



# Determinación de los atributos de color de un alimento en el sólido de color Yxy

<b>Apellidos, nombre</b>	Pau Talens Oliag (pautalens@tal.upv.es)
<b>Departamento</b>	Tecnología de Alimentos
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València

## 1 Resumen de las ideas clave

En este artículo vamos a presentar la forma de obtener los atributos de color, luminosidad, tonalidad y pureza de color, de un producto, haciendo uso del sólido de color Yxy. Dado que en este sólido de color, se cumple la aditividad de colores, también vamos a ver como evaluar y describir el color de una mezcla obtenida a partir de la combinación de diferentes colores.

## 2 Introducción

A partir de las coordenadas triestímulo XYZ, deducidas desde los fundamentos de la visión tridimensional del color, se han definido diferentes espacios de color tridimensionales que facilitan la utilización práctica de las mismas. Uno de los primeros espacios de color definidos matemáticamente fue el espacio de color CIE1931. Fue establecido en 1931 por La Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE), basándose en una serie de experimentos realizados a finales de los años 20 por W. David Wright y John Guild<sup>[1]</sup>. Teniendo en cuenta que la CIE, define el *espacio de color* como la representación geométrica de los colores en el espacio, y el *sólido de color* como la parte limitada del espacio de color que contiene la representación geométrica de colores de unas características determinadas. El espacio de color CIE1931 da lugar al sólido de color CIE1931 o también llamado sólido de color Yxy (Figura 2).

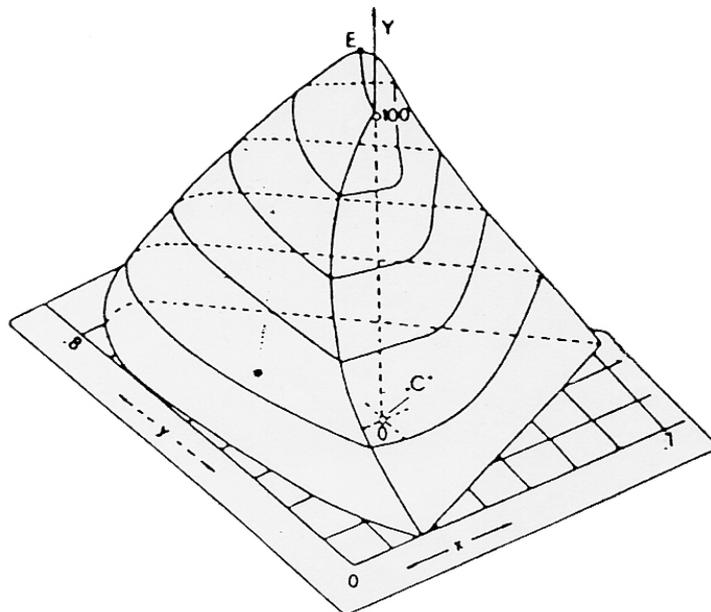


Figura 1. Sólido de color Yxy

Este sólido de color, se obtiene a partir de las coordenadas triestímulo XYZ. Estas coordenadas pueden transformarse en sus coeficientes tricromáticos xyz (Ecuaciones 1 a 3). A través de la coordenada Y y los coeficientes tricromáticos xy se desarrolla el sólido Yxy. El tercer valor de la coordenada cromática z queda especificado por la diferencia hasta la unidad de  $x + y$ . En este sólido queda perfectamente especificada la

luminosidad (a través de la coordenada triestímulo Y) y la cromaticidad de un estímulo (a través de los coeficientes xy) [2].

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (1)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (2)$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (3)$$

Como normalmente el manejo de representaciones espaciales es incómodo, los sólidos de color se sustituyen por *diagramas cromáticos* bidimensionales. A partir de dos diagramas cromáticos se representa completamente un color. Estos se obtienen por proyección ortogonal del sólido de color en un plano o representando en un plano dos coordenadas cromáticas [3]. La figura 2 presenta el diagrama de cromaticidad CIE 1931 (también llamado, por la forma que presenta, diagrama de herradura).

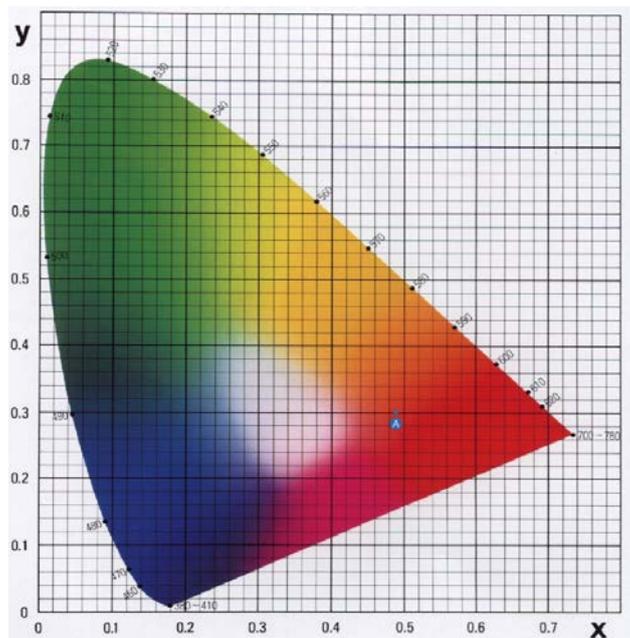


Figura 2. Diagrama de cromaticidad CIE 1931

### 3 Objetivos

Con la redacción de este artículo docente se persigue que los alumnos adquieran la capacidad de:

- evaluar y describir el color de un producto en términos de luminosidad, tonalidad y pureza de color
- evaluar y describir el color de una mezcla obtenida a partir de la combinación de diferentes colores.

## 4 Desarrollo

En el punto 4.1 se van a exponer los fundamentos de cómo pueden determinarse los atributos de color de un producto haciendo uso del diagrama de herradura.

En el punto 4.2, se explicará la aditividad de colores, que permite evaluar y describir el color de una mezcla.

En el punto 4.3 se presentará un ejemplo real donde se evaluará el color de 2 productos y de su mezcla.

### 4.1 Fundamentos para determinar los atributos de color de un producto en el diagrama de herradura

El sólido de color  $Yxy$  (Figura 1), incluye todos los colores que somos capaces de percibir. A partir del mismo, puede describirse el color en términos de luminosidad, tonalidad y pureza de color. La luminosidad viene descrita por el eje perpendicular  $Y$ , y por tanto será el valor de la coordenada  $Y$ . La tonalidad y pureza de color se describen a través de los coeficientes  $xy$ . Para determinar la tonalidad y pureza de color, generalmente es más cómodo trabajar con el diagrama  $Yxy$  (Figura 2). En dicho diagrama, el eje  $Y$  se sitúa en el valor de los coeficientes  $xy$  determinados en función del tipo de iluminante y observador que se está utilizando para evaluar el color. Aproximadamente el eje  $Y$  se sitúa en el punto  $(0.33, 0.33)$ , aunque se puede calcular su valor exacto una vez conocemos los valores de  $XYZ$  del iluminante y observador utilizado durante la medida de color. En el punto 4.3 se verá un ejemplo de dicho cálculo. En este diagrama, el tono vendrá definido por los bordes de la herradura y la saturación o pureza de color varía desde el centro del diagrama (punto donde se sitúa el eje  $Y$ ) hasta los bordes. Una muestra será más pura cuanto más hacia los bordes se sitúe, ya que en ese punto nos encontramos con los colores espectrales puros (Figura 3a).

Para determinar los atributos de color de un determinado producto, tendremos que seguir los siguientes pasos:

1. A través de las coordenadas  $XYZ$  podemos estimar directamente la luminosidad del producto, la cual vendrá descrita por el valor de la coordenada  $Y$ .
2. Para calcular el tono y la pureza, deberemos calcular los coeficientes  $xy$  a partir de las coordenadas  $XYZ$  (ecuaciones 1 a 3).
3. Una vez tenemos calculados los coeficientes  $xy$ , situamos en el diagrama de herradura el producto.
4. Si unimos el eje  $Y$  con la muestra mediante una línea, y continuamos dicha línea hasta el borde de la herradura, el corte con el borde de la herradura nos indica la longitud de onda dominante para ese producto y por tanto el tono que presentará la muestra.
5. La pureza de color de color vendrá definida por el cociente de la distancia entre el eje  $Y$  y el punto donde se sitúa nuestra muestra, y el eje  $Y$  y el punto de corte en la herradura que nos ha permitido calcular la longitud de onda dominante del producto.

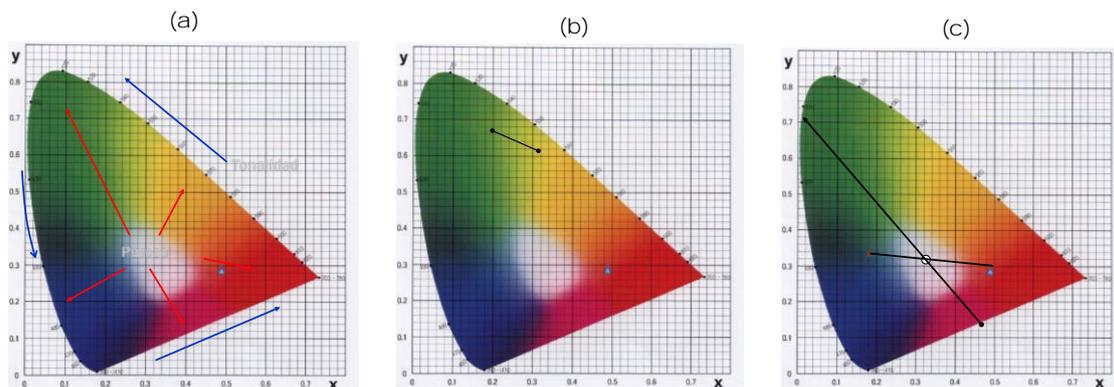
La luminosidad se trata de un valor adimensional (aunque el valor de  $Y$  está acotado entre 0 y 100), la tonalidad viene definida en nanómetros (nm) y la pureza es conveniente presentarla en porcentaje (%).

## 4.2 Aditividad de colores.

En el diagrama de herradura se cumple la aditividad de colores (Figura 3b). Si mezclamos dos colores, por ejemplo, representados por las letras C y B, el color mezcla de ambos, M, estará situado en la recta que los une en el diagrama y a una distancia proporcional al peso específico de cada uno en la mezcla, según la regla de la palanca (ecuación 4).

$$m_C \overline{CM} = m_B \overline{MB} \quad (4)$$

Se dice que dos colores son complementarios cuando su mezcla da un blanco o un gris. Lo colores situados a la misma distancia del eje Y en una recta que pase por él, son complementarios. La longitud de onda complementaria es la del estímulo monocromático, que sumado al estímulo considerado, da un blanco o un gris (Figura 3c).



**Figura 3. Diagrama de cromaticidad donde se muestra (a) tonalidad y pureza de color, (b) mezcla de color y (c) colores y longitudes de onda complementarias**

## 4.3 Ejemplo real.

La actividad consiste en evaluar y describir el color de 2 colorantes, uno rojo y uno amarillo, así como de una mezcla obtenida mezclando 50 g del colorante rojo con 75 g del colorante amarillo.

Usando un iluminante C y un observador 2° ( $X_n=98.4$ ;  $Y_n=100.0$ ;  $Z_n=118.12$ ), se obtienen las siguientes coordenadas triestímulo para el colorante rojo:  $X = 75.43$ ;  $Y = 34.35$ ;  $Z = 5.80$  y para el colorante amarillo:  $X = 51.45$ ;  $Y = 57.88$ ;  $Z = 19.29$ .

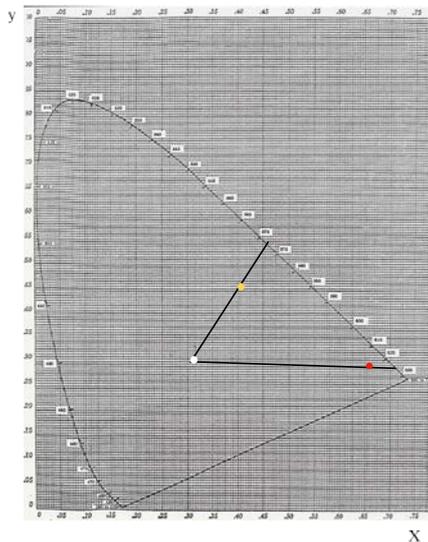
Lo primero que se debe hacer es determinar, a partir de las ecuaciones 1 a 3, los coeficientes tricromáticos (tabla 1). Posteriormente se sitúan los coeficientes xy de ambos colorantes y del eje Y, el cuál debe calcularse para un iluminante C y un observador 2°, dentro del diagrama de herradura.

La luminosidad de ambos colorantes vendrá definida por la coordenada Y, mientras que el tono y la pureza de color se determinará a través de la unión del eje Y con cada colorante en el diagrama. El borde de la herradura permitirá definir el tono y el cociente de la distancia entre el eje Y, y el punto donde se sitúa el colorante, y el eje Y, y el punto

de corte en la herradura, nos permitirá estimar la pureza de ambos colorantes (Figura 4).

**Tabla 1. Valores de los coeficientes tricromáticos para el colorante rojo, colorante amarillo y eje Y (iluminante C y observador 2°).**

	x	y	z
Colorante rojo	0.653	0.297	0.050
Colorante amarillo	0.400	0.450	0.150
Eje Y (C-2°)	0.311	0.316	0.373



	Luminosidad (Y)	Tono (nm)	Pureza (%)
Colorante rojo	34.35	630	87.9
Colorante amarillo	57.88	573	59.7

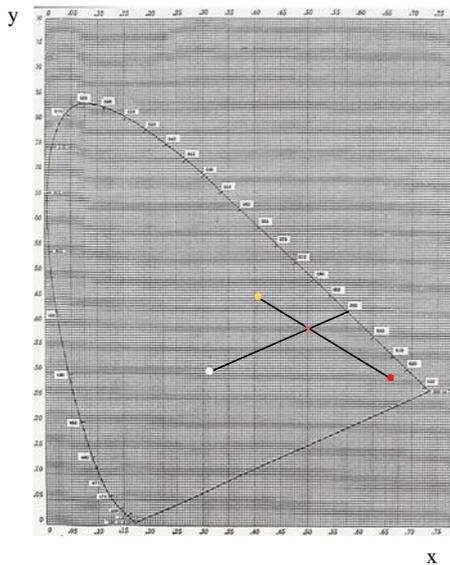
**Figura 4. Colocación de ambos colorantes y del eje Y en el diagrama de herradura y determinación de sus atributos de color**

Para determinar el color de la mezcla de ambos colorantes, lo que debemos hacer es situar en el diagrama de herradura la mezcla. Sabemos que al cumplirse la aditividad de colores, la mezcla se situará en un punto de la línea que une ambos puntos. Además, sabemos que se cumple la regla de la palanca (ecuación 5 y 6), donde A simboliza al colorante amarillo, M la mezcla, R al colorante rojo, m es la masa de cada colorante (50g para el colorante rojo y 75g para el colorante amarillo) y  $\overline{AM} + \overline{MR}$  es la distancia que hay entre ambos colorantes en el diagrama de herradura (determinado sobre un diagrama de herradura a escala, anexo 1).

$$m_A \overline{AM} = m_R \overline{MR} \quad (5)$$

$$\overline{AM} + \overline{MR} = 72mm \quad (6)$$

Resolviendo la ecuación 5, se obtiene que la mezcla se sitúa en la línea que une ambos colorantes a una distancia de 43.2mm del rojo y 28.8mm del amarillo. Si situamos la mezcla en el diagrama de herradura (Figura 4) y procedemos como antes, podemos calcular los valores de luminosidad, tonalidad y pureza de color de la mezcla.



	Luminosidad (Y)	Tono (nm)	Pureza (%)
Mezcla	48.47	591	70.2

**Figura 5. Colocación de la mezcla en el diagrama de herradura y determinación de sus atributos de color**

La luminosidad de la mezcla, puede determinarse a través de la media ponderada de ambos colorantes, es decir, si la mezcla está compuesta de un 40% de colorante rojo (50g sobre 125g totales) y un 60% de colorante amarillo (75g sobre 125g totales), y los valores de Y de ambos colorantes son 34.35 y 57.88, respectivamente, la mezcla tendrá un valor de  $0.4 \cdot 34.35 + 0.6 \cdot 57.88 = 48.47$ .

## 5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto la forma de determinar los atributos de color, tonalidad, luminosidad y pureza de color, usando el espacio de color CIE 1931. Además, hemos visto cómo se puede evaluar y describir el color de una mezcla obtenida a partir de la combinación de diferentes colores.

## 6 Bibliografía

[1] [https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio\\_de\\_color\\_CIE\\_1931](https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_de_color_CIE_1931)

[2] Gilabert, Eduardo J. (2007). Medida de la luz y el color. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia, 2007.

[3] Chiralt Boix, Amparo; Martínez Navarrete, Nuria; González Martínez, Chelo; Talens Oliag, Pau; Moraga Ballesteros, Gemma (2007). Propiedades físicas de los alimentos. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia.



## 7 Anexos

