



# **INFLUENCIA DEL COLOR EN EL TIEMPO DE REACCION**

Autores:

**Gentzane García Gil**

**Juanjo Tavera Cano**

**Vanessa Liras Caudet**

Directora:

**Pilar Plou Campo**

Co-director:

**Agustín Meléndez**

Colaboradores

**Antonio Carrillo**

MASTER CLINICO en OPTOMETRIA y ENTRENAMIENTO VISUAL

Junio de 2004

## **Agradecimientos**

En primer lugar, nuestros más sinceros agradecimientos a nuestra directora de proyecto, la Dra. Pilar Plou, por habernos guiado y ayudado. Gracias por todos los conocimientos que nos has transmitido sin los que no hubiera sido posible la realización de este trabajo. Sentimos los nervios que te hemos hecho pasar y esperamos no haberte defraudado.

A Agustín Meléndez, co-director de este proyecto, por facilitarnos las instalaciones del I.N.E.F. y la colaboración de sus alumnos.

De igual forma al profesor Antonio Carrillo, por su inestimable aportación en el análisis estadístico.

Gracias a los profesores. A ti Marta, porque sabemos que desde el primer momento has confiado en nosotros y en nuestro trabajo. A Beatriz Nácher y Carmen Hinojosa por vuestro apoyo incondicional en estos duros meses.

Y por supuesto no podemos olvidarnos de ti, M<sup>a</sup> Jose, una amiga que siempre ha tenido una sonrisa para todos nosotros.

A todos y a cada uno de nuestros compañeros de clase, gracias por haber estado ahí en todo momento y haber compartido tantos buenos ratos.

A nuestros amigos Ille y Ferran, sobre todo por vuestro apoyo y los ánimos desde el principio, y por vuestros consejos informáticos a cualquier hora del día.

Por supuesto, a los que más lo tenemos que agradecer es a nuestros padres y familiares. Gracias por habernos dado una oportunidad como esta.

## Índice

1. Introducción	
1.1. Introducción .....	1
1.2. Contexto	
1.2.1. Agudeza visual .....	2
1.2.2. Sensibilidad al contraste .....	5
1.2.3. Color .....	7
1.2.4. Retina y color .....	16
1.2.5. Tiempo de reacción .....	18
1.2.6. Percepción consciente y tiempo de reacción .....	22
2. Hipótesis y objetivos .....	23
3. Parte experimental	
3.1. Introducción .....	24
3.2. Material y métodos .....	24
3.3. Resultados .....	32
4. Discusión .....	56
5. Conclusiones .....	58
6. Bibliografía .....	59

# **Influencia del color en el tiempo de reacción**

## **1. Introducción.**

### **1.1. Introducción.**

Es sabido que los colores tienen una gran importancia en distintos ámbitos de la vida, uno de ellos es el deportivo. Por ello el objetivo de la realización de este trabajo es llegar a determinar que color se distingue con mayor facilidad, en este caso, enfocado a la influencia en el deporte.

En muchos deportes el color del móvil, terreno de juego u otros elementos incluidos en la práctica de una determinada disciplina, no han sido escogidos al azar, sino que previamente fueron seleccionados tras un cuidadoso estudio para facilitar su detección y localización.

Una clara muestra de ello son las pelotas de tenis que al ser un objeto de dimensiones reducidas, poseen un llamativo color amarillo para su mejor visualización.

Otro caso en el que se observa este detalle es en el fútbol, donde no siempre es utilizado el balón blanco y negro. Ante la presencia de nieve en el campo de juego se opta por un cambio en el color del balón pasando a ser naranja.

El interés de este trabajo radica en saber si realmente existe una diferencia notable en la interpretación de la información visual en función del color y el tiempo con los que se presenta. El debate se centra principalmente en dos colores, el rojo y el negro. El primero utilizado, normalmente, para llamar nuestra atención, como por ejemplo las señales de peligro y, el segundo para la impresión de libros de textos, gráficos, periódicos...

## **1.2. Contexto.**

A continuación pasamos a describir unos conceptos que creemos necesarios para la comprensión de este estudio.

### **1.2.1. Agudeza visual.**

La agudeza visual es un término amplio que designa la capacidad del sistema visual para detectar cambios espaciales. Es decir, se refiere a la propiedad de resolver puntos separados y reconocer formas. La agudeza visual está limitada por todos los procesos ópticos y neurológicos que la preceden. Esto se debe a que la formación de imágenes retinianas no es perfecta y por tanto su función está limitada por la difracción producida por la pupila, la aberración de las superficies refractadas y la dispersión intraocular de la luz.

Por otro lado, el tamaño de los fotorreceptores limitará a su vez la agudeza visual, al igual que el procesamiento de la información.

En relación con la agudeza visual está la visión, definida como la función que se realiza sin ningún tipo de corrección a diferencia de la agudeza visual, ya que ésta se mide para indicar la función una vez corregida. El rendimiento visual se determinará mediante diferentes optotipos a una distancia normal (generalmente tres metros). Tanto la distancia como el método de examen irán en función de la agudeza visual del paciente. Si ésta está muy reducida sólo se le pedirá al paciente si es capaz de contar dedos o percibir la luz.

Conocer la agudeza visual de nuestros pacientes fue necesario, puesto que la prueba principal del estudio requería una mínima agudeza visual para poder discriminar correctamente los números presentados. Y así evitar

falsear los resultados.

*Resolución.*

La imagen que forma el ojo de un punto no es una imagen puntual sino un círculo borroso. El diámetro de éste dependerá del diámetro de la pupila, del grado de aberración y del enfoque. La óptica ocular podrá resolver dos puntos de un mismo objeto si los círculos borrosos no se superponen. Por el contrario, si estos se localizan muy próximos acabaran superponiéndose. El poder de resolución del sistema óptico se basa en la separación de dichos puntos del objeto y se expresa como la relación entre la separación de los puntos y la distancia desde el ojo.

*Luminancia y contraste.*

La luminancia afecta en gran modo a la agudeza visual. A mayor luminancia mayor agudeza visual. Esto se comprueba simplemente observando objetos grandes en la oscuridad, ya que a pesar de su tamaño no es fácil distinguirlos a no ser que nos acerquemos. La luminancia mínima que se ha preestablecido para los optotipos a raíz de la forma de la función agudeza-luminancia es de 120 cd/ m<sup>2</sup>.

El contraste se puede definir como la luminancia relativa del objeto con respecto al fondo. Y lo expresaremos como la diferencia entre la luminancia de fondo y la del objeto dividida entre la luminancia del fondo. Existen diferentes opiniones respecto al nivel mínimo de contraste para los optotipos. Según Sloane (1951) es de 0.84, en cambio según las normas británicas BS 4274 (1968) es de 0.9. En la práctica es difícil obtener contrastes más altos.

*Optotipos.*

Los optotipos son los tests utilizados para medir la agudeza visual.

Existen distintos tipos y diseños adaptados a la edad del paciente y al nivel sociocultural. Todos los optotipos han de tener en común una serie de parámetros para que las medidas de agudeza visual se puedan comparar entre si. Estos parámetros son los siguientes: la selección de las letras, el espaciado entre ellas, la graduación de sus tamaños y la luminancia del optotipo. Cualquier pequeña variación en uno solo de estos parámetros provocaría una medida diferente de agudeza visual.

Los diferentes optotipos pueden estar contruidos con diferentes letras, con la misma letra en cuatro posiciones distintas o con figuras. Los tests que contienen figuras o una sola letra con diferentes orientaciones son ideales para los casos en que el paciente es un niño o no esta familiarizado con el alfabeto. Como por ejemplo el optotipo de Lea, la E de Snellen o la C de Landolt.

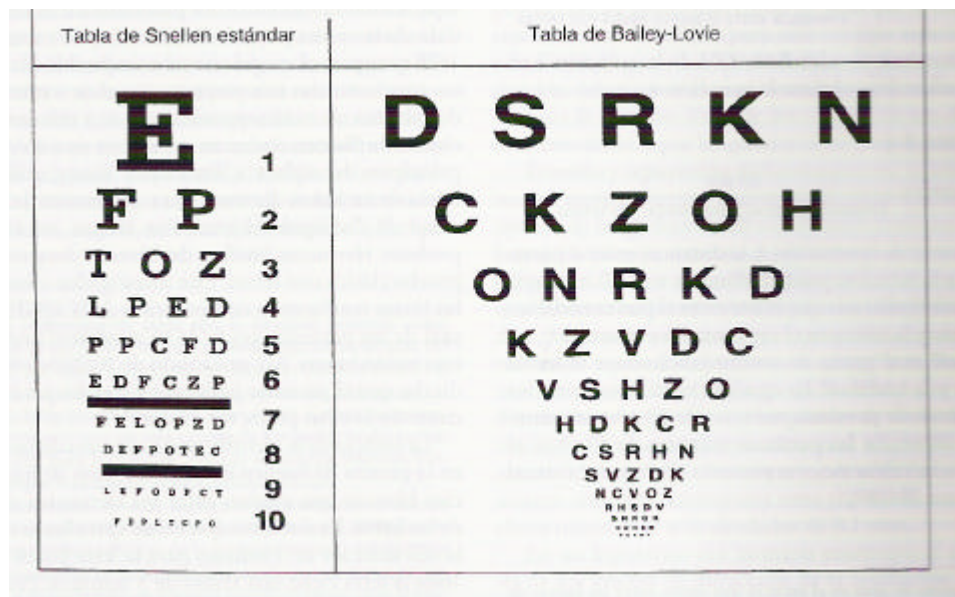


Ilustración 1

Otro tipo de optotipos son los bicromáticos. Estos están formados por símbolos negros sobre un fondo verde y rojo y se basan en que la distancia



focal del ojo es mayor para la luz roja que para la verde y por lo tanto, las figuras negras se verán enfocadas en diferentes planos. Un ojo miope siempre verá más negras las figuras sobre fondo rojo y un ojo hipermetrope las de fondo verde. Por lo tanto, de esto se concluye que un ojo bien enfocado verá las figuras de ambos lados igual de negras.

### **1.2.2. Sensibilidad al contraste.**

El contraste es un parámetro imprescindible para la detección de los bordes y todo borde es analizado en componentes de ondas sinusoidales.

Otro parámetro a tener en cuenta es el umbral de contraste que se define como la cantidad necesaria de contraste para poder detectar una red. Su valor recíproco se conoce como la sensibilidad al contraste. El umbral de la función de sensibilidad al contraste espacial (CSF), definido como la gráfica que muestra la cantidad de contraste necesaria para detectar redes de distinta frecuencia espacial.

La CSF umbral nos revela diferentes aspectos como:

- para poder detectar detalles finos se necesita más contraste que para los gruesos, ya que la sensibilidad es adecuada para las frecuencias más bajas, pero se reduce a medida que ésta aumenta.
- los bordes nítidos contienen siempre frecuencias altas, por lo tanto, se precisa más contraste para reconocerlos que para detectar simplemente donde se localizan.
- para facilitar la detección de todas las frecuencias la luminancia media debe ser alta. Aquí radica la importancia de una buena iluminación para la visión.
- a partir de la sensibilidad al contraste podemos estimar la agudeza visual, aunque dicha afirmación no

se cumple a la inversa.

- la forma más eficaz de medir la sensibilidad al contraste es mediante redes verticales de ondas sinusoidales. Se estipularon las direcciones verticales o con ligera inclinación a la derecha o izquierda porque la sensibilidad es mayor.

Los tests de sensibilidad al contraste son de gran ayuda en conocimiento de las condiciones reales de visión de los pacientes. En cambio la medida de la agudeza visual no cumple esta premisa ya que un optotipo normal presenta letras negras sobre fondo blanco y esto no se asemeja a condiciones habituales de la visión de los individuos.

El test de sensibilidad al contraste es muy sencillo de realizar. Se presenta en un cuadro de cinco filas y ocho columnas en series de círculos grises. Estos círculos presentan unas líneas más oscuras orientadas en vertical hacia la derecha o izquierda con diferentes separaciones, es decir, con diferentes frecuencias. Otro test de sensibilidad al contraste en el que además interviene la agudeza visual es el *Mentor* (utilizado en el trabajo de investigación descrito posteriormente).

La proyección de los estímulos de diferentes colores sobre fondo blanco daba como resultado un contraste diferente para cada uno de ellos. Por lo que fue imprescindible que todos nuestros pacientes presentaran una buena sensibilidad al contraste.

#### *Especificación de la información visual.*

La imagen que percibe la retina es un patrón de distintas longitudes de onda de la luz e intensidades que varían a cada momento. Tanto la variaciones espaciales y temporales de la imagen aportan la información

necesaria para el procesamiento visual. Para ver un objeto, concretamente sus bordes, su luminancia o distribución de colores de ser diferente a la del fondo. Definiremos la luminancia como la cantidad de luz que incide sobre un punto (iluminación) y de la cantidad reflejada (reflectancia), pero bajo la condición que el punto no sea un foco de luz. Por tanto, las variaciones de la luminancia espacial dependerán de los cambios de iluminación, reflectancia y tipos de sombra. Si se producen cambios teniendo estos parámetros constantes, estarán en función de las irregularidades de la textura de la superficie o curvatura. Para percibir con exactitud la intensidad de la luz o los colores de las superficies es importante conocer si el cambio de la luminancia es debido a diferencia de luminancia o reflectancia. Los bordes se definen por:

- Contraste: magnitud del cambio de luminancia entre dos puntos de la imagen, es decir, determinará la facilidad con la que podremos ver el borde.
- Frecuencia espacial: escala en la que ocurren los cambios de luminancia de la imagen. Por lo tanto, los detalles finos y las texturas se asociarán a las frecuencias espaciales altas y los detalles grandes o sombras sobre una superficie a las bajas.

De todo esto concluimos que si se modifica el contraste o la frecuencia espacial también varía el gradiente de luminancia del borde. Los gradientes de luminancia abruptos darán como resultado bordes nítidos y, los gradientes más finos, bordes borrosos.

### **1.2.3. Color.**

El ojo humano puede percibir alrededor de 8000 colores y matices en un único nivel de luminancia. Sin embargo, la visión de los colores va a depender de las propiedades de los objetos así como de la absorción de las

radiaciones espectrales de los fotorreceptores visuales y el circuito neuronal entre el ojo y el cerebro.

La información cromática se transmite por las células ganglionares al cuerpo geniculado lateral, encontrando que pueden existir señales neuronales opuestas basadas en interacciones lineales entre los tres tipos de fotorreceptores. Existen dos tipos de fotorreceptores los cuales forman la primera neurona del sistema visual. Distinguimos entre conos y bastones. Los primeros serían los responsables de la visión cromática en visión fotópica y mesópica situados en retina central.

Se diferencian tres tipos de conos, protán, deután, y tritán (rojo, verde, azul.) que se denominan colores primarios, ya que ninguno de ellos puede ser obtenido por la mezcla de los anteriores.



Ilustración 2

El color presenta las siguientes propiedades que pasamos a describir:

- Tono: es la sensación visual que permite caracterizar un color como verde, rojo, púrpura o naranja.

- Colorido: atributo de la sensación visual por el cual un campo parece tener más o menos color.
- Luminosidad: sería la sensación por la cual un campo parece tener más o menos cantidad de luz.
- Saturación: es el colorido de un campo juzgado en proporción a su luminosidad.
- Claridad: la definiríamos como la luminosidad de un campo igualmente iluminado que se percibe como blanco.
- Croma: es el colorido de un campo juzgado en proporción a la luminosidad de un campo igualmente iluminado que se percibe como blanco.
- Constancia: es la característica por la cual los colores cambian poco cuando son observados bajo distintas condiciones de iluminación (Helmholtz).

Hay que tener en cuenta que la percepción del color no sólo depende de las propiedades anteriormente mencionadas sino también del sistema visual que recoge la información, por lo que cada persona tendrá una manera diferente de percibir el color.

#### *Defectos al color.*

La visión del color se comporta de manera similar en todas las personas, lo que se define como observador tricrómata a aquellas personas sin ninguna alteración, que son capaces de igualar un color por la mezcla de los tres colores primarios.

Sin embargo, existen personas con alteraciones cromáticas que refieren ver por igual colores que un observador normal vería diferentes; esto significa que necesitarían una mayor cantidad de uno de los colores primarios y que denominamos tricrómatas anormales o anómalos. La

clasificación sería: protanómalo, deuteranómalo, tritanómalo. Los dos primeros caracterizados por una deficiencia al rojo-verde y el tercero por una deficiencia azul - amarillo.



Ilustración 3

Otro tipo de anomalía es la denominada discromatopsia. Este tipo de personas son capaces de igualar todos los colores que pueda percibir con una mezcla de sólo dos colores y se conocen con el nombre de protanope, deuteranope y tritanope, según el color que tenga alterado.

Y por último nos encontramos los acrómatas que son personas que realizan igualaciones de todos los colores con solo un haz de luz de cualquier longitud de onda en proporciones convenientes. Refieren ver todo en blanco gris y negro. Este término de acromatopsia no es del todo sinónimo a monocromatismo, ya que tiene el matiz de indicar ceguera al color cuando es por una causa cortical.

El monocromatismo de bastones (más común), refiere una agudeza visual disminuida, pudiendo llegar incluso hasta 0.1., y llevando asociado los siguientes síntomas y signos: fotofobia, nistagmus pendular y ausencia del efecto Purkinje.

Según ciertos estudios, refieren que este tipo de personas contienen menor cantidad de conos que de bastones, y de forma diferente a las personas de visión cromática.

También existe el monocromatismo de conos (menos común), en el cual el efecto Purkinje y su agudeza visual son normales. Se debe a una alteración en los fotopigmentos de algunas personas.

Todos estos tipos de anomalías pueden ser adquiridas o congénitas y será muy importante diferenciarlas.

En la mayoría de los casos cuando es congénita suele ser estable a lo largo de toda la vida y no tienen porque estar acompañado de otras patologías o alteraciones. Suele ser debido a alteraciones en el cromosoma X de carácter recesivo, por lo tanto suele ser mas frecuente en hombres que en mujeres. Para que una mujer presentara una alteración al rojo-verde seria necesario que los dos cromosomas X posean el mismo gen que aporte la anomalía. Suele ser bilateral y ambos ojos por iguales, rara vez confunden los colores, y las funciones visuales suelen ser normales.

Esta deficiencia suele es debida a un fallo o ausencia en los fotopigmentos, que puede ir desde la alteración en uno de los fotopigmentos denominado tricrómata anómalo, en dos fotopigmentos denominado dicrómata, o en uno o en todos ellos, monocrómata, como ya hemos explicado anteriormente.

En cuanto a la anomalía amarillo-azul también posee un factor genético, aunque se comporta de diferente manera, ya que ésta afecta más a mujeres que a hombres.

Por otro lado, las adquiridas suelen dar mayores problemas, debido a que éstas suelen derivar de algún tipo de patología, trauma, efectos secundarios de ciertos fármacos o drogas y a la exposición a toxinas químicas.

Su diagnóstico precoz es fundamental para evitar complicaciones e incluso lesiones, además ayuda en el control del tratamiento. Presentando las siguientes características:

Generalmente son unilaterales con afectación mayor en un ojo, presentan un defecto al azul-amarillo, afectan tanto a hombres como a mujeres, pueden llevar alteradas otras funciones visuales, con el transcurso del tiempo suelen empeorar y normalmente confunden colores.

Según el tipo de deficiencia al color podemos realizar la siguiente clasificación:

#### 1. Alteración al rojo-verde:

Presenta una alteración a lo largo del eje rojo-verde, una disminución de agudeza visual., cambios en la luminosidad fotópica que acaba afectando a la luminosidad escotópica.

#### 2. Alteración al rojo-verde:

En este tipo de alteración nos encontramos una alteración pudiendo ser moderada o severa a lo largo del eje rojo-verde, con una pérdida leve en azul- amarillo, sin embargo no se encuentra cambios en la luminosidad.



Esta deficiencia se asocia a lesiones del nervio óptico, como puede ser neuritis óptica o atrofia óptica

### 3. Alteración al azul-amarillo:

Hay una alteración progresiva a lo largo del eje azul-amarillo, con una disminución de agudeza visual. Se asocia a cambios en los medios oculares relacionados con la edad, como en el cristalino, coroides, degeneración macular senil, lesiones en la vía óptica por encima del quiasma y glaucoma.

*Enfermedades oculares y fármacos asociados con alteraciones en la visión cromática.*

#### ➤ Enfermedades

- Defecto al rojo-verde:
  - ◆ Neuritis óptica
  - ◆ Papilitis
  - ◆ Atrofia óptica de leber
  - ◆ Ambliopia toxica
  - ◆ Lesiones en el nervio y en la vía óptica
  - ◆ Distrofia macular cistoidea dominante
  - ◆ Degeneración macular juvenil hereditaria
  - ◆ Fundus flavimaculatus
  
- Defecto al azul-amarillo:
  - ◆ Glaucoma
  - ◆ Diabetes
  - ◆ Desprendimiento de retina
  - ◆ Degeneración macular asociada a la edad
  - ◆ Coreorretinitis
  - ◆ Retinopatía serosa central

- ◆ Papiledema
- ◆ Atrofia óptica hereditaria autosómica dominante
  
- Fármacos
  - Defecto al rojo-verde:
    - ◆ Antidiabéticos orales
    - ◆ Fármacos utilizados en el tratamiento de la tuberculosis
  
  - Defecto al azul-amarillo:
    - ◆ Eritromicina
    - ◆ Indometacina
    - ◆ Trimetadine
    - ◆ Derivados de la cloroquina
    - ◆ Derivados de las fenotiacinas
  
  - Defectos al rojo-verde y/o azul-amarillo:
    - ◆ Etanol
    - ◆ Glucosidos digitálicos
    - ◆ Anticonceptivos orales

*Evaluación de la visión de color.*

Existen diferentes tipos de tests que se pueden clasificar en:

1. Pruebas de detección o screening, que nos sirven para una identificación rápida.
2. Tests de discriminación.
3. Tests de visión cromática o anomaloscopios.

1. Las pruebas de detección o screening se realizan en dos o tres minutos, es muy fácil de realizar incluso en niños.

Los más comunes, son unas láminas pseudoisocromáticas. También existen unos tests que se basan en la comparación entre dos colores, aunque sus resultados no son muy buenos.

Las láminas pseudoisocromáticas son sobre todo para detectar anomalías congénitas al rojo-verde y hay algunas que incluyen láminas para las alteraciones azul-amarillo.

Son unos círculos de diferentes colores sobre un fondo que forman figura, dibujo o número.

Las más usadas son las láminas de Ishihara, que consisten en 38 láminas, de las cuales 25 primeras representan números, y las otras 13 restantes son unos caminos, más usadas para niños.

Ciertas láminas sólo pueden ser leídas por personas con alteración al rojo-verde.

Existen otras versiones de este test, que contienen un número inferior de láminas, aunque de menor eficacia y sensibilidad.

Esta prueba está considerada por diferentes autores, como la mejor prueba pseudoisocromática. Aunque no detecta alteraciones tipo tritán.

La seguridad de detectar una anomalía congénita es del 90-95%, no presentando tantos buenos resultados cuando se trata de anomalías adquiridas.

2. Dentro de las pruebas de discriminación cromática., se encuentran unos tests que se basan en presentar al paciente una serie de piezas de diferentes colores las cuales tiene que ordenar a partir de una pieza base.

Uno de los más usados es el Farnsworth-Munsell.

Uno de los inconvenientes de estos test es el tiempo que requieren, ya que es una prueba complicada.

3. Los anomaloscopios o pruebas de visión cromática, requieren un equipamiento complicado y suelen utilizarse de manera experimental en trabajos de investigación.

#### **1.2.4. Retina y color**

La retina es una delgada lámina compuesta por 6 tipos neuronales: fotorreceptores, células horizontales, células bipolares, células amacrinas, células interplexiformes y células ganglionares.

Los fotorreceptores están formados por un conjunto de células muy especializadas cuya función principal es la de convertir la luz en señales nerviosas, este proceso se denomina fototransducción. Los fotorreceptores se pueden dividir en dos tipos: conos y bastones.

Bastones: su función principal consiste en la visión con luz tenue. Existen alrededor de 92 millones, y están distribuidos por toda la retina exceptuando foveola (zona de máxima agudeza visual).

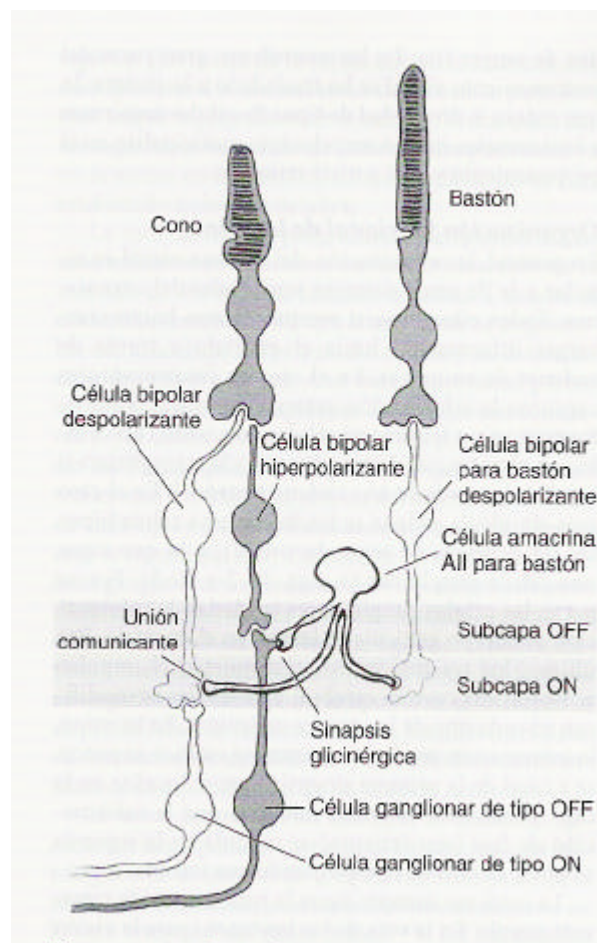


Ilustración 4

Conos: son los responsables de la luz brillante. Existen alrededor de 5 millones los cuales se encuentran principalmente en retina central. Están formados por 3 tipos diferentes de opsinas sensibles a 3 zonas distintas del espectro visible:

**Rojo:** máximo de absorción a 588 nm.

**Verde:** máximo de absorción a 531 nm.

**Azul:** máximo de absorción a 420 nm.

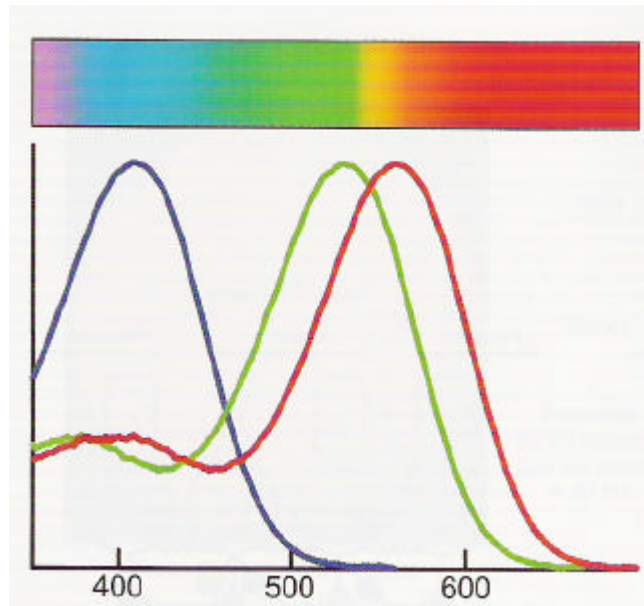


Ilustración 5

En la foveola se encuentran fundamentalmente los conos sensibles a luz verde y roja, no existiendo conos sensibles al azul en la región central de la foveola.

La proporción de los 3 tipos de conos sensibles al rojo, verde y azul sería de 32/16/1 respectivamente, por esto es razonable pensar que el máximo de sensibilidad se encuentre situado en la zona de los rojos.

### 1.2.5. Tiempo de reacción.

*Zatsiorskiy* (URSS) lo definió como “el menor tiempo que un sujeto tarda en reaccionar a un estímulo y es igual al llamado tiempo latente”. En relación con estos dos conceptos parecen existir ciertas discrepancias entre diferentes autores.

Para *Nöcker*, “es el tiempo que transcurre desde la recepción del impulso hasta que se produce una reacción consciente y voluntaria”.

Para *Thörner*, “el tiempo de reacción comprende la porción de tiempo que transcurre entre una excitación sensorial y el movimiento muscular volitivo que le sigue”.

*Steimbach* considera el tiempo de reacción como “la porción de tiempo que separa una señal dada del comienzo de un movimiento de reacción no sólo acordado”.

Como observamos, estas definiciones sobre el tiempo de reacción se corresponden con el tiempo latente de *Zatsiorskiy*.

*Componentes o etapas del tiempo de reacción.*

Para *Zatsiorskiy*, el tiempo de reacción comprende los siguientes componentes:

1. Aparición de una excitación en el receptor
2. Transmisión de esa excitación al sistema nervioso central
3. Paso de la excitación a la red nerviosa y formación de la señal efectora
4. Entrada de la señal procedente del sistema nervioso central en los músculos
5. Excitación y creación de una actividad mecánica de los músculos

*Toni Nett* llama a este conjunto de reacciones tiempo latente, y dice que el tiempo de reacción comienza cuando termina este tiempo; el movimiento tiene lugar después de la reacción.

El cálculo general del tiempo de reacción lleva, pues, las siguientes etapas, según *Neglak*:

*t1* Comienzo del estímulo en el receptor. El tiempo (*t*) depende de la capacidad de concentración (visual, auditiva), así como de la capacidad de la visión periférica del individuo dado. Dichos factores pueden someterse a entrenamiento y pueden participar perfectamente en el proceso de entrenamiento.

*t2* Transmisión del estímulo al sistema nervioso central. Dicho tiempo se relaciona con la constante rapidez de conducción de los nervios sensoriales; en principio no se someten a entrenamiento.

*t3* Transcurso del estímulo por los centros nerviosos y formación de la señal de ejecución. Este tiempo depende de la movilidad de los procesos nerviosos y parece ser el más largo. Un entrenamiento racional, un alto grado de desarrollo de la técnica, así como una buena coordinación, pueden influir en la reducción de dicho parámetro. Estructurando y dirigiendo bien los ejercicios, dicho tiempo se puede reducir considerablemente.

*t4* Pase de la señal del sistema nervioso central al músculo. Este tiempo es relativamente estable y está relacionado con la rapidez de la transmisión por las fibras motrices.

*t5* Estímulo del músculo, cambio de su tensión y comienzo del movimiento. Este tiempo se relaciona entre otros con la fuerza muscular, que supera al iniciarse el movimiento la inercia del cuerpo por medio de contracciones de los tejidos musculares, así como por el propio trabajo de coordinación del músculo. Existe la posibilidad de reducir este componente del tiempo de reacción por medio de ejercicios.

El tiempo de reacción puede representarse con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$tr = t1 + t2 + t3 + t4 + t5$$



Las dos fases del tiempo de reacción que intervienen en nuestro estudio son t1 (etapa de recepción) y t2 (etapa de interpretación). La primera fase comprende desde la presentación hasta la percepción del estímulo cromático. Y en esta segunda etapa la información visual es transmitida al sistema nervioso central, donde tiene lugar la interpretación.

Independientemente de los factores mencionados, Sozanski (1982), realizó toda una serie de observaciones para fijar el tiempo de reacción que describimos a continuación:

1. Sexo: se ha comprobado que el tiempo de reacción es considerablemente mayor en las mujeres.
2. Estatura: cuanto mayor es la estatura mayor es el tiempo de reacción.
3. Psicología: muchos elementos definidos en la psicología influyen en el tiempo de reacción, grado de atención, apetito, sueño, cansancio, temperatura del cuerpo, motivaciones, disposición,....
4. Entrenamiento:
  - a. Las personas que practican deporte tienen a la misma edad un tiempo de reacción mucho más corto que las que no se entrenan.
  - b. Los deportistas especializados en modalidades en las que el resultado depende principalmente de la velocidad tienen el tiempo de reacción más corto que los de las demás modalidades deportivas.

### **1.2.6. Percepción consciente y tiempo de reacción.**

Según varios experimentos realizados para que una percepción sea consciente es requerido cierto tiempo. Aunque es difícil determinar cual es el tiempo necesario para un episodio de consciencia visual.

Lo que si se demostró experimentalmente es que las señales que se reciben muy próximas en el tiempo eran tratadas por el cerebro como simultáneas. El experimento fue el siguiente: se encendía durante 20 milésimas de segundo un disco de luz roja e inmediatamente después se encendía en el mismo sitio un disco de luz verde en el tiempo también de 20 milésimas de segundo. El sujeto refería haber visto una luz amarilla en vez de una luz roja seguida de una verde. Esta luz amarilla hubiera sido igualmente percibida si la luz roja y la luz verde se hubieran mostrado a la vez.

Tras experimentos de este tipo el psicólogo *Robert Efron* llegó a la conclusión de que el periodo del procesamiento de la percepción es del orden de las 60 a las 70 milésimas de segundo.

Relacionado con el experimento anteriormente mencionado se obtiene que para que los 2 discos de colores se percibieran por separado la duración de la proyección de cada color debería ser mayor a 60-70 ms.

Por tanto, de todo esto se concluye que el cerebro necesita un periodo mínimo de exposición del estímulo visual de 60-70 milisegundos para poder así interpretarlo. También es importante destacar que el procesamiento es más rápido en observadores adiestrados.

Debido a lo cual se deduce que si el procesamiento visual es más rápido el tiempo de reacción será menor.

## **2. Hipótesis y objetivos**

Este trabajo va encaminado al estudio de una faceta muy importante en el entrenamiento y rendimiento deportivo, como es el tiempo de reacción (véase un punto comprometido de un tenista o la recepción de un pase en un partido de baloncesto), y la influencia del color del estímulo en él. Y saber, en caso afirmativo, ante que color se reacciona más rápidamente.

Sin tener en cuenta el tiempo de reacción, sabemos que el color rojo, fisiológicamente, produce mayor estimulación en retina central, a causa de un porcentaje superior de los conos sensibles al rojo. Sin embargo, es el color negro sobre fondo blanco el que mayor contraste tiene y al que estamos más acostumbrados (libros de texto, revistas...). El fenómeno de acostumbramiento se basa en que “vemos lo que vemos” gracias a las experiencias visuales previas, es decir, a escenas visuales que hemos percibido con anterioridad.

El planteamiento de este trabajo surgió al preguntarnos si el color tendría alguna influencia en el tiempo empleado para reconocer un estímulo visual, y si esta supuesta influencia se debería a alguna de las razones expuestas en el párrafo anterior.

Por lo tanto, creemos importante conocer si el color influye en el tiempo de reacción por su interés en el mundo del deporte relacionado con el color de camisetas, móviles, terrenos de juego...

### **3. Parte experimental.**

#### **3.1. Introducción.**

Seguidamente pasaremos a describir la parte experimental del estudio, parte imprescindible para poder llegar a conclusiones fiables después de un detallado análisis estadístico de los resultados.

#### **3.2. Material y métodos.**

##### *Descripción de la muestra.*

La muestra esta compuesta por 33 pacientes de edades comprendidas entre 21 y 30 años. De los cuales 18 eran mujeres y 16 hombres, todos ellos estudiantes en la facultad de INEF de Madrid.

La selección de dichos pacientes se basó en una batería de pruebas preliminares formadas por la toma de agudeza visual, sensibilidad al contraste y test de colores.

La agudeza visual mínima requerida fue de 0.5 monocular en escala decimal. Se utilizó el optotipo numérico a una distancia de 3 metros. En esta prueba ninguno de los pacientes fue rechazado.

La sensibilidad al contraste se tomó con el Mentor, instrumento específico para realizar esta prueba. Se basa en la presentación monocular y a 3 metros de distintas letras, números o símbolos en los que iremos aumentando el contraste hasta que el paciente los identifique. Este proceso se repetirá para diferentes agudezas visuales; las utilizadas en este estudio fueron 0.10, 0.25, 0.40, 0.60, 1.0.

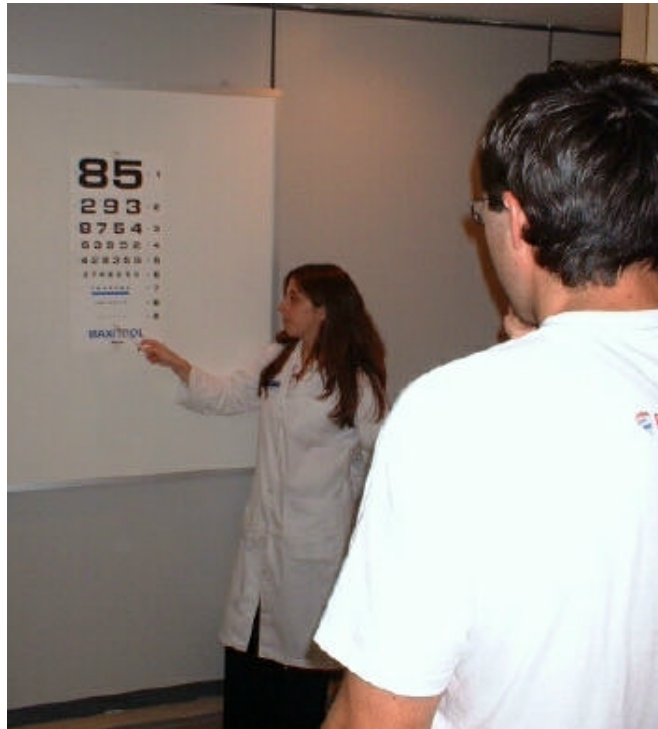


Ilustración 6



Ilustración 7



Ilustración 8

Estos resultados son validados en una tabla específica del Mentor, en la que se representa una curva base, que adjuntamos a continuación.

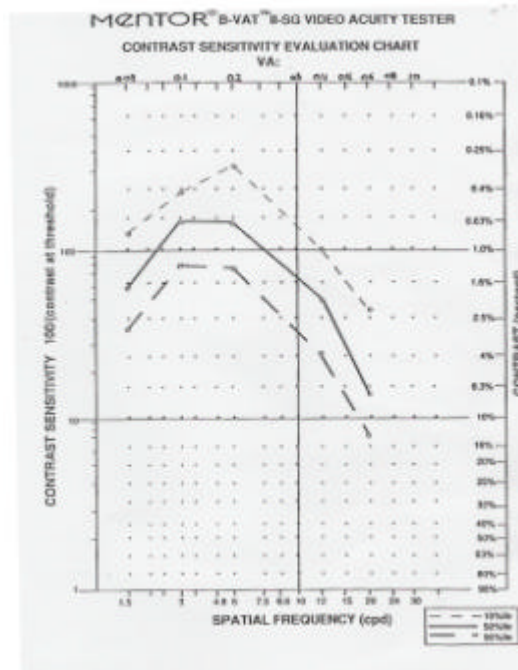


Ilustración 9

La prueba de sensibilidad al contraste logró superarla todos los pacientes.

La tercera prueba realizada consistió en pasar el test de colores Ishihara, utilizado para detectar anomalías del color. Consiste en 38 láminas, de las cuales 25 primeras presentan números, y las otras 13 restantes son unos caminos, más usadas para niños. Sobre un fondo de determinados colores, aparecen dichos números identificados por personas sin ningún tipo de anomalía al color. Otras láminas solo pueden ser leídas por personas con defecto al rojo-verde.

Esta fue la única prueba que no superó una de las pacientes, a la que se le detectó un defecto al rojo-verde. Por ello la muestra inicial pasó de 34 pacientes a 33.

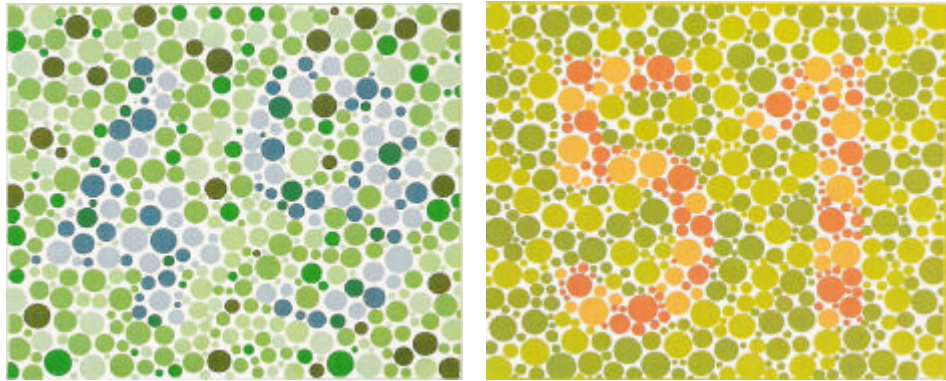


Ilustración 10

*Descripción de la prueba principal del estudio.*

Material:

- a) Los números que aparecen en las diapositivas estaban formados por una serie de 6 diapositivas de 5 números proyectados sobre un fondo blanco con un tamaño equivalente a una agudeza visual de 0.2 a 3 metros de distancia. Se hizo una serie para el rojo, otra para el verde, el negro y el azul. Los números de las diapositivas fueron escogidos al azar y los colores eran puros, de una saturación del 100%.



Ilustración 11



b) Taquitoscopio: accesorio acoplado al proyector usado para controlar el tiempo de exposición.



Ilustración 12



Ilustración 13

Pasos a seguir para realizar la prueba:

1. El deportista se sitúa, de pie, frente a la pantalla de proyección, a una distancia de 3 metros.
2. La pantalla presenta un recuadro negro de 30 x 20 cm. Al deportista se le indica que dentro del recuadro negro aparecerán una serie de números compuesta de 5 dígitos cada una, de diferentes colores, con la dificultad que sólo permanecerán expuestas durante un brevísimo periodo de tiempo. Él deberá estar atento a la pantalla le avisaremos con un “listo” antes de cada proyección y deberá decir inmediatamente después los números que ha podido percibir y el orden de los mismos. De esta manera nos aseguramos que la atención no sea un factor influyente en el resultado final.
3. Antes de iniciar la prueba se presenta una diapositiva demostrativa con un tiempo de exposición de 0.01 segundos. Se repite dicha demostración tres veces para familiarizar al deportista con la prueba.
4. A continuación de los cuatro bloques de diapositivas (6 rojas, 6 verdes, 6 negras y 6 azules) en un tiempo de 0.01 segundos.
5. Para cada paciente, el orden de presentación de los colores se varía aleatoriamente, para que no influyera en la prueba factores como el aprendizaje o el cansancio.
6. Inmediatamente después de la presentación de cada diapositiva, el paciente nos refería en voz alta y en orden los números que había reconocido, para evitar en la medida de lo posible la influencia de la memoria.
7. Este proceso se repitió para un tiempo de exposición de 0.05 segundos y posteriormente para otro de 0.2 segundos.
8. En la corrección, el resultado final era la suma de todos los aciertos (un acierto por número), para un mismo color y un mismo tiempo. Se consideró como acierto si decía el número correcto y en su posición correcta. En el caso de 2 números correctos pero invertidos se valoraba únicamente como un solo acierto.

Toda la prueba se realizó en binocularidad y bajo condiciones de buena iluminación.

A continuación se muestra la hoja tipo del estudio:

Nombre							
--------	--	--	--	--	--	--	--

Edad		Sexo	V	H		Fecha de examen	
------	--	------	---	---	--	-----------------	--

AV

OD							
OI							

Colores (Test de Ishihara)

OD							
OI							

Sensibilidad al contraste

OD

A.V.	0.1	0.25	0.4	0.6	1.0
C					

OI

A.V.	0.1	0.25	0.4	0.6	1.0
C					

Taquitoscopio

TIEMPO	COLORES							Nº Ac.
0.01 sg	ROJO	04639	96471	13582	34259	79831	10452	
	VERDE	74523	10936	93851	42938	96408	74532	
	NEGRO	84072	16249	84263	35829	86140	63015	
	AZUL	07458	05674	83105	42357	51609	83620	
0.05 sg	ROJO	04639	96471	13582	34259	79831	10452	
	VERDE	74523	10936	93851	42938	96408	74532	
	NEGRO	84072	16249	84263	35829	86140	63015	
	AZUL	07458	05674	83105	42357	51609	83620	
0.2 sg	ROJO	04639	96471	13582	34259	79831	10452	
	VERDE	74523	10936	93851	42938	96408	74532	
	NEGRO	84072	16249	84263	35829	86140	63015	
	AZUL	07458	05674	83105	42357	51609	83620	

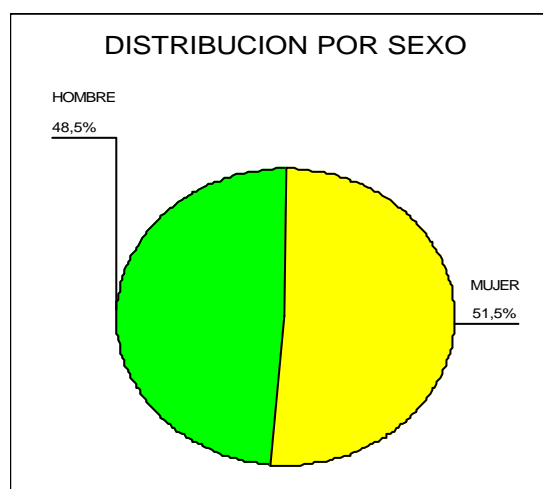
### 3.3. Resultados.

Análisis estadístico.

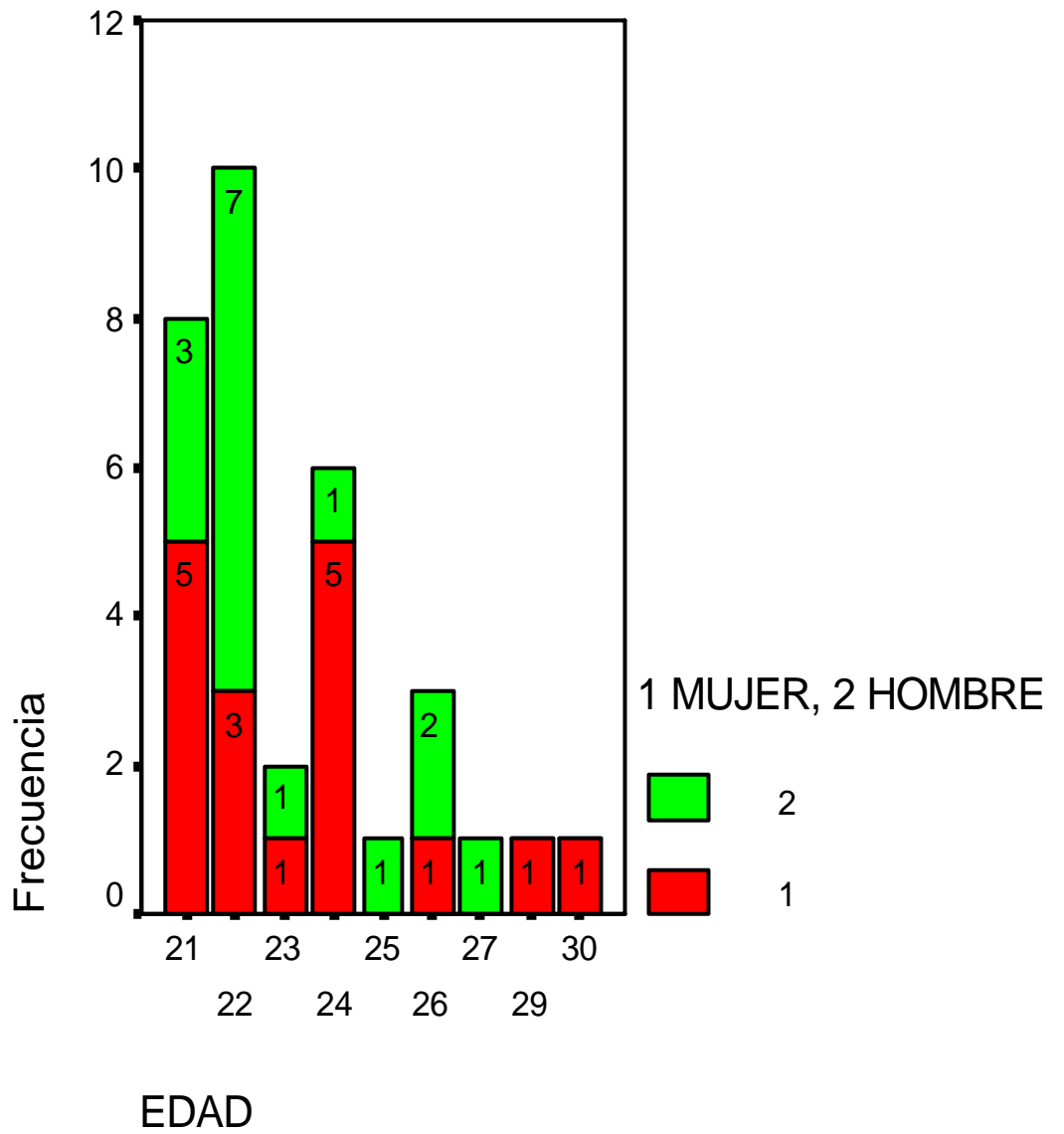
En esta tabla podemos observar la muestra distribuida por edad y sexo. El estudio se ha realizado a 33 pacientes con edades comprendidas entre los 21 y 30 años, donde el porcentaje de hombres y mujeres es prácticamente equitativo.

	1 MUJER, 2 HOMBRE			
	1		2	
	Recuento	%	Recuento	%
21	5	29,4%	3	18,8%
22	3	17,6%	7	43,8%
23	1	5,9%	1	6,3%
24	5	29,4%	1	6,3%
25			1	6,3%
26	1	5,9%	2	12,5%
27			1	6,3%
29	1	5,9%		
30	1	5,9%		
Total	17	100,0%	16	100,0%

La distribución por sexo se contemplaría de la siguiente manera.



La representación gráfica de la tabla anterior es la que mostramos a continuación, donde observamos que la mayoría de los pacientes de la muestra tenían 21, 22 y 24 años.



Las series de números de las diapositivas mostradas a los pacientes se presentaron en tres tiempos distintos:

El primer tiempo presentado fue de 0.01 segundos.

La media de los resultados obtenidos comparando los cuatro colores nos indican que el porcentaje de aciertos mayor se da para el color negro, seguido muy de cerca del color azul. Quedando por debajo los colores rojo y verde con resultados muy similares entre ellos.

La moda nos determina el valor de aciertos más repetido para cada color en este tiempo. Donde también queda patente que los valores más frecuentes en el negro y el azul superan al rojo y al verde.

El valor mínimo se dio para el color rojo y el máximo absoluto para los tres restantes.

### Estadísticos

		ROJO1	VERDE1	NEGRO1	AZUL1
N	Válidos	33	33	33	33
	Perdidos	0	0	0	0
Media		20,39	20,67	24,24	23,85
Mediana		21,00	20,00	26,00	26,00
Moda		23	20	27	30
Mínimo		4	10	13	10
Máximo		29	30	30	30

El siguiente tiempo presentado fue de 0.05 segundos.

Volvemos a observar que tanto la media de aciertos en el azul como en el negro es mayor al rojo y al verde, aunque en este caso el azul supera al negro.

Ahora el valor más repetido para el color azul es superior al resto de colores.

El mínimo número de aciertos obtenido en este tiempo fue para el azul. Y el máximo, también absoluto en este caso, se dio para los cuatro colores.

#### Estadísticos

		ROJO5	VERDE5	NEGRO5	AZUL5
N	Válidos	33	33	33	33
	Perdidos	0	0	0	0
Media		23,61	22,30	25,24	25,88
Mediana		24,00	23,00	25,00	27,00
Moda		24 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	30
Mínimo		11	12	15	10
Máximo		30	30	30	30

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

El último tiempo presentado fue de 0.20 segundos.

Como en las tablas anteriores se obtiene que los colores azul y negro sigan superando en número de aciertos al rojo y al verde, aunque la media obtenida para el negro es mayor que en el azul, repitiéndose los resultados del primer tiempo.

La moda es de 30 para todos los colores excepto el verde, que es de 28.

El valor mínimo más bajo vuelve a ser para el rojo y el verde. Y como en el tiempo anterior el máximo es el mismo para los cuatro colores.

### Estadísticos

		ROJO20	VERDE20	NEGRO20	AZUL20
N	Válidos	33	33	33	33
	Perdidos	0	0	0	0
Media		25,97	25,18	27,97	27,12
Mediana		27,00	27,00	29,00	28,00
Moda		30	28 <sup>a</sup>	30	30
Mínimo		13	13	19	17
Máximo		30	30	30	30

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

De todo esto concluimos que el negro y el azul, independientemente del tiempo, son los que obtienen mayor número de aciertos.

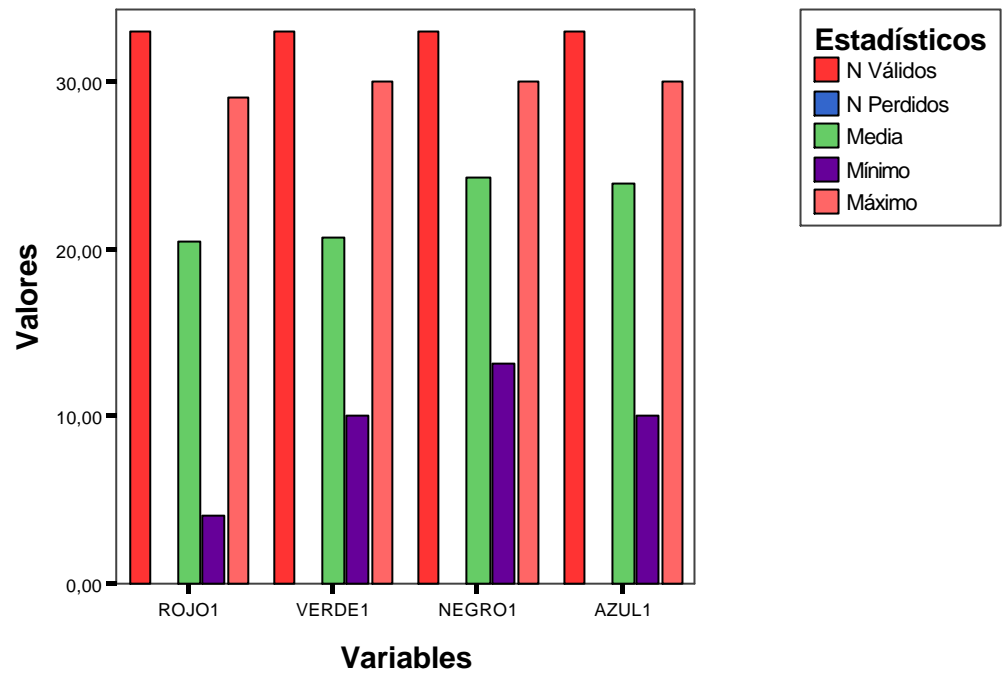
También se observa que a medida que aumenta el tiempo de presentación e independientemente del color, los valores son mayores, lo que resulta totalmente lógico.

Las tablas anteriores quedan representadas gráficamente como mostramos a continuación.



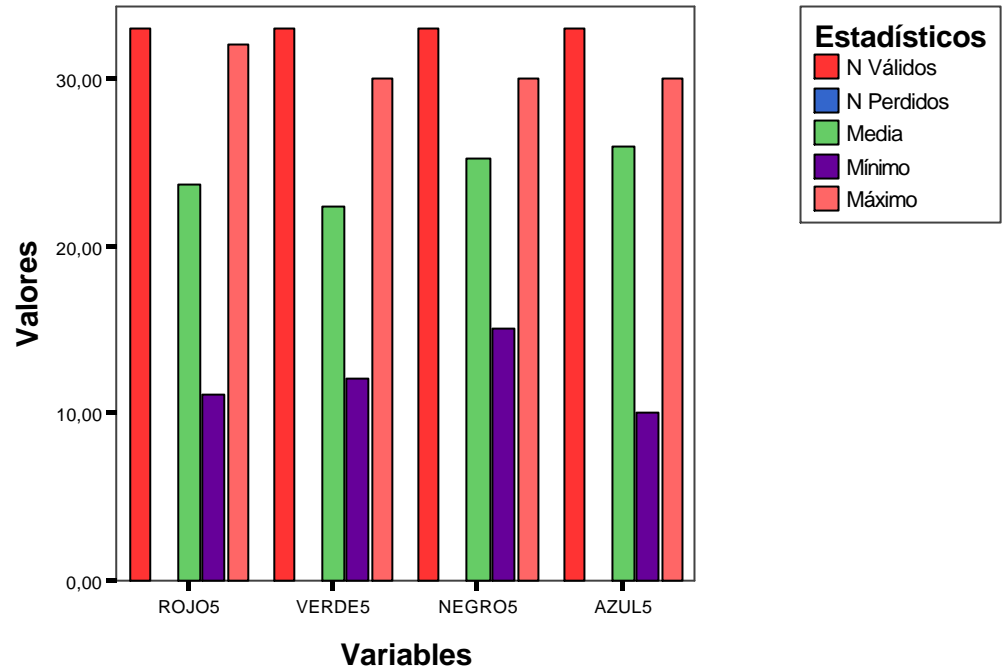
A) La primera gráfica presentada es para el tiempo de exposición de 0.01 segundos.

### Estadísticos



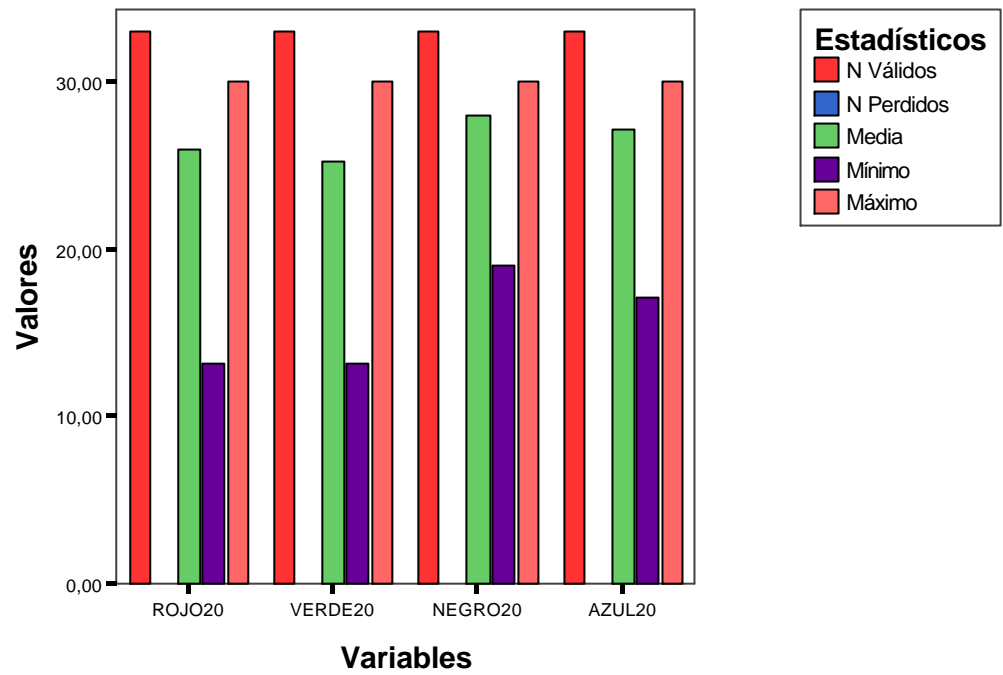
B) El segundo tiempo de presentación es de 0.05 segundos.

### Estadísticos



C) El último tiempo de presentación es de 0.2 segundos.

### Estadísticos



Análisis comparativo.

A continuación pasamos a estudiar los resultados de un mismo color en los diferentes tiempos. Los tiempos empleados en el estudio son 0.01, 0.05 y 0.2 segundos.

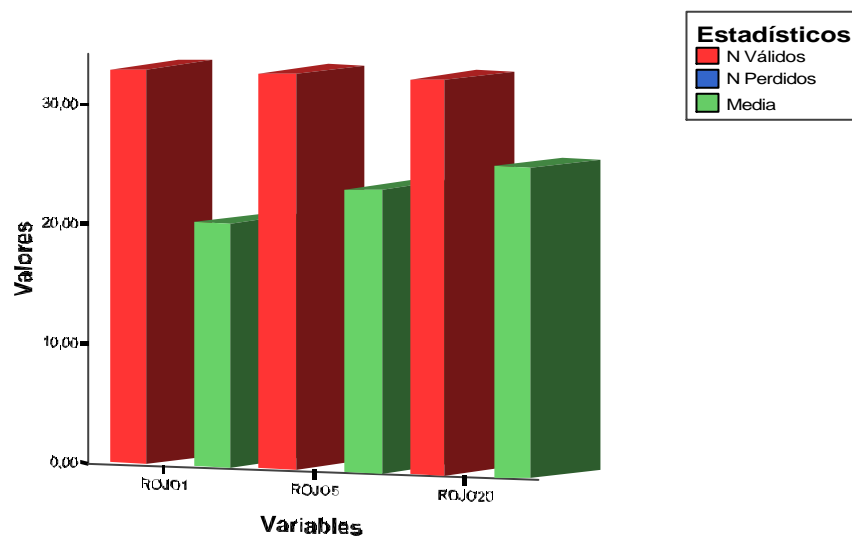
El primer color que vamos a estudiar es el rojo.

**Estadísticos**

		ROJO1	ROJO5	ROJO20
N	Válidos	33	33	33
	Perdidos	0	0	0
Media		20,39	23,67	25,97
Moda		23	24 <sup>a</sup>	30
Mínimo		4	11	13
Máximo		29	32	30

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

**Estadísticos**



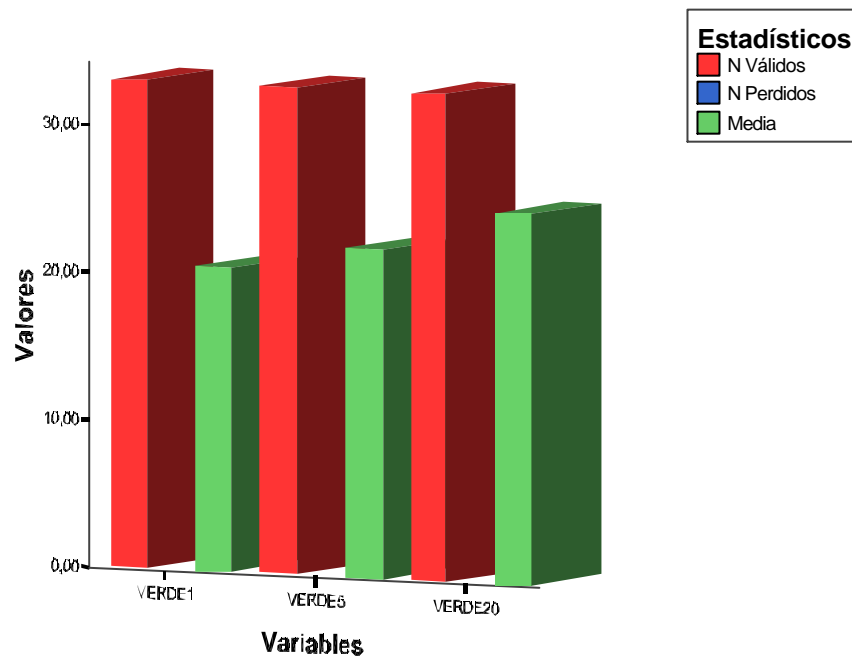
El segundo color estudiado es el verde.

### Estadísticos

		VERDE1	VERDE5	VERDE20
N	Válidos	33	33	33
	Perdidos	0	0	0
Media		20,67	22,30	25,18
Moda		20	23 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>
Mínimo		10	12	13
Máximo		30	30	30

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

### Estadísticos



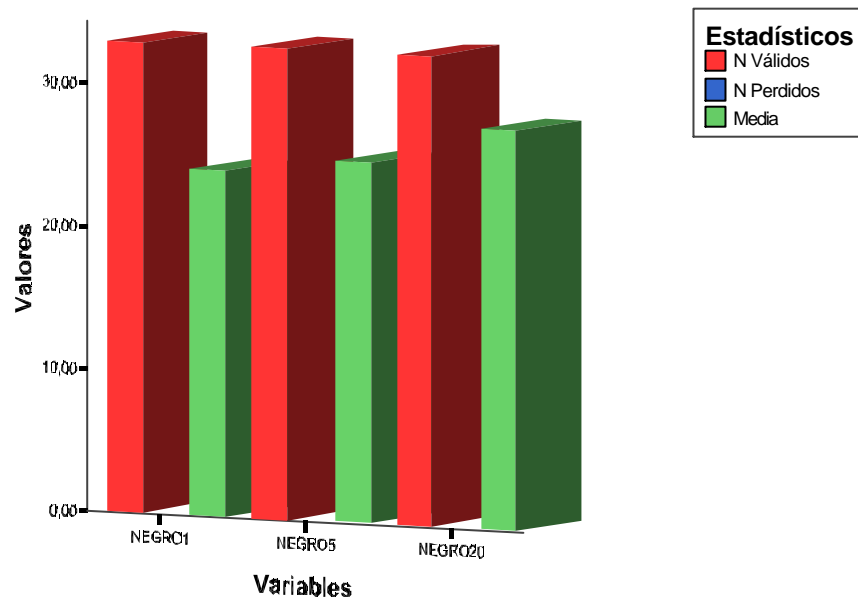
También estudiamos el color negro.

### Estadísticos

		NEGRO1	NEGRO5	NEGRO20
N	Válidos	33	33	33
	Perdidos	0	0	0
Media		24,24	25,24	27,97
Moda		27	25 <sup>a</sup>	30
Mínimo		13	15	19
Máximo		30	30	30

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

### Estadísticos

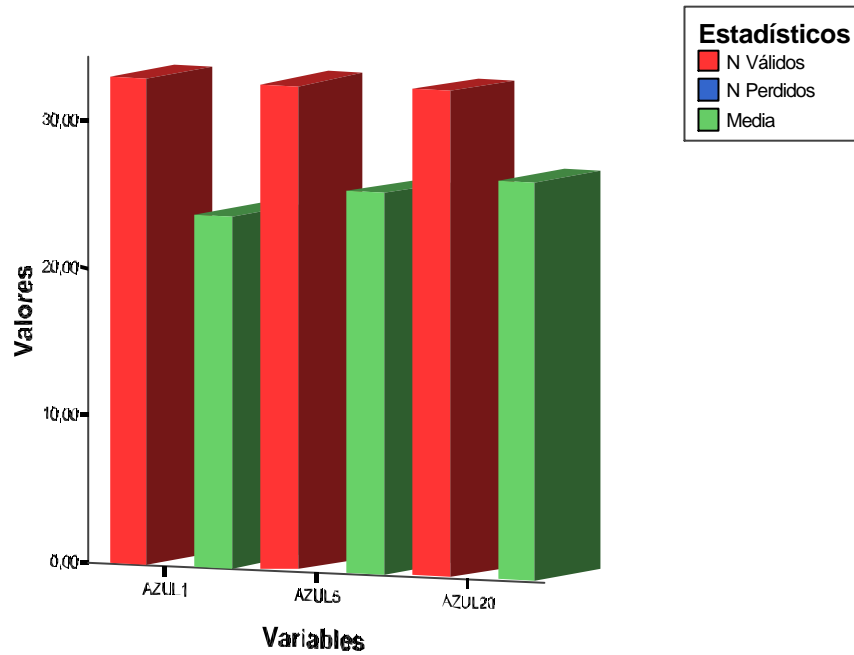


El último color que incluimos en nuestro estudio es el negro.

**Estadísticos**

		AZUL1	AZUL5	AZUL20
N	Válidos	33	33	33
	Perdidos	0	0	0
Media		23,85	25,88	27,12
Moda		30	30	30
Mínimo		10	10	17
Máximo		30	30	30

**Estadísticos**



Al observar estos resultados podemos afirmar que a medida que aumentamos el tiempo de exposición el número de aciertos es mayor para todos los colores.

Realizamos un análisis comparativo para determinar si el sexo influye en la discriminación visual en función del color y del tiempo.

En esta primera tabla estudiamos los diferentes colores para un tiempo de exposición de 0.01 segundos.

Cubos OLAP

			Media	Mínimo	Máximo
ROJO1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	20,88	12	28
		2	19,88	4	29
		Total	20,39	4	29
VERDE1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	19,88	11	26
		2	21,50	10	30
		Total	20,67	10	30
NEGRO1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,29	13	30
		2	25,25	15	30
		Total	24,24	13	30
AZUL1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,24	10	29
		2	24,50	12	30
		Total	23,85	10	30

El segundo tiempo estudiado para cada color es de 0.05 segundos.

Cubos OLAP

			Media	Mínimo	Máximo
ROJO5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,12	12	30
		2	24,25	11	32
		Total	23,67	11	32
VERDE5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	21,18	12	26
		2	23,50	13	30
		Total	22,30	12	30
NEGRO5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,82	15	30
		2	26,75	17	30
		Total	25,24	15	30
AZUL5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	24,53	14	30
		2	27,31	10	30
		Total	25,88	10	30



Y el último tiempo que intervino en el estudio es de 0.2 segundos.

Cubos OLAP

			Media	Mínimo	Máximo
<b>ROJO20</b>	<b>1 MUJER, 2 HOMBRE</b>	<b>1</b>	<i>25,41</i>	<i>13</i>	<i>30</i>
		<b>2</b>	<i>26,56</i>	<i>18</i>	<i>30</i>
		<b>Total</b>	<i>25,97</i>	<i>13</i>	<i>30</i>
<b>VERDE20</b>	<b>1 MUJER, 2 HOMBRE</b>	<b>1</b>	<i>24,35</i>	<i>13</i>	<i>30</i>
		<b>2</b>	<i>26,06</i>	<i>16</i>	<i>30</i>
		<b>Total</b>	<i>25,18</i>	<i>13</i>	<i>30</i>
<b>NEGRO20</b>	<b>1 MUJER, 2 HOMBRE</b>	<b>1</b>	<i>27,29</i>	<i>22</i>	<i>30</i>
		<b>2</b>	<i>28,69</i>	<i>19</i>	<i>30</i>
		<b>Total</b>	<i>27,97</i>	<i>19</i>	<i>30</i>
<b>AZUL20</b>	<b>1 MUJER, 2 HOMBRE</b>	<b>1</b>	<i>26,41</i>	<i>17</i>	<i>30</i>
		<b>2</b>	<i>27,87</i>	<i>17</i>	<i>30</i>
		<b>Total</b>	<i>27,12</i>	<i>17</i>	<i>30</i>

Tras las tablas mostradas deducimos que el sexo es determinante en el número de aciertos obtenidos. Independientemente del color y el tiempo presentados, los hombres superan a las mujeres aproximadamente en un 92% de los casos.

Mostramos la tabla completa de la relación entre sexo, tiempo y color.

Cubos OLAP

			Media	Mínimo	Máximo
ROJO1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	20,88	12	28
		2	19,88	4	29
		Total	20,39	4	29
VERDE1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	19,88	11	26
		2	21,50	10	30
		Total	20,67	10	30
NEGRO1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,29	13	30
		2	25,25	15	30
		Total	24,24	13	30
AZUL1	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,24	10	29
		2	24,50	12	30
		Total	23,85	10	30
ROJO5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,12	12	30
		2	24,25	11	32
		Total	23,67	11	32
VERDE5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	21,18	12	26
		2	23,50	13	30
		Total	22,30	12	30
NEGRO5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	23,82	15	30
		2	26,75	17	30
		Total	25,24	15	30
AZUL5	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	24,53	14	30
		2	27,31	10	30
		Total	25,88	10	30
ROJO20	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	25,41	13	30
		2	26,56	18	30
		Total	25,97	13	30
VERDE20	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	24,35	13	30
		2	26,06	16	30
		Total	25,18	13	30
NEGRO20	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	27,29	22	30
		2	28,69	19	30
		Total	27,97	19	30
AZUL20	1 MUJER, 2 HOMBRE	1	26,41	17	30
		2	27,87	17	30
		Total	27,12	17	30

### Coefficiente de correlación de Pearson

Nos informa del grado de relación o dependencia entre dos variables. En nuestro caso es interesante obtener información sobre las correlaciones existentes en 2 casos:

1º Entre el número de aciertos para un color y el resto en un mismo tiempo de exposición.

2º Entre el número de aciertos para un mismo color en los diferentes tiempos de exposición.

La interpretación de las tablas que presentaremos a continuación se realiza a través del coeficiente propuesto por Pearson.

Si el coeficiente  $r$  es positivo (entre 0 y 1) la relación es directa (al aumentar  $x$  aumenta  $y$ )

Si el coeficiente  $r$  es negativo (entre -1 y 0) la relación es indirecta (al aumentar  $x$  disminuye  $y$ )

Si el coeficiente  $r$  es -1 o 1 la correlación es máxima positiva y negativa respectivamente. Por ejemplo para el valor de 1, al aumentar  $x$  aumenta  $y$  en la misma proporción.

Si el coeficiente  $r$  es 0, las 2 variables son totalmente independientes.

Hay que decir que todos los resultados obtenidos están tomados en un nivel de confianza del 95 % lo cual significa que sólo hay un 5 % de posibilidad de error.

Precauciones:

1º Los valores de los coeficientes se tienen que aceptar con reservas ya que no sólo dependen del valor en sí sino también del tamaño de muestra analizado. Valores altos para muestras pequeñas pueden no indicar dependencia y valores bajos en muestras grandes, dependencia.

2º La existencia de una correlación no indica relación causa efecto

3º El que estemos seguros de que ambas series estén correlacionadas, no quiere decir que la relación sea tan estrecha como para estimar valores de y desconocidos a partir de valores de x conocidos; eso dependerá del error de estimación que aceptemos.

*Primer caso.* Correlación de Pearson entre el número de aciertos para un color y el resto en un mismo tiempo de exposición.

Todos los valores que podemos observar en las tablas siguientes son positivos por lo que la relación entre todos los colores es directa, lo que significa que un aumento en el número de aciertos para un color implica un aumento del número de aciertos en el resto de colores.

Tiempo de exposición de 0,01 segundos

Por las 2 hipótesis iniciales vamos a centrar el análisis de esta tabla en los colores rojo y negro.

### Correlaciones

		ROJO1	VERDE1	NEGRO1	AZUL1
ROJO1	Correlación de Pearson	1	,787**	,460**	,490**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,007	,004
	N	33	33	33	33
VERDE1	Correlación de Pearson	,787**	1	,551**	,557**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,001	,001
	N	33	33	33	33
NEGRO1	Correlación de Pearson	,460**	,551**	1	,628**
	Sig. (bilateral)	,007	,001	.	,000
	N	33	33	33	33
AZUL1	Correlación de Pearson	,490**	,557**	,628**	1
	Sig. (bilateral)	,004	,001	,000	.
	N	33	33	33	33

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Rojo: la correlación más estrecha se establece con el color verde con un valor de 0,787 siendo más alejada con el negro y el azul.

Negro: el valor más próximo a la unidad se da para el azul quedando el rojo y el verde por debajo.

Tiempo de exposición de 0,05 segundos:

### Correlaciones

		ROJO5	VERDE5	NEGRO5	AZUL5
ROJO5	Correlación de Pearson	1	,784**	,662**	,676**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000
	N	33	33	33	33
VERDE5	Correlación de Pearson	,784**	1	,609**	,684**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000
	N	33	33	33	33
NEGRO5	Correlación de Pearson	,662**	,609**	1	,741**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000
	N	33	33	33	33
AZUL5	Correlación de Pearson	,676**	,684**	,741**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.
	N	33	33	33	33

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Rojo: para este tiempo la correlación más estrecha se vuelve a establecer para el color verde.

Negro: el azul vuelve a ser el color con una correlación mayor respecto el negro.

Tiempo de exposición de 0,2 segundos.

### Correlaciones

		ROJO20	VERDE20	NEGRO20	AZUL20
ROJO20	Correlación de Pearson	1	,816**	,609**	,608**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000
	N	33	33	33	33
VERDE20	Correlación de Pearson	,816**	1	,699**	,774**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000
	N	33	33	33	33
NEGRO20	Correlación de Pearson	,609**	,699**	1	,744**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000
	N	33	33	33	33
AZUL20	Correlación de Pearson	,608**	,774**	,744**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.
	N	33	33	33	33

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En esta tabla se vuelven a establecer las mismas correlaciones, el color rojo con el verde y el negro con el azul.

Conclusiones: en los tres tiempos las correlaciones más estrechas son para el rojo, el verde y para el negro, el azul, con independencia del tiempo de exposición.

2º Caso. Coeficiente de correlación de Pearson de un mismo color para los diferentes tiempos.

En las tablas que se muestran a continuación también podemos observar que los coeficientes son todos positivos por lo que existe una correlación directa entre el color y el tiempo de exposición. Implicando así que un aumento de aciertos en un tiempo determinado establece un aumento para el resto de tiempos.

Rojo

#### Correlaciones

		ROJO1	ROJO5	ROJO20
ROJO1	Correlación de Pearson	1	,695**	,501**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,003
	N	33	33	33
ROJO5	Correlación de Pearson	,695**	1	,705**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000
	N	33	33	33
ROJO20	Correlación de Pearson	,501**	,705**	1
	Sig. (bilateral)	,003	,000	.
	N	33	33	33

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación máxima se da entre el tiempo de exposición de 0,05 segundos y el de 0,2.



Verde

## Correlaciones

		VERDE1	VERDE5	VERDE20
VERDE1	Correlación de Pearson	1	,592**	,595**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000
	N	33	33	33
VERDE5	Correlación de Pearson	,592**	1	,709**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000
	N	33	33	33
VERDE20	Correlación de Pearson	,595**	,709**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.
	N	33	33	33

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación máxima se da para el tiempo de exposición entre 0,05 segundos y 0,2 segundos.

Negro

## Correlaciones

		NEGRO1	NEGRO5	NEGRO20
NEGRO1	Correlación de Pearson	1	,659**	,541**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,001
	N	33	33	33
NEGRO5	Correlación de Pearson	,659**	1	,654**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000
	N	33	33	33
NEGRO20	Correlación de Pearson	,541**	,654**	1
	Sig. (bilateral)	,001	,000	.
	N	33	33	33

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación máxima se da en este caso entre el tiempo de exposición de 0,01 segundos y 0,05.

Azul

**Correlaciones**

		AZUL1	AZUL5	AZUL20
AZUL1	Correlación de Pearson	1	,644**	,690**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000
	N	33	33	33
AZUL5	Correlación de Pearson	,644**	1	,776**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000
	N	33	33	33
AZUL20	Correlación de Pearson	,690**	,776**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.
	N	33	33	33

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación máxima se da para el color azul entre el tiempo de exposición de 0,05 segundos y 0,2.

**Validación estadística**

Para confirmar los resultados finales de un estudio es imprescindible validarlo estadísticamente mediante un contraste de hipótesis o comparando las medias a un nivel de confianza mínimo del 90%.

	Intervalo de confianza para la media al 90%		
	Media	Límite inferior	Límite superior
Rojo	69.97	66.05	73.89
Verde	68.15	64.47	71.83
Negro	77.45	74.64	80.27
Azul	76.85	73.13	80.57

En la tabla superior mostramos la media total ( $t_{0,01} + t_{0,05} + t_{0,2}$ ) obtenida para cada color y el límite superior e inferior para un intervalo de confianza al 90%.

Para poder determinar que un color se discrimina mejor que el resto, es necesario que la media de dicho color sea mayor al límite superior de los otros colores.

Observamos que la media del negro supera tanto al rojo como al verde, cumpliendo los requisitos anteriormente mencionados, para afirmar que se reconoce mejor.

Por el contrario no podemos concluir lo mismo para el color negro respecto al azul, aunque entre las medias de aciertos existe una leve diferencia a favor del negro.

#### 4. Discusiones.

De nuestro estudio se deduce que para percibir el color negro, el tiempo de exposición requerido es menor.

¿Es el negro realmente el color que mejor se discrimina?

Haciendo referencia a una de las hipótesis anteriormente mencionadas, es el color rojo el que estimula con mayor intensidad la retina pero, ¿esto significa que deba verse o percibirse mejor?

Posiblemente, el color rojo sea el que más claramente se perciba, debido a que la proporción de conos sensibles a este color en retina central es de 32, en relación al verde y al azul que es de 16/1 respectivamente. Sin embargo esto no implica que deba ser el que antes se interprete y reconozca.

Como experiencia personal, podemos decir que la lectura de un texto en rojo no es nada sencilla de seguir y por tanto, la comprensión puede resultar más complicada.

Retomando la segunda hipótesis, basada en el contraste y el fenómeno de acostumbamiento, pensamos en la probabilidad de que sea el color negro el que mejor se discrimine, por ser el contraste un factor determinante en el reconocimiento visual. Y a pesar que los colores escogidos presentaban una saturación del 100%, el contraste era mayor para el negro y el azul.

Además del color y el contraste, ¿qué otros factores podrían influir en el tiempo de reacción?

Uno de ellos es el sexo ya estudiado con anterioridad (Dr. *Sozanski*, 1982). En nuestra investigación también se confirman los mismos resultados. Desconocemos el motivo por el que el tiempo de reacción en mujeres es mayor, posiblemente se trate de un factor hormonal como ya se ha demostrado en el área del reconocimiento espacial (Dr. *Widman*, 2004).

Otros factores influyentes en el tiempo de reacción son la atención, la memoria y el entrenamiento entre otros. Se intentó mantener en todo momento la atención de los deportistas, avisándoles antes de cada proyección y remarcando el lugar donde aparecía el test. Para controlar la memoria en la medida de lo posible, nos referían los números reconocidos inmediatamente después de su presentación. Y para evitar el factor del aprendizaje, se invertía el orden de los colores para cada paciente y tiempo de exposición.

Sí que es cierto que el color rojo es utilizado para requerir nuestra atención, esto queda patente en la sociedad actual. Sólo debemos fijarnos en los semáforos, señales de peligro,... Sin embargo, no es el color elegido a la hora de imprimir textos o tomar apuntes. Para estos casos son el negro y el azul los colores utilizados y con los que obtenemos una lectura más comfortable. Por lo que podríamos pensar que el factor de mayor peso en la discriminación visual sería el contraste y el fenómeno de acostumbamiento.

## **5. Conclusiones.**

Tras el estudio realizado podemos afirmar que existe una notable diferencia en el tiempo de percepción visual en función del color del estímulo.

Los números de color negro son percibidos con mayor rapidez que el resto de colores presentados, azul, rojo y verde, siendo esta diferencia estadísticamente significativa al comparar el negro con el rojo y el negro con el verde.

El azul es el segundo color mejor percibido siendo esta diferencia estadísticamente significativa al comparar el azul con el rojo y el azul con el verde.

No hay una diferencia estadísticamente significativa entre el rojo y el verde.

Por otro lado, se confirma el trabajo realizado por el Dr. Sozanski (1982), en el que demostró que el tiempo de reacción era mejor en los hombres respecto a las mujeres. Esta premisa se cumple para todos los tiempos de exposición presentados y para todos los colores.

Y como cabía esperar, a medida que el tiempo de exposición aumenta la discriminación visual mejora, tanto en el caso de los hombres como en el de las mujeres.

Finalmente, podemos concluir que el color modifica el tiempo de percepción visual y por tanto, es un importante factor a tener en cuenta a la hora de diseñar el entorno y el equipamiento deportivo.

## 6. Bibliografía.

EDWARDS, K. y LLEWELLYN, R. (1993). *Optometría*. Masson – Salvat Medicina, Barcelona.

NAVARRETE DELGÉ, J. I. *Campo Visual y Sensibilidad al Contraste*. Editorial Contacto, S. A., España.

VELHAGEN, K. y BROSCHEMANN, D. (1991). *Manual de la exploración de la visión cromática*. Medical Advise, España.

KAUFMAN, PAUL L. y ALM ALBERT. (2004). *Fisiología del ojo* (Adler). Elsevier España, S.A., Madrid (España).

SAONA SANTOS, C. L. (1988). *Óptica para optometristas*. Cardellach còpies, S.A., Terrassa (Barcelona).

ZEKI, S. (1995). *Una visión del cerebro*. Editorial Ariel, Barcelona.

CONKLING, J. A. (2002). *El color, pirotecnia*. Investigación y ciencia. Primer trimestre, temas 27. (2002).

PURVES, D. y col. (2003). *Por qué vemos lo que vemos*. Investigación y ciencia. Número 323, Agosto.

ALVAREZ DE VILLAR, C. *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. GYMNOS.

RODRIGUEZ GUERRERO, C. (1994). *Aplicaciones del M. F. – 17 en la ambliopía*. Trabajo de investigación 5º Máster COI.

JUANES MORALES, M.A. (1991). *La visión y el deporte*. Trabajo de investigación Máster COI.

MARTÍN HERRANZ, R. (2002). *Guía clínica para la Exploración de la Visión de los Colores*. Gaceta Óptica nº 362.

CRICK, S. y KOCH, C. (1992). *Problema de la consciencia*. Investigación y ciencia 194.

WIDMAN, D. (2004). *La regla de la orientación*. Mente y cerebro nº6.