



IX
CONGRESO NACIONAL
DEL COLOR
ALICANTE 2010

ALICANTE, 29 Y 30 DE JUNIO,
1 Y 2 DE JULIO DE 2010
UNIVERSIDAD DE ALICANTE



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



SEDOPTICA
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ÓPTICA
COMITÉ ESPAÑOL DE COLOR

PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado por evaluadores ajenos a la Universidad de Alicante,
con el fin de garantizar la calidad científica del mismo.

Publicaciones de la Universidad de Alicante
Campus de San Vicente s/n
03690 San Vicente del Raspeig
Publicaciones@ua.es
<http://publicaciones.ua.es>
Teléfono: 965903480
Fax: 965909445

© Varios autores, 2010
© de la presente edición: Universidad de Alicante

ISBN: 978-84-9717-144-1

Diseño de portada: candelaInk

Reservados todos los derechos. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

El IX Congreso Nacional de Color cuenta con el apoyo de las siguientes entidades:



**IX CONGRESO NACIONAL DE COLOR
ALICANTE,
29 Y 30 DE JUNIO, 1 Y 2 DE JULIO
UNIVERSIDAD DE ALICANTE**

Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía
Facultad de Ciencias

Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías (IUFACyT)
Universidad de Alicante

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente	Francisco M. Martínez Verdú	<i>Universidad de Alicante</i>
Vicepresidente I	Eduardo Gilabert Pérez	<i>Universidad Politécnica de Valencia</i>
Vicepresidente II	Joaquín Campos Acosta	<i>IFA-CSIC</i>
Secretaria Científica	Esther Perales Romero	<i>Universidad de Alicante</i>
Secretaria Administrativa	Olimpia Mas Martínez	<i>Universidad de Alicante</i>
Secretaria Técnica	Sabrina Dal Pont	<i>Universidad de Alicante</i>
Tesorero	Valentín Viqueira Pérez	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	Elísabet Chorro Calderón	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	Verónica Marchante	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	Bárbara Micó Vicent	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	Elena Marchante	<i>Universidad de Alicante</i>
Vocal	Ernesto R. Baena Murillo	<i>Universidad de Alicante</i>

COMITÉ CIENTÍFICO

Natividad Alcón Gargallo	<i>Instituto de Óptica, Color e Imagen, AIDO</i>
Joaquín Campos Acosta	<i>Instituto de Física Aplicada CSIC</i>
Pascual Capilla Perea	<i>Universidad de Valencia</i>
Ángela García Codoner	<i>Universidad Politécnica de Valencia</i>
Eduardo Gilabert Pérez	<i>Universidad Politécnica de Valencia</i>
José M^a González Cuasante	<i>Universidad Complutense de Madrid</i>
Francisco José Heredia Mira	<i>Universidad de Sevilla</i>
Enrique Hita Villaverde	<i>Universidad de Granada</i>
Luis Jiménez del Barco Jaldo	<i>Universidad de Granada</i>
Julio Antonio Lillo Jover	<i>Universidad Complutense de Madrid</i>
Francisco M. Martínez Verdú	<i>Universidad de Alicante</i>
Manuel Melgosa Latorre	<i>Universidad de Granada</i>
Ángel Ignacio Negueruela	<i>Universidad de Zaragoza</i>
Susana Otero Belmar	<i>Instituto de Óptica, Color e Imagen, AIDO</i>
Jaume Pujol Ramo	<i>Universidad Politécnica de Cataluña</i>
Javier Romero Mora	<i>Universidad de Granada</i>
M^a Isabel Suero López	<i>Universidad de Extremadura</i>
Meritxell Vilaseca Ricart	<i>Universidad Politécnica de Cataluña</i>

EFFECTO H-K: UN POSIBLE LÍMITE EN EL INCREMENTO EN LA PERCEPCIÓN DE LA CLARIDAD DEBIDO AL CROMATISMO DE LOS ESTÍMULOS

M^a del Carmen Durán¹, Julio Lillo¹, Humberto Moreira², Leticia Álvaro¹

¹Facultad de Psicología. Universidad Complutense de Madrid.

²División de Psicología. Escuela Universitaria Cardenal Cisneros.

Resumen:

Se estudió la influencia de tres variables colorimétricas (H^*_{ab} , L^* y C^*_{ab}) en el efecto H-K (Helmholtz-Kolrausch). Para medir la claridad percibida se utilizó una tarea de elección forzada (selección del estímulo más claro) entre pares de estímulos (uno cromático y otro acromático). Los estímulos cromáticos difirieron en ángulo cromático (los correspondientes a los tres primarios y al mejor ejemplo de amarillo en el monitor utilizado), claridad CIE ($L^*= 50$ ó 70) y croma CIE ($C^*_{ab}= 30$ ó 50). La magnitud del efecto H-K encontrado dependió de la interacción entre las tres variables colorimétricas consideradas, lo que parece indicar la existencia de un efecto techo (el crecimiento en la claridad percibida debida al cromatismo estaría limitada por el nivel de L^*). Los resultados obtenidos no permiten explicar el efecto H-K considerando sólo uno de los tres siguientes mecanismos perceptivos: el nivel de cromatismo, la actividad en el mecanismo azul-amarillo, la actividad en el sistema circadiano.

Palabras clave: Claridad visual. Efecto H-K. Color.

INTRODUCCIÓN

Se denomina efecto Helmholtz-Kolrausch (a partir de ahora, efecto H-K) a que dos estímulos fotométricamente equivalentes se perciban diferentes en brillo o claridad. Como implica la identidad de los autores que dan nombre al efecto, los primeros trabajos relacionados con él se remontan a la segunda mitad del siglo XIX. Sin embargo, hubo que esperar hasta finales de la década de los 20 en el siglo pasado para asistir al nacimiento formal de la fotometría y, consiguientemente, a los trabajos más directamente relacionados con la definición actual del efecto.

La medición fotométrica convencional permite medir adecuadamente los efectos visuales cuantitativos más relacionados con el funcionamiento del sistema magnocelular (véase capítulo 7 en Kayser y Boynton [1]). Por ello tal tipo de medición permite una adecuada especificación del contraste acromático percibido entre dos estimulaciones y/o el nivel de agudeza posibilitado por un determinado valor de iluminancia. Por el contrario, la medición fotométrica no es adecuada para aquellos efectos que dependen significativamente del funcionamiento del sistema magnocelular¹. Entre estos se encuentran el brillo y la claridad.

Brillo y claridad son parámetros relacionados con la intensidad percibida. El primero es el más relevante para colores de apertura. El segundo para colores relacionados. Se han documentado efectos H-K similares en relación con ambos parámetros, utilizándose a veces las denominaciones “efecto de la ratio brillo/luminancia (B/L) y “efecto de la ratio claridad-luminancia (C/L)” para diferenciarlos [2]. En ambos casos lo que se mide es la luminancia que ha de tener un estímulo acromático (B o C en las ecuaciones anteriores) para percibirse con Brillo o Claridad similar a un estímulo cromático de referencia que tiene una Luminancia concreta (L en ambas ecuaciones). En ambos casos los resultados (fracciones B/L o C/L mayores que 1, véase Wyszecki y Stiles, pp. 410-418 [3]) indican que, en general y para un mismo valor de luminancia,

el brillo-claridad se incrementa con el aumento del cromatismo del estímulo, y que este efecto es mayor para algunos matices (rojo, azul y verde), que para otros (amarillo).

Como se ha indicado, lo más habitual ha sido computar los índices B/L y C/L en base a la comparación de luminancias. Sin embargo, tal y como se ha sugerido en otro lugar [4], y puesto que lo que realmente interesa medir es el brillo o la claridad percibida, nuestra investigación utilizará valores de claridad CIE (L^*) para evaluar la fuerza del efecto H-K.

Distintas publicaciones (véase capítulo 6 en Boyce [5]) ofrecen algoritmos para predecir la fuerza del efecto H-K partiendo de las coordenadas cromáticas de los estímulos considerados. Tales algoritmos, sin embargo, no proporcionan una explicación teórica respecto al origen del efecto. Nuestra investigación es tentativa a este respecto, ya que explora cualitativamente la posibilidad de explicarlo en base a tres aspectos perceptivos diferentes. Primero, el nivel cromático de la estimulación (estimado en base al parámetro C^*_{ab} de la CIE, este valor dependería tanto de la activación generada en el mecanismo azul-amarillo como de la generada en la verde-rojo). Segundo, la actividad en el mecanismo azul-amarillo (véase capítulo 7 en Kayser y Boynton [1]). Tercero el nivel relativo de la actividad en el sistema circadiano [6] (véase capítulo 3 en Boyce [5]).

Aunque algunos trabajos [2-4] hayan estudiado el efecto H-K utilizando estímulos cromáticos con un solo valor de luminancia-claridad, en el nuestro se emplearon dos ($L^* = 50$ y 70) para explorar la posible aparición de un efecto techo. Esto es, puesto que el efecto H-K es una intensificación de la claridad, es posible que los estímulos ya altos en L^* tengan menor margen para que se de el efecto y que, por ello, este sea de menor magnitud.

Además de utilizar dos niveles de claridad CIE en los estímulos cromáticos, nuestro diseño experimental incorporó 4 ángulos cromáticos (los correspondientes a buenos ejemplares de rojo, azul, verde y amarillo), para evaluar cómo esta variable influía en la magnitud del efecto H-K. También consideró dos niveles de cromatismo CIE ($C^*_{ab}=30$ y $C^*_{ab}=50$). Se esperaba que, en general, el incremento en esta variable produjese un efecto H-K más fuerte.

MÉTODO

Se utilizó una tarea de elección forzada para determinar la claridad percibida en cada estímulo cromático. Cada ensayo de esta tarea presentó un par de estímulos (uno cromático, otro acromático) para que se seleccionase al más claro de ellos. Los estímulos se presentaron en un monitor Sony Trinitron Multiscan 17 SEII. Los valores colorimétricos (luminancia y coordenadas cromáticas) de sus primarios fueron: rojo ($Y=14.6$; $x=0.612$; $y=0.357$), verde ($Y=31.2$; $x=0.287$; $y=0.601$) y azul ($Y=3.5$; $x=0.145$; $y=0.059$). Su gamma fue de 2.15. Todas las mediciones se efectuaron con un lux-colorímetro CL-200 equipado con sus correspondientes accesorios.

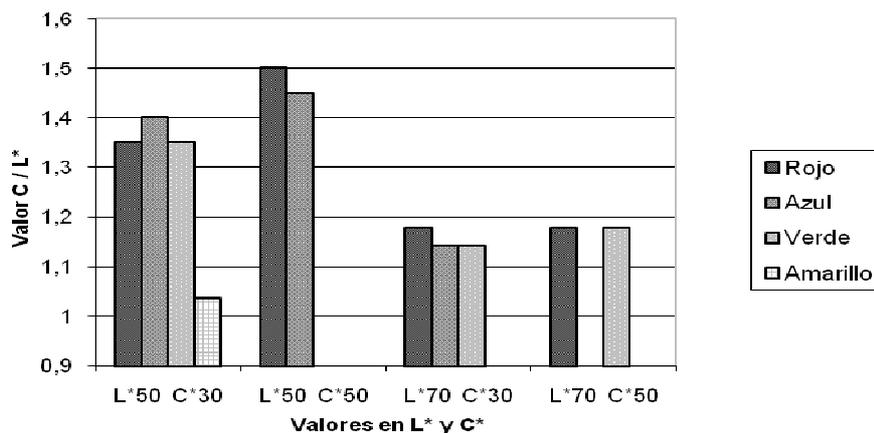
El conjunto de estímulos cromáticos a evaluar se determinó partiendo de las siguientes variables: ángulo cromático (H^*_{ab} . 4 niveles; 4.9; 58.8; 99.8 y 235), claridad (L^* . 2 niveles: 50 y 70) y cromatismo (C^*_{ab} : 30 y 50). El cruce de estas 3 variables produjo un conjunto de 16 estímulos ($4 \times 2 \times 2 = 16$), de los cuales sólo 11 fueron físicamente posibles en el monitor utilizado (se describen en la tabla 1). En los 5 casos restantes se utilizaron las mejores aproximaciones. Aunque estas se utilizaron como el resto de los estímulos, no serán tenidas en cuenta en nuestros análisis (se utilizaron para que los observadores viesan un número semejante de estímulos con cada uno de los 4 ángulos cromáticos utilizados). Los valores de H^*_{ab} que aparecen en la tabla 1 corresponden a los tres primarios y al mejor ejemplo de amarillo ($R = G$).

Tabla 1. Ángulos cromáticos (H^*_{ab}), claridades (L^*), cromatismos (C^*_{ab}) y coordenadas cromáticas (u^* , v^*), correspondientes a los 11 estímulos cromáticos utilizados.

Denominación	H^*_{ab}	L^*	C^*_{ab}	u^*	v^*
Rojo 50/30	4.8°	50	30	66.70	20.80
Azul 50/30	235°	50	30	-7.64	-70.50
Verde 50/30	99.8°	50	30	-51.68	47.93
Amarillo 50/30	58.8°	50	30	7.20	70.10
Rojo 50/50	4.8°	50	50	111.17	34.67
Azul 50/50	235°	50	50	-12.73	-117.5
Rojo 70/30	4.8°	70	30	66.70	20.80
Azul 70/30	235°	70	30	-7.64	-70.50
Verde 70/30	99.8	70	30	-51.68	47.93
Rojo 70/50	4.8°	70	50	111.17	34.67
Verde 70/50	99.8	70	50	-86.13	79.88

Cada estímulo cromático se comparó en 4 ocasiones con cada uno de los 15 estímulos pertenecientes a una escala de grises (valor mínimo 25, valor máximo 95) siguiendo un orden que varió aleatoriamente entre observadores. En la mitad de los ensayos el estímulo cromático ocupó la posición derecha, en la otra mitad la izquierda.

RESULTADOS

**Figura 1.** Valores C/L^* correspondientes a los 11 estímulos cromáticos

La figura 1 resume los resultados más importantes obtenidos en nuestra investigación. Las primeras cuatro barras corresponden, como se indica en el eje de abscisas, a los cuatro estímulos cromáticos en los que L^* y C^*_{ab} valieron, respectivamente, 50 y 30. Qué no vuelvan a aparecer 4 barras contiguas se debe a que no existen estímulos para los cuatro ángulos cromáticos en otras combinaciones de L^* y C^*_{ab} . Por ejemplo, para L^* y C^*_{ab} igual a 50 sólo existieron estímulos para los ángulos cromáticos de rojo y azul.

La aplicación de un análisis de varianza de Friedman indicó, para los resultados correspondientes a L^*50 y $C^*_{ab}30$, la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los 4 ángulos cromáticos respecto al valor C/L^* . Los correspondientes análisis de Wilcoxon indicaron que este parámetro fue significativamente inferior para el ángulo cromático de amarillo que para cualquiera de los otros 3 (no hubo diferencias significativas entre ellos).

La comparación entre estímulos similares en H^*_{ab} y diferentes en L^* o C^*_{ab} es informativa respecto al efecto de estas dos últimas variables. Concretamente, para los estímulos “rojo” y “azul” con $L^*= 50$, el incremento en el nivel de cromatismo (paso de $C^*_{ab} = 30$ a $C^*_{ab} = 50$) produjo un crecimiento en el valor de C/L^* . Por otra parte, la comparación entre los estímulos

con claridad media ($L^* = 50$) y alta ($L^* = 70$) indicó que el valor de C/L^* se redujo significativamente (y por tanto, el efecto H-K medido) con el incremento en el valor de L^* . Para terminar, no se observaron diferencias significativas entre los dos niveles de C^*_{ab} para los estímulos con L^* igual a 70.

CONCLUSIONES

Para todos los estímulos cromáticos el valor C/L^* fue superior a 1. Por tanto, todos produjeron, en mayor o menor grado, un efecto H-K. Sin embargo, la magnitud de tal efecto dependió de la interacción compleja entre los tres parámetros colorimétricos considerados en nuestro estudio. Por ejemplo, el incremento en el valor C^*_{ab} sólo aumentó el efecto para los estímulos de claridad media ($L^* = 50$), pero no para los de alta, lo que sugiere la existencia de algún tipo de límite en la magnitud del efecto que puede producirse. La complejidad de esta interacción imposibilita explicar el efecto en base a uno sólo de los factores perceptivos mencionados en la introducción (nivel de la respuesta cromática, actividad en el mecanismo amarillo-azul, actividad en el sistema circadiano). Los efectos observados deben estudiarse en investigaciones adicionales en las que se incremente el rango de claridades y cromatismos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue parcialmente subvencionada por las becas 2008-04 166/PSIC del Ministerio de Ciencia e Innovación y Ayuda FPI UCM (BE48/09).

REFERENCIAS

- [1] P. K. Kayser, R. M. Boynton, "The Encoding of Color" *Human Color Vision*. Second Edition, (Optical Society of America: Washington, 1996).
- [2] Y. Nayatani, H. Sobagaki, K. Hashimoto. "Existence of Two Kinds of Representations of the Helmholtz-Kohlrausch Effect. I. The Experimental Confirmation" *Color research and application*, Vol. 19, 4, pág. 246-261 (1994).
- [3] G. Wyszecki, W. S. Stiles. *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, (John Wiley & Sons: 1982).
- [4] Y. Nayatani. "Relations between the Two Kinds of Representation Methods in the Helmholtz-Kohlrausch Effect". *Color research and application*, Vol. 23, 5, pág. 288-301 (1998).
- [5] P. R. Boyce. *Human factors in lighting*. Second Edition. (Taylor & Francis: London, 2003).
- [6] J. Lillo, L. Alvaro, H. Moreira, M. C. Durán. "Luz y ritmos circadianos: efectos en la salud y en el desempeño". *Ansiedad y estrés*, (Aceptado para publicar).