

LIBRO PARA LA FORMACIÓN DE LOS RESIDENTES EN OFTALMOLOGÍA

## RETINA

### 1. Pruebas diagnósticas. Imagen multimodal

#### 1.12

## Test psicofísicos: visión de colores y sensibilidad al contraste

Javier A. Montero Moreno

Hospital Universitario Rio Hortega-Valladolid.  
Oftalvist-Madrid.



SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE OFTALMOLOGÍA

## OBJETIVOS

- Conocer en qué se basa la visión de colores y sus principales defectos.
- Conocer las principales técnicas de evaluación de la visión de colores y su aplicación.
- Conocer la utilidad de la medición de la sensibilidad al contraste y los procedimientos empleados.

## VISIÓN DE COLORES

La percepción de los colores está relacionada con la descomposición de la luz en distintas longitudes de onda, de forma que la sensación de un determinado color puede estar producido por una luz monocroma de una longitud de onda determinada, o por una combinación en diferentes proporciones de tres longitudes de onda del espectro de luz visible, de longitudes corta, mediana y larga, lo que se denomina tricromasia. La visión tricromata requiere la presencia en los fotorreceptores de tres tipos de ftopigmento en los conos, especializados en responder a longitudes de onda largas (rojo) medianas (verde) o cortas (azules). Los defectos de la visión de los colores obedecen a la ausencia o mal funcionamiento de uno o varios de estos ftopigmentos, de forma que, en ausencia de uno de ellos, solo serán visibles las dos restantes longitudes de onda lo que se denomina visión dicromata. Estos defectos pueden deberse a un fallo en el pigmento sensible al rojo (daltonismo, protanopia o dicromasia roja, de herencia ligada a X), al verde (deuteranopia, autosómica recesiva) o al azul (tritanopia, autosómica dominante) y habitualmente se debe a la pérdida de los genes responsables de la elaboración de un determinado ftopigmento, o menos frecuentemente a la falta de expresión de dichos genes.

La tricromasia anómala es una forma más leve de defecto de la visión de los colores, en la cual la longitud de onda capaz de estimular un determinado ftopigmento es diferente del habitual, o se produce una pérdida de este ftopigmento. Igualmente, en este caso se puede hablar de protanomalia, deuteranomalia o tritanomalia dependiendo de la longitud de onda (color) del ftopigmento afectado. En el caso de la protanomalia los ftopigmentos para las longitudes de onda corta y media son normales y el tercer pigmento se estimula en una longitud de onda que se encuentra entre las longitudes media y larga, con una reducción de la sensibilidad a las longitudes de onda largas. Algo similar ocurre en la deuteranomalia, los pigmentos para las longitudes corta y larga son normales y el tercer pigmento se estimula en longitudes que se encuentran entre la media y la larga, debido a la presencia de un gen no funcionante. En el caso de la tritanomalia se trata de una mutación *missense* del gen del ftopigmento de la longitud de onda más corta.

En el caso de la acromatopsia existe un defecto de sensibilidad a la discriminación de colores, y la diferenciación entre ellos se basa en el brillo y la saturación y no en el tono. Existen dos formas, ambas con la misma clínica de nistagmus, mala agudeza visual

## 1.12. Test psicofísicos: visión de colores y sensibilidad al contraste

Javier A. Montero Moreno

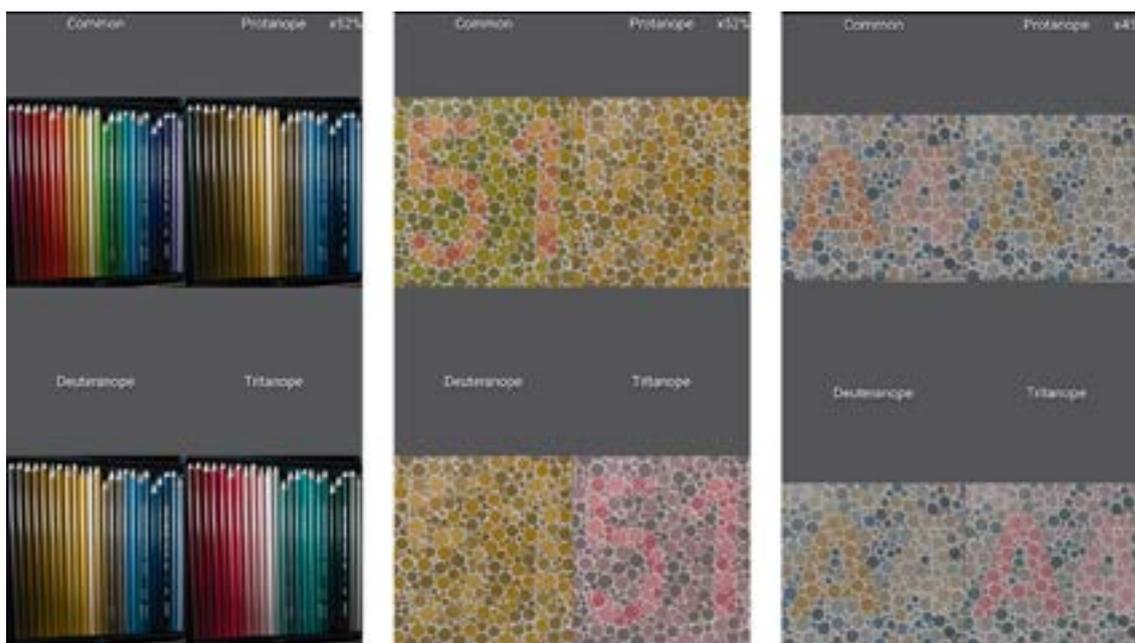
y fotofobia, sólo diferenciables entre sí mediante ERG. El monocromatismo de bastones supone la forma más grave, de herencia autosómica recesiva localizada en el gen CNGA3 del cromosoma 2. El monocromatismo azul de conos es de herencia recesiva ligada a X y supone una visión monocromática en la que se mantiene el pigmento azul de los conos, pero en tan escasa cantidad que la función es asumida mayoritariamente por los bastones

El diagnóstico precoz de los defectos hereditarios de la visión de los colores facilita la adaptación de los niños portadores de estos defectos a las tareas escolares y al manejo de sus expectativas laborales futuras, mientras que en el caso de los defectos adquiridos puede servir como marcador clínico de ciertas enfermedades.

En la actualidad coexisten multitud de tipos de test para evaluar la visión de los colores, tanto físicos como digitales.

**Láminas pseudoisocromáticas de Ishihara:** Se trata del tipo de test más difundido. Se basa en láminas formadas por puntos de diferentes tamaños en las cuales aparecen letras, números o figuras dibujados por el agrupamiento de puntos de ciertos colores, con diferentes grados de luminosidad, de forma que se puedan reconocer estos patrones por el tono y por la saturación de los colores. La disposición de los colores de los puntos que conforman el patrón frente a los del fondo está diseñada de forma que solo puedan reconocerse por el color, no por su luminosidad o tamaño (fig. 1).

**Farnsworth-Munsell 100 y D-15:** Los test basados en el ordenamiento de fichas de colores, como el *Farnsworth-Munsell 100* y el *Farnsworth D-15* se basan en ordenar una serie de fichas marcadas con papeles de diferentes valores de color, luminosidad y carencia de blanco. El test de 100 tonos se basa en 85 fichas coloreadas (de igual saturación y luminosidad) que representan pequeñas progresiones de color y conforman un



**Figura 1:** Presentación de una gama de colores y dos láminas pseudoisocromáticas de Ishihara tal como se percibirían en condiciones normales y en situaciones de protanopia, deuteranopia y tritanopia según la aplicación CVSimulator.

## 1.12. Test psicofísicos: visión de colores y sensibilidad al contraste

Javier A. Montero Moreno

círculo completo. La parte posterior de las fichas viene marcada con un número que indica el orden correcto de colocación. Estas fichas se dividen en 4 grupos, cada uno en una bandeja diferente que representa un cuadrante de la progresión de colores, y el paciente dispone de 2 minutos para ordenar cada una de ellas. Dependiendo de los defectos de discriminación de los colores se producirán patrones específicos en la colocación de las fichas, que permitirá graduar la discriminación de colores en superior, moderada o baja. Sin embargo, se trata de un tipo de test que requiere un tiempo de unos 15 a 20 minutos, lo que hace que resulte poco práctico en la clínica.

El *Farnsworth D-15* y sus versiones desaturadas resultan mucho más útiles en la práctica, si bien no resulta útil para el diagnóstico de los tricrómatas anómalos y sí para el de los dicrómatas (fig. 2). Este test fue diseñado para diferenciar entre aquellos que no van a presentar dificultades relacionadas con la discriminación de colores en su vida normal (población normal, y defectos leves) y quienes van a tener dificultades (formas moderadas y severas). Consiste en 15 fichas coloreadas que deben ordenarse para formar un círculo de colores en función de su tonalidad, pudiéndose dar la confusión de colores en el círculo. La transposición del orden de colocación de las fichas por parte del paciente comparado con el orden real dado por la numeración en la parte posterior de las mismas dará lugar a unos ejes que orientarán acerca del tipo de defecto.

**Anomaloscopio:** Consiste en el ajuste de dos fuentes de luz de diferentes colores hasta conseguir igualarlo a una tercera luz que sirve como patrón. Así el anomaloscopio de Nagel sirve para identificar los defectos rojo-verde, y el de Pickford-Nicolson para identificar los defectos azul-amarillo y rojo-verde. Sin embargo, su elevado coste ha



**Figura 2:** Presentación de Farnsworth D-15 tal como se percibiría en condiciones normales y en situaciones de protanopia, deuteranopia y tritanopia según la aplicación.

limitado su aplicación en la práctica, si bien recientemente se han descrito modalidades basadas en luces LED que permitirían un precio mucho más reducido.

En la actualidad se dispone de multitud de *apps* para la evaluación de los defectos de la visión de colores, en su mayoría basados en las láminas pseudoisocromáticas de Ishihara y en las fichas de Farnsworth (como Color Blindness Test, Ishihara Color Blindness Test, Waggoner CCVT), así como de simuladores de los defectos de visión de colores (como CV Simulator)

## Cómo realizar los test de visión de colores

No es necesario realizar estos test para cada visita, sino que existen unas recomendaciones:

*En todos los niños pequeños:* Antes de la educación primaria, puesto que se utilizan los colores en el aprendizaje de la lectura y de matemáticas, y los defectos de visión de colores se pueden confundir con defectos de aprendizaje.

*En la primera visita de todos los pacientes:* de forma monocular, para establecer una línea basal del defecto.

*En pérdidas de visión no diagnosticadas:* Los defectos de visión de colores se pueden asociar a las primeras fases de la patología macular o neural y ayudar en el diagnóstico diferencial: en las fases iniciales de alteraciones maculares (defecto azul-amarillo) neuritis (rojo-verde) o ambliopía (sin defecto de visión de colores).

*En pacientes que refieren alteración de la visión de colores o diferencias entre uno ojo y otro:* Los defectos hereditarios no varían a lo largo de la vida ni de un ojo a otro.

Todos estos tests deben realizarse sin dilatación pupilar ni previo deslumbramiento. A excepción de las pruebas basadas en *apps*, el resto de los tests basados en pigmentos deben ser realizados en condiciones de iluminación lo más parecidas posibles a la luz diurna (o en su defecto con luces de fluorescente ordinarias; las luces más cálidas favorecen la no detección de las anomalías, especialmente de los deuteranomalos) y con una intensidad de luz no inferior a las 20 candelas-pie, a una distancia de unos 30-40 cm en ausencia de reflejos. Se debe colocar el test a unos 45° de la fuente de luz, y perpendicular a los ojos del paciente, y se debe limitar el tiempo de realización del test según lo recomendado para cada uno.

Las láminas pseudoisocromáticas son un buen procedimiento para la realización de pruebas de screening de la población general y discriminar al 95% de la población que no presenta problemas de visión de colores, para posteriormente aplicar el Farnsworth D-15 que permite comprobar la gravedad del defecto y aconsejar acerca del desempeño y su repercusión en la vida real.

Tricromasia anómala: Falla Ishihara, pasa D-15, no se puede detectar si protan o deutan sin la información del eje.

Protanopia: Falla Ishihara y D-15. El eje informa del tipo de defecto.

Deuteranopia: Falla Ishihara y D-15. El eje informa del tipo de defecto.

Tritanopia: Falla D-15. El eje informa del tipo de defecto.

## SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

Aunque la agudeza visual sigue siendo la base de la determinación de la función visual, los pacientes pueden tener pérdidas de la sensibilidad al contraste para una misma agudeza visual. La determinación de la sensibilidad al contraste no orienta hacia diagnósticos concretos, pero sirve como orientación para determinar la progresión de la enfermedad y la respuesta al tratamiento, como en el caso de las cataratas, glaucoma, degeneración macular o neuritis óptica.

El contraste es una medida de la luminosidad o la oscuridad de un objeto en comparación con la del fondo. El umbral de contraste es la mínima diferencia discernible entre la luminosidad o la oscuridad de un objeto y la del fondo. La sensibilidad al contraste es la inversa del umbral. El tamaño del objeto también guarda relación con la cantidad de contraste necesaria. La cantidad de contraste se puede determinar mediante diferentes fórmulas, la más habitual es la de Weber en la cual:

$$\text{Contraste Weber} = \frac{\text{Luminancia del objeto} - \text{Luminancia del fondo}}{\text{Luminancia del fondo}}$$

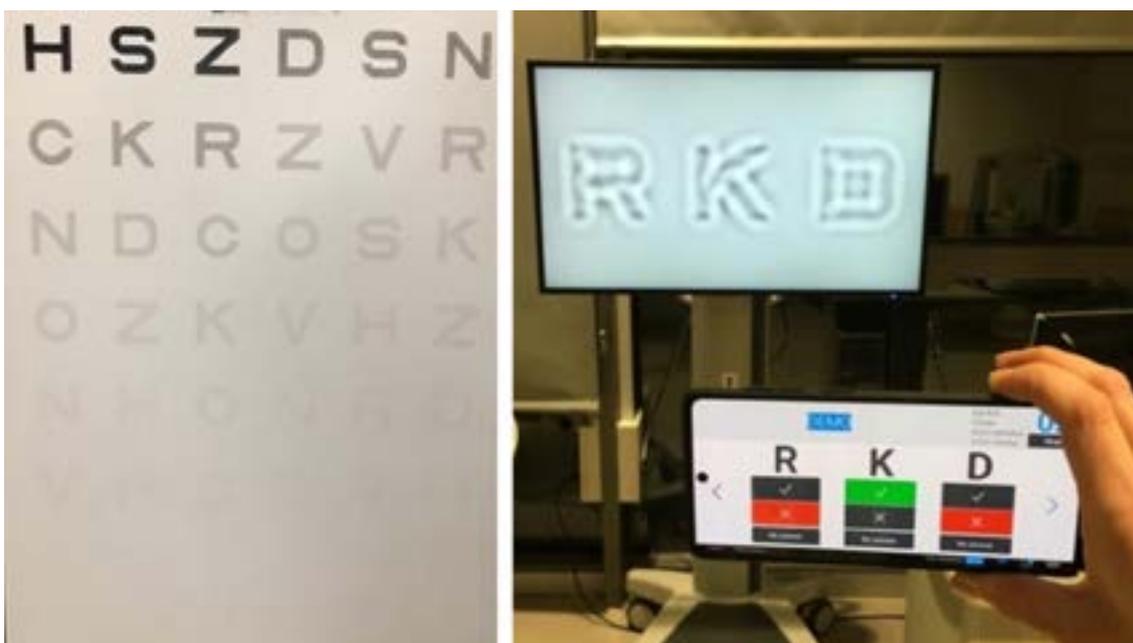
Se denomina frecuencia espacial al número de líneas claras y oscuras contiguas comprendidas dentro de un ángulo visual determinado (ciclos por grado, cpd). Una frecuencia espacial elevada (un n.º elevado de cpd) se muestra como líneas muy juntas, y una frecuencia baja como líneas más separadas.

Las láminas de sensibilidad al contraste en uso en la actualidad suelen constar de filas de rejillas o de letras con diferentes grados de contraste. Sin embargo, tienen como inconvenientes las dificultades individuales para el reconocimiento de las letras del alfabeto latino, la necesidad de una iluminación de una intensidad determinada y uniforme y ausente de reflejos, y el deterioro progresivo de las cartas.

**Rejillas de contraste:** Se basan en la presentación de filas de rejillas formadas por líneas blancas y negras con una progresión hacia un menor grado de contraste (mayor cpd, es decir, líneas más delgadas y más próximas entre sí). La diferencia entre las diferentes modalidades radica en la transición entre estas líneas, que puede ser brusca (ondas cuadradas, como la rejilla Cambridge) o progresiva (ondas sinusoidales como la rejilla Arden); si se pide la identificación de estas líneas frente a rejillas en blanco (Arden, Cambridge), o la identificación de su orientación (vertical, oblicuas derechas o izquierdas...) (como la rejilla FACT, Vistech o CSV-1000); o si se presentan en panel con iluminación ambiente o retroiluminada (como CSV-1000).

**Láminas de letras:** Se basan en la presentación de letras del mismo tamaño y con una separación constante entre ellas, dispuestas en filas con un contraste decreciente (Pelli-Robson, Mars) o con un tamaño de letras y contraste decreciente (Regan) (fig. 3).  
CVSimulator.

**Test computerizados:** Permiten presentar letras de diferentes tamaños y contrastes, de forma ordenada, aleatoria o adaptada a las respuestas del paciente. Sin embargo, presentan limitaciones referidas a su coste y a la calibración de la iluminación de la pantalla.



**Figura 3:** Test de contraste Pelli-Robson (izquierda) y test digital de contraste adaptativo (derecha).

En conjunto los tests basados en letras son rápidos y fiables, pero sus resultados dependen de la capacidad de reconocimiento de las letras y de la iluminación, reflejos y deterioro de las láminas, mientras que los basados en rejillas eliminan los factores de reconocimiento, pero resultan menos fiables a la hora de evaluar si la progresión es real.

## MENSAJES CLAVE A RECORDAR

- Los tests de láminas pseudoisocromáticas y de Farnsworth-Munsell son complementarios entre sí, el primero como screening y el segundo como evaluación de la gravedad.
- La sensibilidad al contraste puede explicar la calidad de visión de los pacientes en casos de buena agudeza visual.
- Tanto las pruebas de visión de colores como de sensibilidad al contraste deben realizarse en las condiciones de iluminación adecuadas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Review of the main colour vision clinical assessment tests. Fanlo Zarazaga A, Gutiérrez Vásquez J, Pueyo Royo V. Arch Soc Esp Oftalmol 2019; 94: 25-32.
2. Contrast sensitivity basics and a critique of currently available tests. Richman J, Spaeth GL, Wirostko B. J Cataract Refract Surg 2013; 39: 1100-1106.
3. <https://www.youtube.com/watch?v=Qq0qHHLV7ic>
4. <https://www.youtube.com/watch?v=qB20VOxZ7D8>

## PREGUNTA TIPO TEST

(pulse en la flecha para comprobar las respuestas)

### 1. En lo referente a las pruebas de visión de colores, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?

- a) La protanopia es la alteración más frecuente, de herencia autosómica recesiva.
- b) La acromatopsia cursa con buena agudeza visual.
- c) El test más útil para el screening de la visión de colores es el Farnsworth D-15.
- d) Una de las limitaciones del test Farnsworth-Munsell 100 es el tiempo requerido para su desarrollo.
- e) Los test de láminas pseudoisocromáticas y Farnsworth D-15 son complementarios.

### 2. En lo referente a los test de visión de contraste, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?

- a) La sensibilidad al contraste es directamente proporcional al umbral de contraste.
- b) Las cartas de sensibilidad al contraste se basan en letras del mismo tamaño con diferente grado de contraste.
- c) Los test de sensibilidad al contraste basados en láminas de letras son más fiables que los de rejilla.
- d) Los test de rejilla y los de letras son complementarios.
- e) La sensibilidad al contraste se afecta de forma característica en la patología macular.