



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE SALUD PUBLICA  
ESCUELA DE MEDICINA**

**“ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA EN  
ESTUDIANTES DE LAS UNIDADES EDUCATIVAS DE LAS  
PARROQUIAS RURALES DEL CANTON GUANO, PROVINCIA  
DE CHIMBORAZO, DURANTE EL PERIODO  
ABRIL – SEPTIEMBRE 2014”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

**MEDICO GENERAL**

**MARGOTH YOLANDA ALULEMA DEFAZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2014**

## **CERTIFICACION**

La presente investigación, fue revisada y se autoriza su presentación.

---

Dr. Guillermo Arellano B.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACION

Los miembros de tesis, certifican que el trabajo de investigación titulado “ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA EN ESTUDIANTES DE LAS UNIDADES EDUCATIVAS DE LAS PARROQUIAS RURALES DEL CANTON GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, DURANTE EL PERIODO ABRIL – SEPTIEMBRE 2014”, de responsabilidad de la Srta. Margoth Yolanda Alulema Defaz ha sido revisado y se autoriza su publicación.

Dr. Guillermo Arellano B.  
**DIRECTOR DE TESIS**

-----

Dr. Cesar Llanga Ch.  
**MIEMBRO DE TESIS**

-----

Riobamba, 17 de Diciembre del 2014

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a Dios por darme el conocimiento y la sabiduría para poder afrontar una carrera tan exigente pero a la vez gratificante como lo es la Medicina.

Mi reconocimiento profundo para la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Escuela de Medicina, que durante el proceso de formación, capacitación y profesionalización entregó a los mejores elementos como tutores con excelente capacidad humanismo y profesionalismo, a ellos que nos han motivado e incentivado a ser mejores, tocando nuestra sensibilidad, enseñando a valorarnos como personas, con sus sabios y acertados consejos.

Al Dr. Guillermo Arellano Director de Tesis, al Dr. Cesar Llanga Miembro de Tesis por su ayuda y comprensión en la culminación de mi objetivo.

A mis Padres y a toda mi familia que se encuentran junto a mi apoyándome incondicionalmente y todas aquellas personas quienes de una u otra manera contribuyeron a lo largo de este proyecto.

Margoth Yolanda Alulema Defaz.

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis Padres Leonidas y Nancy quienes me han brindado su amor, sus consejos y apoyo incondicional a lo largo de todos estos años de estudio y en especial en la consolidación de este proyecto.

A mi Querida Mamá Panchita quien está a mi lado siendo ejemplo de lucha y gracias a sus consejos he llegado a culminar esta meta.

A mi tío Vicente que desde el cielo me sigue enviando sus bendiciones.

A todos mis tíos, primos, hermanos Rubén, Manuel y Byron, quienes me han enseñado el valor de la familia, gracias por ser amigos.

Al amor de mi vida, Abel gracias por tu paciencia, comprensión, amor y por ser tal y como eres, mis palabras sé que no bastan para decirte cuanto te agradezco.

A la luz que Dios puso en mi vientre para darme la mayor alegría de mi vida, ser madre, a ti que te espero con ansias mi pequeño y más grande amor.

A todos mis amigos quienes han compartido conmigo todos los sacrificios de esta vida universitaria.

A todos y cada uno de las personas que hicieron este sueño posible.

Margoth Alulema.

## RESUMEN

El Objetivo de la investigación es determinar las Alteraciones en la percepción Cromática y la dificultad para reconocer ciertos colores en estudiantes de las Unidades Educativas de las Parroquias Rurales del Cantón Guano Provincia de Chimborazo. Este es un estudio de tipo observacional, descriptivo, transversal, no experimental donde se realizó una valoración visual al grupo de estudio. En el universo de estudio de 945 estudiantes, se aplicó el Test de Ishihara y se encontró 85 casos de Alteraciones en la Percepción Cromática, tomándose en cuenta las variables sexo, edad, año escolar, Protanopia (ausencia total de los fotorreceptores retinianos del rojo), Deuteranopia (ausencia total de los fotorreceptores retinianos del color verde), Tritanopia (ausencia de los fotorreceptores de la retina para el color azul). De los resultados, edades comprendidas entre 6 y 18 años, se obtuvo que el 9% de la población tienen alteración de visión de colores; con predominio del sexo masculino del 6,2%. De los cuales 85 pacientes presentan esta anomalía con el 44,7% sólo para el color Verde; 25.9% para la deficiencia al eje Rojo-Verde; 20 % sólo para el color Rojo; y un 9,4% para el color azul. Se recomienda a las Autoridades Escolares que se continúe con estas investigaciones en las Unidades Educativas de toda la Provincia ya que la presencia de este trastorno de la visión, que aunque no es tan común puede en los casos más graves afectar el desempeño escolar y social de los estudiantes.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to determine the Chromatic perception changes and the difficulty to recognize some colors, in rural areas school students in Guano Canton, Chimborazo Province. This is an observational, descriptive, transversal, non-experimental study, where a visual assessment was made to the study group students. The Ishihara test was applied to 945 students who are the study population, the results were 85 cases with chromatic perception changes, by considering sex, age, and school year variables; Protanopia (total absence of red retinal photoreceptors ) , Deuteranopia (total absence of green retinal photoreceptors), Tritanopia (absence of retinal photoreceptors for blue). According to the results, students aged between 6 and 18, 9% of the population presented abnormal color vision; with a predominance of male 6.2%. From 85 patients, 43.6% have abnormal conditions only for green; 25.9% red/green deficiency; 18.9% only for red; and 9.4% for blue. It is recommended that School Authorities continue with this research in Schools throughout the province since this vision disorder, which is not so common, in most sever cases can affect students' academic and social performance.

# CONTENIDO

I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS .....	5
A.    GENERAL .....	5
B.    ESPECIFICOS .....	5
III. MARCO TEORICO.....	6
ANATOMIA.....	6
ESTRUCTURAS DEL OJO.....	7
MUSCULOS DEL OJO.....	18
MOVIMIENTOS DEL OJO .....	20
ESTRUCTURA OPTICA Y FORMACION DE LA IMAGEN .....	21
FUNCIONAMIENTO DEL OJO .....	23
VISION CROMATICA.....	25
FISIOLOGIA .....	25
PERCEPCION DE LOS COLORES.....	29
ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA .....	31
DALTONISMO.....	33
TIPOS DE DALTONISMO.....	35
ACROMATICO .....	36
MONOCROMATICO .....	37
TRICROMATICO ANOMALO .....	38

DIAGNOSTICO .....	39
TEST DE ISHIHARA .....	39
TEST DE FARNSWORTH .....	41
TEST DE HOLMGREN .....	42
TRATAMIENTO.....	43
IV. METODOLOGIA .....	45
A. LOCALIZACION Y TEMPORIZACION .....	45
B. VARIABLES .....	45
C. OPERACIONALIZACION.....	47
D. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	48
F. DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTOS .....	49
V. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	50
VI. CONCLUSIONES .....	71
VII. RECOMENDACIONES.....	72
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	73
IX. ANEXOS .....	76

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: CARACTERIZACION DEL GRUPO DE ESTUDIO .....	50
TABLA 2: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO AL SEXO .....	51
TABLA 3: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO A LA EDAD.....	54
TABLA 4: DIAGNOSTICOS DE ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA .....	56
TABLA 5: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO MASCULINO.....	57
TABLA 6: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO FEMENINO .....	58
TABLA 7: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO .....	59
TABLA 8: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD .....	61
TABLA 9: DISTRIBUCION DE LOS CASOS DE DALTONISMO SEGUN EL SEXO EN RELACION CON LA EDAD .....	63
TABLA 10: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN EL GRUPO DE ESTUDIO .....	65
TABLA 11: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO .....	67
TABLA 12: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD .	69

## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1 CARACTERIZACION DEL GRUPO DE ESTUDIO.....	51
GRAFICO 2: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO AL SEXO .....	52
GRAFICO 3: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO A LA EDAD .....	54
GRAFICO 4: DIAGNOSTICOS DE ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA .....	56
GRAFICO 5: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO MASCULINO .....	57
GRAFICO 6: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO FEMENINO .....	58
GRAFICO 7: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO .....	59
GRAFICO 8: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD.....	61
GRAFICO 9: DISTRIBUCION DE LOS CASOS DE DALTONISMO SEGUN EL SEXO EN RELACION CON LA EDAD .....	63
GRAFICO 10: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN EL GRUPO DE ESTUDIO .....	65
GRAFICO 11: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO	67
GRAFICO 12: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD .....	69

## I. INTRODUCCION

La detección temprana de deficiencias visuales en la percepción del color es crucial para el desempeño escolar, cuatro de cada cien niños son daltónicos o no perciben correctamente algunas tonalidades, aunque esto no influye mucho en su vida diaria, el color forma parte de las actividades desarrolladas desde la educación temprana. Esta alteración visual afecta a más del 10% de la población mundial, está más asociado al sexo masculino en comparación con el femenino pues, alrededor del 8 al 10% de los hombres son daltónicos, y tan solo una mujer por cada diez varones lo es. Dentro de los Caucásicos un 92% de los hombres y más del 99% de las mujeres, poseen una forma similar de visión cromática y esto permite definir a este grupo como normal. El restante 8% de los hombres y una fracción del orden del 0.5% de las mujeres, poseen formas de visión cromática anómala (6%) o deficiente (2%) que han sido determinadas genéticamente, y que se les denomina congénitas.

Las exploraciones masivas de la población, muestran la gran importancia de este tipo de trastornos. La frecuencia de aparición aproximada de cada uno de ellos es, según Douane: Deuteranomalía (5 %), Deuteranopía (1 %), Protanopía (1 %), Protanomalía (1 %), Tritanopía (0,002 %), Tritanomalía (0,002 %) de la población

En España 2.000.000 y en EE. UU Japón y Europa del Norte 32.6 millones de personas sufren de daltonismo.

El primer estudio importante de daltonismo en un grupo multiétnico de preescolares ha develado que los niños caucásicos varones tienen la mayor

prevalencia entre 4 etnias principales, con 1 de cada 20 que no distinguen colores.

El daltonismo afecta a un gran número de individuos, con protanopia y deuteranopia siendo los tipos más comunes de daltonismo. Las personas de ascendencia del Norte de Europa, hasta un 8 % de los hombres y el 0,5 % de las mujeres sufren la forma más común de daltonismo rojo-verde.

Estudios realizados en México reportan que aproximadamente el 4 % de la población varonil padece de daltonismo, es decir, poco más de dos millones de hombres en México sufren de este trastorno visual que se caracteriza por la nula habilidad de identificar cierto tipo de colores.

En Nicaragua los estudios realizados a cerca del daltonismo indican que el grupo mayoritario es el de los tricromáticos anómalos (67%), Protanopes (2% de los hombres), Deuteranopes (5%), Tritanopes (1%).

En el marco de la Misión Solidaria "Manuela Espejo", en Ecuador, se estudiaron la totalidad de personas con discapacidad encontrándose el 24 % de las personas con discapacidad visual. De la población infantil Ecuatoriana menor de 5 años, los niños y niñas con discapacidad visual representan el 1.4%. De ellos el 76% tiene alguna deficiencia y el 24% presenta alguna limitación en la actividad. Se determinó que dentro de las discapacidades visuales los casos más frecuentes en el país son ceguera parcial dependiendo del grado y tipo de pérdida de visión, como la visión reducida, el escotoma, la ceguera parcial (de un ojo) o el daltonismo.

Las anomalías en la visión del color constituyen un tipo particular de deficiencia sensorial cuya influencia apenas se ha estudiado en el contexto escolar. Existen muchos casos de personas con alteraciones de la visión cromática de las que pensamos, muchos de ellos ni siquiera saben que lo son ya que el nivel de su dolencia es muy leve. Aunque no es una enfermedad, ni algo a lo que el niño deberá acostumbrarse, pues si no conoce los colores, no sentirá su falta en su forma particular de ver y estar en la vida. 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 6 años, a fin de eliminar en lo posible retrasos en el aprendizaje y la elección de profesiones relacionadas profundamente con el color. Muchos niños que padecen de daltonismo tardan mucho en ser diagnosticados, esto les puede acarrear algunos problemas de aprendizaje, y dificultades en la escuela, por ejemplo, imágenes, gráficos y cuadros pueden ser difíciles de comprender o usar el computador puede resultarle complicado cuando son utilizados muchos colores.

Aunque la incidencia del daltonismo es relativamente importante en la población en torno a un 8%, lo cierto es que la enseñanza en general y los libros de texto en particular no están totalmente adaptados a esta circunstancia. Las personas con alteraciones de la visión cromática, es decir con la discapacidad para ver uno o varios colores, no pueden ejercer carreras en las cuales es indispensable distinguir diversas tonalidades, como piloto aviador, diseñador gráfico o textil ni en actividades militares o de seguridad. Si un individuo daltónico, que no distingue entre el verde y el rojo, tiene una deficiencia visual y una discapacidad en el reconocimiento de colores, pero el que la deficiencia se constituya en una

minusvalía dependerá de las circunstancias y en medio en que se desenvuelve, si su ocupación es agrícola posiblemente no le afectará mucho, pero si es un chofer de bus o un pintor se encontraría en una graves desventaja antes sus demás colegas.

Es importante señalar además que el daltonismo no es una enfermedad, y la mayor parte de quienes tienen esta peculiar visión no experimentan problemas para percibir intensidad luminosa, movimientos o proporciones, así que llevan una vida bastante normal.

No existen datos que determinen epidemiológicamente casos de daltonismo, y la falta de estudios en la Provincia de Chimborazo acerca de la presencia de alteraciones de la visión cromática en poblaciones de la zona Andina que sobrepasa los 2500 m.s.n.m. para determinar si existe la prevalencia de esta anomalía por encontrarse en esta ubicación. Por las razones anteriormente expuestas se realizó el presente trabajo investigativo denominado "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"

## **II. OBJETIVOS**

### **A. GENERAL**

- Conocer la Prevalencia de 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”

### **B. ESPECIFICOS**

- Identificar la existencia de casos de Alteraciones en la Percepción Cromática en estudiantes de las Unidades Educativas de la Zona Rural del Cantón Guano.
- Definir las características generales de los estudiantes de las Unidades Educativas de la Zona Rural del Cantón Guano.
- Determinar el tipo de alteración en la Percepción Cromática en estudiantes de las Unidades Educativas de la Zona Rural del Cantón Guano.

### **III. MARCO TEORICO**

#### **ANATOMIA**

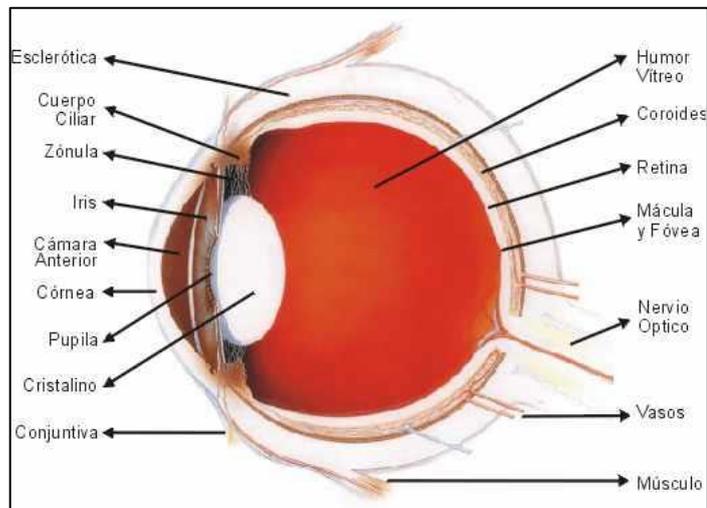
El ojo, también conocido como globo ocular, es el órgano esférico que posibilita la visión, y que nos permite captar los colores y formas de nuestro entorno, por medio de los estímulos luminosos. El ojo es el órgano de la visión en los seres humanos y en los animales. Los ojos de las diferentes especies varían desde las estructuras más simples, capaces de diferenciar sólo entre la luz y la oscuridad, hasta los órganos complejos que presentan los seres humanos y otros mamíferos, que pueden distinguir variaciones muy pequeñas de forma, color, luminosidad y distancia. Muy distinto es el funcionamiento en los ojos de los vertebrados, donde el ojo es como una cámara que nos proyecta imágenes desde el exterior en la retina, donde allí se produce una transformación de la luz, por la acción de las células fotorreceptoras, y que luego las imágenes se transforman en estímulos nerviosos que se dirigen al cerebro por el nervio óptico. La visión es nuestro sentido más dominante. La función óptica está destinada a producir imágenes en foco en la retina, y la función receptiva está destinada a procesar estímulos luminosos ambientales y transmitirlos al cerebro en forma codificada. Las fibras del nervio óptico llevan la información percibida por la retina al cerebro.

Claro que todo este proceso sólo dura apenas unas milésimas de segundo, lo cual nos permite a los seres humanos, por ejemplo, ver y comprender qué estamos viendo de manera instantánea.

## ESTRUCTURAS DEL OJO

El ojo es una estructura maravillosa capaz de generar el sentido que más nos relaciona con el medio. Básicamente se trata de una suerte de cámara fotográfica altamente sofisticada tanto por el aspecto de la visión como por la capacidad de seguir un objeto con movimientos muy complejos.

El globo ocular está formado por tres capas. La capa externa está formada por la esclerótica y la córnea; la segunda capa está formada por la túnica vascular o úvea que comprende la coroides, el cuerpo ciliar y el iris; la capa interna está formada por la retina, el epitelio no pigmentario del cuerpo ciliar y el epitelio pigmentado del iris. El diafragma es la pupila ubicada en el centro del iris. La película fotográfica está representada por la retina.



## ESCLEROTICA Y CORNEA

La esclerótica y la córnea configuran el límite externo del globo ocular. La cornea es la parte anterior del globo ocular se trata de un domo transparente. Debido a su



índice de refracción y curvatura, la córnea funciona como una lente; de hecho, es la lente más poderosa del sistema óptico ocular.

El eje anatómico del ojo es una línea que une el polo posterior con el polo anterior del globo. El eje óptico es una línea que pasa por el centro del sistema óptico del ojo. El eje visual es una línea que une el punto de fijación en el centro del objeto observado, el punto nodal del sistema óptico, ubicado cerca de la superficie posterior del cristalino, y la fovea central. El eje óptico no coincide exactamente con el eje visual porque el cristalino se encuentra ligeramente descentrado hacia abajo y hacia nasal, lo que no altera la función visual. El eje anatómico o largo axial del globo ocular adulto es 24 mm aproximadamente.

La túnica externa está compuesta por los segmentos de dos esferas de curvatura diferente. La esclerótica de mayor radio de curvatura corresponde al segmento posterior del ojo; la córnea, de menor radio de curvatura, corresponde al segmento anterior del ojo.

La línea de unión de las dos esferas una formada por la córnea y otra formada por la esclera corresponde al limbo esclerocorneal. Una línea circular que limita el segmento anterior del ojo del posterior y que corresponde al límite entre la córnea transparente y la esclera blanca no transparente. La córnea es extraordinariamente sensible debido a la presencia de numerosas terminaciones sensitivas de la rama oftálmica del trigémino. El contacto con la córnea gatilla el reflejo palpebral, de protección, en que se cierra la hendidura palpebral por contracción del músculo orbicular de los párpados.

Está compuesta fundamentalmente por tejido colágeno lo que le da una extraordinaria resistencia y pocos vasos sanguíneos lo que permite el color

blanco de las fibras de colágeno. A manera de un esqueleto externo, la esclera y la córnea cumplen con la función de contener y proteger los delicados tejidos intraoculares que participan en el proceso de la recepción visual. Con la ayuda de la presión intraocular producida por los líquidos que llenan el interior se mantiene la forma esférica del ojo.

La esclerótica sirve como punto de inserción a los músculos extra oculares que producen los movimientos oculares. En la parte posterior la esclera sufre modificaciones en su estructura que consiste en alteraciones de su continuidad formándose una zona porosa, la lámina cribosa. Esta área corresponde a una fenestración de la esclerótica que permite la salida de las fibras nerviosas que forman el nervio óptico.

La córnea es un área transparente de 12.5 mm de diámetro y corresponde al polo anterior del ojo en contacto con el medio ambiente, protegida solamente por los párpados cuando ocluyen la hendidura palpebral. La transparencia se debe en parte a su avascularidad, al ordenamiento de los haces de fibras colágenas y al estado de deshidratación del estroma. El endotelio que reviste la cara posterior de la córnea bombea continuamente líquido manteniendo la córnea con bajo contenido de agua. La cara anterior de la córnea está revestida por el epitelio corneal que posee la membrana de Bowman subyacente. Este epitelio tiene una extraordinaria capacidad mitótica reparando rápidamente las pérdidas en su continuidad lo que le da una extraordinaria resistencia a las infecciones. Además, por ser un epitelio plano pluriestratificado es resistente a los traumatismos.

Está revestido por la película lagrimal, una triple formada por mucina en contacto con las células, luego una capa de agua y sales, y lípidos, que lo mantiene

siempre húmedo. La mucina es producida por las células. La capa de agua y sales es producida por la glándula lagrimal. La capa lipídica es producida por las glándulas de Meibomio ubicadas en el borde libre de los párpados.

### **CAMARA ANTERIOR**

Inmediatamente por detrás de la córnea se encuentra la cámara anterior. El límite posterior de la cámara anterior está formado por el diafragma irido-cristalino. El límite periférico de la cámara está formado por el ángulo que se produce por la confluencia de la córnea y del iris, que forman el ángulo iridocorneal. Este espacio se encuentra ocupado por el humor acuoso que es producido en el epitelio que reviste los procesos ciliares ubicados inmediatamente por detrás del iris. Desde allí el humor acuoso pasa a través de la pupila a la cámara anterior.

El espacio diminuto entre el iris por delante, el cristalino por detrás y el cuerpo ciliar hacia fuera se denomina la cámara posterior. El humor acuoso recién producido en los procesos ciliares llega a la cámara posterior.

La circulación del humor acuoso provee los elementos necesarios para el metabolismo de los tejidos avasculares como la córnea y el cristalino. El humor acuoso sale de la cámara anterior a través del aparato de drenaje del humor acuoso que está situado en el tejido limbar vecino al ángulo iridocorneal. Está constituido por el trabéculo y por el canal de Schlemm y sus ramificaciones esclerales denominadas canales colectores que posteriormente salen y se anastomosan al plexo venoso episcleral.

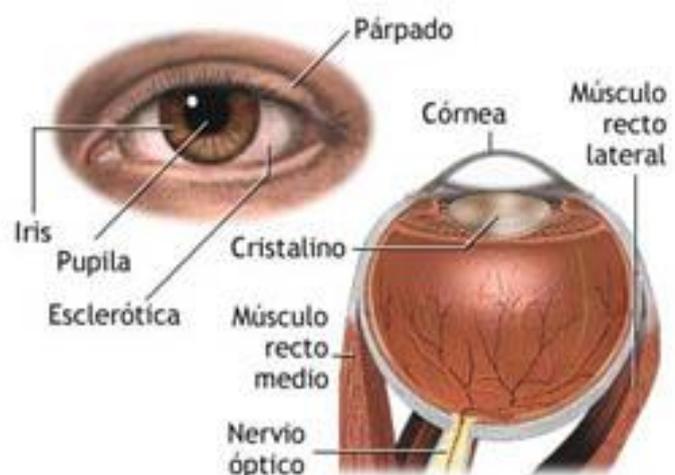
El trabéculo es una malla formada por trabéculas y espacios que se comunican con la cámara anterior en su límite interno. Hacia afuera el trabéculo limita con el canal de Schlemm que es un conducto circular situado en la región limbar.

El humor acuoso pasa a través del trabéculo al Canal de Schlemm desde el cual es llevado por los canales colectores esclerales hacia el exterior. El equilibrio entre la producción y la eliminación del humor acuoso determina la presión ocular, una de las constantes fisiológicas del ojo. La presión ocular normal ocupa un rango entre 10 y 21 mmHg, el promedio de la presión ocular es 16mm Hg.

## EL CRISTALINO

El cristalino es un lente biconvexo de forma elíptica situado inmediatamente por detrás del iris en el plano pupilar. Está compuesto por células que forman un epitelio en la superficie anterior. En la zona ecuatorial estas células se transforman en fibras que rellenan el resto del cristalino. Está revestido por una fina membrana denominada la cápsula del cristalino. El cristalino es mantenido en su posición por un aparato ligamentoso de sostén denominado la zónula cristaliniana.

La zónula se extiende en forma radiada desde el ecuador del cristalino al cuerpo ciliar. El cristalino es transparente gracias a la actividad metabólica de sus células. Con el tiempo se produce alteración en la eficiencia de las células lo que tiene por consecuencia pérdida en la elasticidad del cristalino



alterando el proceso de acomodación y también pérdida de su transparencia lo que lleva a catarata.

## **EL HUMOR VITREO**

Es un gel que llena las 4/5 partes del volumen intraocular llamada la cámara vítrea situada entre la cara posterior del cristalino y la pared posterior del globo ocular. Este material gelatinoso y transparente está compuesto por ácido hialurónico sostenido por una fina trama de fibrillas colágenas. El lento movimiento de este material fibroso parece ser el origen de la visión pelusas y puntos negros desplazándose delante de los ojos cuando se desprende de la pared retinal. El humor vítreo igual que el humor acuoso es una vía para la distribución de metabolitos dentro del ojo. Ambos junto a la córnea y el humor acuoso constituyen los 4 medios transparentes del ojo que permiten la llegada de los rayos luminosos a la retina.

## **LA UVEA**

Es la capa intermedia del globo ocular conocida como túnica vascular. Se distinguen tres partes en ella, el iris, el cuerpo ciliar y la coroides.



- **EL IRIS**

Es un verdadero diafragma con una abertura central, la pupila, cuyo diámetro se modifica por acción de dos músculos. El músculo esfínter pupilar inervado por sistema nervioso parasimpático al contraerse produce miosis, o disminución del diámetro pupilar. El músculo radial del iris produce dilatación pupilar o midriasis, está inervado por el sistema simpático.

La superficie posterior del iris se encuentra revestida por el epitelio pigmentario del iris que impide el paso de la luz, excepto en el área pupilar. La superficie anterior se encuentra tapizada por una red de fibroblastos iridianos mezclada con una cantidad variable de melanocitos cuya presencia determina la coloración del iris. Una gran cantidad de melanocitos determina el color oscuro del iris, una cantidad mediana de melanocitos determina el color café claro o verdoso y una ausencia de melanocitos determina el color celeste del iris.

- **EL CUERPO CILIAR**

La raíz del iris se inserta en el cuerpo ciliar. El surco ciliar entre el iris y el cuerpo ciliar determina su límite anterior. El límite posterior con la coroides ocurre a la

altura de la ora serrata. El cuerpo ciliar tiene tres funciones. La producción de humor acuoso ocurre en el epitelio que reviste los procesos ciliares ubicados en el tercio anterior del cuerpo ciliar. Los dos tercios posteriores corresponden a la pars plana en cuyo epitelio se producen mucopolisacáridos del humor vítreo. En pleno espesor del cuerpo ciliar se encuentra el músculo ciliar o músculo de la acomodación inervado por el sistema parasimpático.

- **LA COROIDES**

Corresponde a un verdadero lecho vascular de la retina su límite externo es la esclera, el interno es la retina. El límite anterior está a la altura de la ora serrata y en la parte posterior termina alrededor del nervio óptico. La vascularización de la úvea proviene de las arterias ciliares posteriores y anteriores que son ramas de la arteria oftálmica a su vez rama de la carótida interna. La función de la coroides es proveer nutrientes a la retina y absorber los rayos luminosos que no son absorbidos por la retina. Esto ocurre en el pigmento melánico contenido en los abundantes melanocitos que existen en este tejido.

## **LA RETINA**

Es la tercera capa del globo ocular. Su límite anterior es la ora serrata, el límite posterior esta alrededor de la papila óptica. Clásicamente se describen en ella 10 capas las que pueden ser revisadas en textos de histología. El límite externo con la coroides es la membrana de Bruch. Adosado a la membrana de Bruch se encuentra el epitelio pigmentario de la retina. Las células del epitelio pigmentario se interdigitan con los segmentos externos de los fotorreceptores.

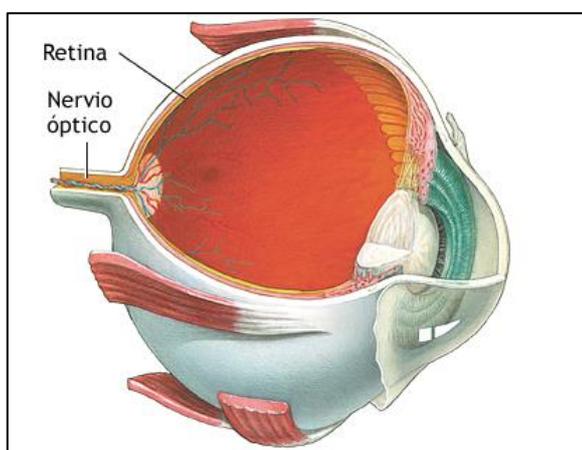
Los fotorreceptores son los conos y los bastones. Los bastones están distribuidos en la retina periférica. El pigmento fotosensible de los bastones se llama rodopsina y tiene su sensibilidad máxima en los 500 nanómetros de longitud de onda, proveen de esta manera visión nocturna. Los conos poseen tres tipos de pigmento visual sensible a la luz azul (435nm), verde (535nm) y roja (565 nm). Estos tres pigmentos, respectivamente, cyanolabe, clorolabe y erytrolabe forman la base para la discriminación del color. Los conos se concentran en la parte central de la retina denominada la mácula.

Los fotorreceptores hacen sinapsis con las neuronas bipolares, las que a su vez hacen sinapsis con las neuronas ganglionares de la retina. Las neuronas ganglionares originan un axón que viaja por la capa 9 de la retina, la capa de fibras nerviosas, rumbo a la lámina cribosa donde pasaran a formar el nervio óptico.

El proceso foto químico de la visión genera una señal eléctrica intrarretinal que a nivel de la neurona ganglionar da origen a un potencial de acción que viaja por el axón rumbo a los centros visuales superiores. En la retina también existen neuronas de asociación, las neuronas horizontales y las células amacrinas. Las células de Müller son células de tipo glial presentes en la retina.

La retina se divide en retina periférica y retina central cerca del polo posterior. La retina central corresponde a un área de 5 a 6 mm de diámetro. La mácula corresponde a los 3 mm centrales y la fovea a los 0.4 mm centrales de ésta. La fovea está compuesta sólo de conos, los que permiten la mejor agudeza visual. La mácula tiene un color amarillento debido a la presencia de pigmentos xantofílico en las neuronas de la región.

La vascularización de la retina depende de la arteria central de la retina. Es la primera rama de la arteria oftálmica, después de un trayecto orbitario entra al nervio óptico en cuyo eje llega a la retina. Antes de emerger en la superficie de la papila óptica se divide en dos arterias papilares, superior e inferior, que se subdividen en una arteria nasal y una temporal. La vena central de la retina presenta la misma organización, la vecindad de la vena y la arteria en el nervio óptico determina una adventicia común para ambos vasos.



## **EL NERVIO OPTICO**

En la zona medial a la mácula se encuentra la papila óptica que es el origen del nervio óptico. Aproximadamente 1.200.000 axones de las neuronas ganglionares o fibras ópticas forman el nervio óptico. El nervio óptico se encuentra revestido por las meninges. La duramadre, la cubierta más externa del nervio óptico se confunde con la esclerótica en el polo posterior. Además, están presentes las otras dos capas, la aracnoides y la piamadre. El aumento de la presión en los espacios subaracnoídeos en los casos de hipertensión endocraneana es la causa del edema de la papila. La compresión de los axones determina un cese del flujo axoplásmico desde la retina a nivel de la papila lo que determina el aumento de volumen de los axones y por ende el edema de papila.

## ANEXOS

Los anexos del globo ocular son:

1. Los párpados
2. La conjuntiva
3. El aparato lagrimal
4. Músculos del ojo
5. La órbita ósea

## LOS PÁRPADOS

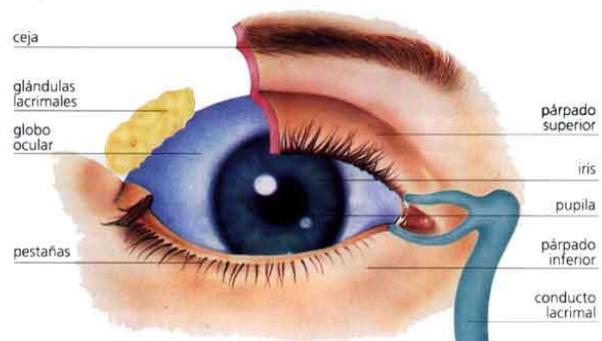
Ambos párpados poseen un borde

libre entre los que se encuentra la

hendidura palpebral. La hendidura se ocluye por contracción del músculo orbicular inervado por el VII par, la hendidura se abre en gran parte por contracción del músculo elevador del párpado superior inervado por el III par craneal. Ambos párpados se unen en la región medial y lateral en los cantos palpebrales. En el borde libre se encuentran las pestañas. A este nivel en la unión mucocutánea está la línea gris. En ella desembocan los conductos excretores de las glándulas de Meibomio que son glándulas sebáceas. La superficie externa de los párpados está revestida por piel, la superficie interna está revestida por conjuntiva tarsal. Esta última presenta un surco paralelo al borde libre a 1.5 mm de éste sitio frecuente de ubicación de cuerpos extraños.

## LA CONJUNTIVA

Esta membrana transparente que reviste la parte anterior del globo, a excepción de la córnea. Dentro de ella se encuentran diminutas glándulas que producen



lágrimas y mucosidad que ayudan a lubricar y desinfectar el globo ocular. La parte que recubre la esclerótica se denomina conjuntiva ocular o bulbar. La parte que recubre la pared posterior de los párpados se denomina conjuntiva tarsal. En la zona del canto interno es posible reconocer dos formaciones en la conjuntiva, la carúncula y el pliegue semilunar.

### **EL APARATO LAGRIMAL**

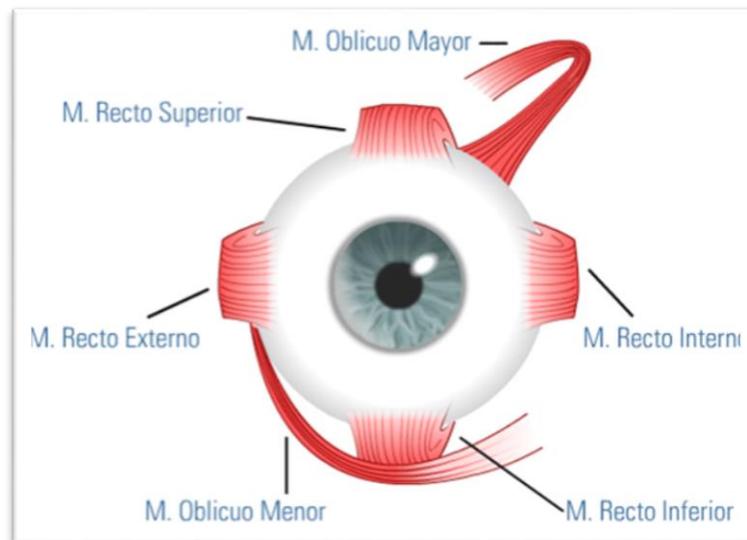
Está formado por la glándula lagrimal en el ángulo superoexterno de la órbita que es donde se secretan las lágrimas y por el aparato de drenaje de las lágrimas. Este comienza en los puntos lagrimales, situados uno en cada párpado, los que dan origen a los canaliculos lagrimales. Superior e inferior. Estos confluyen al saco lagrimal situado debajo del tendón medial de los párpados el que da origen al conducto lacrimo-nasal que desemboca en la fosa nasal, por debajo del meato inferior, destino final del drenaje lagrimal.

### **MUSCULOS DEL OJO**

Los músculos del ojo humano actúan para controlar el movimiento del ojo, tanto para parpadear como para mirar en varias direcciones. Ochos músculos controlan una gran variedad de movimientos del ojo humano: mirar hacia delante, mirar hacia los lados, levantar y bajar los párpados. Estos músculos actúan en conjunción u oposición unos a los otros. El daño de estos músculos puede provocar parálisis en el ojo y la reducción en la capacidad de movimiento de este.

Los músculos extrínsecos del globo ocular son, como su nombre indica, músculos relacionados con el globo ocular y que se encuentran por fuera de su propia estructura. Conforman una musculatura voluntaria formada por seis

músculos, cuatro rectos y dos oblicuos, que se encuentran en el interior de la órbita y se encargan en conjunto de mover el globo ocular y dirigir la mirada. Los músculos son: recto superior, recto inferior, recto medial o *interno*, recto lateral o *externo*, oblicuo superior o *mayor* y oblicuo inferior o *menor*.



Se originan en un anillo tendinoso conocido como anillo tendinoso común o *anillo de Zinn*. La acción combinada y controlada con precisión de estos músculos permite el movimiento vertical, lateral y de rotación del globo ocular. Las acciones de los músculos de los dos ojos normalmente están coordinadas de modo que el movimiento de ambos globos oculares coincide, lo cual se conoce como mirada conjugada. Los globos oculares deben tener un movimiento sinérgico, es decir coordinado, para formar una única imagen en el cerebro.

### **LA ORBITA OSEA**

La órbita tiene la forma de una pirámide. El reborde orbitario está formado por los huesos frontal, malar y maxilar. La pared superior está formada por el frontal,

la pared medial por los huesos etmoidales, la pared lateral por el malar y el ala mayor del esfenoides y el piso por el malar y el maxilar. En el vértice orbitario es posible reconocer dos agujeros, el agujero óptico en plena ala menor del esfenoides y la hendidura esfenoidal entre las alas menor y mayor del esfenoides. El agujero óptico permite la salida del nervio óptico y la entrada de la arteria oftálmica. Por la hendidura esfenoidal pasan el III, IV, VI pares, la rama oftálmica del V par y las venas orbitarias que drenan en el seno cavernoso.

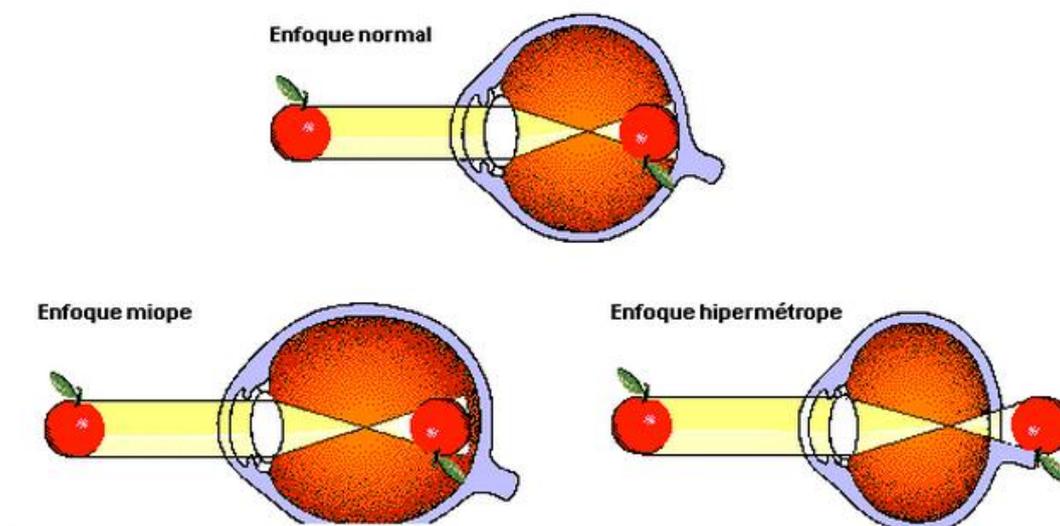
### **MOVIMIENTOS DEL OJO**

Cuando se contrae el recto interno, el ojo se mueve horizontalmente hacia dentro, si lo hace el recto externo el movimiento es hacia fuera. Ambos músculos son antagonistas, es decir uno se contrae mientras el otro se relaja. En cambio si se contrae el recto superior, la mirada se dirige verticalmente hacia arriba y si lo hace el recto inferior hacia abajo. Estos dos músculos son también antagonistas. El oblicuo superior produce un movimiento de giro del ojo hacia dentro y abajo, mientras que el oblicuo inferior lo realiza hacia arriba y afuera.

Los movimientos complejos, por ejemplo seguir el trayecto de una pelota de tenis con la mirada, se logran gracias a la contracción coordinada de varios músculos. Cuando un objeto se aproxima por delante en línea recta hacia el observador, los ojos realizan un movimiento llamado *de convergencia* para seguir el objeto, y ambos globos oculares se dirigen hacia la nariz. En caso contrario, si el objeto se aleja del observador, el movimiento es *de divergencia*, y los dos ojos se mueven hacia fuera en sentidos opuestos.

El cerebro es el órgano encargado de la coordinación automática de los movimientos oculares. Uno de los movimientos más importantes para la vista,

son los movimientos sacádicos del ojo. Estos movimientos suceden varias veces por segundo, y ayudan a hacer un mapa más detallado con la ayuda de la fovea del ojo.



## **ESTRUCTURA OPTICA Y FORMACION DE LA IMAGEN**

En el ojo los principios de formación de la imagen son los mismos que los de un sistema óptico convencional. La luz entra en el ojo a través de la córnea, para ser enfocada en la retina después de la refracción en la córnea, el elemento refractivo de mayor potencia, y la lente del cristalino. La luz se refracta de forma muy acentuada en la superficie corneal anterior debido a que la parte esférica central tiene una curvatura muy acentuada y a que existe una gran diferencia entre los Índices de refracción del aire y de la córnea.

Sin embargo, la refracción en la cara posterior de la córnea es muy poco significativa debido a que el índice refractivo de la sustancia corneal es prácticamente igual al del humor acuoso. A continuación, la luz se vuelve a

refractar otra vez cuando alcanza la cara anterior y posterior del cristalino. En este caso, el índice de refracción de la sustancia del cristalino es significativamente más alto que el de los humores acuoso y vítreo, pero las diferencias en las interfases no son tan acusadas como la existente entre la córnea y el aire y por lo tanto la potencia refractiva es menor. Se deduce que la mayor parte de la refracción ocular tiene lugar en la superficie anterior de la córnea, cuyo poder refractivo (unas 40-45 D). Sin embargo, una característica muy importante del cristalino es que su potencia puede cambiar cuando el ojo necesita acomodar a diferentes distancias. Este proceso se llama acomodación y se debe a una alteración en la forma de la lente. El diámetro del haz de luz incidente se controla mediante el iris, que forma el diafragma del ojo. La abertura en el iris se llama pupila. Como ocurre en todos los sistemas ópticos, el diafragma es un componente muy importante del sistema que afecta a un amplio rango de procesos ópticos.

## **FUNCIONAMIENTO DEL OJO**

En general, los ojos de los animales funcionan como unas cámaras fotográficas sencillas. La lente del cristalino forma en la retina una imagen invertida de los objetos que enfoca y la retina se corresponde con la película sensible a la luz.

Como ya se ha dicho, el enfoque del ojo se lleva a cabo debido a que la lente del cristalino se aplanada o redondea; este proceso se llama acomodación. En un ojo normal no es necesaria la acomodación para ver los objetos distantes, pues se enfocan en la retina cuando la lente está aplanada gracias al ligamento suspensorio. Para ver los objetos más cercanos, el músculo ciliar se contrae y por relajación del ligamento suspensorio, la lente se redondea de forma progresiva. Un niño puede ver con claridad a una distancia tan corta como 6,3 cm. Al aumentar la edad del individuo, las lentes se van endureciendo poco a poco y la visión cercana disminuye hasta unos límites de unos 15 cm a los 30 años y 40 cm a los 50 años. En los últimos años de vida, la mayoría de los seres humanos pierden la capacidad de acomodar sus ojos a las distancias cortas. Esta condición, llamada presbiopía, se puede corregir utilizando unas lentes convexas especiales.

Las diferencias de tamaño relativo de las estructuras del ojo originan los defectos de la hipermetropía o presbicia y la miopía. Debido a la estructura nerviosa de la retina, los ojos ven con una claridad mayor sólo en la región de la fovea. Las células con forma de conos están conectadas de forma individual con otras fibras nerviosas, de modo que los estímulos que llegan a cada una de ellas se reproducen y permiten distinguir los pequeños detalles. Por otro lado, las células con forma de bastones se conectan en grupo y responden a los estímulos que

alcanzan un área general (es decir, los estímulos luminosos), pero no tienen capacidad para separar los pequeños detalles de la imagen visual. La diferente localización y estructura de estas células conducen a la división del campo visual del ojo en una pequeña región central de gran agudeza y en las zonas que la rodean, de menor agudeza y con una gran sensibilidad a la luz. Así, durante la noche, los objetos confusos se pueden ver por la parte periférica de la retina cuando son invisibles para la fovea central.

El mecanismo de la visión nocturna implica la sensibilización de las células en forma de bastones gracias a un pigmento, la púrpura visual o rodopsina, sintetizado en su interior. Para la producción de este pigmento es necesaria la vitamina A y su deficiencia conduce a la ceguera nocturna. La rodopsina se blanquea por la acción de la luz y los bastones deben reconstituirla en la oscuridad, de ahí que una persona que entra en una habitación oscura procedente del exterior con luz del sol, no puede ver hasta que el pigmento no empieza a formarse; cuando los ojos son sensibles a unos niveles bajos de iluminación, quiere decir que se han adaptado a la oscuridad. En la capa externa de la retina está presente un pigmento marrón o pardusco que sirve para proteger las células con forma de conos de la sobreexposición a la luz. Cuando la luz intensa alcanza la retina, los gránulos de este pigmento emigran a los espacios que circundan a estas células, revistiéndolas y ocultándolas. De este modo, los ojos se adaptan a la luz.

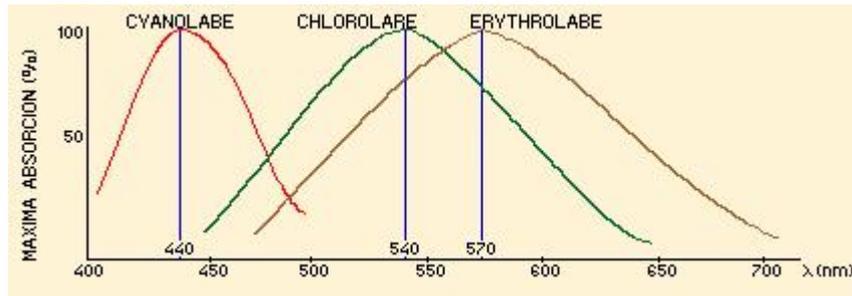
Nadie es consciente de las diferentes zonas en las que se divide su campo visual. Esto es debido a que los ojos están en constante movimiento y la retina se excita en una u otra parte, según la atención se desvía de un objeto a otro.

Los movimientos del globo ocular hacia la derecha, izquierda, arriba, abajo y a los lados se llevan a cabo por los seis músculos oculares y son muy precisos. Se ha estimado que los ojos pueden moverse para enfocar en, al menos, cien mil puntos distintos del campo visual. Los músculos de los dos ojos funcionan de forma simultánea, por lo que también desempeñan la importante función de converger su enfoque en un punto para que las imágenes de ambos coincidan; cuando esta convergencia no existe o es defectuosa se produce la doble visión. El movimiento ocular y la fusión de las imágenes también contribuyen en la estimación visual del tamaño y la distancia.

## **VISION CROMATICA**

### **FISIOLOGIA**

Nuestra capacidad para distinguir diferentes colores se debe a la existencia de tres tipos de conos. Cada uno de los cuales contiene un pigmento visual distinto (*Douane*). El pigmento consta de una porción idéntica para todos ellos: "11-cis aldehído de la vitamina A<sup>2</sup>" y de otra porción variable para cada tipo: "opsina". Así los conos sensibles al rojo contienen el pigmento denominado "Erythrolabe", el cual absorbe preferentemente, cuantos de gran longitud de onda ( $\lambda$ ). Es estimulado de manera máxima por la luz de  $\lambda$  570 nm. pero también absorbe  $\lambda$  adyacentes. Los conos sensibles al verde contienen "chlorolabe", el cual es estimulado por  $\lambda$  intermedia; su sensibilidad es máxima con una  $\lambda$  de 540 nm. Los conos sensibles al azul contienen "cyanolabe", el cual absorbe cortas  $\lambda$ , su máxima sensibilidad es a 440 nm.



Espectro de absorción por los conos de la retina.

La retina está organizada de manera que envía al cerebro una descripción codificada de la luz que le alcanza. El paso inicial es la absorción de fotones por el pigmento de los fotorreceptores (bastones y conos). Esta señal eléctrica es transmitida a través de sinapsis a las células bipolares y posteriormente a las células ganglionares. Las células horizontales y amacrinas, reciben información de gran número de conos, bastones y otras células amacrinas, y modifican estos mensajes antes de ser enviados hacia las células ganglionares. Así por ejemplo, si un cono es intensamente estimulado, puede enviar mensajes inhibitorios a sus conos vecinos. Así mismo, las células bipolares envían señales inhibitorias a través de las células amacrinas. Los axones de las células ganglionares forman el nervio óptico, el cual lleva la información al cerebro. Aquí reside el "flue center", encargado de sumar información de diferentes canales y determina el color que vemos. A nivel de receptores, la visión cromática es la consecuencia de un análisis tricrómico (azul, verde y rojo), existiendo conos sensibles a cada color. Sin embargo, estos hechos que son válidos a nivel de fotorreceptores, no se confirman a nivel de estadios de conducción superiores, donde los estudios fisiológicos parecen indicar la existencia de un mecanismo diferente, en el cual

el mensaje coloreado, sería pintado por dos vías: la rojo-verde y la azul-amarilla. La primera es la clásica teoría de Young y la segunda, la teoría de los pares opuestos de Hering. Todo color viene descrito por tres atributos: tonalidad, saturación y luminancia o brillo.

La tonalidad, es la característica del color percibido que describimos como azul, rojo, púrpura, etc. Depende en gran parte de la  $\lambda$  predominante en la luz. Así por ejemplo, si la luz que alcanza el ojo está compuesta por varias  $\lambda$ , y si la  $\lambda$  540 nm, está en mayor proporción que el resto de las  $\lambda$ , veremos verde (color o tono que corresponda a esa  $\lambda$ ). Los tonos primarios son el azul, el rojo y el verde; los no primarios son el naranja, el amarillo-verdoso y el azul-verdoso. Estos colores no primarios del espectro, pueden ser percibidos por mezcla adecuada de los colores primarios o por una única  $\lambda$  específica para cada uno de ellos. Así el amarillo es una mezcla de verde y rojo, etc. Dos tonalidades son complementarias cuando mezcladas, en proporciones adecuadas, dan el blanco. También se obtiene este color cuando igual cantidad de todas las  $\lambda$  son mezcladas. Clásicamente la "rueda del color" o "rueda de los colores", se construye con todos los tonos ordenados en un círculo y colocando cada tono entre aquellos más parecidos, así como su complementario en un lugar opuesto. Con ella podemos predecir el color que resultará, cuando dos luces distintas son mezcladas. Hay dos posibilidades básicas:

- Cuando igual cantidad de tonos complementarios o igual cantidad de todas las  $\lambda$  son mezcladas. El resultado es el blanco.

- Cuando tonos no complementarios son mezclados. El color resultante en este caso, está situado entre los dos tonos originales y depende de la cantidad de cada color usado. Por ejemplo, igual cantidad de rojo y verde dan el amarillo, mientras que si hay mayor cantidad de rojo que de verde, resultará el naranja.

A diferencia del oído que puede distinguir varios instrumentos musicales que suenan a la vez, el ojo y el cerebro no pueden determinar las distintas  $\lambda$  que pueden componer el color que estamos viendo. Al ojo, por ejemplo, puede llegar una luz compuesta pura o únicamente por  $\lambda$  de 589 nm. percibiremos amarillo puro; sin embargo si una luz de 546 nm. de  $\lambda$  (verde) y otra luz roja de 689 nm. son mezcladas en las proporciones adecuadas, también percibiremos amarillo puro. No distinguiremos que el amarillo esté compuesto por una luz roja y otra verde.

Igualmente cuando dos complementarios son mezclados, veremos blanco y no podemos distinguir este blanco de aquel que resulta cuando igual cantidad de todas las  $\lambda$  están presentes. Este mismo análisis puede ser aplicado a todos los colores no primarios del espectro. El púrpura y el "magenta" no son tonalidades espectrales, ya que no existe una única  $\lambda$  que pueda evocar su sensación. Estos colores son percibidos sólo cuando diversas cantidades de azul y rojo son mezcladas.

La saturación, es la pureza o riqueza de un color. Cuando la luz vista por el ojo es toda de la misma  $\lambda$  , decimos que el color está completamente saturado. Cuando más longitudes de onda son añadidas (o luz blanca), el color es más

pálido (desaturado), aunque percibamos el mismo tono dominante. Por ejemplo, el rosa es un color desaturado del rojo.

La luminancia o brillo, se refiere a la cantidad de luz proveniente de un objeto (el número de fotones de luz que alcanza el ojo). El brillo es nuestra interpretación subjetiva de la luminancia.

Mención aparte la hacemos del color marrón, que no está representado en la rueda de colores, ni está en el espectro cromático. Esto es debido a que es un tipo especial de color: es percibido cuando vemos un amarillo o amarillo rojizo de baja luminancia, o cuando el amarillo rojizo se presenta junto con una luz blanca de alta intensidad.

## **PERCEPCION DE LOS COLORES**

Cuando miramos un objeto, el color que percibimos en ese momento puede variar dependiendo de la intensidad y el tipo de luz. Al anochecer los colores parecen diferentes de cuando los vemos a la luz del sol y también son distintos dependiendo de que utilicemos luz natural o artificial. Por ello cuando elegimos colores para decorar el interior de una vivienda, se debe tener en cuenta el tipo y la fuente de luz.

Los objetos absorben y reflejan la luz de forma distinta dependiendo de sus características físicas, como su forma, composición, etc. El color que percibimos de un objeto es el rayo de luz que rechaza. Nosotros captamos esos “rebotes” con diferentes longitudes de onda, gracias a la estructura de los ojos. Si los rayos de luz atraviesan al objeto, éste es invisible.

Las células sensoriales (fotorreceptores) de la retina que reaccionan en respuesta a la luz son de dos tipos: conos y bastones. Los bastones se activan en la oscuridad y sólo permiten distinguir el negro, el blanco y los distintos grises. Nos permiten percibir el contraste. Los conos, en cambio, funcionan de día y en ambientes iluminados y hacen posible la visión de los colores. Existen tres tipos de conos; uno especialmente sensible a la luz roja, otro a la luz verde y un tercero a la luz azul (RGB). Tanto los conos como los bastones se conectan con los centros cerebrales de la visión por medio del nervio óptico.

La combinación de estos tres colores básicos: rojo, verde y azul permite diferenciar numerosos tonos. El ojo humano puede percibir alrededor de 8000 colores y matices con un determinado nivel de luminancia. Es en el cerebro donde se lleva a cabo esta interpretación.

Los daltónicos no distinguen bien los colores debido al fallo de los genes encargados de producir los pigmentos de los conos. Así, dependiendo del pigmento defectuoso, la persona confundirá unos colores u otros. Por ejemplo si el pigmento defectuoso es el del rojo, el individuo no distinguirá el rojo ni sus combinaciones.

En un ojo que sufre de daltonismo, o ceguera al color, la dificultad para diferenciar, distinguir y percibir los colores como el rojo y el verde por ejemplo, que son los colores que se ven afectados con mayor frecuencia en el daltonismo, se debe a la falta de pigmentación en los conos ubicados en la retina, haciendo predominantes a las colores en los que se posee mayor pigmentación, así como la capacidad de distinguir los matices derivados de colores como el violeta

## **ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA**

Se trata de un trastorno en la visión cromática, es decir de los colores (cromatopsia), y dentro de estas discromatopsias el daltonismo es la forma más frecuente. La persona que lo padece ve perfectamente, pero tiene dificultad para ver un color o una gama de éste. La visión normal de los colores requiere de la existencia de los tres tipos de conos, con la concentración adecuada de pigmento en cada uno de ellos, así como una retina con su estructura conservada. De esta forma, el individuo con visión cromática normal es capaz de diferenciar las mezclas coloreadas originadas a partir de los tres colores primarios, denominándose por tanto tricrómatas.

Las alteraciones en la visión cromática podemos clasificarlas como defectos congénitos y defectos adquiridos.

### **LOS DEFECTOS CONGENITOS:**

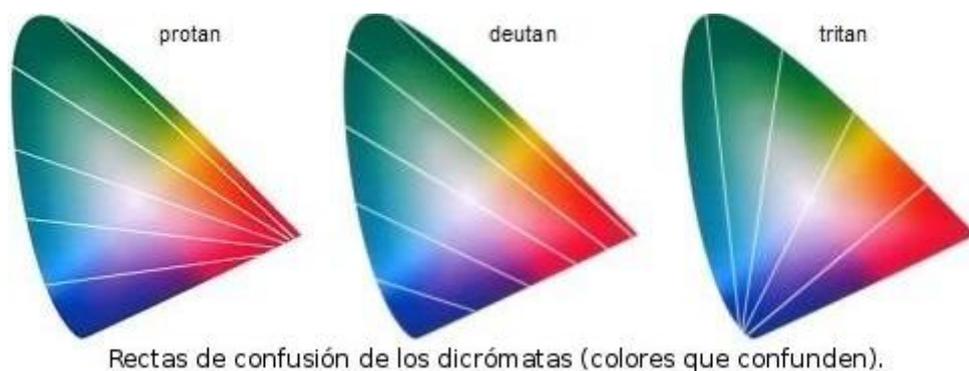
- Los errores son hechos en áreas específicas de la rueda de los colores. El resto de las áreas son normales.
- Otras funciones visuales (agudeza visual, campo visual, ERG) son normales.
- Los resultados de los test son consistentes y reproducibles.
- El defecto es estable.
- El defecto es simétrico (mismos errores hechos con ambos ojos).
- El paciente nombra correctamente los colores.

### **LOS DEFECTOS ADQUIRIDOS:**

- Los errores son realizados en toda la rueda.
- Se encuentran frecuentemente otras disfunciones visuales.
- Los resultados pueden variar bastante, dependiendo de factores tales como la fatiga.
- El defecto puede progresar o remitir.
- El defecto es frecuentemente asimétrico.
- El paciente puede nombrar los colores incorrectamente.

Otra anomalía congénita es la "tricomasia anormal", en ellos uno de los tres tipos de conos contiene pigmento que no funciona óptimamente, siendo los restantes normales. Según el pigmento afectado tenemos:

- Protanomalia: debilidad para el rojo
- Deuteranomalia: debilidad para la visión del verde
- Tritanomalia: debilidad para el azul-amarillo



Los tricrómatas anormales son capaces de distinguir los colores fuertemente saturados, pero tienen dificultades para los colores de baja saturación (pasteles) o de baja luminancia (colores oscuros), o ambos. Como podemos observar, la mayoría de las personas con trastornos en el

sentido cromático confunden el rojo y el verde. Por esta razón, a veces se agrupan en una misma categoría como "déficit rojo-verde". Todas las alteraciones rojo-verde se heredan siguiendo un patrón recesivo ligado al sexo. Por lo que los hombres, casi exclusivamente, manifiestan la alteración y las mujeres son portadoras. Así las mujeres tienen una visión cromática normal, pero el 50 % aproximadamente de sus hijos serían anormales. Los desórdenes tritanopes se heredan con carácter autosómico dominante, por tanto, hombres y mujeres padecen el trastorno.

## **DALTONISMO**

Los objetos reflejan la luz de forma distinta dependiendo de sus características físicas, como su forma o composición, y cuando esta luz es absorbida por pigmentos contenidos en las células de la retina llamadas conos y bastones se inician las sensaciones visuales

La anomalía en la percepción de los colores llamada acromatopsia parcial remite al concepto de daltonismo el cual es un defecto genético que ocasiona dificultad para distinguir los colores.

El grado de afectación es muy variado ya que va desde la dificultad para distinguir cualquier color hasta la dificultad para diferenciar algunos matices del rojo y del verde.

El término discromatopsia se utiliza en medicina también para describir la dificultad en la percepción de los colores, pero tiene un significado más general. La discromatopsia puede ser de origen genético, en cuyo caso se denomina discromatopsia congénita o daltonismo. También pueden producirse

discromatopsias que no son de origen genético y se presentan en algunas enfermedades de la retina o el nervio óptico.

La deficiencia es hereditaria y se transmite por un alelo recesivo ligado al cromosoma X. Si un hombre hereda un cromosoma X afectado será daltónico, mientras que las mujeres que tienen dos cromosomas X, serán daltónicas si ambos están afectados, si solo lo está uno será portadora y podrá transmitirlo a la descendencia. Los defectos protán y deután se heredan como alteraciones ligadas al cromosoma X, y por tanto al sexo, precisamente porque los genes que codifican las opsinas de los fotorreceptores L y M se encuentran en el cromosoma X, y las alteraciones se heredan como rasgos recesivos. Puesto que una mujer tiene dos cromosomas X, es mucho menos probable que manifieste la alteración. Se estima que un 8% de varones y menos de un 1% de mujeres tienen cierta dificultad con la visión del color (en su variante más frecuente, la anomalía rojo - verde).

Aunque no todos los daltónicos confunden las mismas tonalidades, lo más frecuente es que tengan dificultades para distinguir entre el verde y el rojo. En cambio, un daltónico puede apreciar más matices del violeta que un sujeto con visión normal.

A diferencia de las alteraciones congénitas de la visión del color, que afectan a los fotorreceptores contenidos en los fotorreceptores, las alteraciones adquiridas pueden ocurrir a distintos niveles del procesamiento visual, cabiendo distinguir entre las que se originan en las estructuras del medio ocular (previas a la

absorción de luz por los fotorreceptores), en la retina, en las vías de conducción, y en el cerebro.

Sus causas son muy variadas, incluyendo: 1) el filtrado pre-receptorial, 2) el desprendimiento de retina, 3) las degeneraciones progresivas de los conos, 4) la degeneración macular, 5) las enfermedades vasculares, 6) el glaucoma, 7) las enfermedades del nervio óptico, 8) algunas enfermedades del sistema nervioso central, 9) la diabetes, 10) la lesión de estructuras relacionadas con el procesamiento visual, y 11) la acción de agentes tóxicos.

La gravedad de las alteraciones adquiridas de la visión del color cubre un amplio rango, en función del tipo de que se trate y de su fase de desarrollo, pudiendo variar desde la afección leve de un eje de discriminación cromática, hasta la pérdida completa de la visión del color propia del monocromatismo (como sucede en la acromatopsia cerebral).

## **TIPOS DE DALTONISMO**

La disfunción más frecuente es, como acabamos de indicar, la ceguera para el rojo o el verde. Ésta se da en el 8% de los varones y el 1% de las mujeres y afecta bien a los conos responsables del rojo, bien a los del verde. Al faltar uno de estos conos, las tonalidades de luz que le deberían corresponder son captadas por el otro, de modo que una persona con este defecto identifica los dos colores como uno sólo.

Menos frecuente es la ceguera para el azul, en la que faltan los conos responsables de este color y el paciente no es capaz de distinguir entre los tonos azules y los amarillos.

Estas alteraciones se conocen como dicromatismos, pues el sujeto que las padece sólo dispone de dos tipos de conos.

Pero también puede suceder que, presentándose los tres tipos de receptores, alguno de ellos (frecuentemente los del rojo o el verde) sea anómalo. En este caso lo que ocurrirá será que el paciente podrá distinguir los colores dentro de un espectro más restringido, pudiendo identificar como iguales aquellos tonos que para una persona normal resultan bastante parecidos (aunque siempre diferentes). Presentan, en conclusión, defectos parecidos a los dicromatismos, pero más leves. En este caso hablaremos de tricromatismos anómalos o debilidad para el color.

Un último caso, mucho más excepcional es el monocromatismo, en el que todos los colores se aprecian como distintas tonalidades de un mismo color.

Aunque existen muchos tipos de daltonismo, el 99% de los casos corresponden a protanopia y deuteranopia o sus equivalentes (protanomalia y deuteranomalia):

## **ACROMATICO**

El daltonismo acromático es aquel en el que el individuo no tiene ninguno de los tres tipos de conos o estos son afuncionales. Se presenta únicamente un caso por cada 100.000 personas.

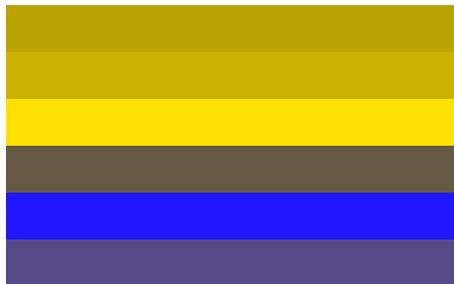
## MONOCROMATICO

Se presenta cuando únicamente existe uno de los tres pigmentos de los conos y la visión de la luz y el color queda reducida a una dimensión.

## DICROMATICO

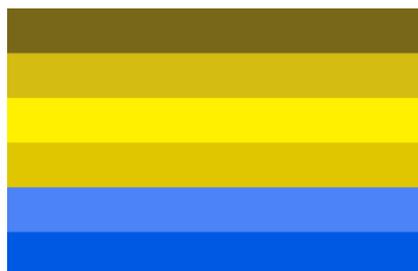
El dicromatismo es un defecto moderadamente grave en el cual falta o padece una disfunción uno de los tres mecanismos básicos del color. Es hereditaria y puede ser de tres tipos diferentes: Protanopia, deuteranopia y tritanopia.

- Protanopia. La protanopia consiste en la ausencia total de los fotorreceptores retinianos del rojo.



Espectro que visualiza una persona con protanopía.

- Deuteranopia. La ceguera al color verde o deuteranopia se debe a la ausencia de los fotorreceptores retinianos del color verde.



Espectro que visualiza una persona con deuteranopía.

- Tritanopia. La tritanopia es una condición muy poco frecuente en la que están ausentes los fotorreceptores de la retina para el color azul.



Espectro que visualiza una persona con tritanopía

### **TRICROMATICO ANOMALO**

El afectado posee los tres tipos de conos, pero con defectos funcionales, por lo que confunde un color con otro. Es el grupo más abundante y común de daltónicos, tienen tres tipos de conos, pero perciben los tonos de los colores alterados. Suelen tener defectos similares a los daltónicos dicromáticos, pero menos notables. Las afecciones que se incluyen dentro de este grupo son la protanomalia (1% de los varones, 0.01% de las mujeres), deuteranomalia, la más usual (6% de los varones, 0.4% de las mujeres) y tritanomalía muy poco frecuente (0.01 % de los varones y 0.01% de las mujeres).

## **DIAGNOSTICO**

### **TEST DE ISHIHARA**

El Test de Ishihara es el más utilizado para diagnóstico y clasificación de discromatopsias (alteraciones en la visión de colores, como el daltonismo) aunque además es muy útil para otros procesos como conocer el estado del nervio óptico y sus fibras en patologías como el Graves-Basedow o compresión nerviosa en tumores, etc.

No permite distinguir defectos del eje azul-amarillo, aunque en realidad son muy raros; los principales son del eje rojo verde: la protanopia (dalton) en la que, a grosso modo, el espectro azul-verde se ve gris y tienen el espectro rojo muy acortado (carecen del cono rojo); y la deuteranopia (Nagel) donde el verde se visualiza gris (carecen del cono verde).

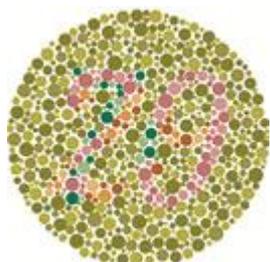
Si visualizas 17 o más números normales, es una exploración normal. Si son menos de 13, es patológica.

En la mayoría de los casos de daltonismo, excepto en los más leves, el paciente y las personas de su entorno comienzan a detectar ciertas anomalías visuales durante el desempeño de las actividades diarias, escolares, etc. Otras muchas veces los individuos descubren por casualidad que padecen este tipo de trastorno.

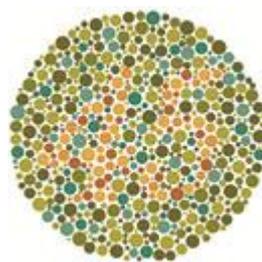
El Test de Ishihara consiste en láminas en las que aparecen puntos de colores primarios dispuestos formando números o formas, sobre un fondo de puntos de colores similares, de modo que una persona con una capacidad visual normal

podrá distinguirlos, mientras que un daltónico no lo hace. Además de estas pruebas, es recomendable realizar un reconocimiento oftalmológico confirmativo para asegurar el diagnóstico.

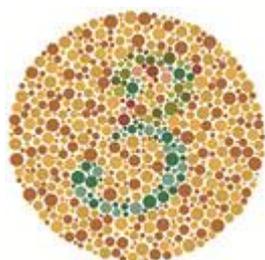
Consta de 38 cartas que muestran un círculo con puntos de colores de diversos tamaños. Los puntos forman un número que es visible para las personas que no padecen ningún defecto visual, pero aquellos con algún grado de daltonismo ven números distintos o, directamente, no son capaces de ver ningún número. Aunque la prueba completa incluye 38 discos, con que el paciente observe unas cuantas cartas es suficiente para detectar la existencia de un defecto visual. A continuación se presentan unas cuantas figuras correspondientes a las Cartas de Ishihara.



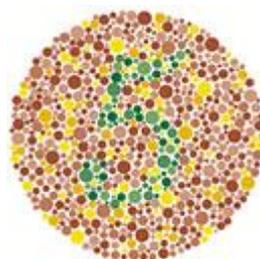
Visión normal: 29  
Daltónico: 70 o nada



Visión normal: 45  
Daltónico: nada



Visión normal: 3  
Daltónico: 5 o nada



Visión normal: 5  
Daltónico: 2 o nada

### **Para realizar el test de Ishihara se recomienda:**

1. Procurar que la iluminación sea lo más parecida a una luz natural y evite los máximos reflejos posibles.
2. Sitúese a 75 cm de la pantalla.
3. La prueba se realiza monocularmente.
4. Deberá acertar los números que ve en cada círculo en menos de 3 segundos.

El resultado correcto es distinguir todos los números. Cualquier error, puede ser indicativo de una alteración en la visión del color.

- Sujetos normales verán, por orden: **12, 8, 6, 29, 57, 45, 5, 3, 15, 74, 2, 6, 97, 5, 7, 16, 73, 26, 42, 35, 96.**
- Pacientes con deficiencia en el eje rojo-verde suelen ver, por orden: **12, 3, 5, 70, 35, 2, 5, 17, 21.**
- En los cuatro últimos, un pronatope (dalton) verá **6, 2, 5, 6.**  
Un deuteranope (Nagel) **2, 4, 3, 9.**

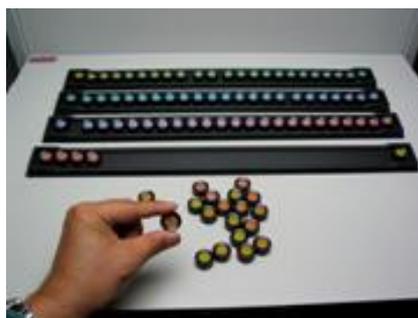
### **TEST DE FARNSWORTH**

Es un test que se usa para el diagnóstico de los trastornos en la visión cromática. El paciente debe ordenar una serie de fichas de color de forma que los colores queden ordenados formando una transición gradual de los mismos. Esta prueba es fácil de administrar y sin embargo es un método muy efectivo para determinar la capacidad de evaluación visual de las personas, la prueba

consta de cuatro juegos de fichas de color removibles con un total de 85 fichas de referencia de color (con incrementos de matiz) a lo largo del espectro visible. Anomalías y aptitudes en la visión de color son detectadas mediante la habilidad del individuo al colocar las fichas en el orden de matices que observa correcto. El Examen de Visión de Matices de Color Farnsworth-Munsell 100 se usa para separar las personas con visión de color normal en clases de discriminación visual de color baja, promedio o superior, y para identificación en dónde reside la confusión de color, si padecen de defecto de apreciación de color. La prueba debe realizarse bajo condiciones de iluminación de luz del día.

Esta prueba puede realizarse en los siguientes casos:

- Pacientes en quienes el Test de Ishihara es anormal
- Pacientes con consumo de cloroquina y otras medicaciones que pueden causar toxicidad macular.
- Pacientes con inflamación o sospecha de inflamación del nervio óptico.



### **TEST DE HOLMGREN**

La prueba de Holmgren es la más antigua que se conoce y la basó en la teoría de Helmholtz (1879), donde explicaba los tres tipos de color que percibe la retina. Según la teoría, un defecto en uno de estos tres elementos causa una variante

del color- ceguera. Holmgren diseñó la prueba de tal forma que eligió tres colores (rojo, violeta, verde) con tres anillas con las letras A, B, C y 40 pequeños manojos. Éstos estarán etiquetados con un número identificador que permanecerá oculto mientras se realiza la prueba.

Al paciente se le pide que elija 10 manojos y los ponga junto al color verde (anilla A).

Después, de los 30 restantes, escoger 5 de los que más se asemejen al color rojo (anilla C). Finalmente de los 25 restantes se eligen los 5 manojos que más se parezcan al color violeta (anilla B). Tras haber realizado esta parte de la prueba, se voltean las etiquetas para comprobar que la numeración sea correcta.



## **TRATAMIENTO**

No existe un tratamiento para el daltonismo congénito. Por lo general, el daltonismo no causa una discapacidad importante. Sin embargo, hay lentes de contacto y anteojos especiales que pueden ayudar a las personas con daltonismo a distinguir diferencias entre colores similares.

Se pueden hallar formas de compensar por el problema, como usar anteojos coloreados o del tipo que apantalla el brillo. El daltónico acaba por

acostumbrarse a prestar atención a detalles distintos que sí pueda reconocer, como la ubicación o el brillo para identificar lugares y cosas.

Este tipo de trastornos hacen que aprender y leer sea más difícil en niños, pero se los puede asistir asegurándonos de que sea diagnosticado correctamente lo más temprano en su vida posible e informando a los maestros del niño del problema, que no deberían intentar impedir que el niño se sienta en una ubicación en la que la luz no le moleste ni en utilizar tiza del color que el niño pueda ver.

La visión de la mayoría de las personas con este trastorno es normal en todos los demás aspectos y sólo precisan ciertos métodos de adaptación.

## IV. METODOLOGIA

Los métodos que utilizaremos para la fundamentación teórica son:

- **TIPO:** No Experimental
- **DISEÑO:** Transversal

### A. LOCALIZACION Y TEMPORIZACION

- La presente investigación se realizó en los estudiantes de las Unidades Educativas de las Parroquias Rurales del Cantón Guano - Provincia de Chimborazo

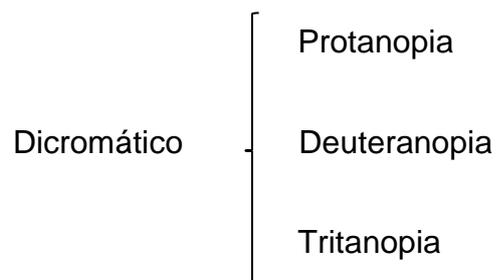
### B. VARIABLES

#### 1. Identificación

##### Características Generales

- Edad
- Sexo
- Año escolar

##### Alteraciones en la Percepción Cromática



## 2. Definición

**Edad:** Duración de la existencia de un individuo medida en años.

**Sexo:** Es una variable biológica y genética que divide a los seres humanos en dos posibilidades solamente: mujer u hombre. La diferencia entre ambos es fácilmente reconocible y se encuentra en los genitales, el aparato reproductor y otras diferencias corporales.

**Año Escolar:** Es el período del año en que los alumnos van a sus centros educativos.

**Alteraciones en la Percepción Cromática:** Las alteraciones de la visión cromática se deben a anomalías de los fotorreceptores retinianos, los cuales se encuentran los conos y bastones de la retina. Dichas alteraciones varían la percepción de los colores así como en los tonos se ven modificados.

1. **Dicromático:** Es un defecto moderadamente grave en el cual falta o padece una disfunción uno de los tres mecanismos básicos del color

- **Protanopia:** Consiste en la ausencia total de los fotorreceptores retinianos del rojo.
- **Deuteranopia:** Se debe a la ausencia de los fotorreceptores retinianos del color verde.
- **Tritanopia:** Es una condición muy poco frecuente en la que están ausentes los fotorreceptores de la retina para el color azul.

**C. OPERACIONALIZACION**

<b>VARIABLE</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>	<b>VALOR</b>
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>		
<b>Edad</b>	Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 – 8 años</li> <li>• 9 – 11 años</li> <li>• 12 – 14 años</li> <li>• 15 – 17 años</li> <li>• &gt;=18 años</li> </ul>
<b>Sexo</b>	Dicotómica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masculino</li> <li>• Femenino</li> </ul>
<b>Año Escolar</b>	Continua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segundo de Básica</li> <li>• Tercero de Básica</li> <li>• Cuarto de Básica</li> <li>• Quinto de Básica</li> <li>• Sexto de Básica</li> <li>• Séptimo de Básica</li> <li>• Octavo de Básico</li> <li>• Noveno de Básica</li> <li>• Décimo de Básica</li> <li>• Primero de Bachillerato</li> <li>• Segundo de Bachillerato</li> <li>• Tercero de Bachillerato</li> </ul>
<b>ALTERACIONES EN LA PERCEPCIÓN CROMÁTICA</b>		
<b>Dicromático</b>	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protanopia y Deuteranopia</li> <li>• Protanopia</li> <li>• Deuteranopia</li> <li>• Tritanopia</li> </ul>

## D. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

### **Según el tipo de estudio**

**Observacional:** Los estudios observacionales son estudios de carácter estadístico y demográfico, ya sean de tipo sociológico o biológico - estudios epidemiológicos- en los que no hay intervención por parte del investigador, y éste se limita a medir las variables que define en el estudio.

### **Según el tiempo**

**Transversal:** Es un tipo de estudio observacional y descriptivo, que mide a la vez la prevalencia de la exposición y del efecto en una muestra poblacional en un solo momento temporal; es decir, permite estimar la magnitud y distribución de una enfermedad o condición en un momento dado.

### **Según el diseño de la Investigación**

**Investigación no experimental:** Es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad. En este tipo de investigación no hay condiciones ni estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural.

## **E. POBLACION, MUESTRA O GRUPOS DE ESTUDIO**

- **Universo:** Todos los Estudiantes de las Unidades Educativas de las Parroquias Rurales del Cantón Guano - Provincia de Chimborazo

## **F. DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTOS**

- El primer paso fue solicitar el permiso de la Escuela de Medicina de la ESPOCH para poder evaluar a los estudiantes de las Unidades Educativas de las Parroquias Rurales del Cantón Guano - Provincia de Chimborazo
- Luego de haber solicitado y obtenido los permisos y autorizaciones pertinentes se determinó el cálculo de la muestra de forma aleatoria.
- Por medio del Test de Ishihara se procedió a valorar a todos los estudiantes, uno por uno siguiendo las recomendaciones para realizar este Test.
- Luego de haber aplicado a todos los estudiantes el Test de Ishihara se comenzó con la descripción de los hallazgos encontrados, y con la ayuda del programa Microsoft Office Excel se procedió a ordenar y clasificar la información obtenida para verificar el número de casos encontrados de la patología en estudio y analizar su relación con la ubicación de la población.
- Revisión de datos para evitar errores u omisiones
- Tabulación de los datos de los casos encontrados.
- Presentación de datos estadísticos en tablas de porcentajes en forma escrita y gráfica.
- Análisis e interpretación de resultados.

## V. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Una vez concluida la investigación, luego de haber realizado las encuestas y el Test de Ishihara se obtuvieron los siguientes resultados.

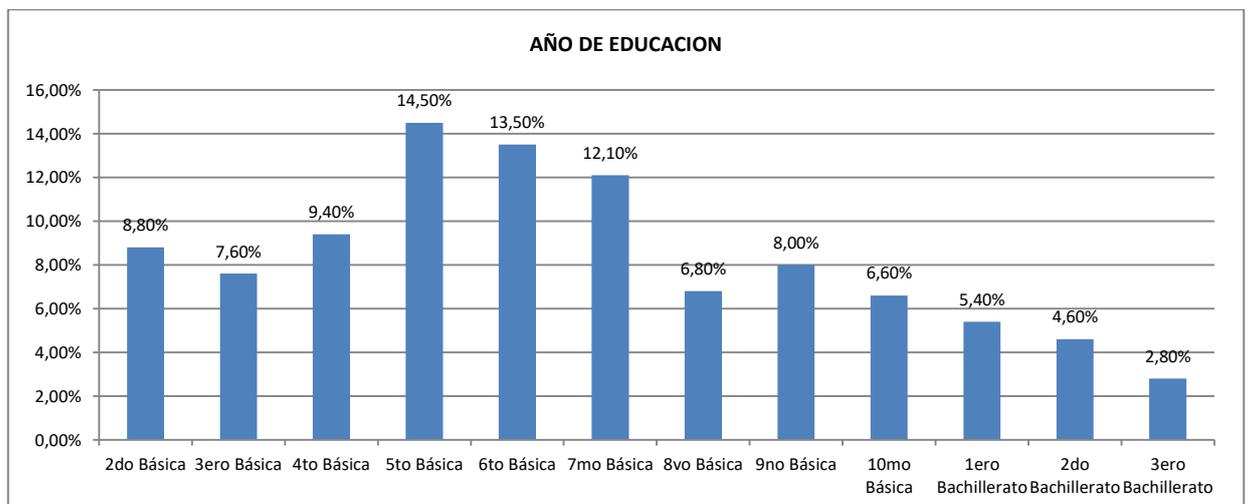
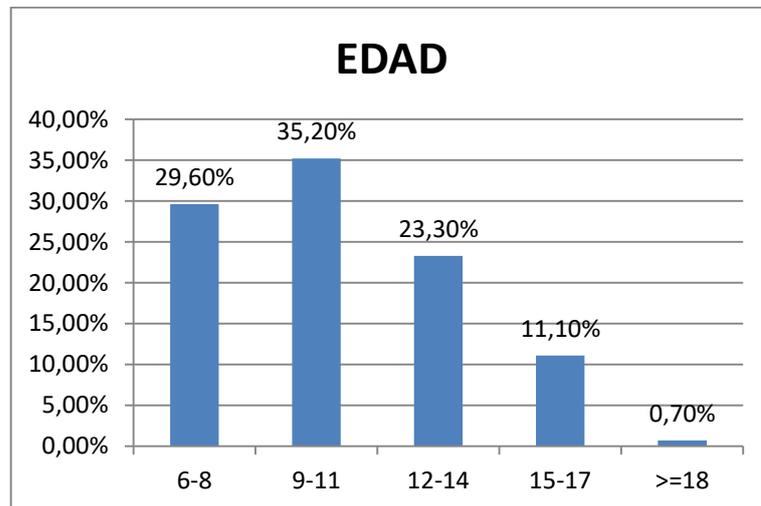
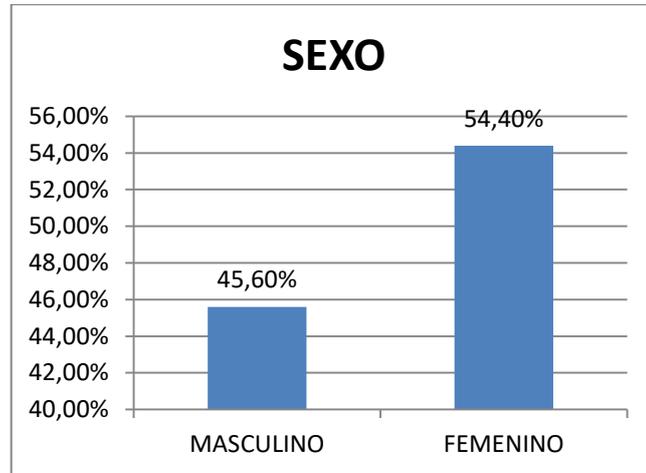
**TABLA 1: CARACTERIZACION DEL GRUPO DE ESTUDIO**

VARIABLE	NUMERO	PORCENTAJE
<b>SEXO</b>		
MASCULINO	431	45,6%
FEMENINO	514	54,4%
<b>EDAD</b>		
6-8	280	29,6%
9-11	333	35,2%
12-14	220	23,3%
15-17	105	11,1%
>=18	7	0,7%
<b>AÑO DE EDUCACION</b>		
2do Básica	83	8,8%
3ero Básica	72	7,6%
4to Básica	89	9,4%
5to Básica	137	14,5%
6to Básica	128	13,5%
7mo Básica	114	12,1%
8vo Básica	64	6,8%
9no Básica	76	8,0%
10mo Básica	62	6,6%
1ero Bachillerato	51	5,4%
2do Bachillerato	43	4,6%
3ero Bachillerato	26	2,8%
<b>TOTAL</b>	<b>945</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

## GRAFICO 1 CARACTERIZACION DEL GRUPO DE ESTUDIO



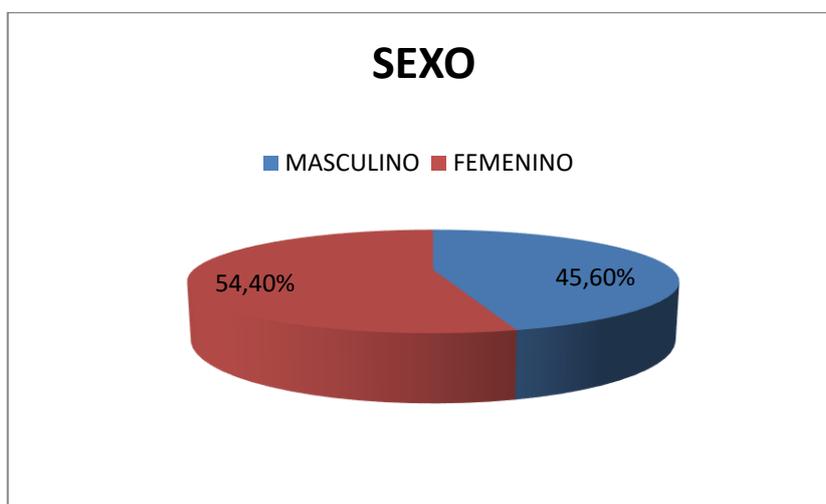
**TABLA 2: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO AL SEXO**

<b>SEXO</b>		
	<b>NUMERO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>MASCULINO</b>	431	45,6 %
<b>FEMENINO</b>	514	54,4%
	945	100,00 %

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 2: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO AL SEXO**



### **INTERPRETACION DE RESULTADOS**

La tabla anterior nos muestra la agrupación de estudiantes de acuerdo al sexo en la cual se puede evidenciar una proporción similar entre hombres y mujeres, en la que predomina el sexo femenino en un 54,4% en comparación con un

45,6% de estudiantes del sexo masculino. Este resultado es importante a la hora de determinar prevalencias de Daltonismo entre ambos géneros debido a que las alteraciones cromáticas congénitas según estudios ya nombrados con anterioridad demuestran que existe una mayor frecuencia de alteraciones en el género masculino que en el género femenino; por lo que es primordial contar con una población que presente similar o igual número de pacientes femeninos como masculinos.

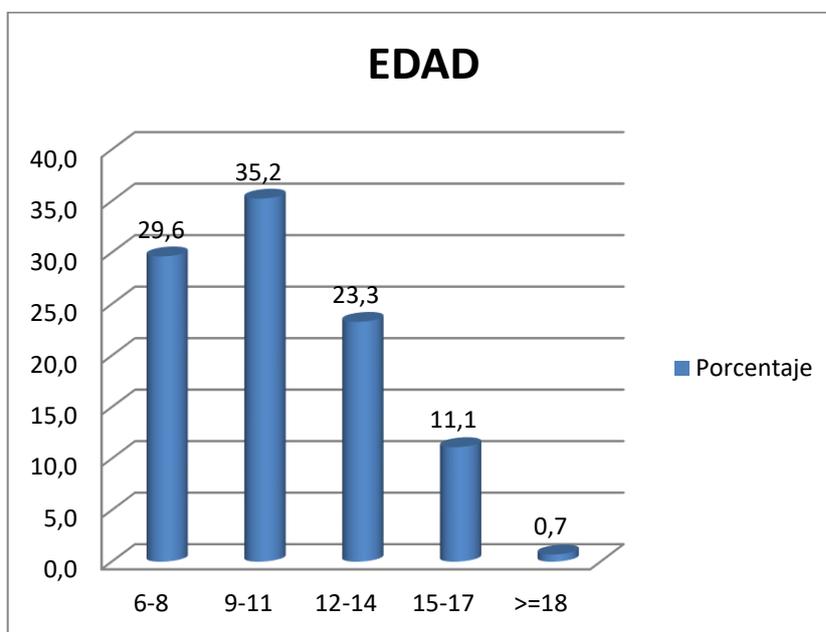
**TABLA 3: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO A LA EDAD**

<b>EDAD</b>		
	<b>NUMERO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>6 – 8</b>	280	29,6%
<b>9 – 11</b>	333	35,2%
<b>12– 14</b>	220	23,3%
<b>15 – 17</b>	105	11,1%
<b>≥ 18</b>	7	0,7%
	945	100%

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 3: DISTRIBUCION DEL GRUPO DE ESTUDIO DE ACUERDO A LA EDAD**



## **INTERPRETACION DE RESULTADOS**

La tabla anterior nos muestra la agrupación de estudiantes de acuerdo a los rangos de edad, el estudio cubrió edades entre 6 y 20 años el cual es un amplio margen, observamos que el mayor porcentaje es de 35,2% que corresponde a los niños en la escala de 9 – 11 años lo que determina que en el estudio se obtuvo la colaboración de pacientes con un grado cognoscitivo adecuado. Por lo que se evita errores de comprensión a la hora de realizar el Test de Ishihara. Seguido de un 29,6% que corresponde a la escala de 6 – 8 años, el 23,3% corresponde a la escala de 12 – 14 años, el 11,1% a la escala de 15 – 17 años y el 0,7% a los estudiantes de  $\geq 18$  años.

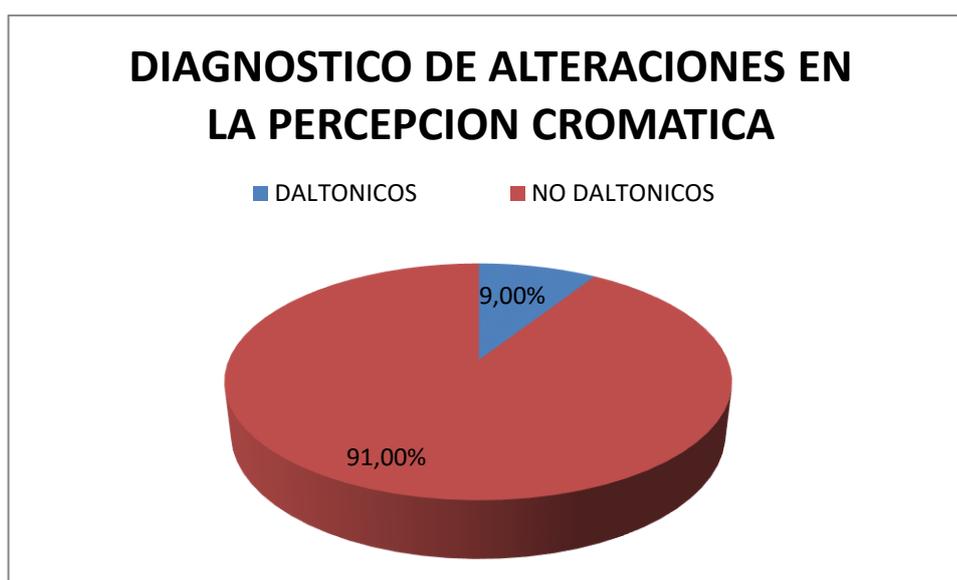
**TABLA 4: DIAGNOSTICOS DE ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA**

NUMERO DE DIAGNOSTICOS		
	NUMERO	PORCENTAJE
<b>DALTONICOS</b>	85	9,0%
<b>NO DALTONICOS</b>	860	91,0%
	945	100,00

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 4: DIAGNOSTICOS DE ALTERACIONES EN LA PERCEPCION CROMATICA**



**INTERPRETACION DE RESULTADOS**

La tabla anterior nos muestra que de un total de 945 estudiantes a los que se les realizó el Test de Ishihara el 9,0% corresponde a los casos de Daltonismo, lo que demuestra una gran minoría en comparación de los que resultaron negativos para el test que corresponde al 91,0%.

**TABLA 5: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO MASCULINO**

<b>DALTONISMO/HOMBRES</b>		
	<b>NUMERO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>Hombres Daltónicos</b>	59	13,69%
<b>Hombres No Daltónicos</b>	372	86,31%
	<b>431</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 5: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO MASCULINO**



**INTERPRETACION DE RESULTADOS**

En la tabla se puede observar que de un total de 431 estudiantes del género masculino a los que se les realizó el Test de Ishihara el 13,69% corresponde a los casos de Daltonismo, lo que demuestra un reducido porcentaje en comparación de los que resultaron negativos para el test que corresponde al 86,31%.

**TABLA 6: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO FEMENINO**

<b>DALTONISMO/MUJERES</b>		
	<b>NUMERO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>Mujeres Daltónicas</b>	26	5,06%
<b>Mujeres No Daltónicas</b>	488	94,94%
	<b>514</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 6: DISTRIBUCION DE DALTONISMO SEGUN EL GENERO FEMENINO**



**INTERPRETACION DE RESULTADOS**

La tabla anterior nos demuestra que de un total de 514 estudiantes del género femenino a quienes se les realizó el Test de Ishihara el 5,06% corresponde a los casos de Daltonismo, lo que demuestra un reducido porcentaje en comparación de los que resultaron negativos para el test que corresponde al 94,94% ya que

las mujeres son portadoras de dicha anomalía en la mayoría de los casos, por lo tanto la prevalencia de daltonismo en éstas es aún menor.

**TABLA 7: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO**

	SEXO/DALTONISMO				Total	%
	Si	%	No	%		
<b>MASCULINO</b>	59	6,2	372	39,4	431	45,6
<b>FEMENINO</b>	26	2,8	488	51,6	514	54,4
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>	<b>9,0</b>	<b>860</b>	<b>91,0</b>	<b>945</b>	<b>100,000</b>

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

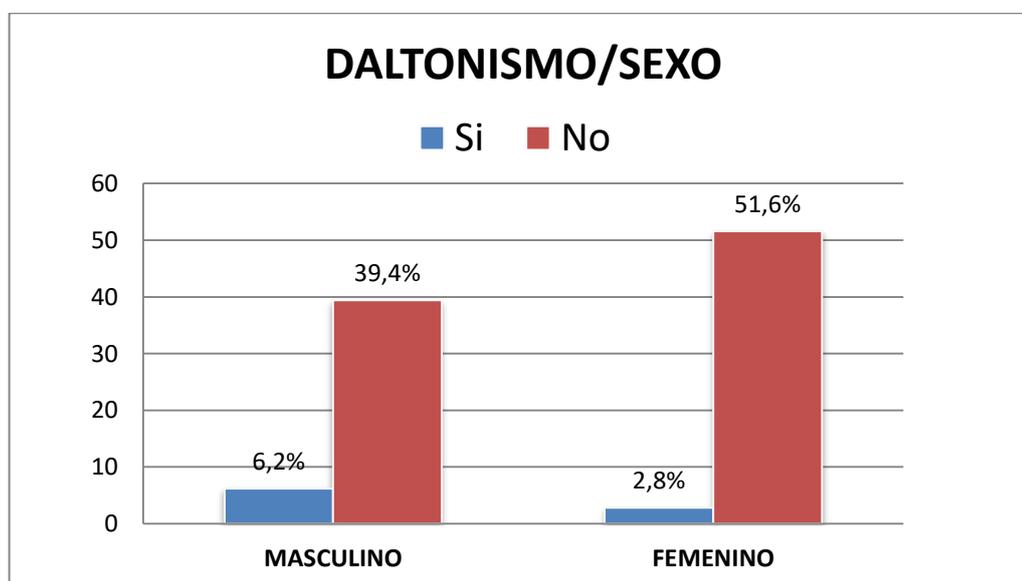
Elaboración: Alulema, M. (2014).

Chi – Cuadrado:  $X^2 = \sum (O - E)^2 / E$

$$X^2 = 2,17$$

$$X^2_{0,05 . 1} = 3,84$$

**GRAFICO 7: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO**



### INTERPRETACION DE RESULTADOS

La tabla anterior nos demuestra que la prevalencia en este punto se determina teniendo en cuenta la cantidad total de encuestados por género, de donde el 45,6% corresponde a los hombres, de los cuáles el 6,2% son Daltónicos. El género femenino corresponde al 54,4% de las cuales el 2,8% son Daltónicas; lo que nos demuestra que el mayor porcentaje de prevalencia es masculina a pesar de que la población total es minoritaria en comparación a la de las mujeres. En el cálculo del chi-cuadrado observamos que  $X^2$  experimental es menor que  $X^2$  crítica con 1 grado de libertad y una significancia de 0,05; por lo que se acepta la hipótesis nula, donde los casos de Daltonismo son independientes del género en el presente estudio.

**TABLA 8: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD**

	DALTONISMO/EDAD					
	SI	%	NO	%	TOTAL	%
6 - 8	30	3,2%	250	26,50%	280	29,60%
9 - 11	23	2,4%	310	32,80%	333	35,30%
12 - 14	20	2,0%	200	21,20%	220	23,30%
15 - 17	12	1,2%	93	9,90%	105	11,10%
≥ 18	0	0,0%	7	0,70%	7	0,70%
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>	<b>9,0%</b>	<b>860</b>	<b>91,1%</b>	<b>945</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

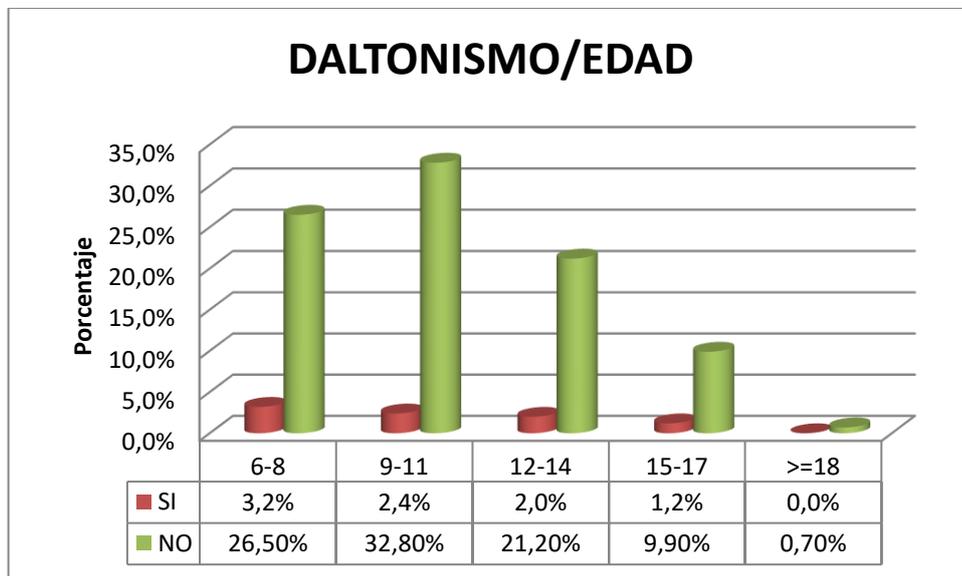
Elaboración: Alulema, M. (2014).

Chi – Cuadrado:  $X^2 = \sum (O - E)^2 / E$

$$X^2 = 3,77$$

$$X^2_{0,05 . 4} = 9,48$$

**GRAFICO 8: CASOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD**



### INTERPRETACION DE RESULTADOS

Observamos que teniendo en cuenta a todo el universo de estudiantes a quienes se les realizó el test de Ishihara, el mayor porcentaje de Daltónicos se encuentra

entre las edades de 6 – 8 años con el 3,2% demostrando que guarda relación con la prevalencia ya que no coincide con el mayor número de encuestados agrupados en dicha edad correspondiendo al 29,60%. Seguidos del 2,4% que corresponde al grupo de 9 – 11 años e igualmente representa el grupo más numeroso del presente estudio con el 35,30%. En el cálculo del chi-cuadrado se acepta que la hipótesis nula en la cual existe mayor probabilidad de que los casos de Daltonismo sean independientes de la edad, ya que la  $X^2$  experimental es menor que la crítica, con 4 grados de libertad y una significancia de 0,05.

**TABLA 9: DISTRIBUCION DE LOS CASOS DE DALTONISMO SEGUN EL SEXO EN RELACION CON LA EDAD**

DALTONISMO/SEXO Y EDAD						
	MASCULINO	%	FEMENINO	%	TOTAL	%
<b>6 -8</b>	19	22,4	11	12,8	30	35,2
<b>9 – 11</b>	14	16,5	9	10,6	23	27,1
<b>12 – 14</b>	16	18,7	4	4,8	20	23,5
<b>15 – 17</b>	10	11,8	2	2,4	12	14,2
<b>≥ 18</b>	0	0,000	0	0	0	0,0
<b>TOTAL</b>	59	69,4	26	30,6	85	100

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

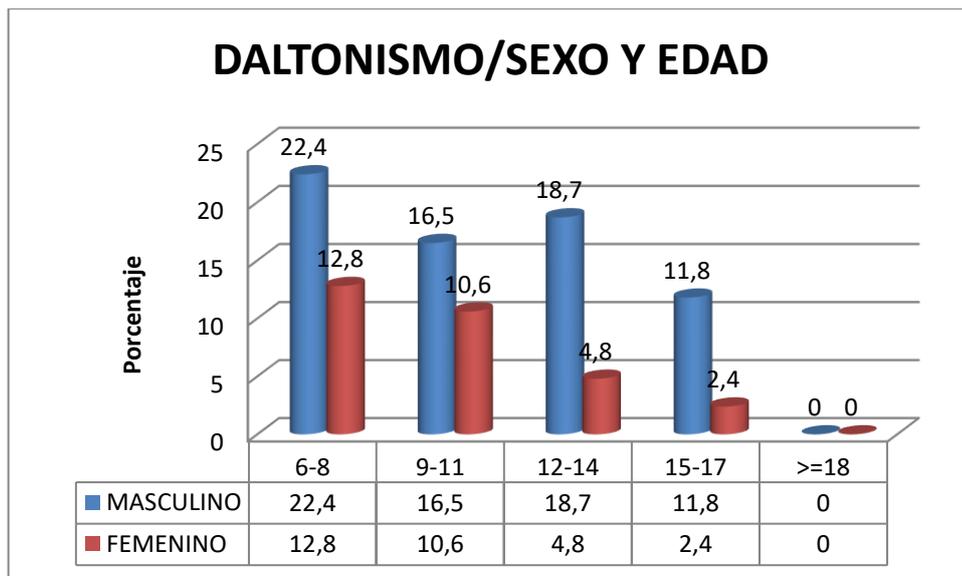
Elaboración: Alulema, M. (2014).

Chi – Cuadrado:  $X^2 = \sum (O - E)^2 / E$

$$X^2 = 3,56$$

$$X^2_{0,05 . 4} = 9,48$$

**GRAFICO 9: DISTRIBUCION DE LOS CASOS DE DALTONISMO SEGUN EL SEXO EN RELACION CON LA EDAD**



## **INTERPRETACION DE RESULTADOS**

Observamos que del total de estudiantes que según el test de Ishihara resultaron positivos para Daltonismo el mayor porcentaje de Hombres se encuentra en el grupo de edad entre 6 – 8 años con un 22,4% de prevalencia; y en el caso de las mujeres el mayor número de Daltónicas se encuentra en el mismo rango de edad con un 12,8% lo que nos indica hay relación entre el género y grupo etáreo debido a que coinciden con las edades de predominio en el estudio; así mismo se confirma que el mayor porcentaje de anomalía cromática se encuentra en el sexo masculino. En el cálculo de chi-cuadrado se demuestra que el género de daltónicos es independiente de la edad con  $X^2$  experimental de 3,56 con 4 grados de libertad y una significancia de 0,05.

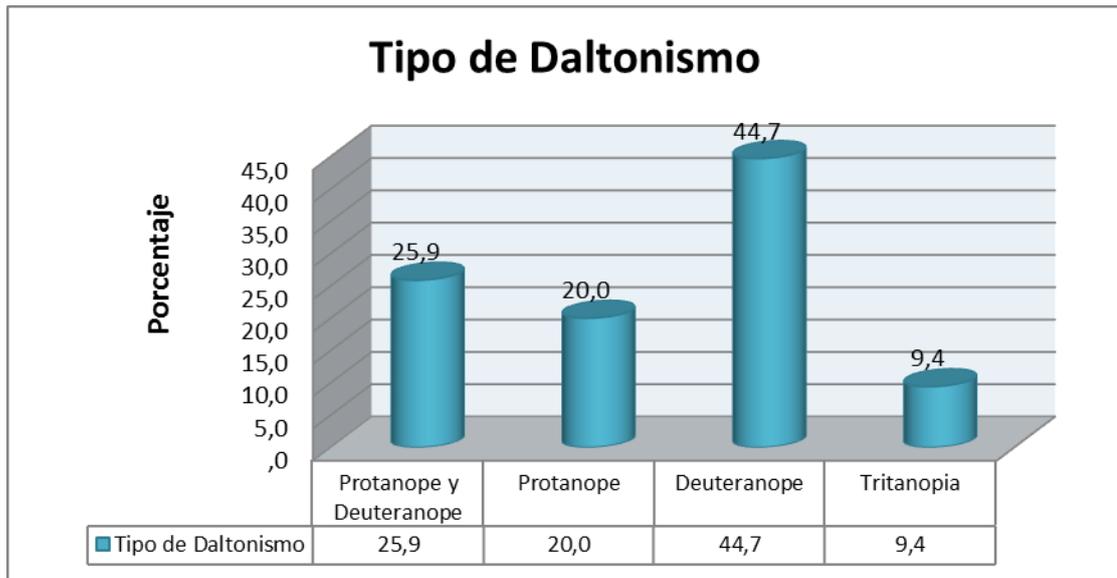
**TABLA 10: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN EL GRUPO DE ESTUDIO**

TIPO DE DALTONISMO		
	NUMERO	PORCENTAJE
Protánope	17	20,0%
Deuteránope	38	44,7%
Protánope y Deuteránope	22	25,9%
Tritanopia	8	9,4%
	85	100,00

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 10: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN EL GRUPO DE ESTUDIO**



**INTERPRETACION DE RESULTADOS**

La tabla anterior nos muestra que de un total de 85 estudiantes que resultaron positivos para Daltonismo según el Test de Ishihara, el mayor porcentaje corresponde a los casos Deuteranopes con un 44,7% lo que significa ausencia de los fotorreceptores retinianos del color verde. Observamos que los

Protanopes y Deuteranopes con un 25,9% lo que significa deficiencia para el Rojo-Verde, los Protanopes quienes tienen un porcentaje del 20% y los casos de Tritanopia con un 9,4%.

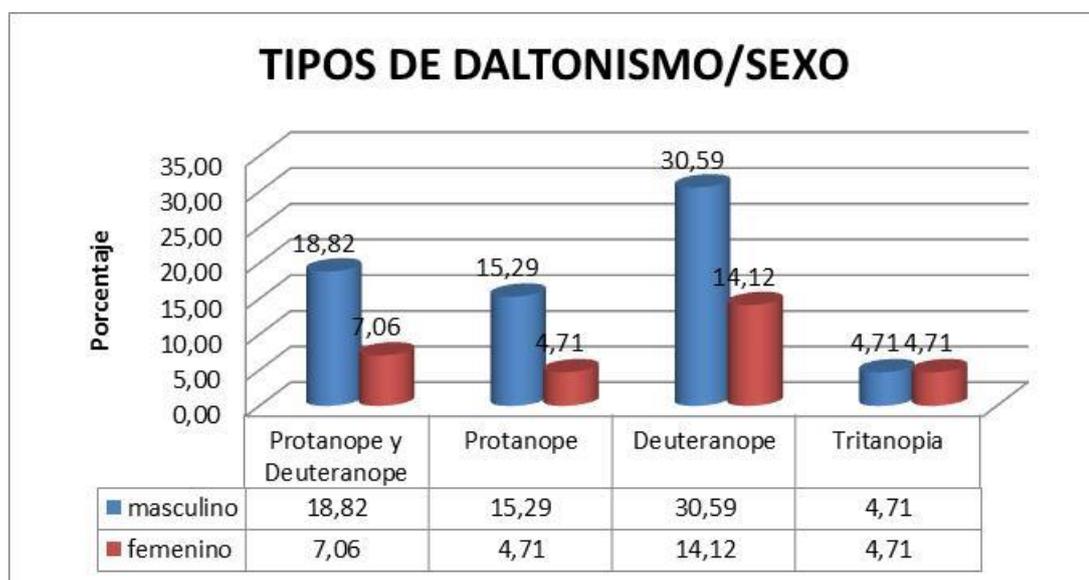
**TABLA 11: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO**

TIPOS DE DALTONISMO/SEXO						
	MASCULINO	%	FEMENINO	%	TOTAL	%
Protanope y Deuteranope	16	18,82	6	7,06	22	25,88
Protanope	13	15,29	4	4,71	17	20,00
Deuteranope	26	30,59	12	14,12	38	44,71
Tritanopia	4	4,71	4	4,71	8	9,41
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>69,41</b>	<b>26</b>	<b>30,59</b>	<b>85</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 11: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION AL SEXO**



### INTERPRETACION DE RESULTADOS

Observamos que de acuerdo a los tipos de alteraciones en la visión cromática, predomina el sexo masculino con deficiencia para el color verde con un 30,59%; seguido de las mujeres con deficiencia igualmente para el color verde en un 14,12%. Estos datos nos confirma que la prevalencia de las anomalías de color

es mayor y en los hombres siendo la más común la deficiencia para el color verde.

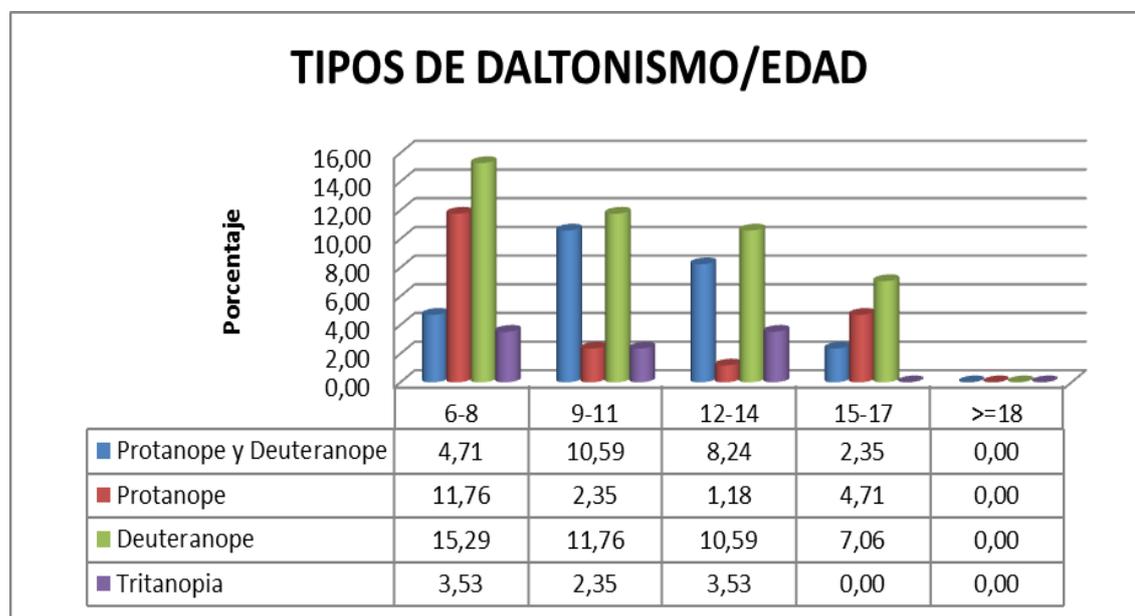
**TABLA 12: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD**

TIPOS DE DALTONISMO/EDAD										
Edad	Protanope y Deuteranope		Protanope		Deuteranope		Tritanopia		Total	
	Deuteranope	%	Protanope	%	Deuteranope	%	Tritanopia	%	Total	%
6-8	4	4,71	10	11,76	13	15,29	3	3,53	30	35,29
9-11	9	10,59	2	2,35	10	11,76	2	2,35	23	27,06
12-14	7	8,24	1	1,18	9	10,59	3	3,53	20	23,53
15-17	2	2,35	4	4,71	6	7,06	0	0,00	12	14,12
>=18	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>25,88</b>	<b>17</b>	<b>20,00</b>	<b>38</b>	<b>44,71</b>	<b>8</b>	<b>9,41</b>	<b>85</b>	<b>100</b>

Fuente: Encuestas y examen realizado a los estudiantes de las Unidades Educativas Parroquias Rurales de Guano (Abril – Septiembre 2014)

Elaboración: Alulema, M. (2014).

**GRAFICO 12: DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE DALTONISMO EN RELACION A LA EDAD**



### INTERPRETACION DE RESULTADOS

En la interpretación de la tabla anterior observamos que la anomalía más común son los Protanopes y Deuteranopes con el mayor porcentaje en el grupo de edad

entre 6 – 8 años que corresponde al 35,29%; seguidos del grupo de 9 – 11 años; confirmando esta mayoría en cada grupo mayoritario correspondientemente.

## VI. CONCLUSIONES

- Con el presente estudio podemos concluir que existe un considerable porcentaje de pacientes con Alteraciones en la percepción Cromática en los estudiantes que viven en la zona andina de la provincia Chimborazo.
- Al aplicar el Test de Ishihara se concluyó que el tipo de daltonismo más frecuente es la deficiencia para el color verde con el 44,7% seguido del 25.9% para la deficiencia al eje Rojo-Verde; 20.0 % sólo para el color Rojo; y un 9,4% para el color azul.
- La mayor prevalencia de Daltonismo en relación al sexo corresponde al masculino con el 6.2 % ( 59 casos ), femenino con el 2.8 % ( 26 casos ); afectando más al género masculino lo cual está en relación con la teoría de que ésta anomalía de la visión de color está ligada al cromosoma x en casos congénitos, siendo las mujeres en la mayoría de los casos sólo portadoras sin presentar manifestaciones
- El mayor porcentaje de casos encontrados con alteraciones en la percepción Cromática en este estudio fue a la edad de 6 – 8 años con un 3,2 % (30 casos); 9 - 11 años 2,4 % (23 casos); 12 – 14 años 2,0% (20 casos); 15 – 17 años 1,2 % (12 casos).
- Al terminar el estudio se concluye que existe falta de información acerca de esta alteración visual que si bien, no tiene por qué suponer ninguna desventaja para llevar una vida absolutamente normal, no obstante es importante diagnosticarlo cuando el niño es pequeño.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones de éste tipo, en localidades en las cuales no tienen acceso a información acerca de esta patología para generar conocimiento y ayudar a los estudiantes a desenvolverse en su entorno social.
- Se recomienda que los niños sean sometidos a exámenes visuales sobre todo a pruebas de colores, con el test de Ishihara el cual se puede aplicar a partir de los 6 años de edad, para una detección temprana de ésta anomalía, ya que estos estudiantes pueden presentar problemas en el aprendizaje, si no pueden seguir instrucciones que involucren colores.
- Recomendamos a los maestros y padres de familia prestar atención a los signos que orienten hacia la deficiencia de visión de colores ya que la detección precoz de la misma lleva a un tratamiento más eficaz si es a edades tempranas.
- Realizar una evaluación oftalmológica completa a los estudiantes que resultaron positivos para Daltonismo.
- Intervención de los Organismos de Salud en planteles educativos y centros de atención primaria de Salud de la Zona Rural de la Provincia para que se realice evaluaciones periódicas de Salud Visual.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Scherman, M. Away, M.** Prevalencia de anomalías visuales y patológicas oculares en una población pediátrica clínica. Journal of the American Optometric Association. 1996. [En línea]  
<http://es.wikipedia.org>  
2014-08-04
2. **Suero, M. Pérez, A. Pardo, J.** Investigación en visión del color y aplicaciones en el laboratorio de óptica de la Universidad de Extremadura. Sociedad Española de Óptica. 2007; 40(1). [En línea]  
<http://cienciauanl.uanl.mx>  
2014-08-09
3. **Guerra Romero, L.** La medicina basada en la evidencia: un intento de acercar la ciencia al arte de la práctica clínica. MedClin (Barc) 1996;107:377-382.
4. **Martines, A.** Oftalmología. Ed McGraw Hill Interamericana. España. 2010.
5. **Academia Americana de Oftalmología** Qué es el Daltonismo. Washington: AAO.2014 [en línea]  
<http://www.geteyesmart.org>  
2014 – 08 – 10
6. **José, K.** Problemas oftalmológicos más frecuentes en escolares. Editorial Sarvier. 1994.

7. **García, J.** EL DALTONISMO: Código de colores para daltónicos. The Color Add Color Identification System. 2010. [En línea]  
<http://daltonismogrupo19.blogspot.com>  
2014-08-11
  
8. **Jiménez, A. Martínez, B. Hinojosa, L.** Prevalencia de daltonismo en niños de escuelas públicas de México. UANL ciencia. Octubre 2013. [En línea]  
<http://cienciauanl.uanl.mx>  
2014-08-18
  
9. **Valero, Y.** Estudio Clínico Comparativo Entre El Test TC-COI con El Test de Ishihara. Bogotá: Universidad de la Salle. 2008 [en línea]  
<http://repository.lasalle.edu>  
2014 - 08 - 19
  
10. **Lebrija Vargas, J.** Visión Cromática en el Daltonismo. XIX Congreso de Investigación. España, 2010. [En línea]  
<http://www.acmor.org.mx>  
2014-08-25
  
11. **Solé, M.** Neurotoxicidad: Estudio de la visión cromática. Artículo Original. España, Valencia. 1999. [En línea]  
<http://www.insht.es>  
2014-08-26
  
12. **Franklin, W. Lusby, M.** Daltonismo. MedlinePlus, Revista Médica. California, La Jola, 2013. [En línea]  
<http://www.nlm.nih.gov>  
2014-08-20
  
13. **Delgado, J.** Detección de trastornos visuales. Revista de Pediatría. Atención Primaria. Madrid. 2006. 8; 2[en línea]  
<http://www.pap.es>  
2014-08 – 16

- 14. Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C. Baptista Lucio, P.** Metodología de la investigación. 2ª. ed. México: McGraw-Hill.1991
  
- 15. Hulley,S.B. Cummings,S.M. et.al.** Diseño de investigaciones clínicas. 3ª.ed. Barcelona: WoltersKluwer. 2007
  
- 16. Jovell Aj, Navarro-Rubio,M.** Evaluación de la evidencia científica. MedClin (Barc) 1995;105:740-743.

## IX. ANEXOS

### 9.1 FICHA PARA RECOLECCION DE DATOS

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

ESCUELA DE MEDICINA

1. EDAD:

2. SEXO:

\_\_\_\_\_ MASCULINO          \_\_\_\_\_ FEMENINO

3. AÑO ESCOLAR:

4. NUMERO OBSERVADO EN LA CARTILLA

1.	2.
3.	4.
5.	6.
7.	8.
9.	10.
11.	12.
13.	14.
15.	16.
17.	18.

Autora: ALULEMA, M. Tesista.

## 9.2 INTERPRETACION DEL TEST DE ISHIHARA

1. Visión normal: 12

Si no puede ver el 12 el problema es otro, porque todo el mundo puede ver este número.

2. Visión normal: 42.

Ceguera al color rojo, sólo verá el 2.

Ceguera al verde, sólo verá el 4.

3. Visión normal, verá el 73.

Daltónico, no verá ningún número.

4. Visión de color normal, verá el 74.

Ceguera al verde, verá el 21.

Completamente daltónico, no verá ningún número.

5. Visión normal, verás el 26.

Daltónico al rojo aparecerá un 6, si eres ligeramente daltónico al rojo verás un débil 2 también.

Daltónico al verde verá un 2, y si eres ligeramente daltónico al verde verás un débil 6 también.

Un protánope verá 6, 2, 5, 6. Un deuteránope 2, 4, 3, 9.

6. Visión normal: 6

Daltónico: nada

### 9.3 FOTOS

FOTO 1



INDICACIONES GENERALES

FOTO 2



EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES

FOTO 3



CENTRO DE INTERVENCION