



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>

EVALUACIÓN COLORIMÉTRICA DE COLORES GONIOCROMÁTICOS A PARTIR DE LOS COLORES ÓPTIMOS

Esther Perales¹, Elisabet Chorro¹, Werner Rudolf Cramer², Francisco Miguel Martínez-Verdú¹

¹ Dpto. de Óptica, Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante, Alicante

²Consultant for interference pigments, Hafenweg 22, D-48155 Muenster, Alemania
esther.perales@ua.es

Resumen:

Durante los últimos años la innovación tecnológica en muchas áreas ha hecho posible, entre otras cosas, la aparición de nuevos materiales ópticos, y en concreto los goniocromáticos (metalizados y perlados). Así, son ampliamente usados en varios sectores industriales como plásticos y recubrimientos, sobre todo para la industria automovilística. Pero a día de hoy no existen estudios exhaustivos que evalúen sus capacidades colorimétricas. Por tanto, en este trabajo se realiza un estudio sobre muestras goniocromáticas utilizando los colores óptimos (límites de MacAdam) asociados a colores normales (escala fotométrica de reflexión espectral de 0 a 1). A partir de una base de 91 muestras industriales metalizadas y perladas, y un multi-gonio-espectrofotómetro de 10 geometrías de medida (6 para una línea de interferencia, y otras 4 para una línea aspecular), hemos comprobado que, aparte de encontrar muestras con claridad L^* superior a 100, otras muestras con L^* inferiores a 100 presentan a lo largo de la línea de interferencia cromaticidades que quedan fuera de los límites de MacAdam.

Palabras clave: Goniocromatismo, línea de interferencia, línea aspecular, colores óptimos, sólido de color

INTRODUCCIÓN

El goniocromatismo, efecto que consiste en la alteración del color observado en función de la variación del ángulo de iluminación y/o observación, ocurre cuando el material evaluado incluye pigmentos de efecto [1], consistentes principalmente de partículas laminadas de aluminio o pigmentos multi-capas (de interferencia). Con el auge comercial y de la química de colorantes y pigmentos en los últimos 100 años, el interés por los pigmentos de efecto no para de acrecentarse desde hace varios años, y en industrias tan diversas como en plásticos, cosmética, cerámica, tintas de impresión, papel y cartón, pinturas y recubrimientos, etc. Sin embargo, la caracterización óptica y visual (colorimétrica) de estos materiales, así como el control exacto de la formulación de estos pigmentos especiales para predecir sus efectos ópticos y visuales, está todavía lejos de comprenderse del todo.

Por otro lado, los colores perceptibles por el ojo humano definen una estructura 3D denominada sólido del color. Los colores que forman las fronteras se llaman colores óptimos y fueron estudiados por MacAdam [2, 3]. Son colores asociados a factores de reflexión/transmisión espectral normales (escala de 0 a 100 %) con colorido máximo para un factor de luminancia (Y , inferior a 100 %) dado. Estos colores no existen realmente en la naturaleza, pero son útiles, por ejemplo, para evaluar las capacidades colorimétricas de diferentes sistemas de reproducción del color [2].

Por tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar las características colorimétricas de muestras goniocromáticas utilizando el sólido de color teórico asociado a un observador estándar y a un iluminante determinado, pero asociado a colores normales, con el fin de valorar si estos nuevos materiales amplían la gama real de colores [2].

MÉTODOS

En este estudio se han utilizado 91 muestras goniocromáticas, metalizadas y perladas, pertenecientes a catálogos o muestrarios proporcionados por distintas casas comerciales. La reflectancia espectral relativa a un blanco patrón mate y no fluorescente de cada una de las muestras fue medida con el multi-gonio-espectrofotómetro Datacolor MultiFX10. Este instrumento es de sobremesa y tiene 10 geometrías diferentes de medida recogidas en las normativas DIN 6175-2 y ASTM E2194 (ver Tabla 1). A partir de las reflectancias espectrales asociadas a cada geometría de medida se obtuvieron los valores colorimétricos en CIELAB considerando el observador estándar CIE 1931 y el iluminante D65.

Tabla 1: Configuraciones geométricas de medida del instrumento Datacolor MultiFX10 siguiendo las normas internacionales DIN 6175-2 y ASTM E2194.

Normativas	ASTM, para línea de interferencia						ASTM/DIN, para línea aspecular			
Ángulo de iluminación,	25°	25°	45°	45°	75°	75°	45°	45°	45°	45°
Ángulo de observación	170° (-15°)	140° (+15°)	150° (-15°)	120° (+15°)	120° (-15°)	90° (+15°)	110° (+25°)	90° (+45°)	60° (+75°)	25° (+110°)

A partir de las configuraciones de las geometrías de medida se puede definir la línea de interferencia y la línea aspecular. La primera corresponde a un conjunto de datos colorimétricos asociados a pares de ángulos de iluminación/observación con el ángulo aspecular constante ($\pm 15^\circ$). La segunda corresponde a un conjunto de datos colorimétricos asociados a pares de ángulos de iluminación/observación con el mismo ángulo de iluminación (45° , Figura 1). Como se puede observar en la Figura 1 una muestra goniocromática cambia bruscamente de tono y colorido a lo largo de la línea de interferencia, pero no tanto a lo largo de la línea aspecular. En cambio, la variación de claridad es mucho más amplia a lo largo de la línea aspecular que en la línea de interferencia.

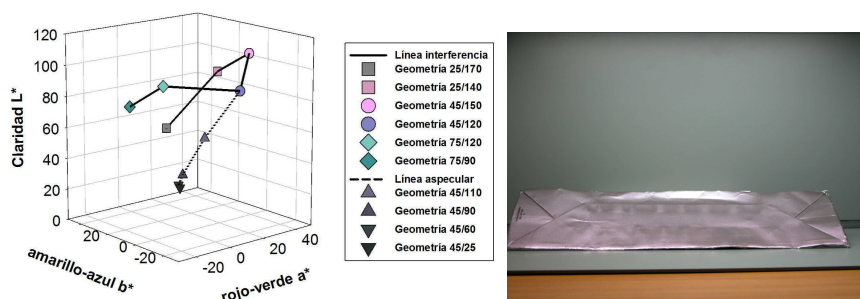


Figura 1. Codificación colorimétrica de una muestra goniocromática (con foto a la derecha) en el espacio de color CIELAB. En este ejemplo se muestra claramente la distinción entre las líneas de interferencia y aspecular.

Como ya se ha dicho anteriormente, para evaluar las características colorimétricas de las muestras goniocromáticas se consideró el sólido de color teórico obtenido a partir de los colores óptimos normales. Por tanto, se calculó el sólido de color [3] asociado al observador estándar CIE 1931 y al iluminante D65. Para llevar a cabo la evaluación se representó las 91 muestras junto con el sólido de color para cada una de las geometrías de medida. Además de estas representaciones tridimensionales (L^* vs. a^* vs. b^*) también se realizó la representación de las muestras junto con los límites de MacAdam en planos de claridad constante para poder realizar un estudio más detallado.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en este estudio. En primer lugar, se muestra el sólido de color junto con las muestras goniocromáticas en el espacio CIELAB para

algunas de las geometrías de medida así como la proyección en el diagrama cromático a^* vs. b^* (Figura 2). Como puede observarse, para algunas de las geometrías se tienen muestras con un valor de claridad mayor a 100, cercanos a $L^*=135$, por ejemplo para las geometrías 45/150 o 75/120, geometrías asociadas a la línea de interferencia.

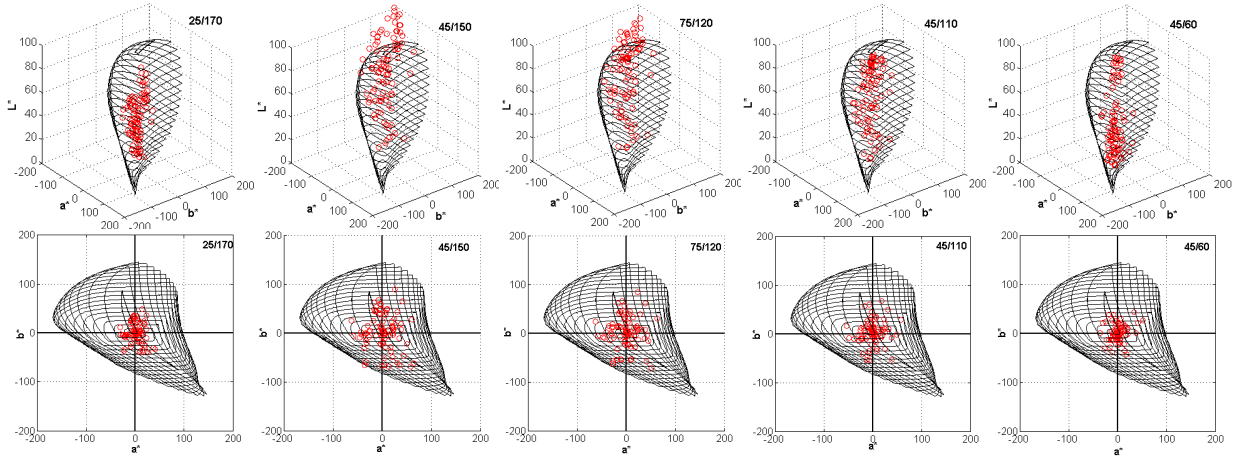


Figura 2. Sólido de color asociado al observador estándar CIE 1931 y el iluminante D65 junto con las 91 muestras goniocromáticas medidas con el multi-gonio-espectrofotómetro Datacolor MultiFX10 para varias geometrías de medida.

Cabe destacar que tras observar la proyección del diagrama cromático a^* vs. b^* , se observa que la mayoría de las muestras son menos saturadas que lo que realmente el sistema visual humano es capaz de percibir. Aunque también existen algunas muestras que se aproximan a los límites de MacAdam (45/150, 75/120, etc). Pero para corroborar este hecho, es necesario realizar la comparación de las 91 muestras con los límites de MacAdam en planos de claridad constante. En particular, se muestran 4 planos de claridad constante ($L^*= 30, 60, 90, 99$) para algunas de las geometrías de medida.

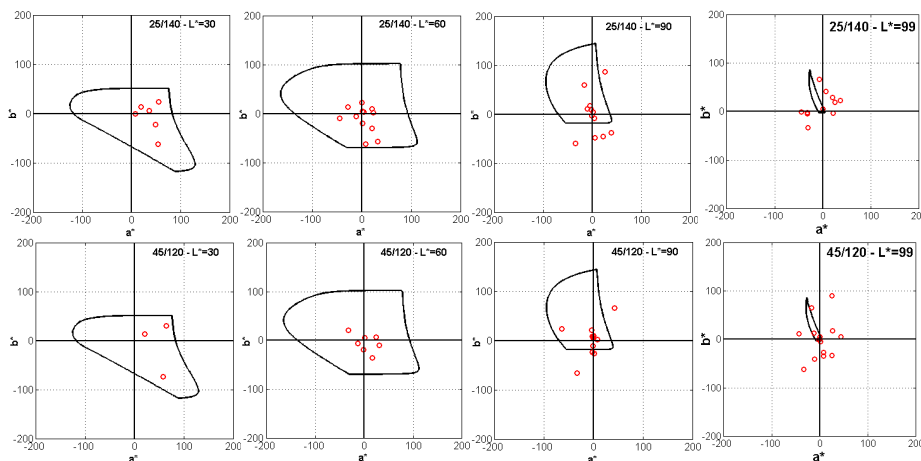


Figura 3. Comparación de las muestras goniocromáticas (círculos rojos) con los límites de MacAdam (línea sólida) en planos de claridad constante para las geometrías de medida 25/140 y 45/120.

En la Figura 3 se puede comprobar que existen muestras que están fuera de los límites de MacAdam. Es lógico pensar que estén fuera de la escala de L^* , porque algunas muestras tienen factores de reflexión superior al 100% en algunas bandas espectrales, por tanto superan $L^* > 100$. Pero lo que llama la atención es que existan muestras para planos inferiores a $L^* < 100$ que estén fuera de los límites de MacAdam. Para estudiar mejor este comportamiento, en la Figura 4 se representa el cambio colorimétrico de una muestra al cambiar la geometría de medida. Como

puede observarse esta muestra varía su claridad desde $L^* = 30$ hasta $L^* = 70$. Puede verse como a lo largo de la línea de interferencia existe una mayor variación de croma que a lo largo de la línea aspecular, aunque para ambas líneas existe cambio de claridad. También hay que destacar que esta muestra se encuentra fuera de los límites de MacAdam para algunas geometrías de medida, pero siempre para las asociadas a la línea de interferencia. Este hecho ocurre siempre para todas las muestras, sin embargo, cuando se analizan las geometrías de medida de la línea aspecular todas las muestras se encuentran dentro de los límites de MacAdam.

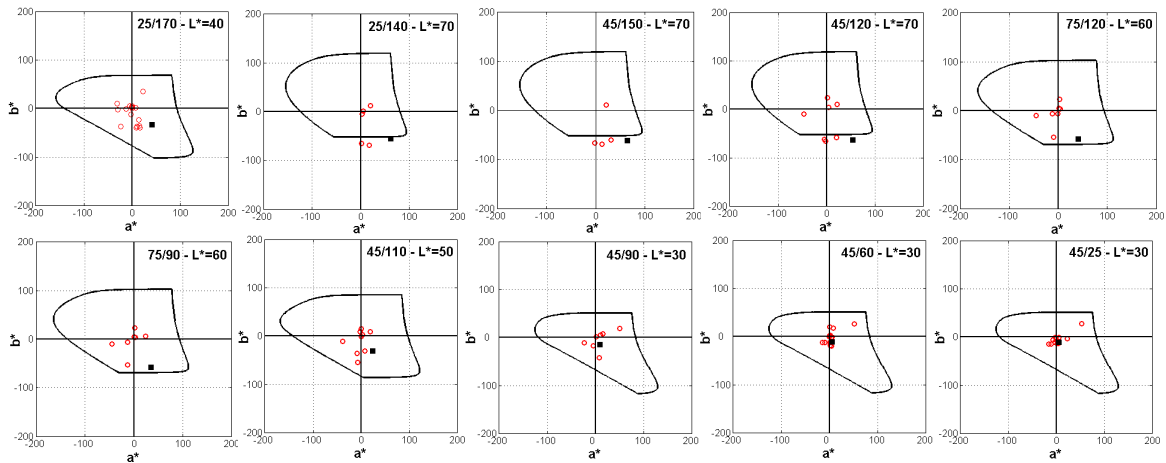


Figura 4. Seguimiento de una única muestra goniocromática (cuadrado negro) representada en el espacio CIELAB para las 10 geometrías de medida. Los círculos rojos corresponden a muestras medidas de la base de datos usada que caen dentro de cada plano de claridad constante según cada geometría de medida.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado una evaluación colorimétrica de muestras goniocromáticas utilizando para ello el sólido de color teórico asociado a un observador estándar y un iluminante y a colores de superficie normal. Se ha puesto de manifiesto que existen muestras con un valor de claridad superior a 100. Y además, a lo largo de la línea de interferencia determinadas muestras se encuentran fuera de los límites de MacAdam. Por tanto, este estudio preliminar revela que el número de colores perceptibles por el sistema visual humano es superior al que se pueda contabilizar dentro del sólido de color convencional, sobre todo por su mitad superior.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la concesión del proyecto DPI2008-06455-C02-02. Esther Perales agradece al mismo organismo la beca recibida (BES-2006-13518).

REFERENCIAS

- [1] G. Pfaff: *Special Effect Pigments*, (Norwich: William Andrew Publishers, 2008).
- [2] E. Perales, E. Chorro, V. Viqueira, F.M. Martínez-Verdú, "Estimation of the real colour gamut", *Proc. AIC Colour 09*, 56-60 (2009).
- [3] F. Martínez-Verdú, E. Perales, E. Chorro, D. de Fez, V. Viqueira, and E. Gilabert, "Computation and visualization of the MacAdam limits for any lightness, hue angle and light source", *J. Opt. Soc. Am. A*, 24(6), 1501-1515 (2007).