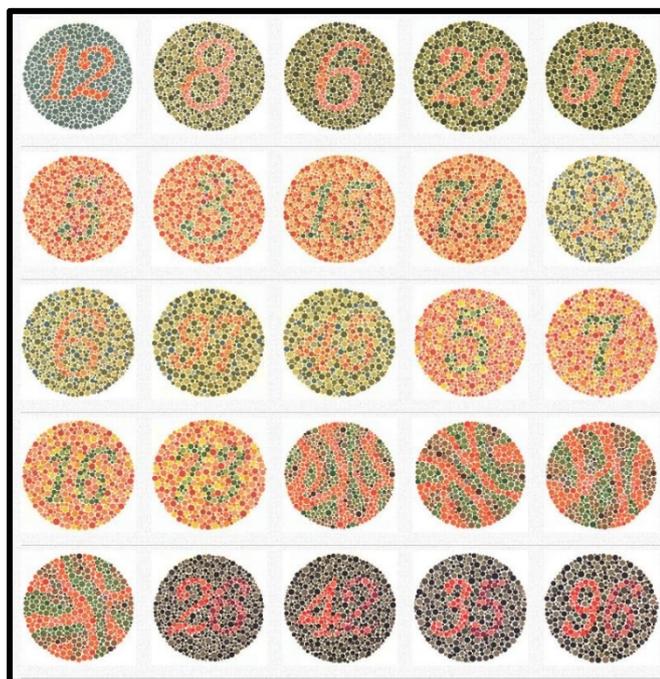
Las lanas de Holmgren son una selección de madejas de lana de diversos colores con las que se pide al paciente que haga una serie de mechales de colores. Esta prueba es muy criticada, debido a que su impacto, solo reconoce anomalías de carácter total y no parcial. La prueba consiste en presentarle al paciente una muestra de color verde pálido, de manera, que el paciente tome un grupo de lana parecido al de la muestra; si el sujeto posee ceguera cromática tendrá una confusión cromática y seleccionará varios colores sin relación alguna ante los ojos de una persona normal (Alcalde-Alvites, 2015).

La prueba continúa y se pasan diferentes madejas en el orden de: rosa, verde claro, púrpura y amarillo. La de color rosa, suele ser confundida con el azul y el púrpura, por lo que el sujeto será ciego al color rojo y si es con los colores gris o verde será ciego al color verde. Con el verde claro, el paciente será ciego al color rojo si selecciona un verde oscuro o café y ciego al verde si selecciona colores pálidos. Con el púrpura, se corrobora la ceguera, al momento que seleccione color en tono de azul y verde, o gris sonrosado. Por último, con el amarillo, el paciente acromático seleccionara los colores amarillo verdoso, verde amarillento y el rosa. En la ceguera del azul, se confundirá con el púrpura, el rojo, y el naranja (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

El anomaloscopio de Nagel es un instrumento con el cual se observa un disco brillante, dividido en dos mitades por una línea horizontal. Una de ellas esta iluminada con luz de la línea de sodio del espectro (amarillo), que deberá ser distinguida de la mezcla del color rojo (líneas de Litio) y de verde (línea de Talio) en la otra mitad. Girando manijas se pueden variar las cantidades relativas de rojo y verde, y la brillantez de la mezcla (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

Las láminas pseudoisocromáticas de Ishihara o test de Ishihara, son una serie de láminas que están destinadas a suministrar una valoración rápida y exacta de la deficiencia congénita de la visión cromática, que es la forma común de alteración de dicha visión. Es la técnica más utilizada en el estudio de la visión cromática. Una de las de las alteraciones de este fenómeno y principalmente a lo que llamamos como daltonismo, es que, los colores azul y amarillo aparecen claros comparados con los de rojo y verde. Esta serie de pruebas están basadas en este principio característico.

### Ilustración N°2: Láminas de Ishihara



Fuente: (Villatoro, 2018)

Las láminas no sirven para el diagnóstico de las anomalías de tipo tritánico, las láminas están hechas para una iluminación natural, debido a que la utilización directa de luz solar o eléctrica puede ocasionar una discrepancia en los resultados por la alteración de las matrices cromáticas. Se debe emplear una fuente de luz y elegir la que más se asemeje a la luz natural. Las láminas deben mantenerse a una distancia de 40-75 centímetros del paciente (sin embargo, esta prueba se ha complementado con los años y se estima a 45 centímetros) y de manera que el plano del papel forme un ángulo con la línea visual (Sosa Rojano, s.f.).

La posición de la lámina deberá ir con la dirección del torso del número y deberán ser enumeradas no por su número sino por el orden siendo que su promedio

de respuesta deberá ser de máximo 5 segundos por lámina. En el estudio no es necesario utilizar a todas las láminas, debido a que, las láminas 22, 23 y 24 son para dilucidar el tipo de los defectos cromáticos. En el caso de ser un test masivo, se podrá simplificar al examen en seis láminas, siendo estas: lámina N°1, escoger una lámina de la 2 a la 5; una lámina de la 6 a la 9; una lámina de la 10 a la 13; una lámina de la 14 a la 17 y una de la 18 a la 21 (Gima, 2013).

La serie de las láminas está compuesta por veinticuatro en el examen básico y treintaiocho en el completo, que se utiliza en exámenes de mayor estudio. Se las interpreta así: N°1, es leída como 12, por lo que, tanto las personas con una visión normal como una visión cromática alterada podrán verla; de la lámina N°2 a la 5 en casos normales se leen: como 8 (N°2), 6 (N°3), 29 (N°4), y 57 (N°5), aquellos que padezcan de una deficiencia cromática leen: 3 (N°2), 5 (N°3), 70 (N°4) y 35 (N°5), los casos de ceguera total no visualizaran nada; de la lámina N°6 a la 9 normalmente se leen como: 5 (N°6), 3 (N°7), 15 (N°8) y 74 (N°9), con deficiencias daltónicas se leen como: 2 (N°6), 5 (N°7), 17 (N°8) y 21 (N°9); los casos de ceguera cromática y debilidad cromática son incapaces de leer ningún número (Gima, 2013).

Las láminas N°10 a la 13 en casos normales se leen como: 2 (N°10), 6 (N°11), 97 (N°12) y 45 (N°13), la mayoría de casos con deficiencia en la visión del color, no pueden leer o las leen incorrectamente; de la N°14 a la 17, con una visión normal se leen como: 5 (N°14), 7 (N°15), 16 (N°16) y 73 (N°17), los casos de ceguera cromática y debilidad cromática son incapaces de leer ningún número; de la lámina N°18 a la 21, la mayoría de los casos con deficiencias daltónicas las leen como: 5 (N°18), 2 (N°19), 45 (N°20) y 73 (N°21), los casos normales y de ceguera cromática no pueden leer los números; de la lámina N°22 a la 25, en los casos normales se leen como 26 (N°22), 42 (N°23), 32 (N°24) y 96 (N°25), en los casos de protanopía y de protanomalia aguda solamente pueden leerse: 6 (N°22), 2 (N°23), 5 (N°24) y 6 (N°25), y en casos de deuteranopía y deuteranomalia solamente pueden leerse: 2 (N°22), 4 (N°23), 3 (N°24) y 9 (N°25), aparecerán más claros que los otros números; de la lámina N°26 a la 27, al seguir la línea sinuosa entre las dos X, en el caso normal traza a lo largo de las líneas púrpuras y rojas, en el caso de protanopía y protanomalia aguda, solamente se sigue la línea púrpura y en la protanomalia leve se siguen ambas líneas, pero la púrpura con mayor facilidad, en la deuteranopía y deuteranomalia leve se siguen ambas líneas pero la roja con mayor facilidad (Gima, 2013).

Las láminas N°28 a la 29, al seguir la línea sinuosa entre las dos X, la mayoría de los que padecen alteraciones rojo-verde siguen la línea, pero la mayoría de los casos normales y los que padecen de ceguera cromática son incapaces de seguir la línea; de la lámina N°32 a la 33, al trazar la línea sinuosa entre las dos X, los casos normales siguen la línea naranja, pero la mayoría de los que padecen deficiencias cromáticas son incapaces de seguirla o siguen otra línea distinta de lo normal; de la lámina N°34 a la 35, al trazar la línea sinuosa entre las dos X, los casos normales juntan las líneas azul-verde y amarillo-verde, los de deficiencia rojo-verde siguen la línea uniendo la azul-verde y la púrpura, y los de ceguera cromática total son incapaces de seguir la línea; de la lámina N°36 a la 37, al trazar la línea sinuosa entre las dos X, los casos normales siguen la línea juntando la púrpura y la naranja, los que tienen deficiencias de rojo-verde siguen la línea uniendo el púrpura con el azul-verde, y aquellos de ceguera parcial son incapaces de seguir la línea; por último, la lámina N°38, al trazar la línea sinuosa entre las dos X, los casos normales como los casos con defectos cromáticas pueden seguir la línea (Gima, 2013).

La valoración de las lecturas de las láminas 1 a 21 determina la valoración de la normalidad o anormalidad de la visión cromática. Si se han leído 17 o más láminas de manera correcta, la visión cromática es considerada como normal. Si solamente se han leído 13 o menos láminas, la visión se considerará deficiente. Sin embargo, referente a las láminas 18, 19, 20 y 21, son para aquellos que han leído los números: 5, 2, 45 y 73, y los que han leído fácilmente los de las láminas 14, 10, 13 y 17 se consideraran como anormales (Gima, 2013).

Es raro encontrar personas cuyas respuestas normales registradas entre 14 y 16 láminas, el estudio para estos casos requiere el uso de otras pruebas cromáticas, como el anomaloscopio de Nagel. Si existe una discrepancia en una de las lecturas, habrá que recurrir a la serie completa de lámina para poder diagnosticar una deficiencia daltónica (Sosa Rojano, s.f.).



hereditario recesivo que ligado al sexo. Este término se refiere a todos los grados de incapacidad para distinguir o emparejar colores, pero la pérdida excesiva del color es extremadamente rara, por lo que es más notable poder nombrar a este defecto como “alteraciones de la visión del color” (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

Este defecto aparece en todas las poblaciones, pero es menos común entre los japoneses, chinos y africanos. Se desconoce la edad en la que se empezaron a estudiar la incidencia de estas alteraciones. Sin embargo, las razas occidentales en inicios de la década de los 80, se describió una incidencia del 8% para el género masculino (lo que quiere decir que por cada 100 hombres habrán 8 con una alteración cromática) y el 0.4% en el género femenino (lo que quiere decir que por cada 250 mujeres habrá 1 con una alteración cromática). En la actualidad su tasa va en el 6.5-10.2% en el género masculino y el 0.5% en el género femenino (Moreno Orellana & Sánchez Feijoo, 2016)

El defecto radica en el cromosoma X. Como sabemos un individuo de género masculino posee un cromosoma X y un Y, por lo que si está defectuoso tendrá el defecto cromático. Sin embargo, el género femenino posee dos cromosomas X, por lo que si uno de ellos es defectuoso el otro compensará y no se hará dominante sino recesivo y puede afectar a próximas generaciones. Por lo tanto, se explica de esta manera los valores porcentuales que están presente en las alteraciones de la visión del color.

La mayoría de los casos de deficiencia de visión cromática pueden ser parciales o totales. En primer lugar, está el de tipo Protánico, pudiendo ser protanopía (absoluto) y protanomalia (parcial). En segundo lugar, el tipo deutánico, pudiendo ser deuteranopía (absoluta) y deuteranomalia (parcial) (Lillo, Moreira, & Melnikova, 2019).

El nombre de los diferentes defectos o alteraciones de este fenómeno fueron derivados de los tres colores primarios: rojo, verde y azul. El orden consecuente de estos fue designado además de sus raíces griegas, las cuales además de expresar un color como tal, también aportan un valor numérico: Protos (primero y rojo), Deuteros (segundo y verde) y Tritos (tercero y azul). Es interesante señalar que las

personas con defectos en la visión de colores verán el espectro escotópico con iguales caracteres que los de un individuo normal (Lillo, Moreira, & Melnikova, 2019).

Como protanopía se conoce la discromatopsia del tipo Dalton y es la visión defectuosa del primer color (rojo). La terminación roja del espectro es mucho menos brillante que para la gente normal, dicha parte del espectro aparecerá como azul-verde, se verá gris debido a que su máxima sensibilidad se encuentra al desplazarse hacia las longitudes de ondas cortas, y, por lo tanto, el punto neutro o zona que el sujeto ve incolora corresponde al verde azulado. El conjunto visible del espectro consiste en dos áreas separadas por la zona gris. Cada una con un sistema de diferente brillo y saturación dentro de cada área, siendo diferente el color de una y de la otra. El rojo con un ligero matiz púrpura, siendo así, el complementario de azul-verde, que parecerá como gris.

La protanomalia o defecto parcial en la visión del color rojo o Daltonismo, se presenta por la deficiencia del receptor rojo. Los sujetos protanomalos poseen una menor sensibilidad para el rojo o hipersensibilidad al verde. Sin embargo, en la protanomalia parecerá un color indefinido, debido a que en la protanopía el color rojo será gris, pero en la anomalía no se encuentra dentro del espectro gris.

La deuteranopía o visión defectuosa del segundo color (verde). La parte del espectro que normalmente se ve verde, se verá de gris, estando al alcance visible dicho espectro en dos áreas. El espectro visible no queda limitado como ocurre en los casos de protanopía, El púrpura-rojo, es complementario del verde, será gris. El sujeto deuteranópe es caracterizado porque la visión del verde es gris, las tonalidades púrpuras son vistas como gris (por lo que lo suelen confundir con el verde), confunde el verde claro con el rojo, azul gris y café claro; verá el rojo como azul, y no confunde el color azul con el color púrpura (Alcalde-Alvites, 2015).

La deuteranomalia o defecto parcial en la visión del color verde, indica que los sujetos que la padecen, tendrán una menor sensibilidad para el verde o hipersensibilidad al color rojo, esta alteración se debe a una deficiencia del receptor verde, en esta anomalía la zona gris que se observará en una deuteranopía, será de un color indistinto parecido al gris. Por consiguiente, una de las características de las deficiencias daltónicas consiste en que los colores azul y amarillo aparecerá muy claro en comparación a los de rojo-verde (Alcalde-Alvites, 2015).

Las de tipo tritánico, de igual manera pueden ser: tritanopía (absoluta) y tritananomalía (parcial). Constituyen un defecto de apreciación del azul y el amarillo, es la alteración menos frecuente de todas. Existen varios autores que ponen en duda la existencia de las tritanopías congénitas puras, y consideran que se trata de discromatopsias adquiridas; sin embargo, se ha descartado esta posibilidad, debido a que Wright confirmó su incidencia de 1 a 65.000, en 1952.

Dado que los principales pigmentos poseen una palabra propia para determinar su grado de afección, existe otra clasificación para las anomalías cromáticas congénitas y subdividen a las alteraciones en tres grupos: el primero, la tricromasia anormal: protanomalía, deuteranomalía y tritanomalía; la segunda, la discromatopsia: protanopía, deuteranopía y tritanopía; por último, la acromatopsia.

La tricromasia anormal está comprendida por los sujetos que logran visualizar los tres colores primarios y también, el blanco y el resto del espectro. No obstante, poseen un defecto en la apreciación del rojo y del verde, que no llega a ser ceguera. El defecto se mide haciéndoles emplear estos dos colores para formar el amarillo del espectro, en cuyo caso se observa que lo hacen en proporciones muy diferentes al normal (Alcalde-Alvites, 2015).

Observando que existe ciertos individuos que necesitan para reconstruir el amarillo mucho más verde que sujeto normal (hasta tres veces más) deuteranomalía; en tanto que otros individuos necesitaban más el color rojo (hasta dos veces) protanomalía. A pesar de la mala sensibilidad que pueda tener, para denotar de una manera incorrecta a los diferentes colores. En relación al individuo normal con el tricrómata anormal, la confusión de matices que incurren los tricrómatas anómalos no llega al grado de los discrómatas, pero si la afectación a ciertas profesiones y ocupaciones, a pesar de que aparentemente gozan una visión normal (Moreno Orellana & Sánchez Feijoo, 2016).

La visión de los colores de los tricrómatas anómalos depende en gran parte de las circunstancias que rodean la observación, de esta manera, se presentara la exageración del contraste, como un signo frecuente y muy característico. El hecho de que una superficie gris, contenga un color, como un teñido complementario de lo último. Este fenómeno, que es normal y se denomina contraste simultáneo, esta exagerada en los tricrómatas anormales, y como consecuencia la confusión

cromática. La exageración, ha sido estudiada y descifrada en una manera de fácil comprensión con el test o láminas de Ishihara que se explicaron anteriormente (Pro Visu, 2019).

La discromatopsia o visión dicromática, se expresa en los individuos que no logran ver un color primario, lo que quiere decir, que mantienen solo la visión de los dos restantes, aunque con alteraciones. Sin embargo, aprenden a reconocer el color de los objetos comunes. La discromatopsia es una ceguera cromática parcial, conocida también como dicromatismo o daltonismo, debido al hecho de que solo podrán visualizar dos valencias cromáticas (Alcalde-Alvites, 2015).

El sujeto dicrómata se caracteriza porque, si bien distingue de una manera correcta algunos colores, no es capaz de distinguir otros. Este déficit puede ser de grado muy ligero en cuyo caso el sujeto es capaz de distinguir las tonalidades o intensas, pero no distingue los colores mixtos o poco intensos (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

La gran parte de los dicrómatas ven mal las tonalidades del rojo y del verde, no obstante, verán bien el color amarillo, azul y morado. Por ello confunden fácilmente el rojo con el verde y viceversa. De una manera excepcional, existe la tritanopía, que es la ceguera total para el color azul violáceo.

La principal característica de la discromatopsia es la de verse incolora y grisácea una región del espectro, que recibirá un nombre de acuerdo a su punto o neutralidad. En los protánopes, la banda de neutralidad está situada hacia los 4.950 A y en los deuteránopes hacia los 5.000 A. La existencia de la banda o punto neutro es uno de los síntomas que diferencian a los dicrómatas de los tricrómatas anómalas pues los individuos dicrómatas, no verán más de dos tonalidades en el espectro. Si se considera el del triángulo de colores para cada discromatopsia existe una línea de confusión que se separa en abanico desde un centro (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

La acromatopsia total o ceguera cromática (también se los puede llamar acrómatas o monocrómatas), es la incapacidad para percibir una sensación cromática y es el grupo más inferior en la escala de las anomalías cromáticas. El acrómata no posee la percepción del rojo-verde y amarillo-azul, todos los colores son confundidos entre sí. Sólo posee la luminosidad, en la gama de negro, blanco y gris, lo que

corresponde, con una pérdida completa de la noción cromática; un comparativo a su visión serían las cámaras fotográficas de blanco y negro (Alcalde-Alvites, 2015).

La acromatopsia supone el desprovisionamiento del aparato fotópico, que la retina solo posee bastones lo que hace que el sujeto tenga una mala agudeza visual y una fotofobia pronunciada. La falta de una fovea funcional, tiene por efecto una inestabilidad en la fijación, que a veces es descrita inadecuadamente como nistagmos. La herencia de las acromatopsias es diferente a la de las otras alteraciones cromáticas, ya que hasta la fecha no se ha corroborado que esté ligada a la herencia del sexo. Es así, que la acromatopsia no tiene diferencia en el porcentaje de hombres y mujeres afectadas por esta anomalía (Capilla Perea, Luque Cobija, & de Ferz Saiz, 2020).

### Ilustración N° 3: Resumen de las alteraciones cromáticas

<b>Tricromatismo anómalo</b>			
<b>Descripción cromática levemente deteriorada</b>			
<b>Protanomalia</b>	Necesitan mayor cantidad de luz roja para obtener el amarillo estándar	1,0/0,02	Cromosoma X recesiva
<b>Deuteranomalia</b>	Necesitan mayor cantidad de luz verde para obtener el amarillo estándar	5,0/0,38	Cromosoma X recesiva
<b>Protanomalia</b>	Necesitan mayor cantidad de luz azul para obtener el cian estándar	?/?	Desconocida
<b>Dicromatismo</b>			
<b>Discriminación cromática severamente deteriorada</b>			
<b>Protanopia</b>	Sensibilidad fotópica que tiende al rojo (540 nm) punto de confusión en 494 nm	1,0/0,2	Cromosoma X recesiva
<b>Deuteranopia</b>	Sensibilidad fotópica que tiende al verde (560 nm) punto de confusión en 499 nm	1,1/0,1	Cromosoma X recesiva
<b>Protanopia</b>	Sensibilidad fotópica normal (555 nm) punto de confusión en 570 nm	0,002/0,001	Autosómica dominante
<b>Monocromatismo</b>			
<b>Discriminación cromática ausente</b>			
<b>De bastones</b>	Disminución de AV, fotofobia, nistagmus, escotoma central y ausencia de efecto Purkinje	0,003/0,002	Autosómica recesiva
<b>De conos</b>	AV normal, la visión del color se reduce a una escala de grises	?/?	Cromosoma X recesiva/autosómica recesiva

**Fuente:** (Martin Herranz & Vecilla Antolínez, 2011)

Los defectos de la visión cromática pueden presentarse de forma adquirida, y representan a menudo un síntoma de enfermedad ocular. En general son del grupo amarillo-azul. Estos defectos pueden deberse a lesiones retinianas con alteraciones en los pigmentos receptores del color, o ser secundarios a lesiones del nervio óptico,

que provocan un trastorno en la transmisión de las señales del color. La ambliopía tóxica puede originar un defecto rojo-verde o del azul-amarillo que puede ser el signo inicial de la enfermedad.

Otras ambliopías como las lesiones retinianas, el edema, los quistes, o la degeneración macular; son susceptibles de acarrear defectos similares en la percepción cromática, en general leves, y que, a veces, son reversibles. Los pacientes con lesiones del nervio óptico, del tipo de neuritis, pueden mostrar alteraciones reversibles en la transmisión de los estímulos de los colores o defectos permanentes asociados con la atrofia óptica.

Las alteraciones en la visión del color también pueden aparecer luego de desprendimiento de retina, en la ictericia, el glaucoma crónico y la retinopatía diabética. De modo característico las cataratas seniles también reducen lentamente la apreciación de los colores, pero se recupera la visión coloreada normal tras la eliminación de esas lesiones.

### **1.2.3. Visión Binocular**

La visión binocular es la integración o unificación de dos estímulos, impulsos o impresiones visuales diferentes, enviados al cerebro, una de cada ojo, y que son percibidos como una imagen única. El término visión binocular viene del latín “bini” que significa compuesto por dos partes y “oculaire” que hace referencia a ojo-visión. La visión única que obtenemos partiendo de dos imágenes supone un aprendizaje que el niño debe ir adquiriendo desde sus primeros años de vida y corresponde a la habilidad de ir creando una correlación entre los dos ojos, que se denominan puntos correspondientes (Puell Marín).

La visión binocular constituye un desarrollo superior de la función visual, dentro de la evolución filogenética, que se caracteriza porque la corteza cerebral está capacitada para realizar esta fusión. No todos los seres vivos provistos de dos ojos tienen visión binocular. A medida que los dos ojos van situándose hacia el frente, aparece la necesidad de unificar más zonas o puntos en las dos retinas, hasta que finalmente en el ser humano, la superposición es casi total y esto se da porque las dos retinas son estimuladas simultáneamente por los rayos luminosos proyectados por los objetos del mundo exterior y como consecuencia de esta superposición casi

total, se dan los siguientes fenómenos sensoriales: fusión, diplopía fisiológica, supresión (Grosvenor, 2004).

La fusión o integración de imágenes a la distancia de atención, se da como resultado de la similitud de las direcciones visuales en las dos retinas. La diplopía fisiológica se produce en las distancias en donde coinciden direcciones visuales distintas que provienen de puntos o zonas no correspondientes. Este fenómeno se explica porque al observar un objeto en particular, las imágenes del resto de objetos situados cerca o lejos del mismo, no coinciden cayendo sobre puntos correspondientes, ya que las imágenes de los objetos más próximos al objeto fijado llegaran al lado temporal y la imagen de los objetos más lejanos llegaran al lado nasal de la fovea.

Este fenómeno se demuestra fácilmente si colgamos un lápiz en frente de nuestros ojos y observamos: los objetos más lejanos aparecen duplicados, al mantener nuestra fijación el lápiz y por el contrario si fijamos un objeto lejano aparecerá el lápiz duplicado. Los objetos cercanos sufren diplopía heterónima y los objetos distantes sufren diplopía homónima (Perea, 2018).

La diplopía heterónima o diplopía cruzada se produce cuando la fovea de cada ojo se dirige hacia el punto de fijación, las imágenes de un objeto más cercano inciden en las regiones temporales de la retina y se proyectan los campos nasales, es decir, cruzan la línea media del otro ojo. Como esté objeto no está en el horóptero se verá doble. (Perea, 2018).

La diplopía homónima, por el contrario, se da cuando el objeto más allá del horóptero, sus imágenes se proyectan dentro de los campos temporales de manera que también se ven dobles. Esta diplopía fisiológica, al estar en constante contacto con el campo visual, puede presentar la "supresión" en el punto de vista de percepción de una visión verdadera (Perea, 2018).

Este hecho sensorial es muy importante porque es la base del perfeccionamiento de la visión binocular simple; que dará la capacidad de cambiar la posición relativa de los ojos entre sí, para mantener la igualdad objeto-imagen a la distancia de atención.

El reflejo inhibitorio o de supresión, es la facultad de adaptación del cerebro por la cual se ignora una de las imágenes. Gracias a ella, podemos hacer observaciones con ambos ojos abiertos a través de aparatos como: el microscopio

monocular, el oftalmoscopio, el retinoscopio, etc. Los objetos que, por estimular zonas no correspondientes, producirían diplopía, si seguirían siendo percibidos en una sola sensación visual, gracias a este mecanismo orientador de supresión fisiológica, cuando la atención no se centra en ellos. Estos dos fenómenos sensoriales están presentes permanentemente en la visión binocular de modo que hay fusión a la distancia de la atención y supresión a las demás distancias.

El reflejo de fusión es una reacción fisiológica que produce la integración cortical de dos imágenes independientes (una de cada ojo) y correspondientes a un solo estímulo, para conservar la relación sensorial correcta con el mundo físico que nos rodea: a un objeto una imagen. En este hecho cortical, la fusión de imágenes es posible gracias al equilibrio de esta relación: retina-corteza-músculo, en el acto binocular, que establece direcciones visuales gemelas: la dirección visual principal: es la línea recta que une el punto de fijación con la fóvea, pasando por el punto nodal; la dirección visual secundaria, por el contrario, es la recta que une a un objeto no fijado a su imagen retiniana, pasando por el punto nodal del ojo. La binocularidad es la reacción fisiológica, que sirve para enfocar en la fóvea un estímulo originalmente percibido por la periferia o para continuar fijándolo con la fóvea, a pesar de estar en movimiento, lo que da origen a puntos o zonas correspondientes para producir el horóptero (Ferrero Rosanas, 2014).

La agudeza visual es máxima en la fóvea dada la riqueza de fotorreceptores. Cuando dos objetos disímiles, en forma, color o luminosidad, excitan áreas correspondientes, la fusión se hace imposible. Tampoco hay una superposición exacta de ambos ojos; aquí, entra en juego uno de los atributos de la visión binocular que es la “rivalidad retiniana”.

La rivalidad retiniana existe en condiciones habituales de visión y puede ser demostrada en un estereoscopio, presentando en cada ojo una imagen desigual. La percepción será la visión alternada de una y de otra, y/o una combinación en parches de ambas imágenes. La rivalidad retiniana podría ser interpretada como una especie de lucha entre las dos retinas, siendo las condiciones de las retinas iguales, ninguna de las dos retinas llega a imponerse y el cerebro es ahí cuando percibe una y otra imagen, más o menos en forma rítmica (Ferrero Rosanas, 2014).

La visión única se produce cuando las imágenes del objeto caen en puntos correspondientes de ambas retinas. Son puntos correspondientes todos los puntos que produciríamos pinchando con un alfiler a las dos retinas, si pudieran superponerse meridiano por meridiano y paralelo con paralelo. A cada punto de la retina de un ojo le corresponde un punto en la retina del otro ojo. Los puntos correspondientes más importantes desde luego son las fóveas (un par), el resto de puntos correspondientes, se localizan a igual distancia de la mácula (Perea, 2018).

Los puntos correspondientes son, por lo tanto, la base geométrica de cualquier teoría de visión binocular. Pero la estructura discontinua de la retina, no puede encuadrar perfectamente en una definición geométrica que se basa en la noción de puntos. De tal manera, que se ha llegado al conocimiento de la existencia de las áreas de Panum. Estas áreas son mayores cuanto más lejos están de la mácula (en conformidad con la estructura de la retina, donde el número de receptores ligados a una célula ganglionar aumenta del centro a la periferia) (Perea, 2018).

El área de Panum es más o menos elíptica, con su eje mayor horizontal. El área Panum introduce, pues, una cierta flexibilidad en el sistema; dos imágenes ligeramente dispares en la retina, pueden fusionarse igualmente en la corteza; pues caen sobre las áreas correspondientes. A todo punto de una de las retinas corresponde en la otra retina una pequeña área tal, que, si la imagen se forma dentro de esta área, el objeto se ve simple. Se llega así a la conclusión de que, cuando las imágenes de un objeto estimulan áreas correspondientes se ven simples; y se ven dobles si las imágenes se forman sobre áreas no correspondientes (diplopía) (Perea, 2018).

Otra teoría fue explicada por Helmholtz, que mencionaba que al superponer las dos retinas, una de cada ojo, centradas en las fóveas, todos los puntos que quedan supuestos son correspondientes. La sensación visual que tienen los ojos normales es la de estar apreciando el espacio con un ojo único o hipotético o tercer ojo; llamado por Helmholtz "ojo ciclope". Los dos ojos de un individuo normal, actúan simultáneamente como si fueran un solo ojo, localizado en la línea media entre los dos ojos. El ojo ciclope es una construcción geométrica que permite materializar la reunión de las dos retinas correspondientes punto por punto, en un órgano único.

Otra explicación de la no visión doble, en la binocularidad, la da el horóptero de fijación. Cuando fijamos un objeto, hay en el espacio una serie de puntos que impresionan en ambos ojos áreas correspondientes, y, por lo tanto, los objetos o estímulos sobre los mismos serán vistos simples. La unión por una línea imaginaria, de todos estos puntos forma lo que llamamos “horóptero”. Es decir: se denomina horóptero a aquella porción del espacio en la cual los objetos que allí se sitúen, estimulan fotorreceptores correspondientes. Es el conjunto de puntos del espacio cuya imagen se forma sobre zonas retinianas o áreas correspondientes, de tal manera que tendríamos: los puntos retínicos correspondientes al espacio exterior con el horóptero que es un plano imaginario, cuyo centro es el objeto de fijación. Los objetos situados un poco por delante o un poco por detrás de la línea, serán vistos como simples, a pesar de impresionar, no obstante, las áreas retinianas dispares. Esto es debido a que existe por delante y por detrás del horóptero una zona en el espacio dentro de la cual todo es visto simple. Esta zona, en la cual existe una tolerancia para la fusión sensorial entre áreas dispares, se denomina área de fusión sensorial o área de Panum (Perea, 2018).

Cuando hablamos de puntos correspondientes retinianos, no hablamos solo de elementos sensoriales impresionados por el estímulo luminoso, sino también de las fibras nerviosas que ellos emanan y de las neuronas que siguen a estas fibras hasta el área occipital (Perea, 2018).

Es decir, por correspondencia retiniana, se entiende que el sistema retino-cortical es el encargado de elaborar la sensación visual en respuesta a la excitación de determinados puntos, áreas o regiones retinianas. Los estímulos recibidos tienen una variada y variable gama de ondas del espectro luminoso y activan, selectivamente, las diferentes estructuras fotosensibles en la retina, los cuales, los transforman en otro tipo de energía que es enviada al cerebro. Del procedimiento de esa información, llegada de ambas retinas, surge la percepción conocida como “visión” (Perea, 2018).

Podríamos entonces decir que no vemos con nuestros ojos sino con el cerebro. Los ojos son receptores periféricos, el primer eslabón de este sistema de percepción. Las áreas retinianas correspondientes se caracterizan porque las imágenes que se forman en ellas, se fusionan en una sola, en el cerebro. Un objeto da en cada ojo un punto imagen. Y los dos puntos imágenes se confunden y se ven como un punto

imagen. Como cada punto de la retina informa a un punto de la corteza cerebral visual; habrá correspondencia cerebral que será superior a la retina. Entonces cuando se habla de correspondencia retiniana deberá entenderse correspondencia cerebral (Perea, 2018).

Otro factor importante de la binocularidad, es la fijación que es el reflejo óptico-motor del cual requiere la atención visual. La función de este reflejo es mantener la imagen el objeto que se observa en el área foveal. Cuando fijamos la atención en algo concreto esa imagen va a formarse en la zona más sensible, donde la mayor sensibilidad, dada por la riqueza de fotorreceptores, y la agudeza visual máxima está en la fovea del área macular.

La zona que rodea al objeto en que fijamos la mirada es vista por la zona de la retina que circunda a la fovea. Siempre que la imagen deje la fovea, se orientarán nuevamente los ojos de manera que caigan sobre la retina del objeto de nuestra atención. Se demuestran la existencia de este reflejo por los rápidos movimientos de vaivén de los ojos de una persona que mira hacia el exterior a través de la ventana de un tren en movimiento, y puede demostrarse clínicamente mirando un tambor giratorio en el que estén pintadas franjas blancas y negras (nistagmo optocinético).

En la visión binocular normal existe un hipotético paralelismo de los ejes visuales, pero esa condición se daría solamente al mirar al infinito sin que se efectúe ningún esfuerzo acomodativo. En condiciones normales, al observar objetos más o menos próximos, los ejes visuales están en una posición de mayor o menor convergencia. La convergencia no está presente en la visión lejana y va aumentando junto con el esfuerzo de acomodación que se va imprimiendo al acercar un objeto a nuestros ojos, los ejes visuales convergen sobre este y al mismo tiempo se va haciendo el esfuerzo acomodativo correspondiente a esa distancia.

El estímulo para acomodar será siempre el desenfoque de la imagen que se produce normalmente al variar la distancia del punto de atención y siempre llegará al centro regulador de la acomodación. Simultáneamente el centro de la fusión recibirá información de diplopía, ya que, al variar la distancia, si no se converge, la imagen no estimulará las dos foveas simultáneamente. Este centro emitirá la orden para converger.

Podemos resumir diciendo que: se acomoda para ver claro y se converge para ver único. Esta relación es la que produce visión binocular simple, cómoda y sin fatiga para cerca, por periodos prolongados, de aquí su gran importancia, ya que sin este equilibrio la visión binocular simple no sería automática a la distancia de trabajo y el individuo tendría una capacidad de aprendizaje limitada. El ojo siempre está acomodado a una sola distancia a la vez (Felipe Márquez, 2018).

Los campos visuales de ambos ojos se superponen en una extensión de 150 grados; para que exista visión binocular el objeto debe ser visto por los dos ojos al mismo tiempo. En los primates hay una semi-decusación quiasmática, las fibras retinianas nasales del ojo derecho se unen con las fibras retinianas temporales del ojo izquierdo para formar la cintilla óptica izquierda y viceversa. Por lo que el lado izquierdo del cerebro mira a la derecha y el lado derecho a la izquierda.

Las necesidades del hombre moderno han aumentado considerablemente. La visión binocular es el sostén de la atención visual, de la capacidad de fijación necesaria para toda actividad de hoy en día. Para leer una página de 300 palabras necesitamos unas 100 fijaciones y unos 100 desplazamientos. Para conducir necesitamos mantener una buena visión binocular y al mismo tiempo una visión periférica lo más perfectas posibles para evitar un accidente a tiempo.

Las ventajas de la visión binocular son diversas, ya que el campo visual aumenta, ya que se superponen los campos de cada ojo en el otro; los pequeños defectos dióptricos de un ojo quedan encubiertos por la visión binocular. La agudeza visual mejora por completo en visión binocular, siendo un ejemplo que un individuo con agudeza visual de 20/200 en cada ojo, con la visión binocular mejora a 20/100 a pesar de ser pobre en ambos ojos. Pero el verdadero interés de la visión binocular es una mejor percepción del espacio por una mejor percepción del relieve (estereopsis).

De hecho, para que se produzca la percepción binocular de un objeto se deben cumplir varias condiciones: la integridad orgánica y sensorial de cada uno de los globos oculares, que exista un campo visual normal, que las dos retinas y su correspondencia retiniana sea normal, y, por último, es preciso que a nivel de la corteza cerebral se efectúe la percepción final única.

La visión binocular puede presentarse en varios grados, fueron descritos por primera vez por Worth y se describen como: Grado I o percepción macular simultánea,

Grado II o fusión y Grado III o visión estereoscópica. Algunas personas pueden ser capaces de ver los objetos claramente con cada ojo, cuando sus ejes visuales están alineados proporcionalmente, las dos imágenes resultantes están superpuestas de tal manera que se perciben como una sola, pero no son capaces de lograr tener estereopsis. Cuando algún factor adverso comienza a influir; los ejes visuales se desorientan, desaparece la fusión y se produce la diplopía (Clemente-Urraca, y otros, 2018).

Para examinar la visión binocular debemos tener en cuenta las siguientes precauciones: asegurarnos que el paciente al seguir la luz lo haga con los ojos y no con la cabeza, observar si al acercarle el estímulo retrocede (es un indicativo de que la fusión es forzada), fijarnos en la posición de su cabeza ya que puede haber supresión de uno de los dos ojos si la inclina a un lado, el reflejo pupilar debe ser central cuando fija nuestra linterna (de no ser así podría haber una fijación excéntrica foveal), determinar la dominancia o preferencia (a veces el ojo preferido no es el ojo dominante).

Los problemas de visión que se presentan predominantemente en los niños deben tener tratamientos efectivos y precoces. Es a partir de los cuatro años aproximadamente donde se comienza a tener datos subjetivos válidos, si se utilizan los optotipos adecuados.

La agudeza visual va aumentando progresivamente desde el momento del nacimiento hasta los 8 años aproximadamente. Por lo que las cifras normales de un niño de 4 años no son iguales a las de un niño de 8 años. Se debe valorar la agudeza visual de cada ojo y tomar especial atención si es que existe una diferencia de un ojo al otro, ya que una de las principales condiciones para que exista fusión es que las calidades de las imágenes recibidas estén dentro de los límites de igualdad.

Los objetivos de la evaluación de la binocularidad son tener a mano una serie de exámenes para valorar: primero, la alineación de los ejes visuales que permita la visión binocular, y segundo, para determinar si existen disfunciones en el sistema de vergencias horizontales y verticales que puedan dar sintomatología o algún mecanismo de compensación como supresión, por ejemplo. Dentro de los test que sirven para este objetivo tenemos: cover test, punto próximo de convergencia, test de Schober, test luces de Worth, etc.

El cover test es uno de los test más conocidos porque determina la dirección, el grado y el tipo de desviación. Permite definir la fusión motora y la existencia binocularidad. El individuo deberá fijar un objeto con ambos ojos y el observador usará un ocluser para detectar la normalidad o anormalidad de los ejes visuales. Existen varios métodos para realizar la técnica.

El punto próximo de convergencia (PPC) detecta la capacidad máxima de la convergencia de un individuo, se trabaja con los dos ejes visuales en un punto, uno que se aproxima hasta que el individuo refiera ver doble. Esta prueba trabaja tanto la acomodación como la convergencia.

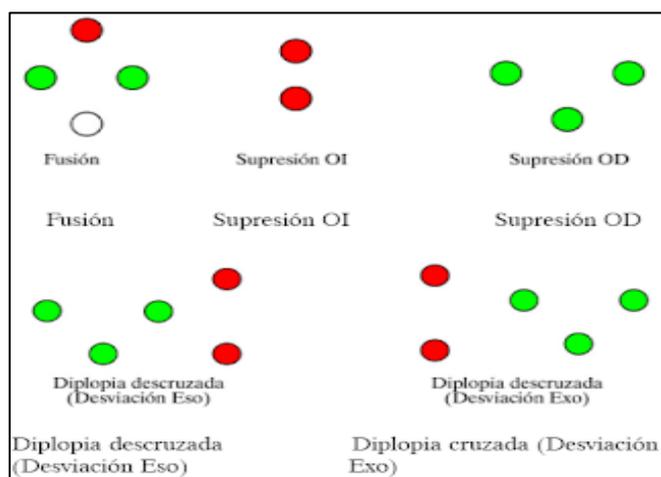
El test de Schober está compuesto por dos círculos verdes y una cruz roja en el centro de los dos círculos. Para realizar este test anteponemos al paciente: un filtro rojo al derecho y un filtro verde al ojo izquierdo. Y podemos tener las siguientes respuestas: cuando ve solo la cruz, existe supresión del ojo izquierdo. Cuando ve solo los círculos, nos encontramos ante una supresión del ojo derecho. Si observa tanto los círculos como la cruz podemos tener tres posibilidades: si la cruz está centrada perfectamente hay buena visión binocular y se produce fusión; si la cruz no está bien centrada hay heteroforia; y si en ocasiones ve centrada la cruz y otras no, hay fusión. pero se rompe (Ondategui Parra, y otros, 2000).

El test de las luces de Worth es uno de los test más utilizados, este test nos ayuda a explorar si existe visión binocular y en qué grado. Este test se compone de cuatro figuras que pueden ser: flechas, puntos, etc.; dos verdes, una roja y una blanca. Para realizar este test colocaremos una gafa, en ojo derecho con un filtro rojo y en el izquierdo un filtro verde.

Los resultados obtenidos pueden ser: visión binocular o fusión cuando observa todas las figuras (el círculo blanco lo observará rojo o verde, según cuál sea su ojo dominante, si su ojo dominante es el derecho lo va a observar rojo y si el ojo dominante es el izquierdo le observará de color verde); supresión o ambliopía de uno de sus 2 ojos cuando va a observar únicamente lo que corresponde al ojo bueno (si su ojo ambliope es el derecho únicamente verá las figuras verdes, si el ambliope es el izquierdo únicamente verá las figuras rojas), Diplopía cuando el paciente observa 5 figuras, ya que la figura será vista tanto verde como roja (nos da un claro indicio que existe percepción simultáneamente pero no fusión (diplopía homónima), la distancia

entre las dos circunstancias nos puede ayudar y orientar en su desviación), cuando hay visión alternante el paciente manifestará que ve las rojas y a veces las verdes por separado. Cuando el paciente observa dos verdes, una roja y entre rojo y verde, estamos ante el estado ideal de la visión binocular, sus ojos son igualmente dominantes (Martin Herranz & Vecilla Antolínez, 2011).

#### Ilustración N°4: Luces de Worth



**Fuente:** (Parra Arroyo, 2017)

Se puede dar una pérdida de la visión binocular o binocularidad por diferentes causas, entre las cuales explicaremos las más comunes. Cuando los ejes visuales no están bien alineados, la vista de un ojo debe ser suprimida, o el individuo experimentara diplopía. Si ha existido estrabismo y se ha corregido mediante lentes o cirugía, la alternancia del uso de cualquiera de los ojos puede continuar. Quizá no sea posible entrenar al individuo a usar ambos ojos a la vez. Si la visión de un ojo es peor que la del otro, ambos ojos no puedan ser empleados juntos, aunque los ejes visuales estén bien alineados.

Las principales alteraciones de la visión binocular se clasifican en dos tipos: defectos ópticos y anomalías musculares. En los defectos ópticos, las ametropías en general (miopía, hipermetropía y astigmatismo) afectan a la visión binocular. Puede haber estados refractivos especiales que se manifiestan con alteraciones de la binocularidad. Una de ellas es la anisometropía, que es la condición de refracción diferente entre dos ojos. Esta anomalía es posible en todas las variedades: un ojo puede ser emétrope y el otro: miope, hipermetrope o astígmata; o ambos pueden ser emétopes con diferencia de refracción entre ellos de una dioptría o más. La

anisometropía es una influencia importante en los estrabismos en los niños; el ojo desviado generalmente es el más amétrope, para evitar la diplopía. La anisometropía puede ser congénita o adquirida, por cambios de refracción experimentados durante el transcurso de la vida. En grados leves de antimetropía hay visión binocular, pero imperfecta y el esfuerzo de fusión puede producir síntomas de cansancio visual, a lo que se conoce como “astenopia”. Cuando la anisometropía se produce porque el un ojo es miope y el otro es hipermetrope recibe de nombre de antimetropía (Alemida Yarleque & Sánchez Mejía, 2018).

La segunda es la aniseiconía, es una condición en cual el tamaño, amplitud y forma de las imágenes retinianas en ambos ojos es diferente. Esta desigualdad de las imágenes puede depender de dos distintos factores: puede deberse a un fenómeno óptico en donde existe una diferencia en el tamaño de las imágenes formadas en cada una de las retinas por la diferente refracción de los dos ojos, como consecuencia por ejemplo de la existencia de anisometropía o antimetropía. O puede deberse a un principio anatómico esencialmente de la distancia del segundo punto nodal a la retina y consecuentemente, un grado de aniseiconía, puede determinarse por diferencias entre la medida de los correctores, puede ser simétrica o asimétrica.

Como segundo factor para la pérdida de la binocularidad tenemos las alteraciones musculares y se dividen en dos grupos principalmente: heteroforias y heterotropias. Las heteroforias suceden cuando los músculos extraoculares no están balanceados apropiadamente y los ejes visuales tienden a desviarse de su posición paralela, para mirar de cerca como de lejos. La visión binocular puede estar actuando como un estímulo que coacciona a ambos ojos a situarse en una posición correcta para que las dos imágenes puedan fusionarse en una. Los ojos son mantenidos en posición correcta gracias a la fusión. Esta condición de desbalance es llamada heteroforia o desviación latente.

Dependiendo de cuál músculo es el defectuoso, esta desviación latente puede ocurrir en diferentes direcciones, estas se clasifican principalmente en:

Desviaciones laterales u horizontales: (exoforia) cuando los ojos tienden a desviarse hacia afuera a causa de la eliminación del esfuerzo de fusión (oclusión monocular), puede estar asociada a una insuficiencia de convergencia y se da más comúnmente en miopes; (esoforia o endoforia) cuando los ojos tienden a desviarse

hacia adentro, esta anomalía puede estar presente en una insuficiencia de divergencia, en este caso es más marcada en la visión lejana que en la próxima, usualmente está presente en excesos de convergencia y en este caso será más marcada en la visión de cerca (hipermétropes).

Desviaciones verticales: (hiperforia e hipoforia) son la tendencia de un ojo a desviarse hacia arriba (hiper) o hacia abajo (hipo) con respecto al otro ojo. En estas alteraciones de la visión binocular, el eje visual de un ojo tiende a estar a un nivel superior o inferior al del otro ojo.

Por último, tenemos las cicloforias. Se trata de una tendencia hacia la rotación defectuosa de uno o de ambos ojos de manera que los meridianos verticales de los dos bulbos no son paralelos; estos son de extorción o exiciclotorsión cuando rota hacia afuera y el movimiento de recuperación obviamente será hacia adentro; o de intorsión o inciclotorsión cuando rota hacia adentro y el movimiento de recuperación será hacia afuera.

La heterotropía o desviación manifiesta, es una anomalía del desarrollo de la visión binocular, que conduce al establecimiento de correlaciones anómalas entre los dos ojos. Al igual que las forias, puede ocurrir en diferentes direcciones, no obstante, estas son notorias a simple vista, ya que los ojos pierden el paralelismo y tienen una característica posición anómala de la mirada:

Desviaciones laterales manifiestas: exotropía cuando los ojos están desviados hacia afuera, esotropía o endotropía los ojos están desviados hacia adentro. Desviaciones verticales: hiperforia cuando los ojos están desviados hacia arriba e hipoforia los ojos están desviados hacia abajo.

Sea cual fuera el tipo de estrabismo, el individuo se adapta a su anomalía con ayuda de la supresión que se da por una correspondencia anómala. La supresión o neutralización es el fenómeno mediante el cual, un estrábico no tiene conciencia de ciertas imágenes recibidas por uno de sus ojos, evitando así la diplopía. La correspondencia anómala existe cuando las dos foveas ya no forman puntos correspondientes y se constituye un par de puntos correspondientes con un punto excéntrico del ojo desviado (Montés-Micó, 2012).

#### 1.2.4. Estereopsis

La visión estereoscópica es la visión en relieve y se debe a la disparidad de las imágenes retinianas de un mismo objeto. Algunos autores consideran a la estereopsis como un fenómeno psicofísico debido a que la percepción se obtiene por la diferencia en el contenido de las imágenes en su totalidad y no solo por la disparidad entre ellas.

La visión estereoscópica es también conocida como percepción de profundidad o tercera dimensión (3D), es un fenómeno que nos permite apreciar los objetos tridimensionalmente, percibiendo, la profundidad o la distancia a la que se encuentran. Está presente en nuestra vida diaria, ya que se presenta como la habilidad que requerimos para desenvolvemos en algunas de nuestras actividades: tomar café por la mañana, abrir el agua de la ducha, agarrar y abrir la manija de una puerta e incluso para caminar, cruzar la calle, subir una vereda, etc. La estereopsis es el termómetro de la visión binocular.

La estereopsis requiere de un grado de mayor especialización de la visión binocular pues presupone una binocularidad perfecta, la estereopsis no se reduce a la simple adición de dos imágenes idénticas o muy próximas; sino que también implica una integración de carácter psíquico de dichas imágenes.

La estereopsis es distinta del sentido de profundidad que aparentemente dispone un individuo que desde hace mucho tiempo presenta visión monocular. Esta sensación de profundidad estereoscópica se cree que procede del estímulo de los puntos retino- cerebrales horizontalmente dispares, pero todavía localizados dentro de las áreas de Panum. Al estar estos combinados, la información cortical resultante produce una percepción de profundidad uniforme que presenta las características particulares de la misma.

Existen algunas pruebas de que está presente cierto grado de visión estereoscópica en presencia de diplopía, lo cual indica que la verdadera fusión (fijación bifoveal) no es indispensable para la estereopsis. No es necesario que los objetos observados por cada ojo sean tridimensionales, ya que los objetos bidimensionales pueden ser vistos con sensación estereoscópica si existe una disparidad suficiente.

En la visión estereoscópica entran en juego factores innatos, genéticos que se encuentran definidos desde el nacimiento y para cuya utilización es imprescindible,

desde los primeros años de vida o incluso más tarde el adecuado aprendizaje. Este aprendizaje (experiencias psicológicas) son las que nos proveen de cierto grado de visión de profundidad (binocular) ya que es innegable que en la visión monocular conocemos la longitud y la latitud del espacio y en visión binocular conocemos además la profundidad o tercera dimensión. Sabemos que un objeto vería el tamaño de su representación retiniana según la distancia a la que se encuentre. Por experiencia sabemos que percibimos como más grandes los árboles que están más cerca y más pequeños los más alejados.

La separación de los dos ojos a una distancia de 6 cm más o menos, da a cada uno de ellos, una disparidad en la visión de un objeto suficientemente grande para permitir la estereopsis, que precisa de un ángulo de desplazamiento muy pequeño. Podemos darnos cuenta de ello comparando las fotografías de un objeto tomadas tras haber desplazado lateralmente el objeto a unos 6cm. Las imágenes de un objeto no caen pues, sobre puntos estrictamente correspondientes; las ligeras disparidades de estas imágenes dan al cerebro los elementos de juicio necesarios para apreciar su profundidad o tercera dimensión en una visión única. Por lo tanto, es posible crear artificialmente una falsa sensación de relieve, proyectando sobre las dos retinas imágenes ligeramente diferentes. Este es el principio de los estereoscopios.

Sin embargo, cuanto menor sea la disparidad de las imágenes dentro del horóptero mayor será la sensación de profundidad. La disparidad vertical no produce efecto estereoscópico. Panum dice que: “cuando puntos retinianos bastante dispares son estimulados por imágenes del mismo objeto entonces existe diplopía. Pero si están dentro del horóptero hay estereopsis (Puell Marín).

La agudeza estereoscópica o disparidad geométrica mínima (expresada generalmente en segundo de arco), depende sobre todo de la separación entre los dos ojos y de la distancia del objeto considerando. Se debe a las siguientes condiciones: agudeza visual de cada ojo, nivel de iluminación, grado de ametropía, de la duración del estímulo, de la presencia de escotomas de supresión en el campo binocular, de la capacidad de la corteza visual para producir el efecto estereoscópico (Lillo Sanhueza, 2012).

La estereopsis no se utiliza de manera aislada en la producción del sentido de profundidad, si no que el individuo aprovecha ciertas pistas como: tamaño, forma, etc.

Que de manera monocular ayudan a la estereopsis de la visión binocular. La estereopsis es una habilidad tan separada como la visión de los colores. Algunos individuos, cuya agudeza estereoscópica es sometida a prueba en condiciones rígidas, mientras que quedan excluidos todos los otros indicios que no sean las imágenes disparejas, nunca pueden llegar a adquirirla, aunque sus ojos en todos los otros aspectos sean normales. Evidentemente. Un individuo debe tener estereopsis excelente para pilotar un avión (Sánchez Pérez, 2014).

En la zona periférica de la retina hay más estereopsis que diplopía. En la zona foveal hay más diplopía que estereopsis ya que los puntos en esta última tienen que estar muy cerca, por la estructura anatómica de la retina.

La percepción del relieve o estereopsis es influenciada por varios factores. El color y nitidez de los objetos; una montaña se ve más cerca si el día está más despejado antes que si hay niebla de por medio. Las sombras; los objetos proyectan una sombra sobre el fondo, factor importante en la percepción del relieve. La superposición de contornos; un objeto puede taparnos total o parcialmente otro que está detrás del él. Convergencia de las líneas en el infinito; las dos vías del tren que se alejan en el infinito son paralelas, pero nos dan la impresión de que tienden a unirse. El papel de hábito y de la experiencia, un objeto próximo parece mayor que uno lejano mientras que los dos son iguales. Todos estos factores son planteados en la pintura para dar una sensación de relieve.

En la estereopsis monocular se da la paralaje (o movimiento aparente). Cuando miramos un objeto, si giramos la cabeza (sin dejar de mirar el objeto), los objetos más alejados se mueven en el mismo sentido y los objetos más cercanos en sentido contrario.

Dentro de los factores influyentes de la estereopsis binocular tenemos la convergencia, aunque su papel es muy débil y no tiene la influencia que tendríamos que darle. Desde pequeños aprendemos la sensación de relieve y, aunque el niño no tenga visión estereoscópica sabe que existe el relieve. Puede que en una persona con visión estereoscópica la sensación de relieve sea mayor.

Las imágenes fijadas no son solo analizadas en cuanto a forma, color y luminosidad, sino que además son localizadas en el espacio en relación con el medio

que las circunda (localización relativa) o en relación con la ubicación de nuestro cuerpo (localización egocéntrica).

La localización relativa de los objetos en el espacio objetivo tridimensional es posible ya que la excitación de un fotorreceptor retiniano no produce solamente una sensación de luz, como ya lo mencionamos anteriormente, sino también un sentido de dirección, de la cual ha podido provenir el estímulo. Este fenómeno es el llamado sentido de localización oculocéntrico.

Este sentido de localización que presenta cada fotorreceptor o cada grupo de fotorreceptores provoca una sensación que ha sido originada por el estímulo desde un punto del espacio. Este estímulo se proyecta en el espacio subjetivo del individuo.

En la localización oculocéntrica se percibe el objeto a partir de las impresiones físicas de la energía luminosa que incide en los elementos retinianos. Se modifican por diversos factores que influyen en la estereopsis, ya mencionados, y se sintetizan en la porción cortical, en una percepción final, que es la sensación visual.

Estos últimos factores son los que producen la diferenciación entre espacio objetivo y subjetivo (proyección). La sensación visual no se reduce a una simple marca impresa en nuestro sistema cerebral por el agente excitante. Comprende igualmente una proyección y una localización del objeto en el espacio. Con el sentido visual localizamos en el espacio, en relación a nuestro cuerpo, los objetos que nos han impresionado. Esta localización o proyección, no obstante, puede estar sujeta a error.

Hasta los individuos que únicamente tienen las percepciones visuales más simples, localizan los objetos en el espacio relacionándolos con un sistema de coordenadas en el centro de las cuales están localizados ellos mismos. En el hombre esta localización egocéntrica utiliza tres planos como coordenadas: el plano horizontal, el medial y el frontal. Este plano tiene equivalencia subjetiva y es el plano frontoparalelo subjetivo el que fundamentalmente transmite la impresión de profundidad o distancia al observador.

En los seres humanos la visión egocéntrica, a la que están relacionados subjetivamente los objetos, está situada en una posición variable siempre entre ambos ojos, aunque desplazada hacia el ojo dominante. Cuando el individuo ha aprendido a situarse en relación al mundo exterior y ha formado un espacio subjetivo,

aprende a localizar en dicho espacio subjetivo las imágenes de los objetivos que estimulan su fovea.

Esta localización con relación a sí mismo y al espacio exterior, se lleva a cabo por la fovea siempre en la misma dirección, de manera que todos los objetos que estimulen la fovea de un ojo, su imagen será proyectada siempre en la misma dirección, es decir, la fovea ha alcanzado un valor especial proyeccional o proyección espacial fija. La dirección en la cual se proyectan estas imágenes por ser de la zona más importante para la visión, se le llama dirección espacial principal y que da una determinada dirección del espacio subjetivo.

La proyección o localización monocular no es absoluta; si no que se refiere a la línea de visión principal o eje visual entre la fovea y el punto de fijación. A esta facultad se la conoce normalmente como “proyección retiniana” descrita por Sherrington como proyección retino-cerebral. De manera monocular podemos calcular las distancias, este punto es de gran valor para aquellas personas que por cualquier motivo no tiene visión binocular.

La proyección monocular obtiene una gran ayuda en las en las dimensiones de los objetos que conocemos por experiencia. Un objeto aparece al ojo a distancia y con formas variadas toma dimensiones diferentes. El tamaño con que un objeto impresiona al ojo en diferentes distancias se denomina dimensión aparente. El observador en un gran tiempo ve objetos cuyas dimensiones reales conoce; pero los observa a distancias diferentes. El tamaño aparente de los objetos nos permite calcular más o menos distancias. Ej.: Un antiguo servidor de un aeropuerto distingue un punto en el espacio, e identifica el punto como un avión, e informa su tamaño, la altura y la distancia a la que se encuentra.

En fin, en esta percepción monocular entran en juego todos los factores que influyen en la estereopsis. Con un solo ojo tenemos cierto grado de visión de profundidad, pero ella no será suficiente para enhebrar rápidamente una aguja.

La percepción espacial binocular propiamente dicha se caracteriza no solo por un campo visual más grande sino también esencialmente por la presencia de percepciones espaciales. En general la disparidad binocular constituye una parte extremadamente importante para la realización de la percepción espacial. Hemos definido la disparidad binocular como, una desviación geométrica de las dos

imágenes distintas ligeramente desiguales, produce finamente una imagen espacial global. Las personas con valores normales de estereopsis oscilan entre 14 y 40 segundos de arco. La calidad de la estereopsis puede llegar a ser una prueba para la evaluación del posible grado de deterioro de la agudeza visual de un ojo (Prieto-Díaz & Souza-Díaz, 1986).

La agudeza estereoscópica varía con la edad, siendo mejor en el niño que en el adolescente y mejor es éste que en el adulto. La convergencia de los ejes oculares en relación con la percepción espacial es de gran ayuda, sobre todo, en el cálculo de variaciones de distancia de objetos distintos.

Se llama diferencia estereoscópica a la diferencia de dos ángulos de convergencia bajo los que aparecen, en los dos ojos, dos objetos situados a distancia diferentes. Como la visión espacial representa, de cierta forma, la cumbre de la visión binocular y debería, según las posibilidades, estar bien desarrollada en todos los individuos, se le ha prestado mucha atención en estos últimos años.

Esto se demuestra por los numerosos trabajos de ortóptica y pleóptica tendientes a obtener una agudeza binocular simultánea y por ende una buena percepción espacial. Por otra parte, también se traduce esa atención a la aparición de los estereotest, entre los aparatos para el examen de la visión binocular. En el examen clínico de la estereopsis, la estereopsis binocular consiste en la sensación de relieve. Se emplea el sinoptóforo para averiguar este estado de visión binocular. Se emplean dos diapositivas de la misma imagen, pero un poco desplazadas, obteniendo una visión simultánea de un objeto bajo distinto ángulo, con cada ojo. La fusión de estas imágenes permite la visión estereoscópica y el cálculo aproximado de la distancia a la cual se encuentra el objeto (Salvestrini, 2015).

Se puede también evaluar la estereopsis mediante vectogramas, que son láminas transparentes con imágenes polarizadas. Este vectograma es especial para la medida de la estereopsis. La estereopsis es el termómetro de la visión binocular, se debe observar si el paciente aprecia bien en el vectograma que es una cartilla que contiene 36 cuadrados iguales que contienen en su interior un círculo y son numerados verticalmente de forma simétrica, así a la primera fila le corresponde el número 1 entonces en el vectograma tendremos seis números 1 en la primera fila; en la segunda vertical tenemos seis números 2, en la tercera vertical fila seis números

3; en la cuarta vertical, seis números 4; en la quinta vertical seis números 5 y por último en la fila seis vertical tenemos seis números 6. La letra L (left) está ubicada al lado izquierdo debajo de la fila vertical 2 y la letra R (right) está ubicada bajo la fila vertical del número 5. Estas letras L y R se ubican por fuera y abajo de la cartilla del vectograma. La nominación horizontal de cada línea está hecha alfabéticamente, entonces la primera línea superior tiene la letra A, la segunda la B, la tercera la C, la cuarta la letra D, la quinta la E y la sexta que corresponde a la línea más inferior la letra F. El paciente notará que algunos círculos rodean los números están salidos hacia afuera, cuyos resultados se interpretaran de la siguiente manera: Si en la línea A el paciente observa sobresalido el círculo 4 tendrá una estereopsis equivalente a un 10 %, en la línea B, si observa el círculo 2, tendrá una estereopsis que corresponde al 20 %, en la línea C, el círculo 5 corresponde al 40 % de estereopsis, en la D será el círculo 3 el que corresponde a un 60 % de estereopsis, en la E el círculo 4 corresponde a un 75% de estereopsis, por último en la fila F será el círculo 2 el que determina una agudeza visual del 90%.

El test de Titmus es un test de fácil comprensión y clínicamente es el más utilizado en el estudio de la visión estereoscópica, con ayuda de unas gafas polarizadas. Consta de dos cartulinas sobre las cuales están representados tres tipos de test, cuya función es a nivel del cerebro y da la sensación de relieve.

Por su sencilla comprensión, puede utilizarse hasta con niños muy pequeños y nos ayudará a evaluar rápidamente el estado de la visión binocular y estereopsis. Procedemos de la siguiente manera: el paciente debe llevar puesta su corrección óptica, la cartulina debe estar a unos 40cm, la iluminación debe ser buena y le presentamos la cartilla en el orden de: test de la mosca, test de los animales y el test de los círculos (o test de Wirt).

En el test de la mosca se le presenta al sujeto, usando las lentes polarizadas y se le indica que trate de coger las alas de la mosca con sus dedos; un ala de la mosca entre el pulgar y el índice; observamos que sus dedos los coloca por encima del plano de la fotografía. Moviéndola adelante y atrás se puede ayudar a algunos pacientes cuya apreciación estereoscópica sea pobre. Existe también letras L y R para comprobar si hay supresión.

En el test de la mosca cuando el paciente responde satisfactoriamente, posee una buena estereopsis; hasta los niños pequeños pueden comprender fácilmente la idea del relieve. Corresponde a una agudeza estereoscópica de los 3.000 segundos de arco (casi 1 minuto) de disparidad retiniana a 40 cm. Si por cualquier razón el sujeto utiliza un solo ojo, la mosca aparecerá como una fotografía plana ordinaria. Si ambos ojos están fusionando debidamente, apreciará la estereopsis.

En las cartillas de animales, en cada línea de test hay figuras de animales y existe uno que debe ser visto en relieve, como si se saliera del cuadro. Si se trata de un paciente niño o mayor, se le pide que indique el animal que está más cerca.

Es un test intermedio entre la mosca y el de los círculos. Los resultados se evalúan de la siguiente manera: la fila A es de 400 segundos, apareciendo más cerca el gato; en la fila B la disparidad es de 200 segundos y es el conejo el que parece más cercano, y en la fila C la disparidad es de 100 segundos y es el mono el que aparece más cerca.

Por último, el test de los círculos (o de Wirt) determina la visión estereoscópica, este es un test que nos ayuda a comprobar la buena apreciación de "profundidad". Procedemos de la siguiente manera: le ponemos los filtros polarizados al paciente, le presentamos la cartulina con el test y preguntamos, comenzando con el N° 1, cuál de los círculos parece que sobresale más (se presenta un rombo con cuatro círculos y uno tendrá relieve). Este test nos permite, medir la agudeza estereoscópica de 800 hasta 40 segundos de arco.

Para analizar los resultados tenemos: en la fila 1 la respuesta correcta es abajo y el ángulo de estereopsis es de 800 segundos de arco, en la fila 2 lo correcto es izquierda que corresponde a un ángulo de disparidad retiniana de 400 segundos de arco; en la fila 3 la respuesta es abajo y corresponde a 200 segundos de arco; en la fila 4 lo correcto es arriba y la disparidad retiniana es de 140 segundos de arco; en la fila 5 es arriba que corresponde a 100 segundos de arco; en la fila 6 izquierda y corresponde a 80 segundos de arco; en la fila 7 es derecha y corresponde a 60 segundos de arco; en la 8 lo correcto es izquierda y es de 50 segundos de arco y en la fila 9 derecha y corresponde a 40 segundos de arco de disparidad retiniana.

En un individuo con estrabismo que no haya sido tratado es inútil buscar la visión estereoscópica pues no la hay, en cambio, si queremos saber cuándo un

estrabismo está totalmente corregido, entonces busquemos la visión estereoscópica, si la hay podemos asegurar que el estrabismo está corregido.

### Ilustración N°5: Test de Titmus



Fuente: (Gil Rosendo, 2017)

## CAPITULO II.

### 2. MARCO METODOLÓGICO.

#### 2.1 Diseño metodológico de la tesis.

##### 2.1.1 Contexto y calificación de la investigación.

Se realizó un estudio de tipo descriptivo, longitudinal, retrospectivo; con el objetivo de conocer características clínico-epidemiológicas de los principales fenómenos fisiológicos de la visión, en pacientes atendidos en Gamaoptica, en la Ciudad de Latacunga, de agosto 2019 a marzo 2020.

#### 2.2 Universo y muestra

El universo (N=200) y la muestra (n=120) de estudio estuvo constituida por todos los pacientes atendidos en Gamaoptica durante el período de estudio, cuyas historias clínicas permanecen en los archivos de la institución de salud, donde se recogió el consentimiento de participar en la investigación.

##### **Criterios de inclusión de la muestra:**

- Pacientes que fueron atendidos en Gamaoptica, en el periodo de agosto 2019 a marzo 2020, cuyas historias clínicas permanecen en los archivos de la institución.
- Pacientes a los que se les realizaron estudios relacionados con los fenómenos fisiológicos de la visión.
- Pacientes comprendidos entre 5 y 84 años de edad, de ambos sexos
- Pacientes que dieron su consentimiento de participar en el estudio.

##### **Criterios de exclusión de la muestra:**

- Pacientes que fueron atendidos en Gamaoptica fuera del período de estudio.
- Pacientes a los que no se les realizaron estudios relacionados con los fenómenos fisiológicos de la visión.
- Pacientes menores de 5 años y mayores de 84 años.
- Pacientes que no dieron su consentimiento de participar en el estudio.

### 2.3 Metódica.

La siguiente investigación se realizó en Gamaoptica, situada en la ciudad de Latacunga, en el período comprendido entre agosto 2019 a marzo 2020. Al encargado de la óptica se le presentó un resumen del proyecto, donde se explicó el objetivo fundamental y objetivos específicos de la investigación. Simultáneamente se le pidió autorización para proceder a la revisión de las historias clínicas, donde se revisaron los datos de interés como: edad, sexo, ocupación, agudeza visual, resultados de los test de Ishihara, Test Luces de Worth y Test de Titmus, y se relacionaron éstos con las posibles alteraciones asociadas.

En las historias clínicas, la variable del sexo se clasificó atendiendo al sexo biológico en: masculino y femenino. Según el censo de Ecuador, realizado en 2010, existían un total de 7'305.816 mujeres y 7'177.683 hombres. (Ecuador, Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010).

Se consideró en la muestra de estudio a las personas desde los 5 hasta 84 años y formamos grupos etarios de 9 años teniendo en cuenta el Censo Nacional de Población y Vivienda del Ecuador (Ecuador, Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010).

La variable ocupación se estableció por la situación laboral del paciente, descrito en la historia clínica, clasificada en tres categorías mutuamente excluyentes (según la encuesta nacional (ENEMUD), febrero 2015, realizada en Ecuador): la población ocupada, la población desocupada y la población económicamente inactiva.

La población ocupada trabajó al menos una hora en la semana de referencia, fueron aquellos individuos con trabajo o que estuvieron ausentes al momento de llenar la historia clínica, por motivos tales como: vacaciones, enfermedad, licencia. Las personas desocupadas fueron aquellos individuos sin trabajo al momento en que fueron evaluados, que estuvieron disponibles para trabajar y que podían estar o no en búsqueda de un trabajo. Por último, la población económicamente inactiva fueron todas aquellas personas que no se encontraban en edad laboral o que por algún motivo no podían trabajar; estuvo conformado por estudiantes, trabajadores del hogar (amas de casa), personas con discapacidad, jubilados y rentistas (Ecuador, Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010).

La agudeza visual es una variable cualitativa, ordinal, politómica. La Organización Mundial de la Salud determinó una clasificación de la agudeza visual, estableciendo cuatro grupos diferentes. Se revisaron los datos de las historias clínicas y la agudeza visual estaba clasificada en los siguientes grupos: normal (los que alcanzaron una visión de 20/20 a 20/60); limitación visual (los individuos con agudeza visual entre 20/60 y 20/200); limitación visual severa (grupo de personas que lograron una agudeza visual entre 20/200 y 20/400); ceguera (individuos con agudeza visual menor 20/400). Se tomó en cuenta la visión binocular de lejos sin corrección (AVSC lejos AO) y con corrección (AVCC lejos AO) (Organización Mundial de la Salud, 1995).

Se continuó revisando los datos obtenidos de los test de: Ishihara, Luces de Worth y Titmus, reflejados en las historias clínicas y se recopilaron en base de datos, independientemente.

En las historias clínicas el test de Ishihara utilizado fue el de 24 láminas y el resultado se asentó en una tabla donde se enumeraron las 24 láminas y se anotó lo que el paciente vio en cada una de ellas. En función de los datos registrados se clasificó al paciente con visión al color normal o estándar, deficiencia al rojo o verde, o ceguera total o debilidad cromática (Gima, 2013).

El paciente con visión del color normal fue el que vio de la lámina 1 a la 17 los siguientes números, en orden consecutivo de lámina: 12,8,6,29,57,5,3,15,74,2,6,97,45,5,7,16,73. De la lámina 18 a la 21 no vieron números y de la 22 a la 24 vieron los números: 26,42 y 35.

El paciente con deficiencia al rojo- verde vio de la lámina 1 a la nueve los siguientes números en orden consecutivo de láminas: 12, 3, 5, 70, 35, 2, 5, 17, 21. De la lámina 10 a la 17 no vieron números, de la lámina 18 a la 21 vieron: 5, 2, 45, 73 y de la 22 a la 24 vieron: 6,2,5 (protanomalia), 2,4,3 (deuteranomalia).

El paciente con ceguera total o debilidad cromática vio solo la lámina 1 como 12, no vio nada de la lámina 2 a la 21 y de la 22 a la 24 vieron: 6, 2, 5 (protánope), 2, 4, 3 (deuteránope).

Las Luces de Worth conocida también como prueba rojo-verde sirve para evaluar la capacidad de integrar imágenes o estado sensorial. La prueba fue realizada en penumbra; al paciente se le había colocado una gafa rojo-verde, el color rojo en el ojo derecho (OD) y el color verde en el ojo izquierdo (OI). Se realizó a una distancia

de 3 metros. Al paciente con las gafas puestas se le presentó el test con las 4 luces referidas: una roja, una blanca y dos verdes.

Si el paciente vio 4 luces, una de color rojo arriba, 2 de color verde a los laterales y una de color rojo-verde, según el ojo dominador, se anotó una visión binocular normal. Si vio 3 luces de color verde, supresión del OD que tuvo ante sí el cristal rojo, sólo vio la imagen que le proporcionó su OI. Si observó 2 luces de color rojo significó una supresión del OI, sólo utilizó su OD.

Si vieron 5 luces, 2 de color rojo y 3 de color verde, existió diplopía, entonces exploraron la dirección de las luces para determinar la desviación: endotropía cuando las luces rojas se encontraron a la derecha de las luces verdes, también conocida como diplopía homónima o descruzada; exotropía cuando las rojas se encontraron a la izquierda de las luces verdes, también conocida como diplopía heterónima o cruzada; hipertropía en OD cuando las luces rojas se encontraron en la parte inferior de las verdes e hipertropía en OI cuando las luces rojas se encontraron en la parte superior de las verdes. De esta forma quedó anotado en la historia clínica el resultado del test (Tapia Peña, 2015).

El test de Titmus o también conocido como el de la mosca, es una prueba estereoscópica, que se utilizó en las historias clínicas para detectar la capacidad de percibir la profundidad y, por tanto, para identificar condiciones oculares de la visión en tercera dimensión o si había ausencia de la misma. El valor tomado como normal fue de 40 segundos de arco.

En la evaluación se usaron lentes polarizados. El test de Titmus se compone de 3 variantes: las alas de la mosca, el de los animales y el de los círculos (test de Wirth). Cabe recalcar que todos son anaglifos. Se preguntó al paciente cuál de los mismos sobresalió del resto. Empezaron con el test de la mosca, el paciente que siguió las alas de la mosca tuvo 3000 segundos de arco (Lillo Sanhueza, 2012).

Luego se mostró el de los animales, 3 variantes con 3 opciones, el paciente debió reconocer cuál fue la opción que se encontró en una variante de profundidad. Si el paciente logró reconocer en profundidad al gato se anotó 400 segundos de arco, si reconoció en profundidad al conejo se anotó 200 segundos de arco y si reconoció en profundidad al mono se anotó 100 segundos de arco (Lillo Sanhueza, 2012).

Se examinó también el test de los círculos, donde hay 9 rombos con 4 círculos incorporados, siendo uno el que presenta la variante en la profundidad. El que observó el círculo de abajo en el primer rombo en profundidad, representó 800 segundos de arco; el que observó en el segundo rombo el círculo de la izquierda en profundidad, representó 400 segundos de arco; el que observó en el tercer rombo el círculo de abajo en profundidad, representó 200 segundos de arco; el cuarto fue el de arriba con 140 segundos de arco, el quinto también fue el de arriba con 100 segundos de arco. Continuando con el sexto que fue el de la izquierda con 80 segundos de arco, el séptimo el de la derecha con 60 segundos de arco, el octavo el de la izquierda con 50 segundos de arco y el noveno el derecho con 40 segundos de arco (Parámetro normal de estereopsis) (Lillo Sanhueza, 2012).

Para esta prueba se tomó en cuenta el objeto observado en profundidad en cada examen y se anotó los que completaron cada prueba, observando todas las variantes en profundidad.

Para conocer la incidencia de alteraciones asociadas a los test aplicados (Test de Ishihara test de Titmus, Luces de Worth) se tomaron en cuenta los resultados anotados en las historias clínicas. La variable se planteó en: si tenía o no una alteración en los fenómenos fisiológico de la visión.

### **2.3.1 Para la recolección de información**

La recolección de datos se realizó por medio de historias clínicas que constan en la base de datos de la óptica, se tomaron variantes de las historias clínicas de Gamaoptica, la agudeza visual de cada paciente y los datos de los diferentes Test aplicados (Test de Ishihara, Test de Worth y Test de Titmus) en una base de datos. Y se relacionó el impacto de los principales fenómenos fisiológicos en el rendimiento de su vida diaria.

### **2.3.2 Para el procesamiento de la información,**

Toda la información que se recogió se procesó en una base de datos utilizando el sistema Epi Info, donde se calculó el porcentaje como medida de resumen para cada una de las variables de los fenómenos fisiológicos de la visión. Mediante el estadígrafo  $\chi^2$  al 95% de certeza y así obtener los resultados de los objetivos planteados.

### **2.3.3 Técnica de discusión y síntesis del resultado**

Para la discusión e interpretación de la información resultante, se toma desde un punto de vista hermenéutico: la bibliografía, artículos científicos, tesis, estudios similares, documentos, investigaciones científicas y libros; se obtuvieron datos necesarios para la investigación. Respectivamente se han respetado todos los factores, variantes y protocolos necesarios para su utilización en la investigación, además, fue determinante la ayuda aportada por la tutora para aclarar y discernir interrogantes planteadas.

## **2.4 Bioética**

Se realizó la explicación y dilucidación de los procedimientos para la obtención de los datos de la investigación de las historias clínicas, para esclarecer que la información receptada de las mismas historias clínicas no aplica fines de lucro más que para el trabajo de investigación a desarrollarse, siendo que los test ya referidos en las historias clínicas, no eran de índole invasivo y perjudicial hacia la salud visual ni general del paciente. Concretamente regido por aspectos tanto éticos como morales en la adquisición de datos personales confidenciales e integridad complementaria de los individuos considerados en primer plano; siendo mayores de edad estamos en la obligación de utilizar su historia clínica sin fines de lucro

## 2.5 Cronograma de actividades

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>AGOSTO OCTUBRE 2019</b>	<b>NOVIEMBRE 2019 ENERO 2020</b>	<b>FEBRERO ABRIL 2020</b>	<b>MAYO JULIO 2020</b>	<b>AGOSTO OCTUBRE 2020</b>	<b>NOVIEMBR E 2020 ENERO 2021</b>	<b>FEBRERO 2021 MAYO 2021</b>
<b>Selección de tema de proyecto</b>							
<b>Asignación del Tutor</b>							
<b>Recopilación de bibliografía</b>							
<b>Solicitud de aprobación a GAMAOPTICA</b>							
<b>Revisión de Historias Clínica</b>							
<b>Tutoría Capítulo I</b>							
<b>Tutoría Capitulo II</b>							
<b>Tutoría Capitulo III</b>							
<b>Conclusiones y recomendaciones</b>							
<b>Bibliografía, anexos y normas APA</b>							
<b>Revisión final</b>							
<b>Pre-defensa y defensa de la Tesis</b>							

Fuente: Propia

Elaborado por: César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

## CAPITULO III.

### 3. RESULTADOS.

Los fenómenos fisiológicos de la visión abarcan varias cualidades tanto cualitativas como cuantitativas del sistema visual, permitiendo el funcionamiento adecuado de la visión, la visión del color, la visión binocular y la estereopsis que ocurren de una manera magnífica y natural para complementar el sentido de la vista.

En la tabla 1 se expone la distribución de la muestra según el sexo de los pacientes estudiados.

**Tabla 1. Distribución de la muestra según el sexo.**

Sexo	N°	%
Masculino	58	48.3
Femenino	62	51.7
Total	120	100

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

Luego de verificar los datos recogidos durante el estudio, según el sexo, de una muestra de 120 individuos, el 51.7% de pacientes pertenecieron al sexo femenino, mientras que el 48.3% pertenecieron al sexo masculino.

En la investigación de María Dután y Rosa Espadero sobre los pacientes con afecciones oculares en la unidad educativa “Fray Vicente Solano” en la ciudad de Cuenca, obtuvieron una totalidad de 285 participantes donde se evidenció que el sexo femenino se compone de 125 con un porcentaje de 43,9% mientras que en sexo masculino con 160 hombres y un porcentaje del 56,1% del total (Dután Escaleras & Espadero Faicán, 2016).

En el estudio “Resultados de procedimiento optométricos en la determinación de afecciones oculares 2016” se estudiaron una totalidad de 88 pacientes donde el sexo masculino se conformó del 48% con 42 hombres mientras que el 52% fueron mujeres. Los resultados encontrados por el equipo de investigación coinciden con los resultados en los estudios citados (Morejón Rojas, 2016).

En la tabla 2 se demuestra la distribución de la muestra según la edad de cada paciente incluidos en la muestra.

**Tabla 2. Distribución de la muestra según la edad**

<b>Edad (Años)</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>
5 – 14	22	18
15 – 24	34	28,3
25 – 34	29	24,2
35 – 44	9	7,5
45 – 54	10	8,3
55 – 64	7	5,8
65 – 74	3	2,5
75 – 84	6	5
<b>Total</b>	120	100

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

La presente tabla muestra los resultados obtenidos en el estudio según la edad. Se evidenció una mayor participación en el estudio de individuos entre 15 y 24 años (34), equivalente a un 28,3% seguida de individuos entre 25 y 34 años (29). El grupo menos representado fue el de 65 a 74 con un 2,5%.

En un estudio realizado con una muestra expuesta con pacientes seleccionados, que presentaban problemas patológicos oculares en la Universidad Politécnica de Catalunya, donde se demostró una incidencia de afecciones oculares en pacientes de 15- 25 años con un número de 38 personas a un 14,4% al total. Y con 26 pacientes siendo la incidencia más baja de 65-75 años con un porcentaje del 25,1% (Ondategui Parra, 2015)

En un estudio de 100 estudiantes del Programa de Doctorado en Ciencias de la Visión Escuela de Doctorado e Investigación, mediante distintos test aplicados, se encontró por lo menos una alteración visual en cada asistente dando un 17%, en alumnos de 18 a 25 años; demostrando que en los adolescentes sigue habiendo una prevalencia

de afecciones oculares. Los resultados coinciden con los citados por los autores referidos (Ruiz Pomedá, 2016).

En la tabla 3 se expresa la distribución de la muestra según la ocupación.

**Tabla 3. Distribución de la muestra según la ocupación.**

Ocupación	N°	%
Población ocupada	37	30,8
Población desocupada	5	4,2
Población económicamente inactiva	78	65
<b>Total</b>	120	100

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

En los resultados alcanzados en la investigación sobre las ocupaciones de los pacientes se observó que el 65% de los individuos formaron el grupo de población económicamente inactiva, seguido del grupo de población ocupada con un 30,83%. La población desocupada fue el 4,17%.

En la investigación sobre defectos visuales realizados por Anabel González-Peña en México, octubre-diciembre 2013, más del 50% de estudiantes voluntarios lo presentan y no hay estudios que demuestren que existe una forma de prevenir estas patologías ya que es un defecto fisiológico que se puede presentar sin ninguna clase de síntomas (Feijoo & Del Pozo, 2019).

Una investigación sobre el desempleo en el Ecuador, realizada por la universidad Azuay Facultad de ciencias en administración escuela de economía. Confirmando una tasa desempleo en los últimos 10 años ya que llegó a situarse en un 6,5%. Dando lugar rápidamente al trabajo informal independiente (informal), estando con un 42,7% a causa del desempleo (Rodríguez Vélez, 2018).

En la tabla 4 se muestra los resultados de la agudeza visual en ambos ojos, obtenidos de los pacientes incluidos en la muestra de estudio.

**Tabla 4. Agudeza visual de los pacientes estudiados**

<b>Clasificación de agudeza visual según OMS</b>	<b>AVSC lejos AO N (%)</b>	<b>AVCC lejos AO N (%)</b>
Normal 20/20 a 20/60	47(39,2)	120(100)
Limitación visual 20/60 a 20/200	56(46,7)	0(0)
Limitación visual severa 20/200 a 20/400	17(14,1)	0(0)
Ceguera < 20/400	0(0)	0(0)
Total	120(100)	120(100)

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

En los datos descritos en la tabla anterior podemos dar como resultado que el 46.7% de la muestra presentó limitación visual en la agudeza visual sin corrección de lejos, con ambos ojos, y sólo el 14.1% presentó limitación visual severa, el resto tuvo una visión normal; sin embargo, después de la corrección, el 100% de los pacientes pudieron llegar a tener una agudeza visual normal de lejos con ambos ojos.

La agudeza visual es la medición de la cantidad de visión que posee una persona y si un individuo tiene fallas en su agudeza visual, se verá afectado en las múltiples actividades cotidianas que le corresponda desempeñar. La deficiencia visual en la infancia tiene un impacto significativo en todos los aspectos de la vida del niño (social, educacional, psicológico), afectando su independencia y autoestima, calidad de vida e interacción con la familia y la comunidad. Dentro de los factores de riesgo más relevantes que afectan la agudeza visual es la exposición al sol sin protección y la prematuridad del estudiante (Mancha Alvarez & Quispe Huamán, 2018).

Un estudio realizado por Karla Elizabeth Hernández Sologaitoa, concluyó que los pacientes con corrección poseían una agudeza visual 20/20 (normal) que correspondieron al 100% de la muestra planteada por el mismo. Los resultados del presente estudio coinciden con los enunciados (Hernández & Godoy Morales, 2019).

En la tabla 5 se muestra los resultados del Test de Ishihara aplicada a los pacientes incluidos en la muestra de estudio.

**Tabla 5. Resultados del Test de Ishihara**

<b>Resultados Del Test De Ishihara</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>
Persona "Estándar"	118	98,3
Persona con deficiencias Rojo-Verde	2	1,7
Persona con Ceguera Total o Debilidad Cromática	0	0
<b>Total</b>	120	100

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

En la tabla 5 se expone que en el estudio el 98,3% fueron personas estándar y solo un 1,7% fueron pacientes con deficiencia rojo-verde. No se encontraron individuos con ceguera total o debilidad cromática.

Es importante un diagnóstico prematuro a través de una prueba de visión cromática denominada Test de Ishihara que se puede realizar a partir de los 5 años, a fin de eliminar en lo posible retrasos en el aprendizaje y la elección de profesiones relacionadas profundamente con el color (Alulema Defaz, 2014).

En una investigación que se realizó a varias unidades educativas en la ciudad de Cuenca, Ecuador; por María Moreno y Víctor Sánchez, concluyeron que el daltonismo tiene baja prevalencia en nuestro medio, de todos los estudiantes, solo el 1,6% fue diagnosticado con esta patología. Los resultados presentados coinciden con los enunciados por los autores referidos (Moreno Orellana & Sánchez Feijoo, 2016).

En la tabla 6 se expresa los resultados arrojados por los pacientes estudiados, con el Test de Worth.

**Tabla 6. Resultados del Test Luces de Worth**

<b>Resultados Del Test Luces De Worth</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Visión Binocular Normal	83	69,2
Supresión del OD	20	16,7
Supresión del OI	13	10,8
Endotropia	3	2,5
Exotropia	1	0,8
Hipertropia en OD	0	0
Hipertropia en OI	0	0
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

La tabla expresa que el 69.2 % de la muestra presentó visión binocular normal, mientras que el resto de los individuos estudiados (30.8 %) presentó algún tipo de alteración: el 16,7% tuvo supresión del OD, el 10,8% tuvo supresión del OI, el 2,5% diplopía homónima y el 0,8% diplopía heterónima.

La alteración más frecuente que predomina en la consulta de los optómetras es la ambliopía con un 56%, luego le sigue con un 24% las alteraciones de la visión binocular, con un 16% las anisometropías, con un 2.29% el estrabismo paralítico, con un 1.14% el estrabismo congénito y por último con un 0.57% ninguna alteración binocular (Naranjo Vega, 2014).

En un estudio realizado por José Antonio García y Francisco Javier Perales, obtuvieron resultados que se exponen en que los problemas binoculares tienen una prevalencia total del 25,7%, siendo el exceso de divergencia el que en mayor porcentaje aparece (6,5%), bastante similar a la prevalencia de los demás problemas binoculares. Los resultados del estudio actual guardan similitud con los referidos por los autores (Lázaro, García, & Perales, 2013).

En la tabla 7 muestra los resultados del test de Titmus, que fue sometida a los pacientes incluidos en la muestra de estudio.

**Tabla 7. Resultados del Test de Titmus**

Variantes del Test De Titmus	Prueba completada	
	N	%
Alas de la Mosca	3	2,5
Test de Animales	11	9,2
Test de Círculos	106	88,3
Total	120	100

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

En la tabla se puede visualizar que el 88,3% de los individuos estudiados completaron el test de los círculos por lo que alcanzaron una estereopsis de 40 segundos de arcos considerada como normal. El 9.2% no logro concretar el test de los animales, por lo que presentan una reducción en la estereopsis. Solo el 2.5 % de la muestra no logró terminar el test de la mosca alcanzando 3000 segundos de arco, siendo una alteración del sentido de profundidad.

En una investigación Elizabeth Paola Mera Pichucho encontró valores del 93% con aprobados y 7% de no aprobados, se consideró de igual manera el test de la mosca o de Titmus para aprobar a los pacientes cuando presentaban una estereopsis de 40 segundos de arco y los que no lograron estos valores no fueron aprobados. Los resultados encontrados por el equipo de investigación coinciden con los referidos por los autores (Mera Pichucho, 2016).

La estereopsis puede estar reducida o ausente por ambliopía, anisometropías o estrabismo, pues alteran la estimulación visual y el enfoque de las imágenes retinianas correctamente en ambos ojos. (Vera Saltos, 2017)

En la tabla 8 se expresa las incidencias de alteraciones de los fenómenos de la visión en la muestra.

**Tabla 8. Incidencia de alteraciones asociadas a los test aplicados.**

<b>Incidencia</b>	<b>Test Ishihara N° (%)</b>	<b>Luces de Worth N° (%)</b>	<b>Test de Titmus N° (%)</b>	<b>Total, Incidencia N° (%)</b>
Si	2(1.7)	37(30.8)	14(11.7)	53(44.2)
No	118(98.3)	83(69.2)	106(88.3)	67(55.8)
<b>Total:</b>	120(100)	120(100)	120(100)	120(100)

**Fuente:** Historias clínicas de Gamaoptica

**Autor:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

La tabla 8 evidencia que el 44.2% de los individuos estudiados presentaron algún grado de alteración en los test aplicados y el mayor porcentaje se presentó en el test de las luces de Worth. 30.8%, que denota alteración de la visión binocular. El 11.7 % de la muestra presentó alteraciones en la estereopsis evidenciada por el test de Titmus y solo el 1.7% presentó alteración de la visión del color.

El estudio demuestra que la evaluación de la agudeza visual no es suficiente para determinar que todas las funciones visuales están normales, por lo que el resto de los test deben ser aplicados de forma rutinaria en la exploración optométrica de los pacientes.

Las ametropías no son los únicos problemas visuales que pueden padecer los pacientes, debido a que, a pesar de haber usado la corrección adecuada de acuerdo al grado y tipo de defecto refractivo, no se les había realizado un examen que diagnostique alguno de los fenómenos fisiológicos (Visión del color, Visión Binocular y Estereopsis) y que puedan estar afectando en su desarrollo diario (Mejía Solano, 2016).

Una investigación realizada por Lorena Gil plantea que entre la población en general cerca de un 40% de individuos con problemas refractivos que generan baja agudeza visual (AV) los cuales pueden ser corregidos con prescripción óptica y pueden o no presentar aunados problemas de binocularidad, pero un porcentaje aún mayor, presenta algún tipo de alteración de VB sintomático o asintomático adicional

o independiente de las condiciones refractivas, tales problemas son difícilmente detectados en exámenes convencionales por falta de tiempo o equipo adecuado. Los resultados del estudio actual guardan similitud con los referidos por los autores (Gil Gil, 2013).

Una vez analizados y expuestos los resultados de la investigación, se concluye que sí existieron alteraciones de los fenómenos fisiológicos de la visión en los pacientes estudiados, lo cual disminuyó su calidad visual integral. Se evidencia la importancia de aplicar otros test que exploran otras funciones visuales más allá de la simple toma de la agudeza visual.

## CONCLUSIONES

- En el estudio predominó el sexo femenino con el 51.7%, el grupo etario de 15 a 24 años con un 28.3% y la población económicamente inactiva con 46%.
- El 46.7% de los individuos presentaron una agudeza visual sin corrección binocular de lejos con limitación visual y el 100% de la muestra alcanzó visión normal con corrección óptica.
- Según el test de Ishihara el 98,3% de la muestra fueron personas estándar, el 69.2 % de la muestra presentó visión binocular normal según luces de Worth y el 88,3% de los individuos alcanzaron una estereopsis de 40 segundos de arcos.
- El 44.2% de los individuos estudiados presentaron algún grado de alteración en los test aplicados y el mayor porcentaje se presentó en el test de las luces de Worth. 30.8%

## RECOMENDACIONES

- Insistir, en el personal optométrico, en la aplicación rutinaria de los diferentes test sensoriales para evaluar la función visual como: la visión del color, la visión binocular y visión estereoscópica.
- Realizar campañas de información sobre la importancia que tiene la sensorialidad en una visión de calidad.
- Publicar resultados de la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde-Alvites, M. A. (2015). Daltonismo y uso del computador en educación a distancia. *Hamut´ay*, 2(1), 32-48. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/HAMUT/article/view/828>
- Alemida Yarleque, M. I., & Sánchez Mejía, G. F. (5 de Enero de 2018). *Incidencia de anisometropías en el desarrollo visual y escolar en niños de 5 a 8 años de la "Unidad Educativa Emigdio Esparza Moreno" Cantón Babahoyo*. Recuperado el 15 de Abril de 2020, de Universidad de Técnica de Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4861/P-UTB-FCS-OPT-000008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alonso Felipe, J. V. (17 de Diciembre de 2019). *Taller sobre el color y su medición*. Recuperado el 20 de Abril de 2020, de Universidad Politécnica de Madrid: [http://oa.upm.es/42855/1/Taller\\_sobre\\_el\\_color\\_y\\_su\\_medicion.pdf](http://oa.upm.es/42855/1/Taller_sobre_el_color_y_su_medicion.pdf)
- Alulema Defaz, M. Y. (2014). *Alteraciones en la percepción cromática en estudiantes de las Unidades Educativas de las Parroquias Rurales del Cantón Guano, Provincia de Chimborazo, durante el periodo Abril- Septiembre 2014*. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de Escuela Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7312/1/94T00319.pdf>
- Álvarez, J. E. (18 de Diciembre de 2019). *Arrojando luz sobre cómo el ojo humano percibe la luminosidad: descubren nuevas células en la retina fundamentales para la percepción del brillo*. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de Smartlighting: <https://smart-lighting.es/arrojando-luz-ojo-humano-percibe-la-luminosidad-descubren-nuevas-celulas-la-retina-fundamentales-la-percepcion-del-brillo/>
- Aznar Mínguez, A. (10 de Marzo de 2010). Las formas del color. *Iberoamericana de Educación*, n.º 52(1). Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de psicología de la percepción visual: <https://rieoei.org/RIE/article/view/1811>
- Boyd, K. (4 de Mayo de 2018). *Percepción de profundidad*. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de American Academy of Ophthalmology: <https://www.aao.org/salud-ocular/anatomia/percepcion-de-profundidad>

- Capilla Perea, P., Luque Cobija, M. J., & de Ferz Saiz, M. D. (2020). *Percepción Visual*. Madrid: Médica Panamericana, S.A. Recuperado el 6 de Enero de 2021
- Carrillo López, D. (s.f.). *Colores espectrales*. Recuperado el 25 de Enero de 2020, de elec.inaoep: <https://www-elec.inaoep.mx/~rogerio/Colores%20espectrales.pdf>
- Clemente-Urraca, S., Blasco-Martínez, A., Del Prado-Sanz, E., Cameo-Gracia, B., Soriano-Pina, D., & Pérez-Velilla, J. (12 de Septiembre de 2018). *Grados de visión binocular y cómo medirlos*. Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de Revista Electrónica de PortalesMedicos.com: <https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/grados-de-vision-binocular-y-como-medirlos/>
- Clínica Baviera. (30 de Octubre de 2019). *¿Quieres saber cómo se produce la visión?* Recuperado el 14 de Noviembre de 2019, de <https://www.clinicabaviera.com/blog/quieres-saber-como-se-produce-la-vision/>
- Coba, J. (15 de Noviembre de 2019). *Gamaoptica*. (C. Terán, Entrevistador) Latacunga, Cotopaxi, Ecuador. Recuperado el 2019 de Noviembre de 2019
- Dután Escaleras, E. M., & Espadero Faicán, R. G. (7 de marzo de 2016). *Riesgos en la salud por el uso de celulares, computadoras y tablets en los adolescentes de la Unidad Educativa "Fray Vicente Solano" - Cuenca 2016*. Recuperado el 4 de Abril de 2020, de Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26073/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>
- Ecuador, Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2010). *Población y Demografía*. Recuperado el 2 de Mayo de 2020, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Feijoo, E., & Del Pozo, D. (15 de Abril de 2019). *Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo (ENEMUD) marzo 2019*. Recuperado el 16 de Julio de 2020, de [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec): [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Marzo/Boletin\\_mar2019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2019/Marzo/Boletin_mar2019.pdf)

- Felipe Márquez, G. (Abril de 2018). *Análisis y valoración de la función binocular y acomodativa*. Recuperado el 23 de Mayo de 2020, de Universidad Complutense de Madrid: <https://eprints.ucm.es/49283/1/T40228.pdf>
- Ferrero Rosanas, Á. (Junio/Agosto de 2014). *Adaptaciones sensoriales en alteraciones de la visión binocular*. Recuperado el 18 de Enero de 2020, de Artículos Científicos: [http://www.cnoo.es/download.asp?file=media/gaceta/gaceta406/Cientifico\\_1.pdf](http://www.cnoo.es/download.asp?file=media/gaceta/gaceta406/Cientifico_1.pdf)
- Frandsen, M. G. (2013). El hombre y el resto de los animales. *Tinkuy: Boletín de investigación y debate*(20), 56-78. Recuperado el 3 de diciembre de 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4736620>
- Galvis Mieles, L. A., Niño Bacareo, L. C., & Rueda García, I. C. (2020). *Pruebas para la evaluación de la Agudeza Visual*. Recuperado el 11 de Enero de 2021, de Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/20905/2020RuedaCarolina.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- García Navas, M. (2016). *El color como recurso expresivo: Análisis de las series de televisión Mad Men y Breaking Bad*. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de Universidad Complutense de Madrid: <https://eprints.ucm.es/38067/1/T37356.pdf>
- García-Allen, J. (s.f.). *Psicología del color: significado y curiosidades de los colores*. Recuperado el 5 de Octubre de 2020, de Psicología y mente: <https://psicologiymente.com/miscelanea/psicologia-color-significado>
- Getty, I. (Julio de 2015). *¿Qué es la visión binocular?* Recuperado el 14 de Mayo de 2020, de Infosalus: <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-vision-binocular-20150710065932.html>
- Gil Gil, L. (Mayo de 2013). *Diseño y construcción de batería tamiz para diagnosticar anomalías de la visión binocular*. Recuperado el 5 de Octubre de 2020, de <http://bdigital.dgse.uaa.mx/>: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/1126/379304.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gil Rosendo, I. (30 de Mayo de 2017). *¿Estás seguro de que ves bien en 3 dimensiones? Te explicamos cómo saberlo*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de British Broadcasting Corporation News: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39217945>
- Gima. (2013). *Test daltonismo Ishihara - Libro de 24 tablas*. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de <https://www.gimaitaly.com/DocumentiGIMA/Manuali/ES/M31291ES.pdf>
- Gómez Chova, J. (2004). *Desarrollo de un nuevo modelo de visión del color basado en la fisiología del sistema visual*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Universitat de Valencia : <https://core.ac.uk/download/pdf/70999331.pdf>
- Grosvenor, T. (2004). *Optometría de atención primaria*. Barcelona: Elsevier. Recuperado el 1 de Abril de 2020
- Gualoto Jaramillo, R. R. (7 de Mayo de 2018). *Estudio del grado de conocimiento de la población del distrito metropolitano de la ciudad de Quito respecto a los campos de acción de los profesionales de la salud visual, en el periodo 2017-2018*. Recuperado el 3 de diciembre de 2020, de Instituto Tecnológico Universitario Cordillera: <https://dspace.cordillera.edu.ec/bitstream/123456789/3957/1/10-OPT-17-18-1720365848.pdf>
- Guyton, A. G., & Hall, J. E. (2006). *Tratado de fisiología médica* (Vol. 11). Madrid: Elsevier. Recuperado el 18 de Noviembre de 2020
- Guzmán, P. (6 de Noviembre de 2017). *Test de Ishihara*. Recuperado el 15 de Febrero de 2020, de Tecnología médica en oftalmología: <http://tecnologiamedicaoftalmo.blogspot.com/2017/11/test-de-ishihara.html>
- Hernández, K. E., & Godoy Morales, W. (9 de Julio de 2019). *Factores de riesgo asociados a la disminución de la agudeza*. Recuperado el 1 de Marzo de 2020, de Universidad de San Carlos de Guatemala: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05\\_8540.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_8540.pdf)
- Hirsch, L. (25 de junio de 2019). *Que son los ojos y como funcionan*. Recuperado el 18 de Febrero de 2020, de TeensaHirsch: <https://kidshealth.org/es/teens/eyes-esp.html>

- Instituto Nacional de Geriátria. (18 de Enero de 2020). *Hermann Snellen (1834-1908)*. Recuperado el 4 de Julio de 2020, de [http://inger.gob.mx/pluginfile.php/96260/mod\\_resource/content/137/Archivos/C\\_Intervenciones/1.%20Deficit%20visual/lecturas/Hermann\\_Snellen.pdf](http://inger.gob.mx/pluginfile.php/96260/mod_resource/content/137/Archivos/C_Intervenciones/1.%20Deficit%20visual/lecturas/Hermann_Snellen.pdf)
- Lázaro, M. d., García, J.-A., & Perales, F.-J. (Enero de 2013). *Anomalías de la visión y rendimiento escolar en Educación Primaria un estudio piloto en la población granadina*. Recuperado el 16 de Mayo de 2020, de Universidad de Granada: <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/101169/AnomaliasDeLaVisionYRendimientoEscolarEnEducacionP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leasim, L. (6 de Marzo de 2012). *Agudeza Visual y ametropías*. Recuperado el 12 de Mayo de 2019, de SlideShare: <https://pt.slideshare.net/LeugimLeasim/tomasa-11895927/7>
- León-Palacios, A. (Julio/Septiembre de 2011). De árabes, constelaciones y estrellas: una prueba rápida para valorar la agudeza visual. *Hipoc Rev Med*, 3(26), 18-19. Recuperado el 6 de Julio de 2020, de Arte y Cultura: <https://www.medigraphic.com/pdfs/hipocrates/hip-2011/hip1126h.pdf>
- Lillo Sanhueza, T. (3 de Julio de 2012). *Estereopsis y test de estereopsis*. Recuperado el 7 de Junio de 2020, de SlideShare: <https://es.slideshare.net/tomaxxx99/estereopsis-y-test-de-estereopsis>
- Lillo, J., Moreira, H., & Melnikova, A. (2019). *Daltonismos, vidas de distinto color*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2020, de Universidad Complutense Madrid: [https://psicologia.ucm.es/data/cont/media/www/pag-81694/Lillo\\_Moreira\\_Melnikova\\_%20Daltonismos.pdf](https://psicologia.ucm.es/data/cont/media/www/pag-81694/Lillo_Moreira_Melnikova_%20Daltonismos.pdf)
- Luque Cobija, M. J., de Fez Sáiz, D., Díez Ajenjo, A., & García Domene, M. d. (19 de Junio de 2019). *Medida de umbrales cromáticos*. Recuperado el 12 de Febrero de 2020, de Universitat de València: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/70564/MUC.pdf?sequence=1>
- Mancha Alvarez, R., & Quispe Huamán, E. (5 de Julio de 2018). *Factores de riesgo asociados a la agudeza visual en estudiantes de la Intitución Educativa Primaria N°36005 Huancavelica 2018*. Recuperado el 21 de Octubre de 2020, de Universidad Nacional de Huancavelica:

[http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2148/21-.%20T051\\_73611165.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2148/21-.%20T051_73611165.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Martin Herranz, R., & Vecilla Antolínez, G. (2011). *Manual de Optometría*. Madrid: Médica Panamericana. Recuperado el 1 de Junio de 2020

Mejía Solano, A. C. (4 de Febrero de 2016). *Estudio de defectos visuales: Niños de 11 a 13 años de edad de la Escuela Fiscal Ciudad de Guayaquil en el sector del Ascázubi Proyecto de investigación*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de Universidad San Francisco de Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5281/1/123174.pdf>

Méndez, P. (26 de Octubre de 2008). *Guías conceptuales de física del color: Guía Física del Ecuador*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2020, de Guía Física del Ecuador: [http://www.guiasdeapoyo.net/guias/cuart\\_fis\\_c/GU%C3%8DA%20%20F%C3%ADsica%20del%20Color..pdf](http://www.guiasdeapoyo.net/guias/cuart_fis_c/GU%C3%8DA%20%20F%C3%ADsica%20del%20Color..pdf)

Mera Pichucho, E. P. (18 de Mayo de 2016). *Estudio de problemas visuales en niños de 9 a 12 años de la Unidad Educativa Jahibe*. Recuperado el 18 de Julio de 2020, de Universidad San Francisco de Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5473/1/124458.pdf>

Montés-Micó, R. (2012). *Optometría aspectos avanzados y consideraciones especiales*. Barcelona: Elsevier. Recuperado el 5 de Mayo de 2020

Morejón Rojas, M. A. (2016). *Resultados de procedimientos optométricos en la determinación de hipermetropía en niños*. Recuperado el 6 de Octubre de 2020, de Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/38181/1/CD16-MOREJON%20ROJAS%2C%20MIGUEL%20ANGEL.pdf>

Moreno Orellana, M. J., & Sánchez Feijoo, V. A. (2016). *Prevalencia de daltonismo en estudiantes de las Unidades Educativas Herlinda Toral, Manuel J. Calle, Francisco Febres Cordero, Dolores J. Torres y Octavio Cordero Cuenca*. 2015. Recuperado el 18 de Octubre de 2019, de Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25348/1/TESIS.pdf>

- Naranjo Vega, E. P. (Noviembre de 2014). *Evaluación de las alteraciones binoculares en la consulta optométrica de la Ciudad de Quito en el periodo 2014. Protocolo de diagnóstico y tratamiento inicial de las alteraciones de la visión binocular para tecnólogos en optometría*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de Instituto Tecnológico Cordillera: <http://www.dspace.cordillera.edu.ec/bitstream/123456789/509/1/20-OPT-14-14-1723435796.pdf>
- Ondategui Parra, J. C. (10 de Noviembre de 2015). *Calidad óptica ocular en ojos sometidos a cirugía refractiva y afecciones patológicas*. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de Universitat Politècnica de Catalunya: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/96303/TJCOP1de1.pdf>
- Ondategui Parra, J. C., Gispets Parcerisas, J., Borrás García, R., Sánchez Herrero, E., Varón Puentes, C., & Pacheco Cutillas, M. (2000). *Visión Binocular: Diagnóstico y tratamiento*. Barcelona: Ediciones UPC. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020
- Organización Mundial de la Salud. (1995). *Clasificación Internacional de Enfermedades*. Recuperado el 17 de Enero de 2020, de <http://ais.paho.org/classifications/Chapters/pdf/Volume1.pdf>
- Parra Arroyo, A. M. (29 de Octubre de 2017). *Luces de Worth*. Recuperado el 25 de Febrero de 2020, de BlogSpot: <http://optometriaclinica05.blogspot.com/2017/10/vision-binocular.html>
- Perea, J. (19 de Octubre de 2018). *Fisiología Sensorial*. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de <http://www.doctorjoseperea.com/images/libros/pdf/estrabismos/capitulo3.pdf>
- Pérez Vega, C. (2006). *Visión, Luz y Color*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2019, de Universidad de Cantabria: <https://personales.unican.es/perezvr/pdf/Vision%20Luz%20y%20Color.pdf>
- Prieto-Díaz, J., & Souza-Díaz, C. (1986). *Paresias y parálisis oculomotoras*. En: *Estrabismo*. Barcelona: Jims. Recuperado el 25 de Enero de 2020

- Pro Visu. (7 de marzo de 2019). *Defectos de la Visión Cromática*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2019, de Provisu: <https://www.provisu.ch/es/enfermedades-mas-frecuentes/defectos-de-la-vision-cromatica.html>
- Puell Marín, M. C. (s.f.). *Óptica Fisiológica*. Recuperado el Agosto de 2020, de Universidad Complutense de Madrid: [https://eprints.ucm.es/id/eprint/14823/1/Puell\\_%C3%93ptica\\_Fisiol%C3%B3gica.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/14823/1/Puell_%C3%93ptica_Fisiol%C3%B3gica.pdf)
- Rodríguez Vélez, E. (2018). *Análisis del desempleo en el Ecuador en el periodo 2010-2017. un enfoque econométrico*. Recuperado el 1 de Octubre de 2020, de Universidad del Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7724/1/13531.pdf>
- Rojo, A. (2020). *Una mirada al círculo cromático*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2020, de Hojitas de conocimiento: [https://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/extras/hojitas\\_conocimiento/2020/Rojo\\_Alberto\\_Circulo\\_Cromatico\\_CIENCIA\\_39\\_314-315\\_V2.pdf](https://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/extras/hojitas_conocimiento/2020/Rojo_Alberto_Circulo_Cromatico_CIENCIA_39_314-315_V2.pdf)
- Ruiz Pomedá, A. (25 de Febrero de 2016). *Eficacia de la lente de contacto MiSight® en la reducción de la progresión de la miopía infantil no patológica, en edades de 8 a 12 años: Ensayo clínico aleatorizado*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2020, de Universidad Europea: <https://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/5756/Tesis%20Alicia%20Ruiz%20Pomeda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salazar Costales, M. E. (12 de Mayo de 2016). *Estudio Visual en la Unidad Educativa Liceo Naval: Evaluación a los estudiantes de Quintos, Sextos, Séptimos y Octavos años de Educación básica*. Recuperado el 19 de Octubre de 2020, de Universidad San Francisco de Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5421/1/124394.pdf>
- Salvestrini, P. (28 de Noviembre de 2015). *Estereopsis: resumen de los test utilizados*. Recuperado el 3 de Octubre de 2020, de Qvision: [https://www.qvision.es/blogs/patrizia-salvestrini/2015/11/28/estereopsis-resumen-de-los-test-utilizados/#:~:text=Los%20test%20de%20estereopsis%20son,mejor%20de%](https://www.qvision.es/blogs/patrizia-salvestrini/2015/11/28/estereopsis-resumen-de-los-test-utilizados/#:~:text=Los%20test%20de%20estereopsis%20son,mejor%20de%20)

20la%20visi%C3%B3n%20binocular.&text=Esta%20habilidad%20es%20muy%20importante,espec%C3%ADficos%

Sánchez Pérez, M. I. (2014). *Caracterización global de la estereoaquitectura*. Recuperado el 16 de Enero de 2020, de Universidad Complutense de Madrid: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27701/1/T35512.pdf>

Santini, B. (Junio de 2015). *The Science Behind Color Enhancement*. Recuperado el 12 de Mayo de 2020, de 20/20: <https://www.2020mag.com/article/the-science-behind--color-enhancement>

Saona Santos, C. L. (20 de Julio de 2015). *Importancia del optometrista como profesional de atención primaria y terapéutica visual en la Clínica Oftalmológica*. Recuperado el 10 de Febrero de 2020, de Admira Vision: <https://admiravision.es/importancia-del-optometrista-como-profesional-de-atencion-primaria-y-terapeuta-visual-en-la-clinica-oftalmologica/>

Sheikh, K. (Agosto de 2017). *Quedarse con la cara*. Recuperado el 3 de diciembre de 2020, de Investigación y Ciencia N° 491: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-multiverso-cuntico-711/quedarse-con-la-cara-15476>

Sociedad Internacional de Optometría del Desarrollo y del Comportamiento. (3 de Febrero de 2020). *La visión puede ser la verdadera causa de los problemas de los niños*. Recuperado el 2 de Octubre de 2020, de <http://www.siodec.org/la-vision-puede-ser-la-verdadera-causa-de-los-problemas-de-los-ninos/>

Sosa Rojano, M. (s.f.). *Estudio experimental para clasificación del grado de quemadura: Test de visión de los colores*. Recuperado el 3 de diciembre de 2020, de European Telecommunications Standards Institute: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11162/fichero/Proyecto+Manuel+Sosa%252FCap%C3%ADtulo+5.pdf+>

Stivala Nazareno, A., Pezzucchi, J., & Anguio, M. B. (2014). *Nociones elementales del color, propiedades, desaturación y uso simbólico*. Recuperado el 4 de Marzo de 2020, de Universidad Nacional de La Plata: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77857/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77857/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Tapia Peña, J. P. (2015). *Diplopia monocular en paciente masculino de 62 años de edad*. Recuperado el 1 de Febrero de 2020, de Universidad Técnica de Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/2275/C-UTB-FCS-OPT-000003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tavberidze, N. (24 de Abril de 2019). *¿Qué es la visión binocular?* Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Gafas.es: <https://www.gafas.es/blog/enfermedades-vista/que-es-la-vision-binocular>
- Vera Saltos, B. K. (22 de Mayo de 2017). *Evaluación visual de niños en edades comprendidas de 9 a 12 años de la Unidad Educativa "General Numacuro"*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2020, de Universidad San Francisco de Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6485/1/131158.pdf>
- Villatoro, F. R. (1 de Julio de 2018). *Dibujo 20180701 Ishihara test thanks to lluis montoliu*. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de La Ciencia de la Mula Francis: <https://francis.naukas.com/2018/07/01/como-preparar-presentaciones-ade cuadas-para-daltonicos/dibujo20180701-ishihara-test-thanks-to-lluis-montoliu/>

## ANEXOS

### Anexo 1. Historia clínica

									
APELLIDOS		NOMBRES							
FECHA DE NACIMIENTO		EDAD	OCUPACION						
CEDULA		CORREO ELECTRONICO							
PROVINCIA		DIRECCION							
TEL. CASA		CELULAR	N°						
ANAMNESIS		ULT. CON							
		ISHIHARA							
		WORTH							
		TITMUS							
OBSERVACIONES		FECHA PROX. CNTL.							
<b>RX USO</b>		<b>REFRACCION</b>		<b>QUERATOMETRIAS</b>					
ESF	CYL	EJE	AV	EJE	AV	H	V	EJE	
OD			OD				OD		
OI			OI				OI		
		AO			AO				
DP		ADD	H						
<b>RX FINAL</b>		<b>RX PARCIAL</b>							
ESF	CYL	EJE	AV	ESF	CYL	EJE	AV		
OD					OD				
OI					OI				
		AO					AO		
<b>RECOMENDACIONES</b>									

## Anexo 2. Parte de atrás de la historia clínica

TEST DE ISHIHARA										TEST LUCES DE WORTH		
Lám	N°	N°	N°	Lám	Np	Anm	Deute					
							Np	Anm				
1	12	12		12							R	
2	8	3	N/A	22	6	2(6)						
3	6	5	N/A	23	2	4(2)					V	
4	29	70	N/A	24	5	3(5)					R / R-V / V	
5	57	35	N/A									
6	5	2	N/A									
7	3	5	N/A									
8	15	17	N/A									
9	74	21	N/A									
10	2	N/A	N/A									
11	6	N/A	N/A									
12	97	N/A	N/A									
13	45	N/A	N/A									
14	5	N/A	N/A									
15	7	N/A	N/A									
16	16	N/A	N/A									
17	73	N/A	N/A									
18	N/A		5	N/A								
19	N/A		2	N/A								
20	N/A		45	N/A								
21	N/A		73	N/A								
22		26		N/A								
23		42		N/A								
24		35		N/A								

TEST DE TITMUS																																																						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Test Círculos</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>2</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>3</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>4</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>5</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>6</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>7</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>8</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> <tr><td>9</td><td>↑</td><td>↓</td><td>→</td><td>←</td></tr> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 200px; height: 150px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <p style="text-align: center;">.Alas de la Mosca SI / NO</p> </div> </div>										1	↑	↓	→	←	2	↑	↓	→	←	3	↑	↓	→	←	4	↑	↓	→	←	5	↑	↓	→	←	6	↑	↓	→	←	7	↑	↓	→	←	8	↑	↓	→	←	9	↑	↓	→	←
1	↑	↓	→	←																																																		
2	↑	↓	→	←																																																		
3	↑	↓	→	←																																																		
4	↑	↓	→	←																																																		
5	↑	↓	→	←																																																		
6	↑	↓	→	←																																																		
7	↑	↓	→	←																																																		
8	↑	↓	→	←																																																		
9	↑	↓	→	←																																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Test de animales</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> </div> </div>																																																						

### Anexo 3. Test de Ishihara por Marlin Sarango



**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

### Anexo 4. Test Luces de Worth por César Terán



**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

## Anexo 5. Filtro Rojo-Verde en Foróptero por Marlin Sarango



**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

## Anexo 6. Test de Titmus por César Terán



**Fuente:** Propia

**Elaborado por:** César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

## Anexo 7. Equipo de Diagnóstico



Fuente: Propia

Elaborado por: César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres

## Anexo 8. Óptica en la que se realizó el trabajo de investigación



Fuente: Propia

Elaborado por: César Augusto Terán Coba y Marlin Janeth Sarango Torres