

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# VISIÓN ARTIFICIAL

JOHN W. BRANCH

PROF. TITULAR

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE COMPUTACIÓN Y DE LA DECISIÓN

DIRECTOR DEL GRUPO GIDIA

ALBERTO M. CEBALLOS

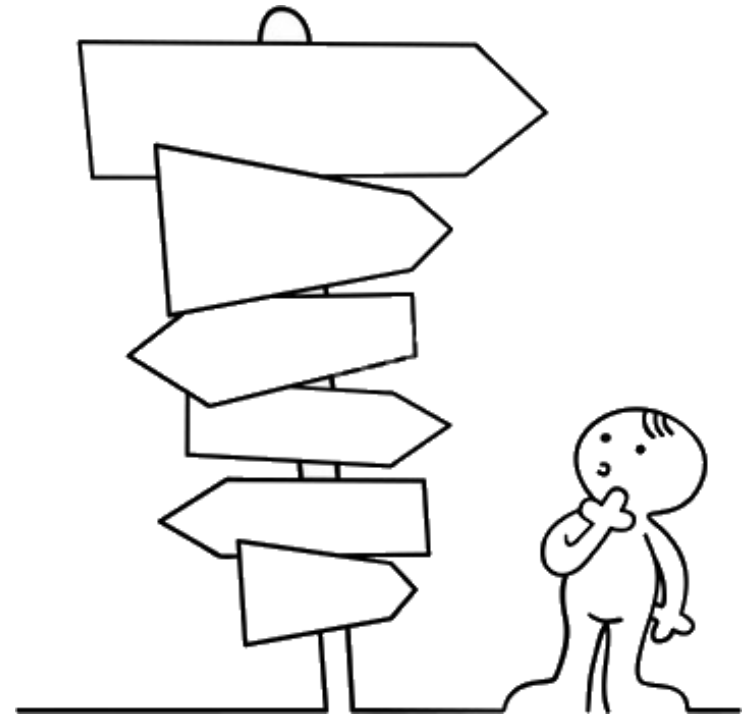
ASISTENTE DE DOCENCIA

**Nota:** Este material se ha adaptado con base en el material de los profesores Domingo Mery (U. de Chile), María Patricia Trujillo (Univalle), Ginés García (U. de Murcia) y Nicolas Fernández (U. de Córdoba)

# EN LA CLASE DE HOY ...

## 🎨 FUNDAMENTOS DEL COLOR

- ✓ El Color
- ✓ El triestímulo
- ✓ Modelos Sensoriales de Color
- ✓ Modelos Perceptuales de Color
- ✓ Pseudocolor



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

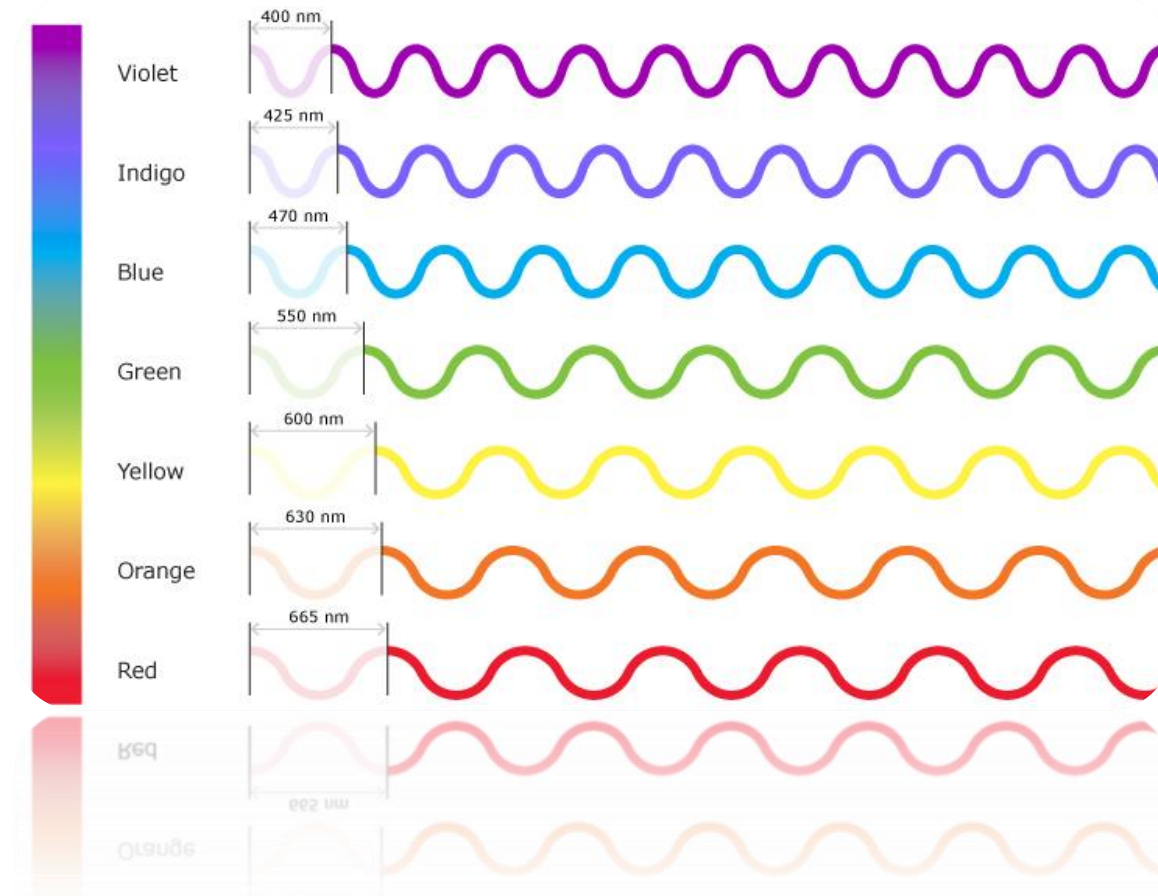
EL COLOR



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🎨 EL COLOR

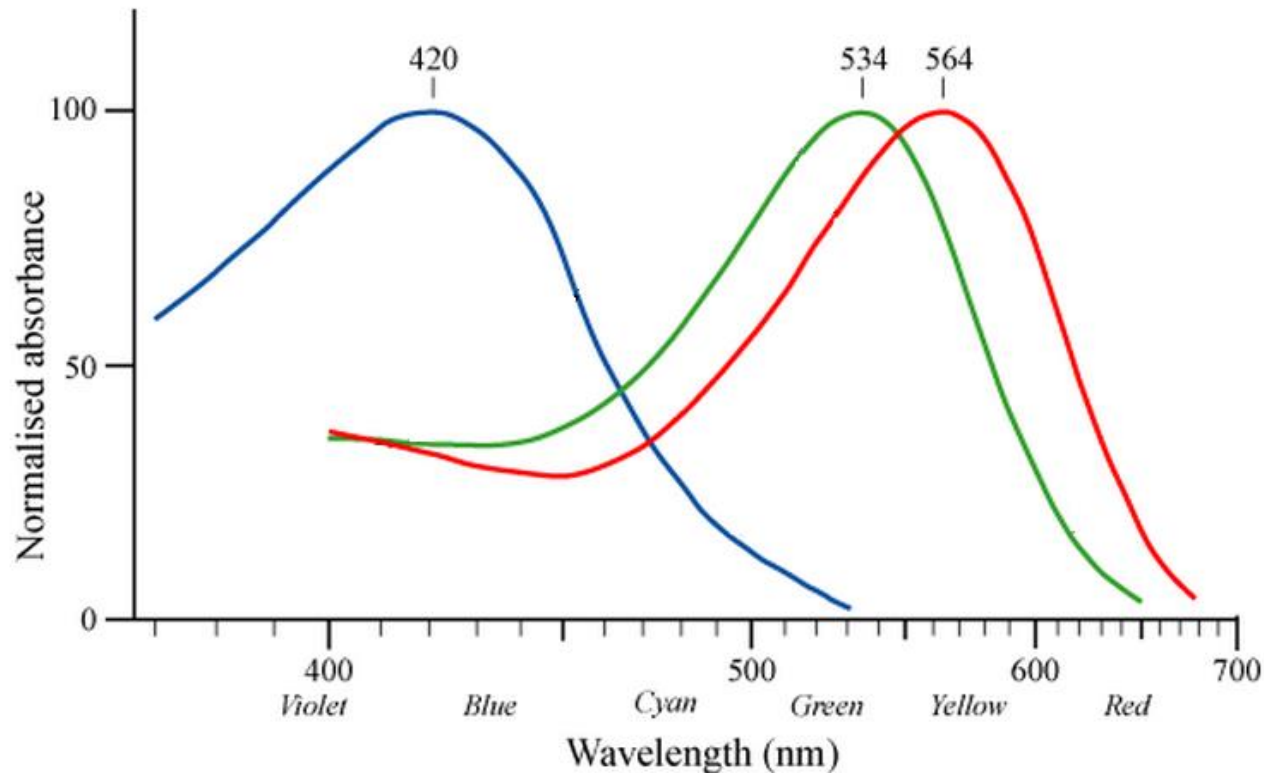
- 🕒 El **color** es una **sensación**, derivada de la capacidad del ojo de captar la longitud de onda en 3 frecuencias diferentes del espectro electromagnético visible.



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🦋 EL COLOR: EL TRIESTIMULO DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR

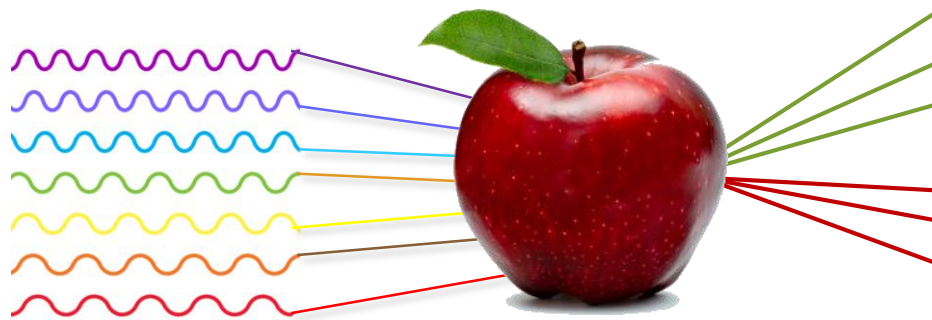
- 🦋 La retina humana tiene 3 tipos de conos y cada tipo de cono tiene una respuesta diferente en función de la longitud de onda de la luz.



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🦋 EL COLOR DE LOS OBJETOS

- 🌀 Los objetos se ven en diferentes colores porque ellos absorben una parte de las ondas electromagnéticas y reflejan las restantes. Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas cómo colores según las longitudes de ondas correspondientes.



**Luz Blanca**

La manzana, bajo una luz “blanca”, refleja las ondas de electromagnéticas cercanas al verde y al rojo pero absorbe las demás.

El ojo humano sólo percibe el color cuando la iluminación es abundante. Con poca luz vemos en escala de grises.

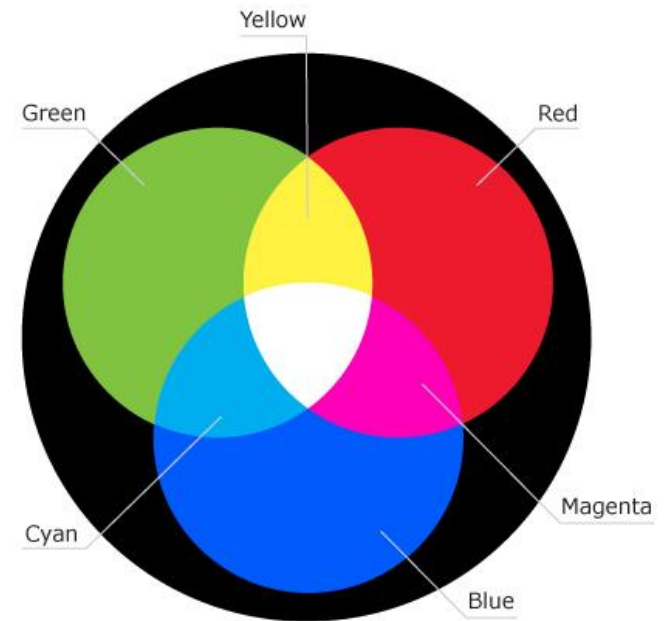
# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🎨 MEZCLA DE COLORES

- 🌀 El significado diferente del color en la luz (espectro emitido) y en los objetos (espectro reflejado) da lugar a dos modos de ver el proceso de mezcla de colores: modelo aditivo y substractivo.

🌀 **Modelo Aditivo Mezcla:** Los colores se obtiene sumando los espectros de luz. En este modelo los colores primarios suelen ser **rojo**, **verde** y **azul**. La mezcla de estos puede generar cualquier color perceptible por el ojo humano.

Dispositivos como las pantallas y televisores usan mezclas aditivas para generar el color.





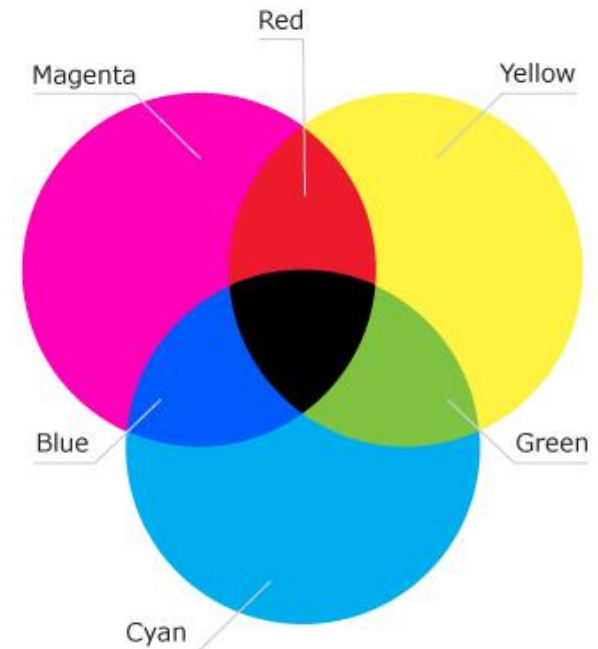
# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🎨 MEZCLA DE COLORES

- 🌀 **Modelo Sustractivo:** En la síntesis sustractiva el color de partida siempre suele ser el color acromático blanco. En este modelo los colores actúan como filtros. P.E. el amarillo refleja el verde y el rojo, pero bloquea el azul.

🌀 Este modelo es por ejemplo, el usado para mezclar pinturas. Cada color de pintura absorbe ciertos colores y refleja otros. Cada vez que se agrega un color pintura a una mezcla, hay más colores absorbidos y menos reflejados.

Una base de colores primarios para este modelo son el **Cyan**, **Magenta** y **Amarillo**



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

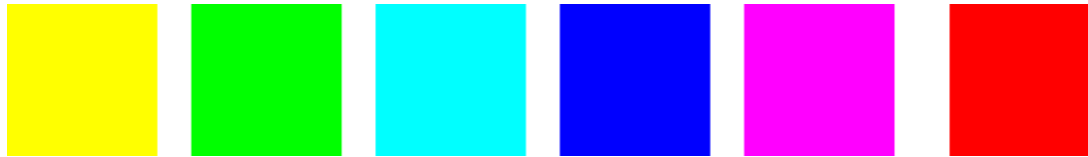


CONCEPTOS RELACIONADOS  
CON EL COLOR

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🚀 MODELOS DE COLOR - CONCEPTOS

- 🌀 **Matiz (HUE) o Cromaticidad:** es el atributo por la que el color de un objeto se clasifica como rojo, azul, verde o amarillo de acuerdo a la longitud de onda predominante con referencia al espectro visible.

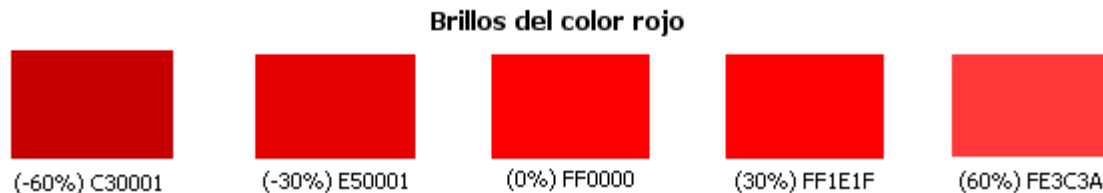


- 🌀 Cuando uno dice “este objeto es rojo” se está especificando su matiz, pues probablemente el objeto no sea un rojo puro, pero sí predominan las longitudes de onda cercanas al rojo.

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🎨 MODELOS DE COLOR - CONCEPTOS

🌀 **Brillo o Luminosidad:** se refiere a la intensidad del color y se usa para determinar que tan claro u oscuro es un color. Por ejemplo el color Blanco es un color brillante, mientras que el gris es un blanco menos brillante.



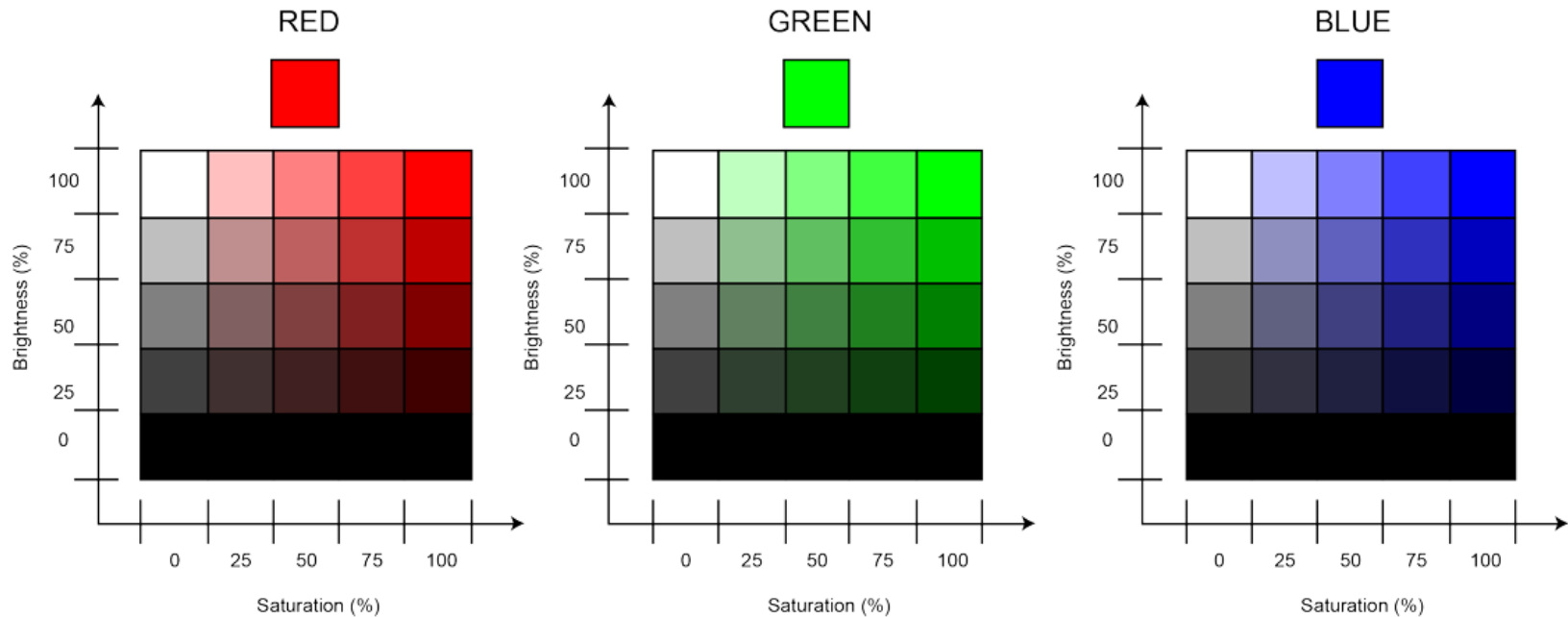
🌀 **Saturación o Intensidad:** se refiere a la pureza relativa o cantidad de luz blanca mezclada con un matiz. La saturación es el “grado de color” que lo diferencia de un gris con el mismo brillo.



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🎨 MODELOS DE COLOR - CONCEPTOS

### 🌀 *Matiz – Brillo – Saturación*






# FUNDAMENTOS DEL COLOR



MODELOS DE COLOR

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

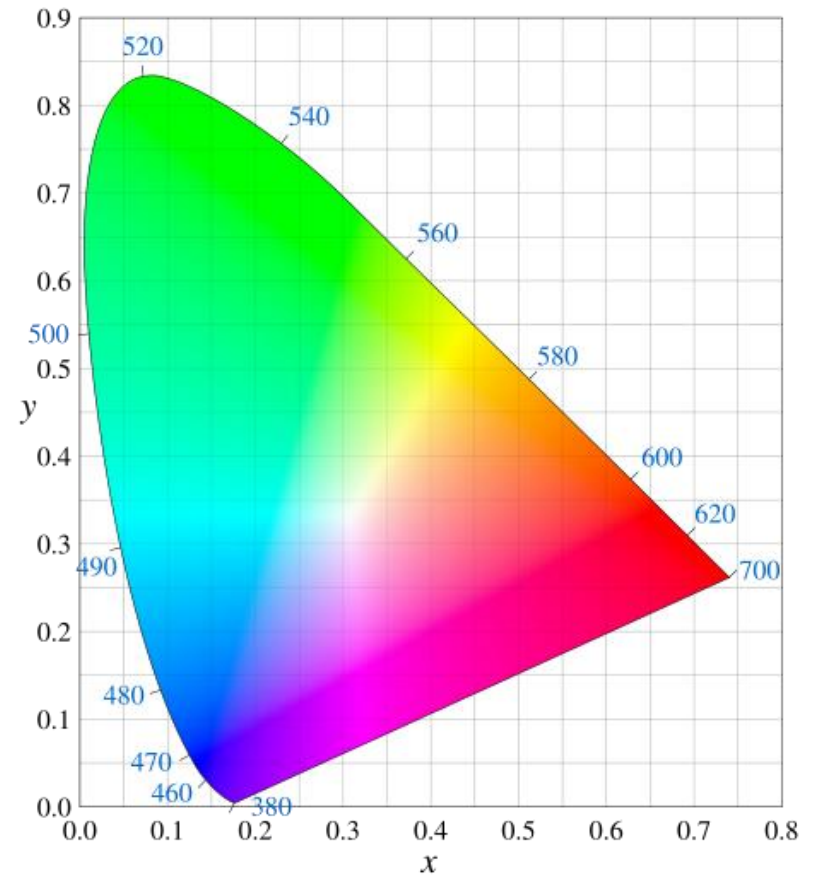
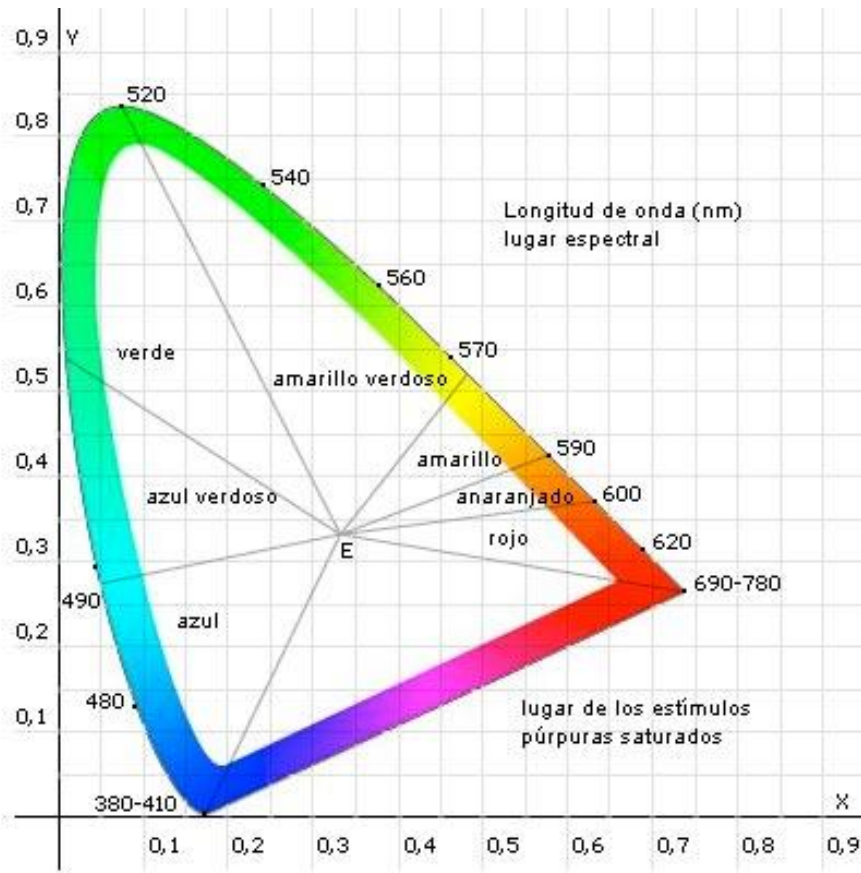
## MODELOS DE COLOR – EL DIAGRAMA DE CROMATICIDAD

-  Para normalizar la representación del color, la **Commission Internationale l'Éclairage** estudió la percepción del color en los humanos y desarrolló, en 1931, un modelo matemático llamado **CIE XYZ** aproximado por experimentación.
-  Basándose en que el ojo humano tiene tres tipos de sensores de color (**XYZ**), este modelo representa todos los colores visibles basándose en la: **cromaticidad** y el **brillo**.
-  Eliminado el brillo del espacio de color, la cromaticidad se puede definir con dos parámetros  $x$  e  $y$ :

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🌈 EL COLOR – EL DIAGRAMA DE CROMATICIDAD





# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🚀 MODELOS DE COLOR – TIPOS DE MODELOS

- 🌀 Un **Modelo de Color** es una especificación de un sistema de coordenadas en el que cada color está representado por un único punto. Existen varias representaciones o modelos de color. Estos modelos los podemos dividir en dos clases.:
  - 🌀 Unos son los modelos que están más orientados a los equipos, por ejemplo las cámaras, monitores y televisores, a los que llamaremos **Modelos Sensoriales**.
  - 🌀 Otros son los modelos que se asemejan más a la percepción humana y que, en general, están orientados al procesamiento de imágenes y visión, éstos se denominan **Modelos Perceptuales**.



# FUNDAMENTOS DEL COLOR



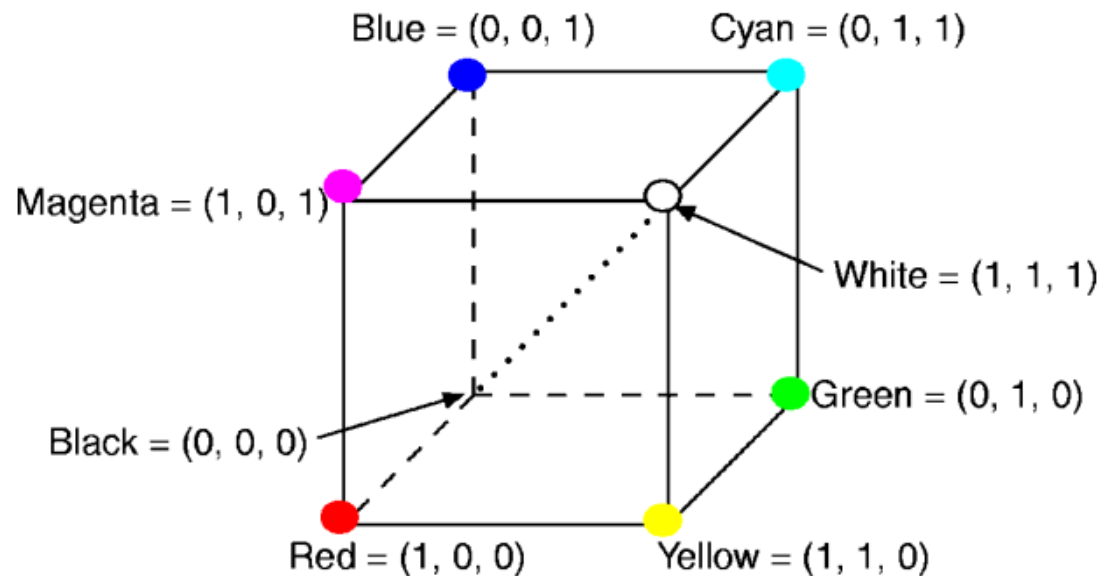
## MODELOS DE COLOR SENSORIALES

Existen 4 modelos comúnmente utilizados  
RGB, CMY e YIQ.

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🚀 EL COLOR – MODELO RGB

- 🎯 El modelo **RGB** es un modelo aditivo, que debe su nombre a las iniciales de los tres colores primarios: **Red** (rojo), **Green** (verde) y **Blue** (azul).
- 🎯 La combinación aditiva de estos colores primarios produce todo el rango de colores representables en RGB.



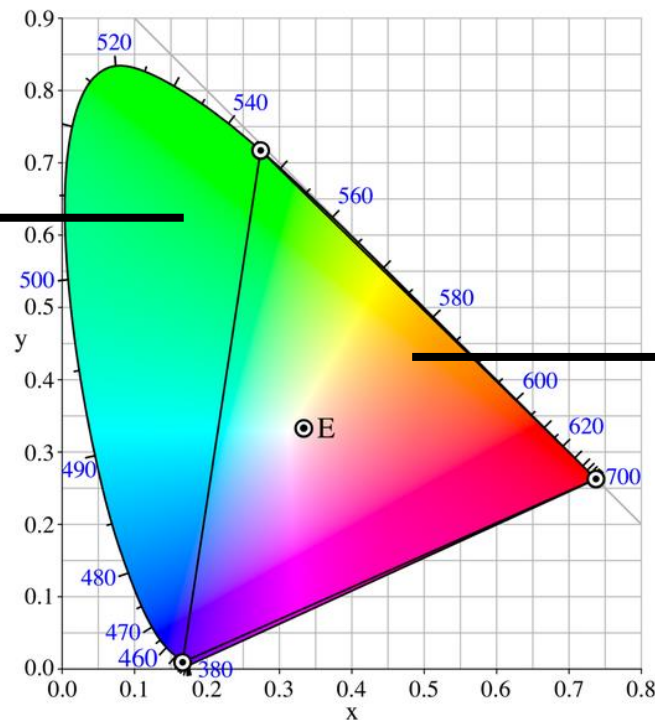
# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🌟 EL COLOR – MODELO RGB

- 🌈 El modelo **RGB** es el más utilizado en la práctica. Pero no es completo: existen colores que no se pueden obtener con la combinación de R, G y B. Se puede comprobar en el diagrama cromático CIE:

Colores visibles por los humanos pero no representables en el modelo RGB

Colores representables con el modelo RGB



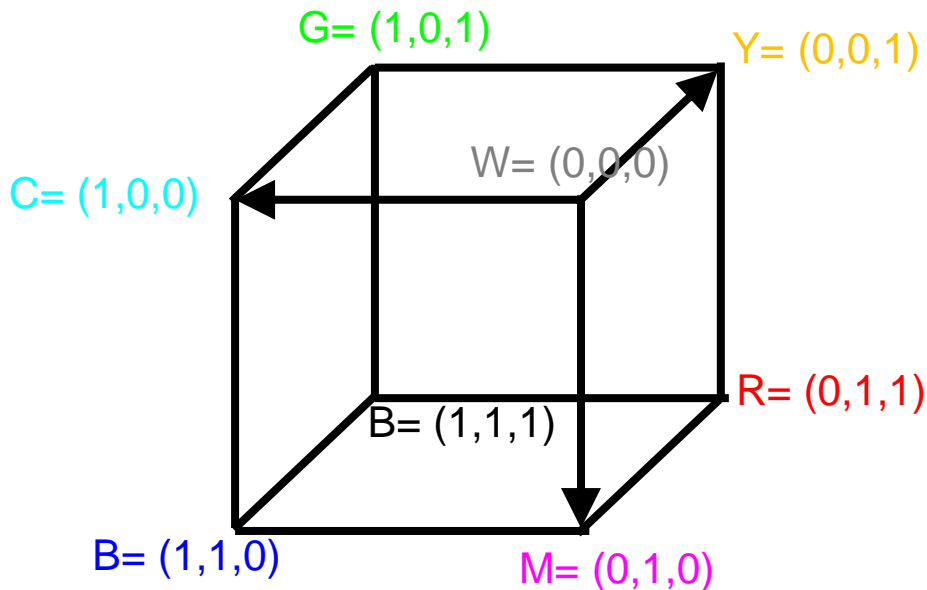
De hecho no podrás verlos aquí, porque estas transparencias usan el modelo RGB...



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🚀 EL COLOR – MODELO CMY

- 🌀 El modelo **CMY** es usado ciertas aplicaciones, como por ejemplo en pintura e impresión de imágenes. El modelo CMY (o CMYK) está basado en un modelo sustractivo y en la práctica, no llega a producir negro, sino una especie de gris.



### Conversión RGB → CMY:

$$C := 255 - R$$

$$M := 255 - G$$

$$Y := 255 - B$$

### Conversión CMY → RGB:

$$R := 255 - C$$

$$G := 255 - M$$

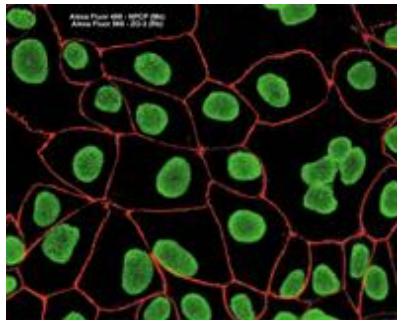
$$B := 255 - Y$$

1 o 255?

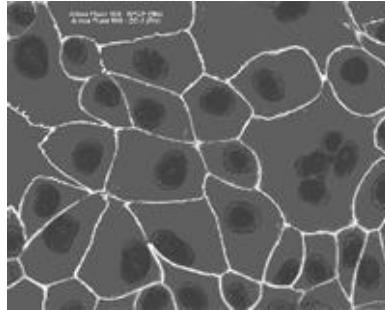
# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🦋 EL COLOR – MODELO RGB

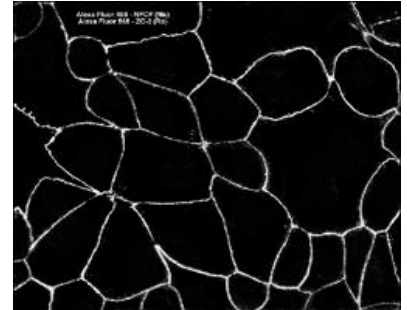
### 🌀 CMY vs RGB



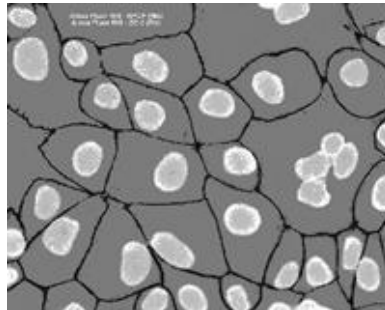
C



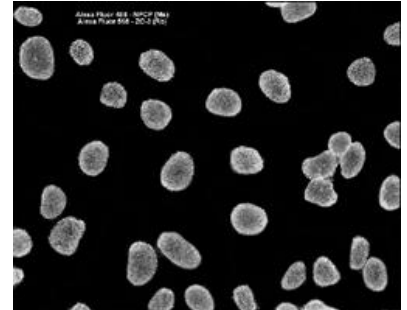
R



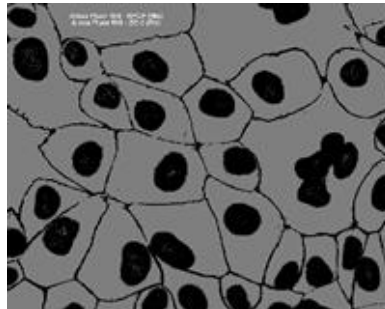
M



G



Y



B



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🚀 EL COLOR – MODELOS YIQ

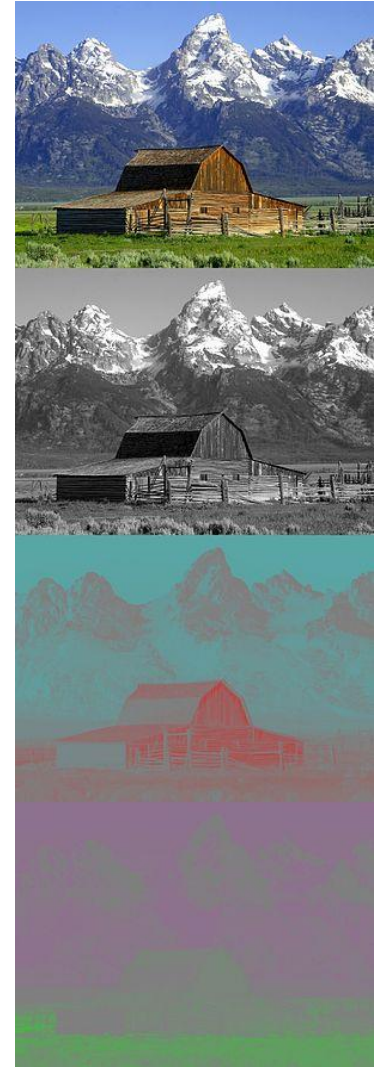
- 🎯 El modelo **YIQ** separa la información de intensidad o luminancia (Y) de la información de color (I, Q). Es un modelo que antiguamente usaba el estándar de televisión NTSC.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

La componente Y es el único componente usado por los televisores en blanco y negro



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🌟 EL COLOR – MODELOS YIQ

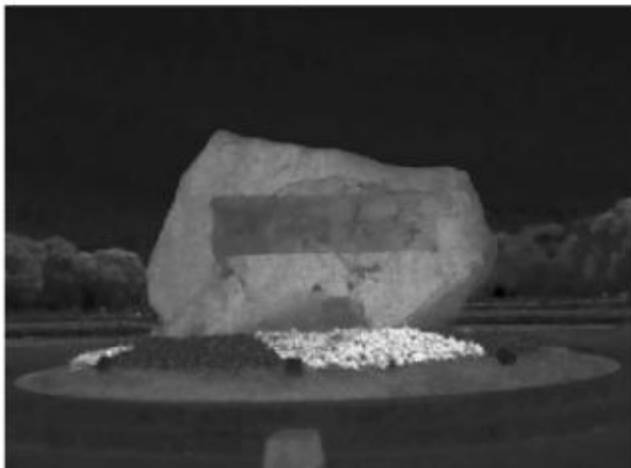
RGB image



Luminance component



I component



Q component



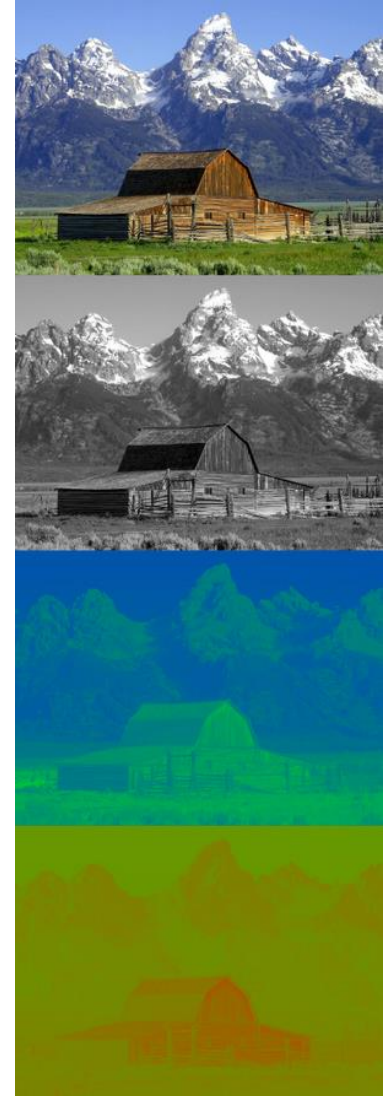


# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🌟 EL COLOR – MODELOS YUV

- 🌐 El modelo **YUV** permite utilizar un ancho de banda reducido para los componentes de crominancia, de esta forma, hace que los errores de transmisión o las imperfecciones de compresión se oculten más eficientemente a la percepción humana que usando una representación RGB "directa".

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,147 & 0,289 & 0,436 \\ 0,615 & -0,515 & -0,100 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



# FUNDAMENTOS DEL COLOR



## MODELOS DE COLOR PERCEPTUALES

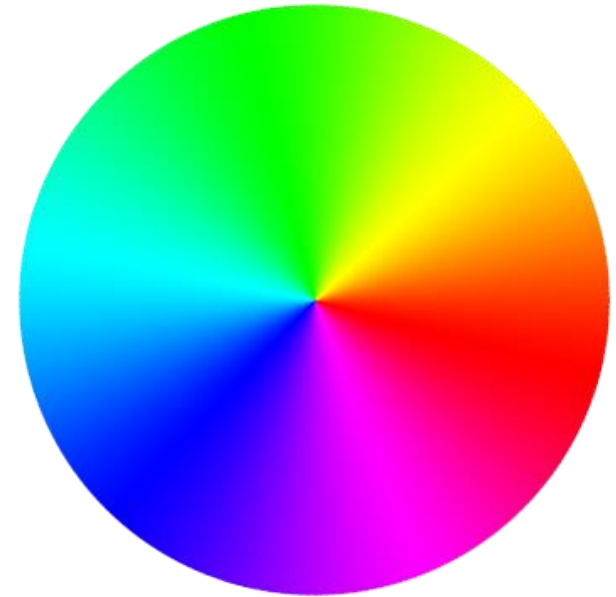
Tienen cierta similitud con la percepción humana

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🚀 EL COLOR – MODELOS HLS Y HSV

- 🎯 **Modelos HLS y HSV:** Los modelos HLS (o HSL) y HSV (o HSI) están pensados para ser fácilmente interpretables y legibles por un humano, usan términos más familiares cuando hablamos de color.
- 🎯 **Brillo o Luminosidad:** cualidad de ser más claro o más oscuro.
- 🎯 **Saturación:** Diferencia del color respecto a un gris con la misma intensidad. Cuanto más diferente, más saturado.
- 🎯 **Matiz de un color:** su ángulo dentro de la rueda cromática. También, se puede definir como la frecuencia dominante del espectro.

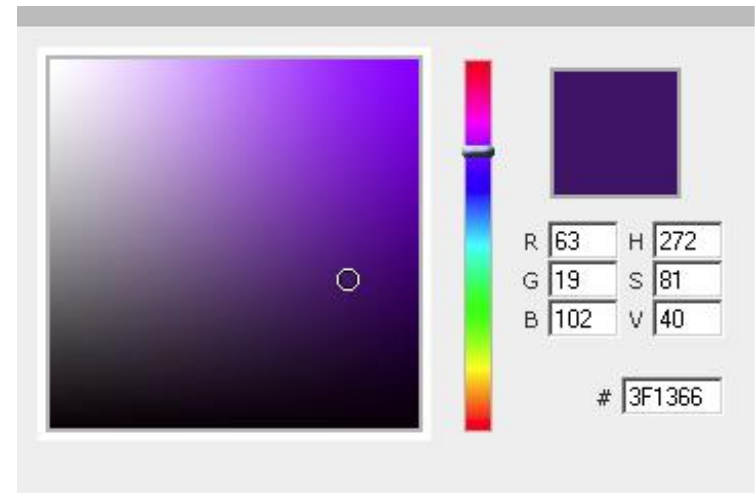
**Rueda cromática**



# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🚀 EL COLOR – MODELOS HLS Y HSV

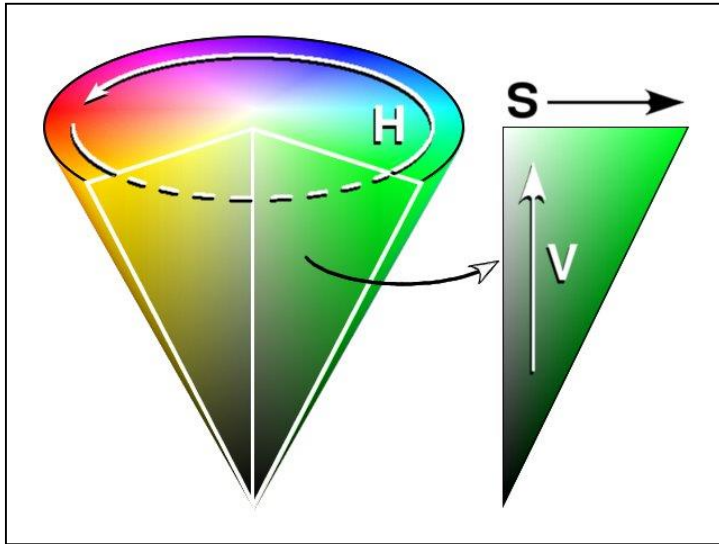
- 🎯 El **Modelo HSV** consta de los componentes: H-matiz (hue), S-saturación, V-valor de intensidad, mientras que el **modelo HLS** consta de: H-matiz, L-luminosidad, S-saturación.
- 🎯 Ambos son transformaciones no lineales del RGB. La definición de H es igual en ambos. La diferencia se encuentra en la forma de calcular la saturación S, y la intensidad V o L.



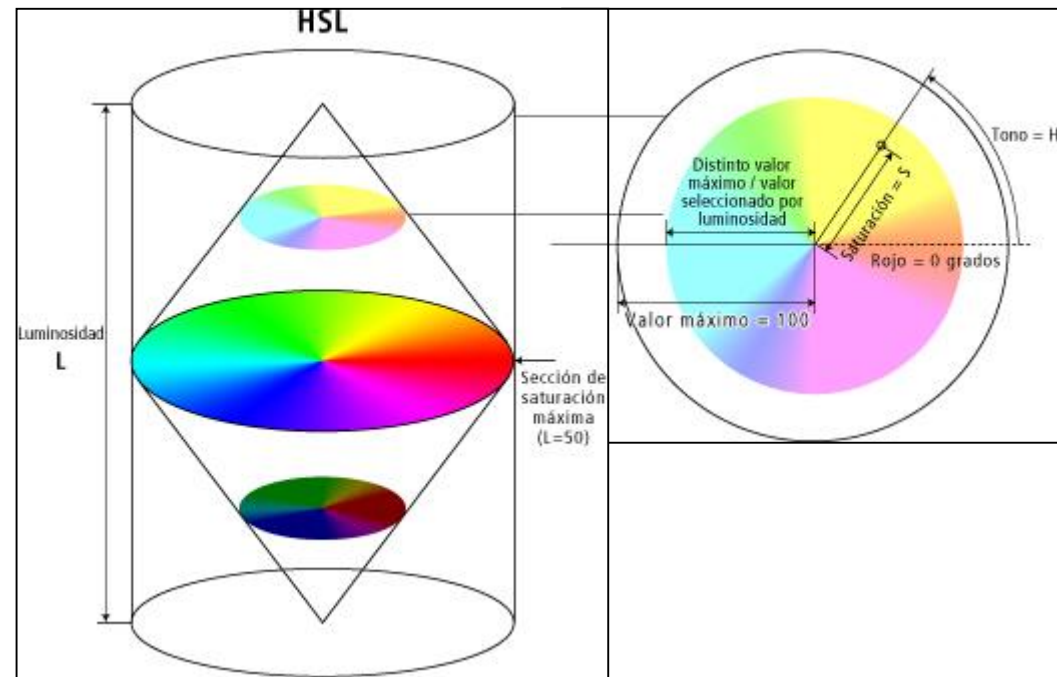
<http://www.dynamicdrive.com/dynamicindex11/yuicolorpicker/index.htm>

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🌈 EL COLOR – MODELOS HLS Y HSV



Modelo HSV



Modelo HSL

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## EL COLOR – MODELOS HLS Y HSV

### Conversión de RGB a HSV y HLS:

Sea  $MAX := \max\{R, G, B\}$  y  $MIN := \min\{R, G, B\}$ , el valor de H se calcula según el “cuadrante” en RGB respecto a la línea de grises, así:

$$H = \begin{cases} (G - B) * 60 / (MAX - MIN) & \text{si, } R = MAX \\ (B - R) * 60 / (MAX - MIN) + 120 & \text{si, } G = MAX \\ (R - G) * 60 / (MAX - MIN) + 240 & \text{si, } B = MAX \end{cases}$$

**En HSV:**

$$S = (MAX - MIN) / MAX$$

$$V = MAX$$

**En HLS:**

$$S = MAX - MIN$$

$$L = (MAX + MIN) / 2$$

**Ojo:** si  $R=G=B$  (color gris), el H no está definido. Es más, conforme disminuye la saturación, el cálculo de H es más inestable.

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

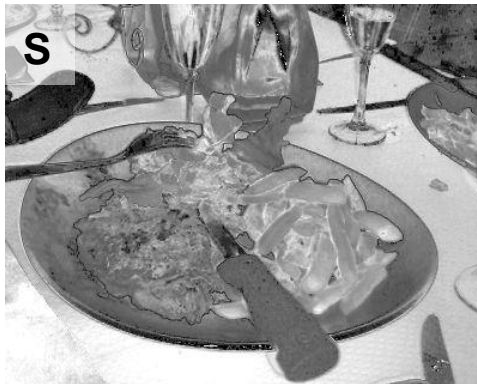
## 🌟 EL COLOR – MODELOS HLS Y HSV



HSV



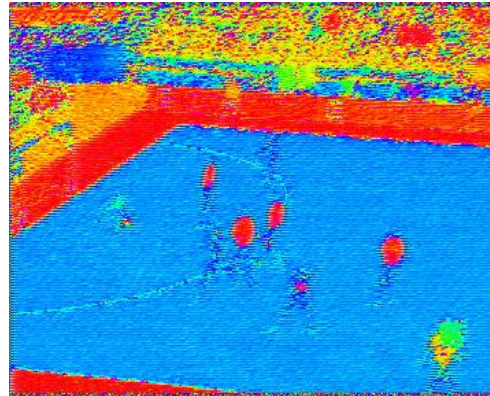
HLS



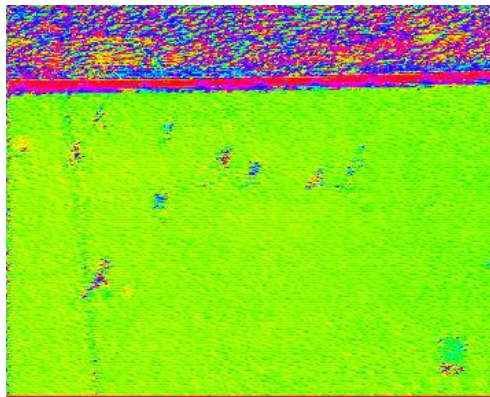


# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🦋 EL COLOR – MODELOS HLS Y HSV



El canal H es el que almacena mayor información de color



Pero cuidado, puede ser engañoso si la saturación es baja

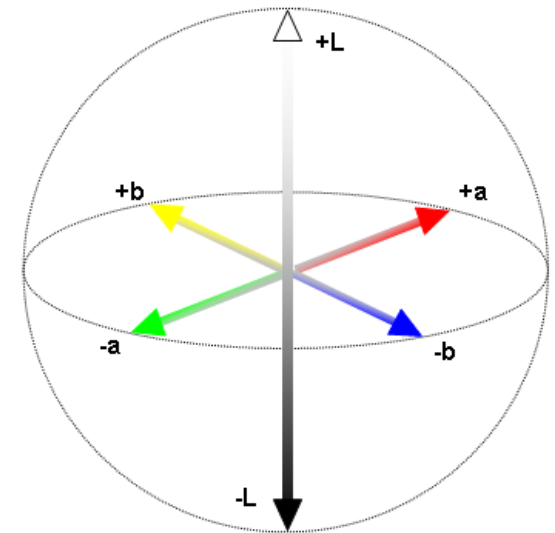


# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## 🏇 EL COLOR – MODELO $L^*A^*B^*$



© Graeme Cookson / Shutha.org

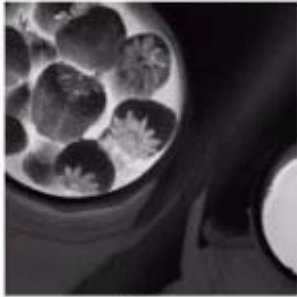


L almacena toda la información sobre luminocidad

$a^*$  y  $b^*$  la información de color

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

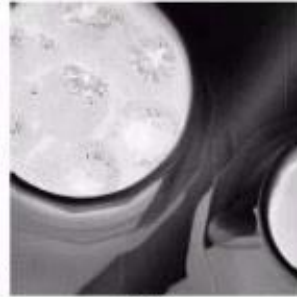
## 🌟 EL COLOR – MODELOS



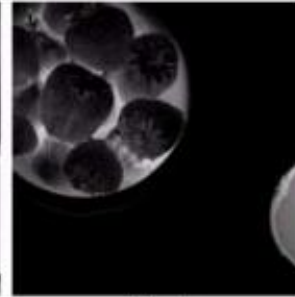
Cyan



Magenta



Yellow



Black



Full color



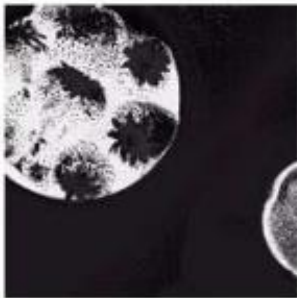
Red



Green



Blue



Hue






Saturation



Intensity

# FUNDAMENTOS DEL COLOR

## EL COLOR – OTROS MODELOS

-  El color es un fenómeno ligado a la percepción humana.
-  Existen muchos modelos de color, algunos creados con fines específicos.
-  Aunque externamente (entrada/salida) trabajemos normalmente con el modelo RGB, para realizar ciertas operaciones puede ser adecuado usar otros modelos de color:
  1. Transformar de RGB al otro modelo.
  2. Operar en el otro modelo.
  3. Transformar el resultado en el otro modelo a RGB.
  4. Estudiar, decidir y utilizar el modelo más adecuado a cada aplicación.

# FUNDAMENTOS DEL COLOR



PSEUDOCOLOR

# PSEUDOCOLOR

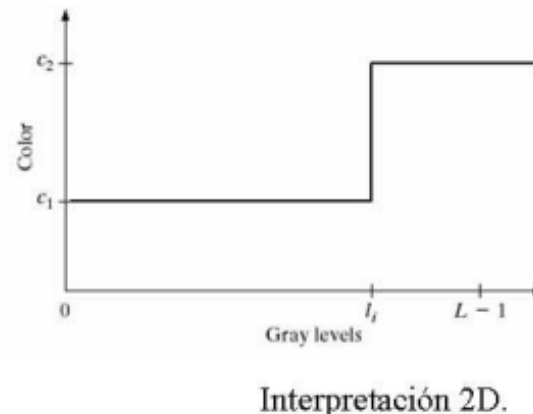
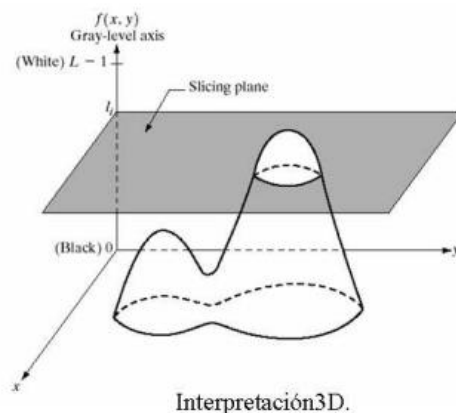
## PSEUDOCOLOR

- 🌀 El objetivo del Pseudocolor es asignar colores a imágenes monocromáticas basándose en algunas propiedades de su contenido de nivel de gris.
- 🌀 Existen diferentes Métodos:
  - 🌀 Planos de intensidad
  - 🌀 Transformación de gris a color
  - 🌀 Filtrado

# PSEUDOCOLOR

## 🚀 PSEUDOCOLOR

- 🌀 La técnica por **Planos de Intensidad** consiste en dividir las intensidades de gris para posteriormente asignar un color a cada porción. Esto genera un procesamiento de Pseudo-color muy elemental.
- 🌀 Considerando la imagen como una función bidimensional de la intensidad, el método se interpreta como la colocación de planos paralelos al de las coordenadas espaciales de la imagen → Cada plano divide a la función en el área de intersección.



# PSEUDOCOLOR

## PSEUDOCOLOR

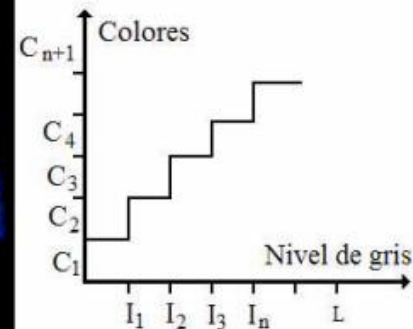
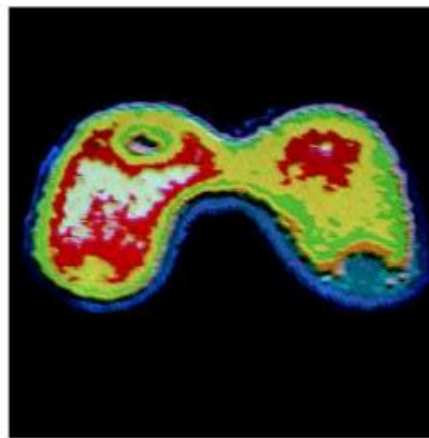
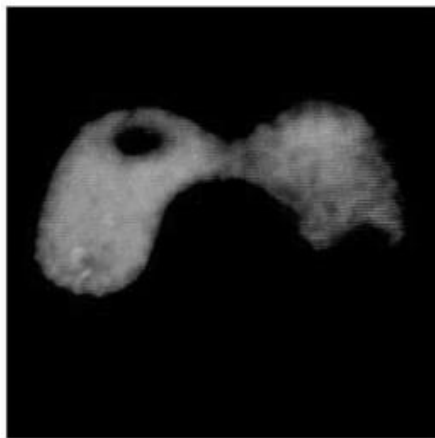
- 🕒 La pasos para crear pseudocolor a partir de **Planos de Intensidad** son los siguientes:
  - 🌀 Dividir la función  $f(x, y)$  (imagen monocromática), en dos regiones a partir del nivel  $G_i$
  - 🌀 Píxeles con niveles superiores a  $G_i$  se les asigna el color 1
  - 🌀 Píxeles con niveles inferiores a  $G_i$  se les asigna el color 2

El resultado es una imagen bicolor, cuya apariencia relativa se puede controlar moviendo el plano de división hacia arriba y abajo sobre el eje de nivel de gris (modificando  $G_i$ ).

# PSEUDOCOLOR

## 🎨 PSEUDOCOLOR

- La técnica de *planos de intensidad* puede ampliarse a varios niveles de colores. A continuación un ejemplo para la imagen de Patrón de comparación de radiación Picker Thyroid Phantom:

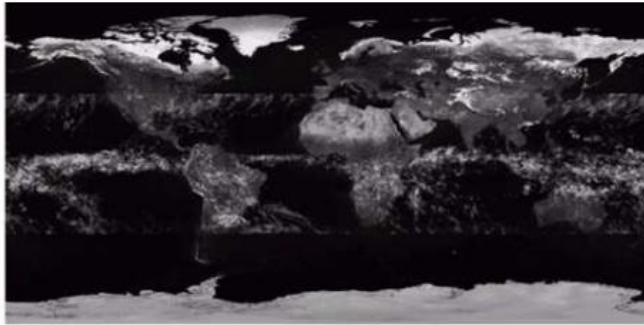




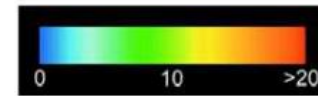
# PSEUDOCOLOR

## 🚀 PSEUDOCOLOR

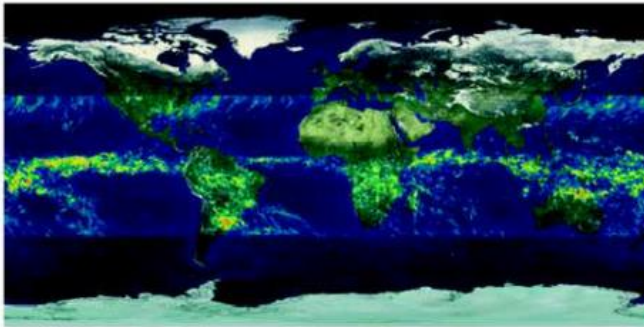
- 🌀 Otro ejemplo de aplicación de la técnica de *planos de intensidad* :



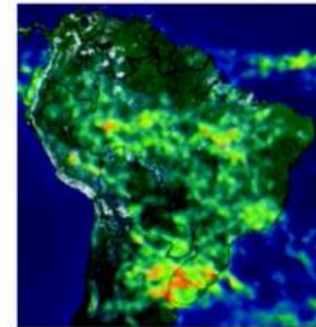
a)



b)



c)



d)

# PREGUNTAS

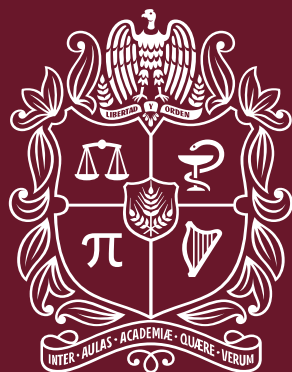


# ELABORACIÓN DE DIAPOSITIVAS

DIEGO PATIÑO CORTÉS, MSc.

CARLOS ANDRÉS MERA BANGUERO, PhD.

ALBEIRO ESPINOSA BEDOYA, PhD.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA