

**ADAPTACION CROMATICA Y RESPUESTA TEMPORAL DE LOS
CANALES CROMATICOS OPONENTES CON
DISPOSITIVOS TRC**

**CHROMATIC ADAPTATION AND TEMPORAL RESPONSE
OF CHROMATIC-OPPONENT CHANNELS
IN CRT DEVICES**

P. MARTINEZ*, J.A. GARCIA, M. RUBIÑO y L. JIMENEZ DEL BARCO

Departamento de Optica. Universidad de Granada (España).

** Departamento de Informática. Universidad de Extremadura (España).*

RESUMEN

Se ha realizado un estudio experimental de la influencia que los fenómenos de adaptación cromática presentan sobre el tiempo de reacción visual (TRV), caracterizando la respuesta temporal de los canales cromáticos oponentes mediante dicho parámetro visual. Los estímulos de color han sido generados, mediante control por software, en un monitor TRC calibrado colorimétricamente. El método experimental empleado, con objeto de aislar el canal de luminancia, ha sido el de sustitución de tono. Los colores seleccionados, un total de 18, están situados sobre las líneas de confusión rojo-verde y amarillo-azul. El nivel de luminancia fue de 13,8 cd/m². Los estímulos se han presentado en visión foveal centrada con un campo de 1° y el campo circundante subtendía un tamaño de 20° x 15°. La adaptación cromática fue la correspondiente a fondos rojo, verde y azul y los efectos de la misma sobre el TRV se han estudiado en función del valor de S y L-2M para los canales cromáticos oponentes según el espacio de excitación de conos.

ABSTRACT

It has been realized an experimental study about the influence of chromatic adaptation phenomena on the visual reaction time (VRT). This parameter allows to characterize the temporal response of chromatic-opponent channels. Color stimuli has been generated by software with a CRT monitor that has been calibrated in temporal and chromatic aspects. The employed experimental method was the hue-substitution one, being isolated the luminance-channel. We have selected 18 stimuli that correspond to the confusion lines r-g and y-b. The luminance level was 13.8 cd/m². Stimuli were presented with 1° centred foveal field and the surrounding field was 20° x 15°. The chromatic adaptation correspond to red, green and blue backgrounds. It has been studied the effects of chromatic adaptation as a function of S and L-2M for the opponent-chromatic channels according to cones excitation space.

1. INTRODUCCION

La posibilidad de controlar mediante un sistema informático dispositivos TRC (tubo de rayos catódicos) en color, ofrece una gran versatilidad en el diseño de experimentos dentro del campo de la Visión del Color, eliminando algunos de los inconvenientes que aparecen cuando se utilizan dispositivos ópticos convencionales. Por otra parte, la gran utilización actual de este tipo de dispositivos en aplicaciones informáticas, radar, control aéreo, instrumentación, etc, permite obtener de los

experimentos psicofísicos con TRC conclusiones que pueden ser de interés en el diseño ergonómico de tales aplicaciones, Murch (1).

Actualmente una gran parte de los trabajos realizados en visión del color, están relacionados con el establecimiento de modelos tratando de justificar los resultados obtenidos en base a dichos modelos, Boynton (2), García et al (3).

Un parámetro ampliamente utilizado en trabajos de visión del color es el TRV (tiempo de reacción visual) que permite obtener información sobre la respuesta

temporal de los canales cromáticos oponentes. En este trabajo vamos a obtener medidas del tiempo de reacción visual (TRV) en circunstancias similares a las de trabajo con monitores TRC en color utilizando fondos cromáticos adaptantes uniformes.

Estudiando la evolución del TRV en presencia de fondos luminosos pretendemos cubrir los siguientes objetivos:

- Evaluar la influencia que tiene sobre el TRV la variación de cromaticidad y luminancia que se produce entre un estímulo adaptante y el estímulo cuya presencia debe detectar el observador en presencia de fondos luminosos.

- Evaluar la bondad del dispositivo experimental y el método de calibración utilizado, comparando los resultados con los obtenidos por otros autores.

2. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL Y METODO

2.1. Dispositivo experimental

El dispositivo experimental consistía en un computador IBM PC XT SFD equipado con una tarjeta gráfica VGA compatible (Mod EIZO MD-B10) y un monitor EIZO 9070S (compatible VGA analógico).

Se ha diseñado un programa que permite automatizar la generación de estímulos, simulando las funciones de un taquíscopio, controlando la distribución espacial y temporal de los estímulos y la luminancia y cromaticidad de los estímulos adaptantes y campos circundantes utilizados. Para realizar estas tareas se utiliza el menú del experimentador.

El TRV se mide internamente mediante un reloj diseñado a partir del reloj interno del ordenador (C.I. timer 8253) que nos permite obtener una precisión 840ns. La puesta a cero del reloj está sincronizada con el sincronismo vertical del TRC asociado al cambio del estímulo, midiéndose el tiempo que transcurre hasta que el observador pulsa una tecla (cuando detecta el cambio del estímulo).

La calibración colorimétrica del TRC se ha realizado a partir de medidas obtenidas con un espectroradiómetro Spectrascan PR-705 a una distancia de 1m y con un campo de 0.5°. El método de calibración utilizado se basa en las suposiciones de Brainard (4), comprobando posteriormente las cromaticidades y luminancias utilizadas para los estímulos y fondos con un colorímetro TOPCON BM-5. Las desviaciones encontradas fueron inferiores al 10% para el nivel de luminancia seleccionado (13.8cd/m²).

Todas las experiencias se realizaron en la oscuridad y aislando al sujeto mediante una estructura en la que estaba integrada una mentonera para fijar la distancia de observación.

2.2. Método

Considerando los antecedentes en cuanto a dependencia del TRV con la cromaticidad del estímulo, King-Smith y Carden (5), Bowen (6), Ueno et al (7) y Jiménez del Barco et al (8), según los cuales el mecanismo acromático para la detección de estímulos es más rápido que el mecanismo cromático, hemos optado por aislar el canal de luminancia, utilizando para ello el método denominado "sustitución de tono" en el que el estímulo adaptante y el estímulo tienen la misma luminancia (13.8 cd/m²).

En el centro de la pantalla del ordenador aparecía un estímulo adaptante acromático, rodeado de un campo circundante luminoso rojo, verde o azul de luminancia 13.8 cd/m². El estímulo cambiaba su cromaticidad manteniendo constante su luminancia a uno de los 18 posibles colores de la gama, siendo la presentación aleatoria.

El tamaño angular del estímulo fue de 1° centrado fovealmente y el del campo circundante 20° x 15°, siendo el nivel de luminancia del estímulo y del campo circundante 13.8 cd/m².

Los 18 estímulos han sido seleccionados de forma que estén situados sobre las líneas de confusión rojo-verde y amarillo-azul (fig 1), permitiendo variar independientemente las estimulaciones de los dos canales cromáticos oponentes Boynton (2).

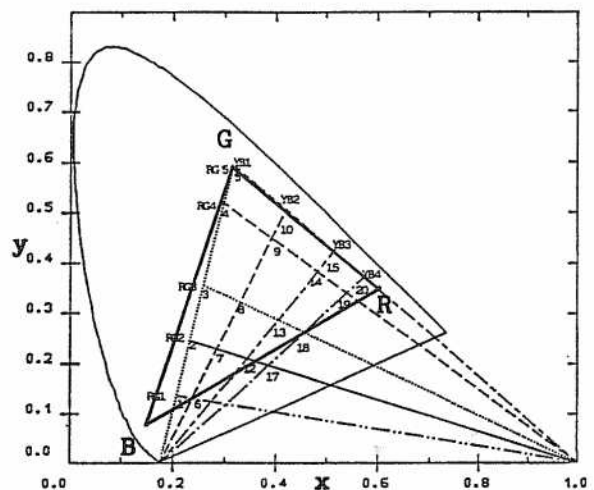


Fig 1.- Situación, en el diagrama de cromaticidad CIE-1931, de los puntos estudiados y del triángulo determinado por los primarios del dispositivo TRC cuyas cromaticidades fueron empleadas para el campo circundante.

Se han utilizado campos circundantes luminosos verde (experimento 1), rojo (experimento 2) y azul (experimento 3), correspondientes a los primarios del monitor utilizado. Las coordenadas de cromaticidad de los campos circundantes aparecen en el triángulo de la fig 1. representado en el diagrama de cromaticidad CIE-1931.

2.3. Sesiones experimentales

El desarrollo de las sesiones experimentales fue controlado por el sistema informático. Para evitar la fatiga visual del observador la duración de una sesión experimental fue siempre inferior a 20 minutos.

Cada sesión experimental comenzaba con un período de 5 min para adaptación a la oscuridad, seguido de un período de 3 min de adaptación al campo circundante y al estímulo inicial.

Una vez terminados estos períodos se producía una señal acústica que avisaba al sujeto del comienzo de las medidas. Durante las medidas el observador mantenía centrada su atención en el estímulo, debiendo determinar el instante en el que se producía el cambio de cromaticidad de dicho estímulo pulsando en ese momento una tecla. El tiempo entre la presentación de dos estímulos consecutivos era aleatorio, estando comprendido entre 4 y 7 seg.

3. MEDIDAS Y ANALISIS DE DATOS

El TRV para cada uno de los 18 estímulos utilizados fue medido para cada una de las tres cromaticidades del fondo. La luminancia para todos los fondos y estímulos se mantuvo a 13.8 cd/m².

Se utilizaron dos observadores tal y como es habitual en este tipo de experiencias, ambos tenían visión normal del color y habían realizado sesiones de prueba.

El número de medidas realizadas para cada estímulo ha sido 120, por lo que el número total de observaciones realizadas por cada sujeto experimental para los 18 puntos y 3 experimentos fue 6480.

Las barras que aparecen sobre los puntos experimentales en las distintas gráficas representan los intervalos de confianza que se han calculado para un nivel de confianza del 95%, según la expresión:

$$I = (\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \cdot \sigma/n), \text{ donde}$$

\bar{x} : Valor medio del conjunto de datos (TRV).

$Z_{\alpha/2}$: El área bajo la curva de distribución normal.

σ : La desviación típica del conjunto de datos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en cuanto a dependencia del TRV con la cromaticidad de los estímulos pueden ser explicados de acuerdo con el modelo de canales cromáticos oponentes propuesto por Boynton (2) que tiene en cuenta el espectro de acción de conos de Smith y Pokorny (9). En base a dicho modelo representamos los resultados obtenidos para el TRV en función de los valores de S y L-2M que cuantifican la excitación de los canales cromáticos oponentes.

En la figura 2 (a, b, c) se presentan los resultados obtenidos, en cuanto a dependencia TRV - (L-2M) para el observador PMC y adaptación al verde, rojo, y azul respectivamente, obteniéndose resultados similares para el otro observador.

Los resultados muestran una mayor rapidez del canal L-2M frente al S, ya que para obtener dependencias significativas TRV - S debemos trabajar en condiciones de sustitución de tono e igualdad L-2M entre el estímulo adaptante y el estímulo de igual luminancia y cromaticidad diferente al que gira.

De los resultados anteriores podemos deducir que la existencia de un fondo cromático verde no repercute significativamente en los TRV, ya que dicho fondo afectaría principalmente al canal de luminancia, mientras que, por nuestro diseño experimental, hemos medido la capacidad de los canales cromáticos oponentes para detectar cambios de cromaticidad, aislando el canal de luminancia mediante el método de sustitución de tono. De hecho, la curva de sensibilidad espectral de los conos M es prácticamente coincidente con la curva de eficiencia luminosa (9). Este resultado confirma la independencia del canal de luminancia respecto a los canales cromáticos oponentes en el procesamiento de la señal.

La influencia de la adaptación sobre la discriminación cromática ha sido interpretada por varios autores como un desplazamiento en el diagrama de cromaticidad del color percibido, Hita et al (10) y Romero et al (11). Nuestros resultados confirman este hecho ya que en el experimento 3, con adaptación al azul, se produce una inhibición de la respuesta de los conos S que se traduce en un deterioro de la detección cromática hacia la zona amarilla, presentándose un máximo para los estímulos 9 y 10.

Asimismo, en el caso de la adaptación al rojo (experimento 2) se produce una inhibición de la respuesta de los conos L que se manifiesta en un empeoramiento de la detección cromática hacia la zona verde-azulada con un máximo situado sobre 496 nm y hacia la zona amarilla en 570 nm. En este caso hemos de tener en cuenta que el primario rojo que se emplea en el campo adaptante tiene una longitud de onda dominante de 604 nm, donde tanto los conos L como los M tienen una alta sensibilidad espectral, además de que no podríamos considerar nula la respuesta de los conos S al no tratarse

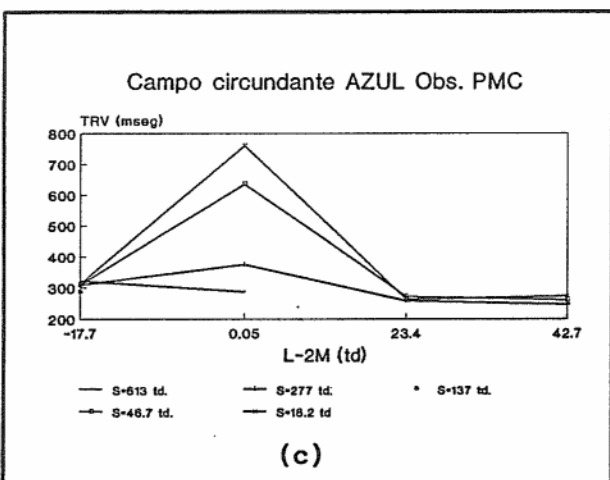
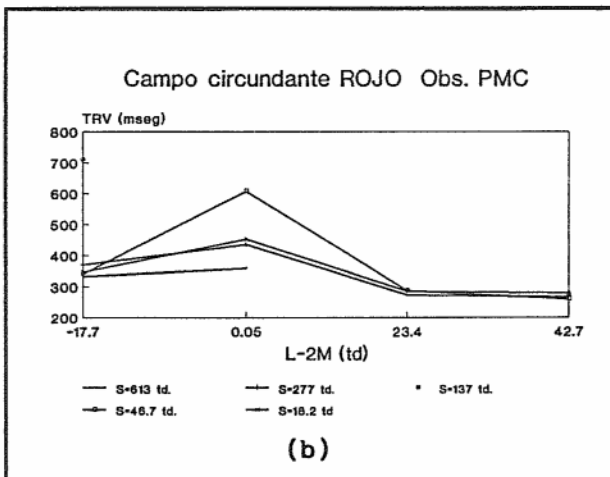
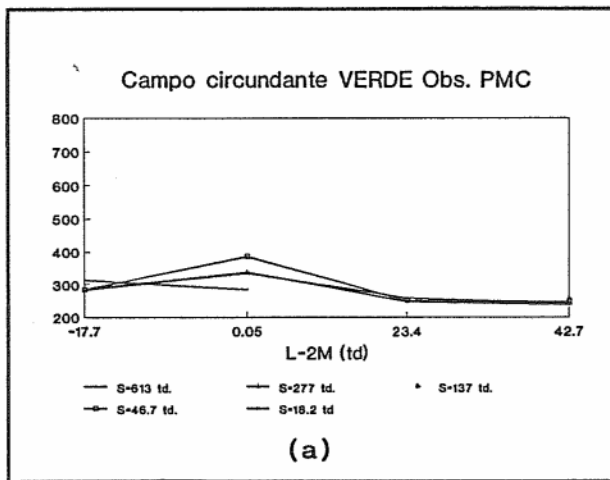


Fig. 2.- Dependencia del TRV con L-2M. Resultados obtenidos para el observador PMC: a) campo circundante verde; b) campo circundante rojo; c) campo circundante azul.

de un primario monocromático por tener una pureza colorimétrica del 89%. No obstante, el análisis de resultados del TRV empleando la longitud de onda dominante como parámetro no arroja demasiada luz sobre la respuesta temporal en visión cromática, ya que, como insistíamos en el planteamiento del problema, la señal procesada es una combinación de la emitida por los distintos tipos de conos a través de los canales oponentes. Ello nos ratifica en el interés de realizar el análisis empleando modelos como el propuesto por Boynton (2). En este sentido cabe resaltar que los máximos encontrados en todos los casos se presentan precisamente para un valor de L-2M prácticamente igual a cero, que es precisamente el correspondiente al estímulo adaptante empleado en estos tres experimentos. Por tanto, el estímulo adaptante desempeña un papel primordial en la detección temporal del color, y en particular en la estimulación del canal cromático oponente rojo-verde (valor de L-2M).

A partir de la discusión precedente podemos concluir que la inhibición de los mecanismos de discriminación que aparece en los fenómenos de adaptación cromática se manifiesta en un aumento del TRV determinado en primer lugar por la proximidad al adaptante en cuanto a valor de L-2M se refiere, y en segundo lugar por la cromaticidad del campo circundante, empeorando la detección temporal con adaptación al azul en la zona complementaria al campo circundante. El comportamiento es similar para adaptación al rojo.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación ha sido realizado gracias a la financiación de la Subdirección General de Promoción de la Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia Español (*Proyecto PB90-0871*).

BIBLIOGRAFIA

1. G.M. MURCH: *CG & G*, 49 (1984).
2. R.M. BOYNTON: *Color Res. Appl.*, 11, 224 (1986).
3. J.A. GARCIA, E. HITA, J. ROMERO y L. JIMENEZ DEL BARCO: *Opt. Pur. Apl.*, 25 (1), 17 (1992).
4. D.H. BRAINARD: *Color Res. Appl.*, 14, 23 (1989).
5. P.E. KING-SMITH y D. CARDEN: *J. Opt. Soc. Am.*, 66, 709 (1976).
6. R.W. BOWEN: *Vision Res.*, 21, 1457 (1981).
7. T. UENO, J. POKORNY y V.C. SMITH: *Vision Res.*, 25 (11), 1623 (1985).
8. L. JIMENEZ DEL BARCO, P. MARTINEZ, J. ROMERO y E. HITA: *J. Optics*, 22 (3), 129 (1991).
9. J. POKORNY y V.C. SMITH: *Vision Res.*, 15, 161 (1975).
10. E. HITA, J. ROMERO, A. CERVANTES y L. JIMENEZ DEL BARCO: *J. Optics*, 20 (2), 87 (1989).
11. J. ROMERO, A. CERVANTES, L. JIMENEZ DEL BARCO y E. HITA: *Optom. & Visual Sci.*, 66 (3), 153 (1989).