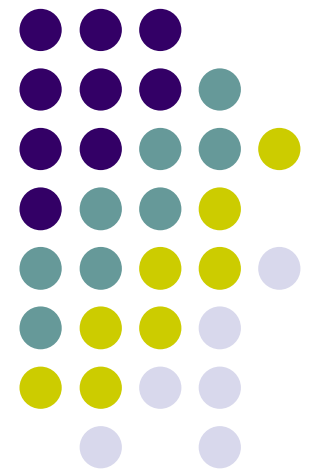


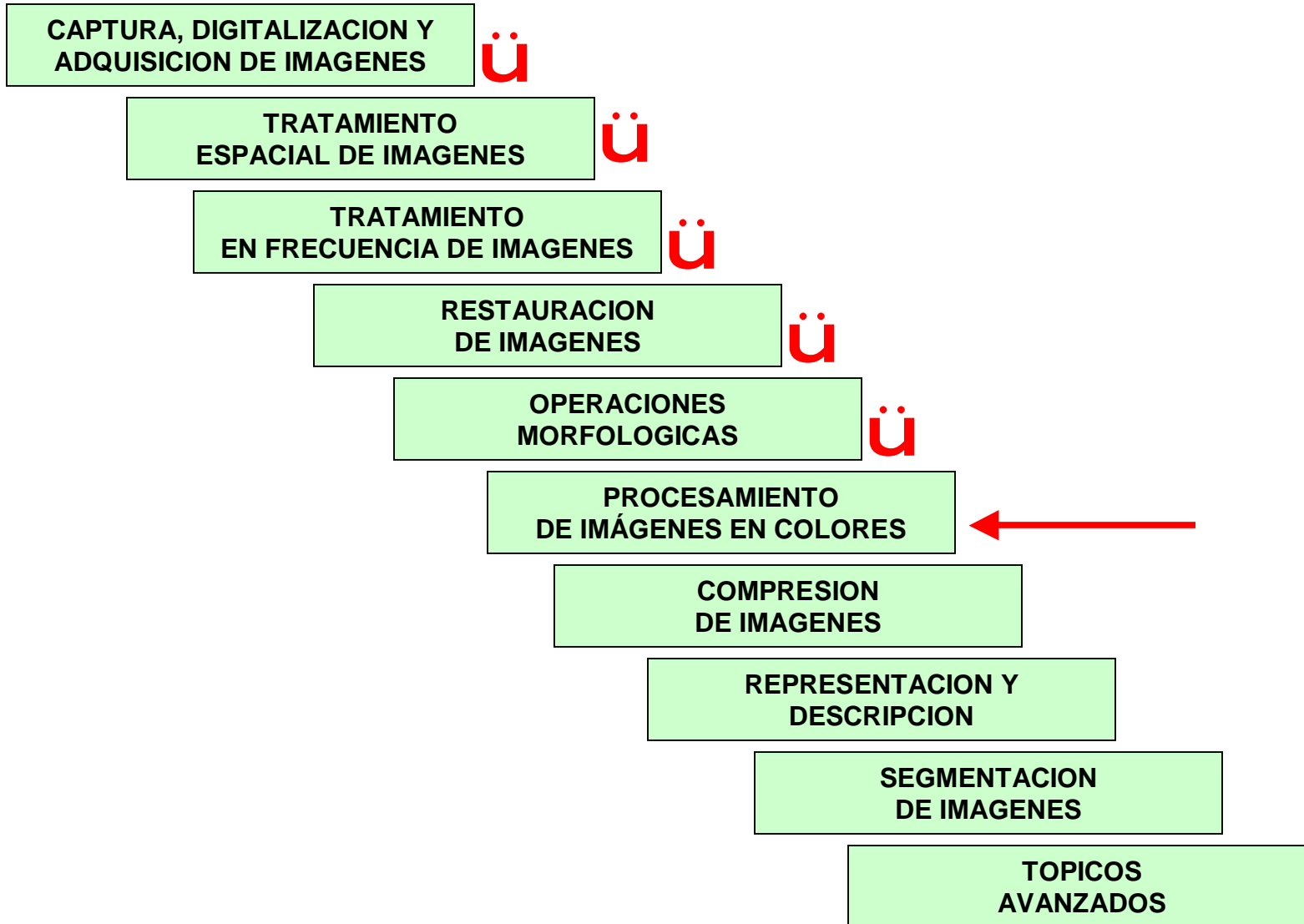
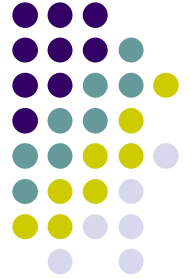
Procesamiento Digital de Imágenes

Pablo Roncagliolo B.

Nº 13



Orden de las clases...



Procesamiento de Imágenes en Color

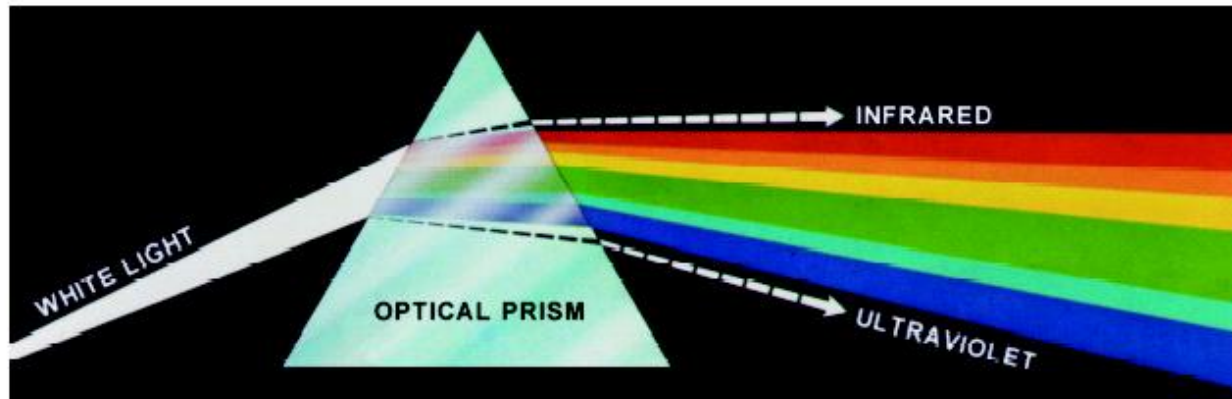


FIGURE 6.1 Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

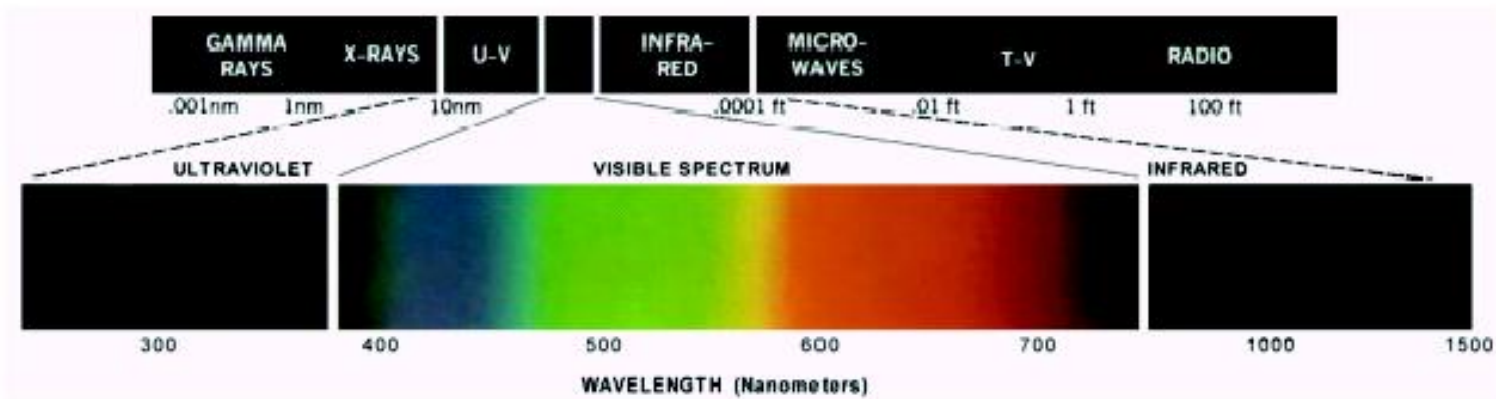
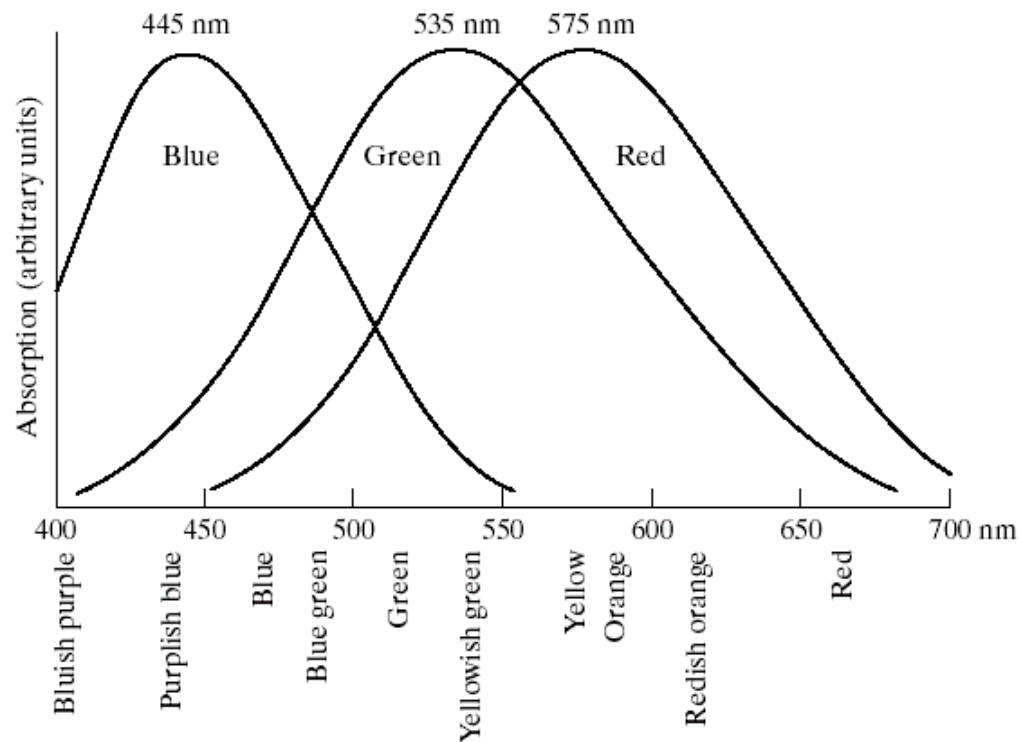


FIGURE 6.2 Wavelengths comprising the visible range of the electromagnetic spectrum. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

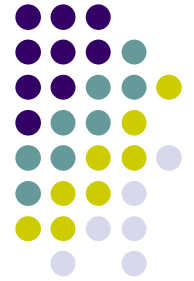
Procesamiento de Imágenes en Color



è Modelo RGB

FIGURE 6.3 Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

Procesamiento de Imágenes en Color



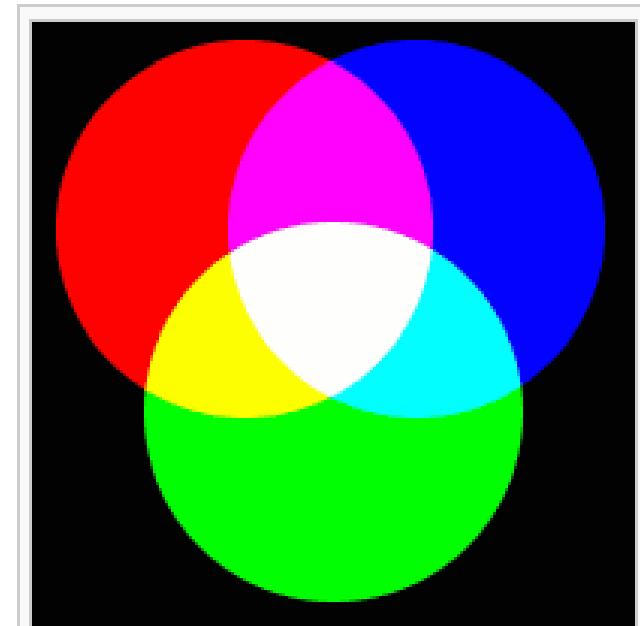
RGB

es el acrónimo inglés Red, Green, Blue (Rojo, Verde, Azul).

Es un modelo de color en el cual es posible representar un color mediante la mezcla por **adición** de tres colores primarios: rojo, verde y azul.



Funciona bien sobre “fondo negro”, por ejemplo una pantalla de computador



Mezcla de colores: añadiendo rojo a verde producirá amarillo; añadiendo amarillo a azul producirá blanco.

Procesamiento de Imágenes en Color

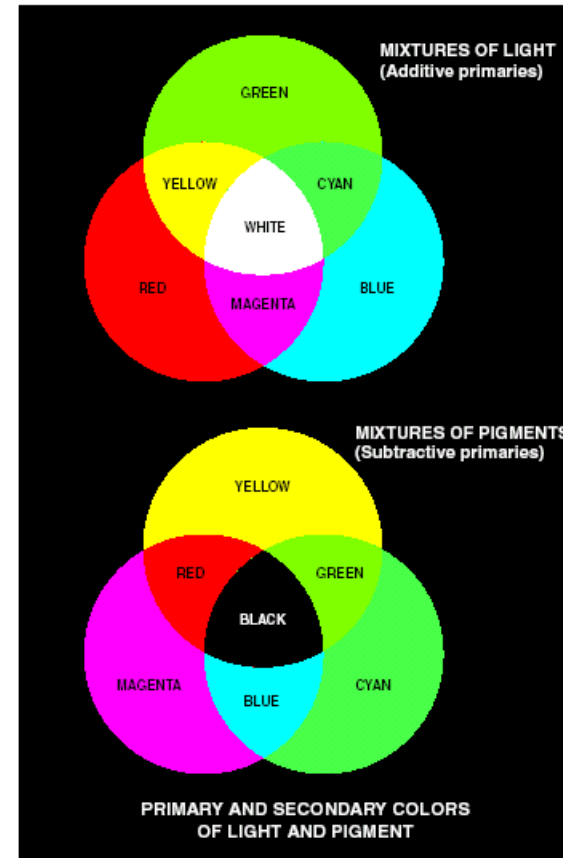


RGB

Es un modelo de “suma” de colores

CMY

Es un modelo de “resta” de colores



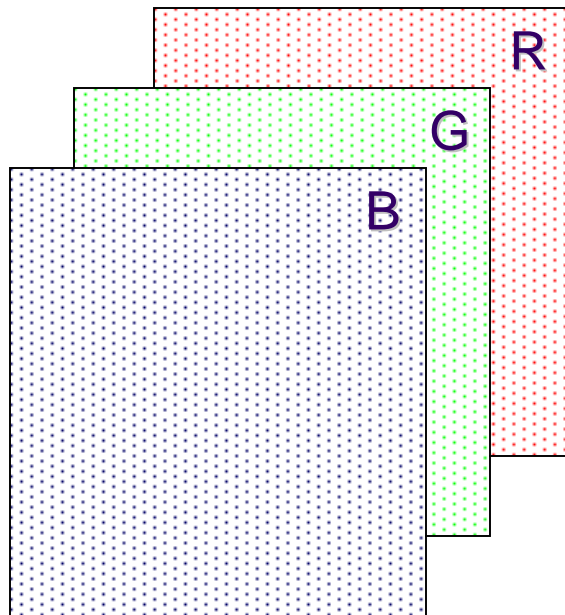
a
b

FIGURE 6.4 Primary and secondary colors of light and pigments. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

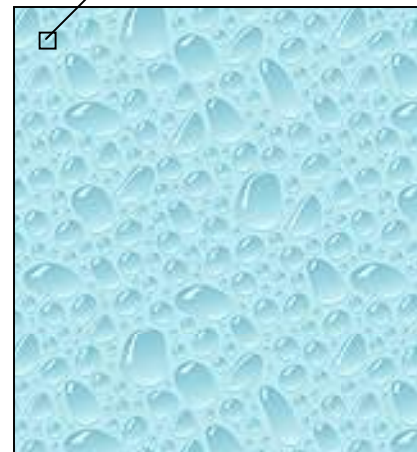
Procesamiento de Imágenes en Color



Modelo RGB



$[R,G,B]=[180,195,252]$



Procesamiento de Imágenes en Color



```
RGB=cat(3,imR,imG,imB);
```

```
imR=RGB(:,:,1);  
imG=RGB(:,:,2);  
imB=RGB(:,:,3);
```

Número de colores posibles:

$$N = (2^b)^3$$

Para $b=8\text{bit} \Rightarrow N=256^3=16.777.216$



Procesamiento de Imágenes en Color



Imágenes RGB →

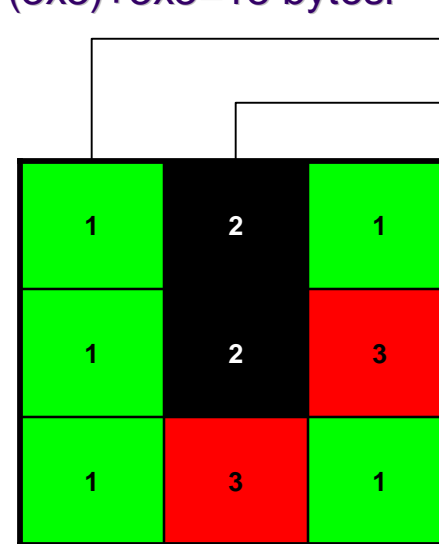
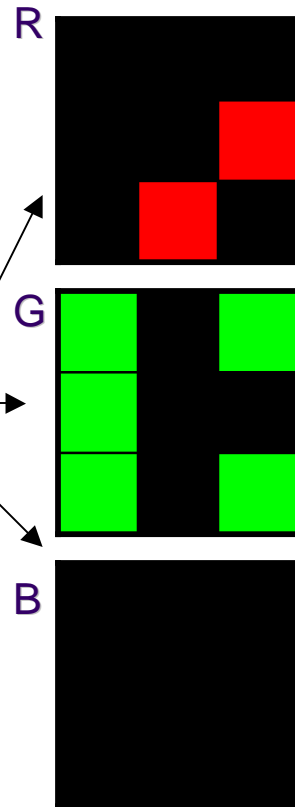
Imágenes "Indexadas"

$(3 \times 3) \times 3 = 27$ bytes!

$(3 \times 3) + 3 \times 3 = 18$ bytes!

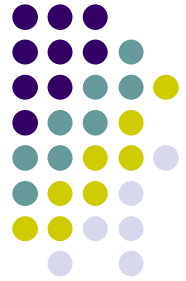
Tabla o Mapa de colores

0,255,0	0,0,0	0,255,0
0,255,0	0,0,0	255,0,0
0,255,0	255,0,0	0,255,0



0	255	0
0	0	0
255	0	0

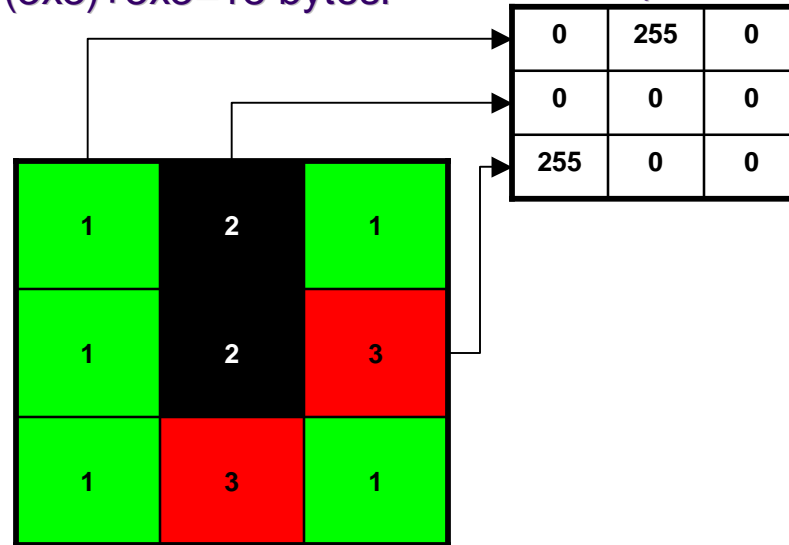
Procesamiento de Imágenes en Color



Imágenes "Indexadas"

```
imshow(IM,map);  
  
%o también:  
  
image(IM);  
colormap(map);
```

$(3 \times 3) + 3 \times 3 = 18$ bytes!



%Para disminuir la cantidad de colores "n"

```
[IM2, map2]=imapprox(IM,map,n);
```

%Para convertir RGB a Indexada

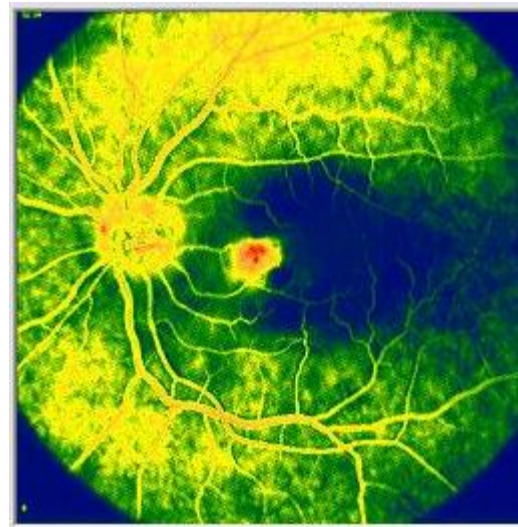
```
[IM, map]=rgb2ind(RGB,n);
```

Procesamiento de Imágenes en Color



Pseudo-color:

Imágenes monocromáticas coloreadas artificialmente.



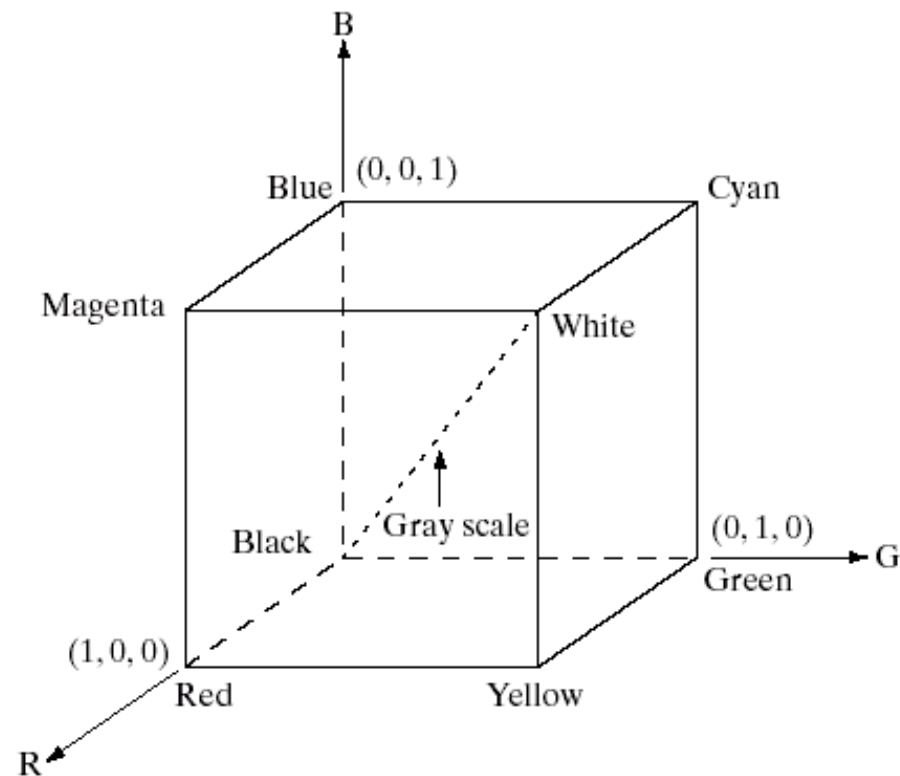
```
%Ej. Para cambiar el mapa de colores  
A=imread('_im_luna_gris.jpg');  
[I, map]=rgb2ind(A,256);  
n=double(max(max(I)))  
imshow(I, copper(n));
```

```
%Otros mapas:  
bone,cool,gray,hot,jet,pink,  
prism,summer,winter,white
```

Procesamiento de Imágenes en Color



FIGURE 6.7
Schematic of the RGB color cube. Points along the main diagonal have gray values, from black at the origin to white at point $(1, 1, 1)$.



Procesamiento de Imágenes en Color

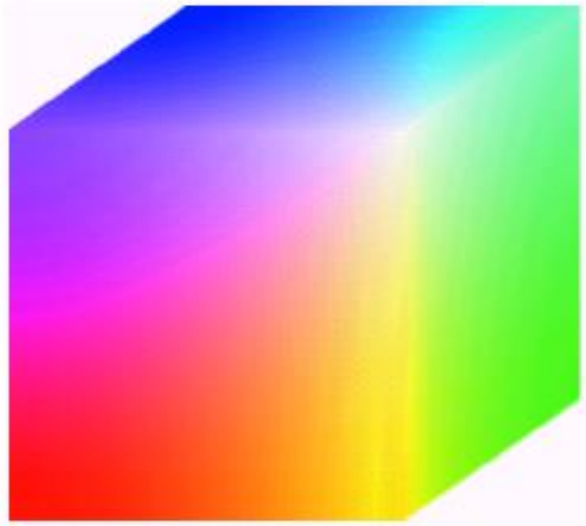


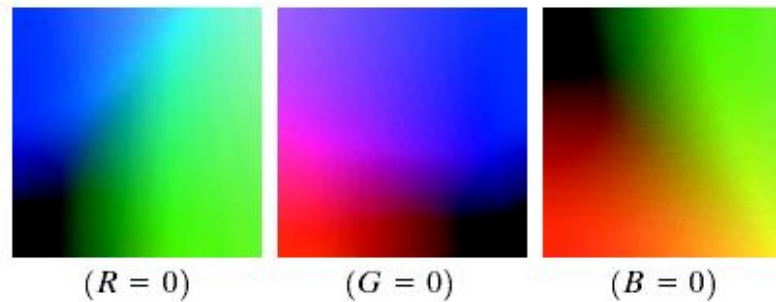
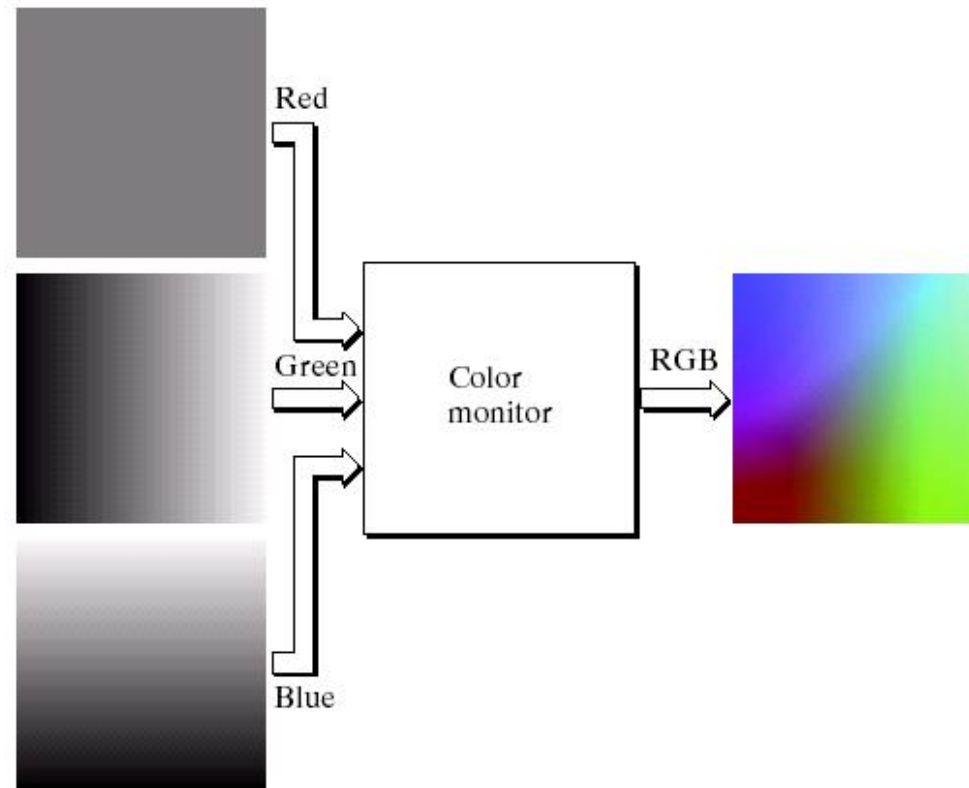
FIGURE 6.8 RGB 24-bit color cube.

Procesamiento de Imágenes en Color



a
b

FIGURE 6.9
(a) Generating the RGB image of the cross-sectional color plane ($127, G, B$).
(b) The three hidden surface planes in the color cube of Fig. 6.8.

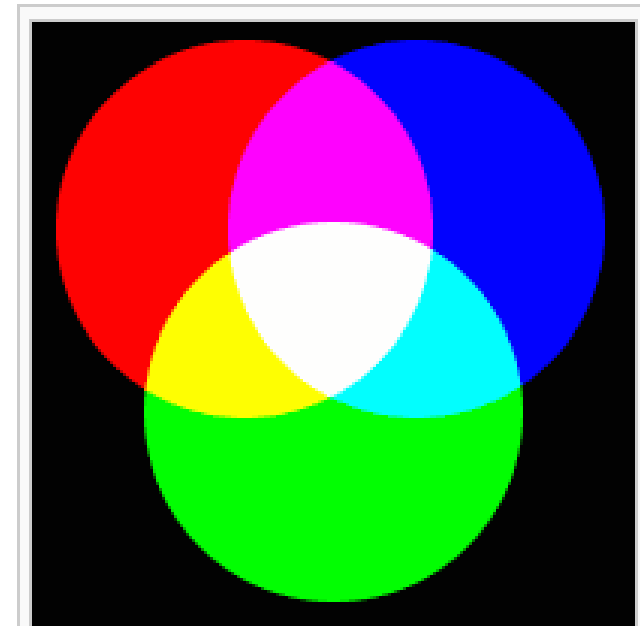


Procesamiento de Imágenes en Color



El modelo de color RGB, no define por sí mismo que significa exactamente "rojo", "verde" o "azul", por lo que los mismos valores RGB pueden mostrar colores notablemente diferentes en varios dispositivos que empleen este modelo de color.

Aunque utilicen un mismo modelo de color, sus **espacios de color** pueden variar considerablemente.



Mezcla de colores: añadiendo rojo a verde producirá amarillo; añadiendo amarillo a azul producirá blanco.

Procesamiento de Imágenes en Color



Para indicar en que proporción se mezcla cada color, se asigna un valor a cada uno de los colores primarios de forma que el valor 0 significa que no interviene en la mezcla. Cuanto mayor sea dicho valor se entiende que aporta más intensidad a la mezcla.

Aunque el intervalo de valores podría ser cualquiera (reales [0 y 1], enteros entre 0 y 100, etc), es bastante frecuente que cada color primario se codifique con un *byte* de manera que cada valor estará en el intervalo de números naturales [0,255].

Es común utilizar la forma hexadecimal de este valor, de forma que el intervalo para cada componente sería [0x00,0xFF] o [#00,#FF].

De esta forma se puede definir un color con tres pares hexadecimales de la forma 0xRRGGBB.

Procesamiento de Imágenes en Color



Ejemplos

Negro :	R=0, G=0, B=0 (#000000)
Blanco :	R=255, G=255, B=255 (#FFFFFF)
Rojo :	R=255, G=0, B=0 (#FF0000)
Verde :	R=0, G=255, B=0 (#00FF00)
Verde oscuro :	R=0, G=128, B=0 (#008000)
Verde más oscuro:	R=0, G=64, B=0 (#004000)
Amarillo :	R=255, G=255, B=0 (#FFFF00)
Magenta :	R=255, G=0, B=255 (#FF00FF)
Cyan :	R=0, G=255, B=255 (#00FFFF)



Procesamiento de Imágenes en Color

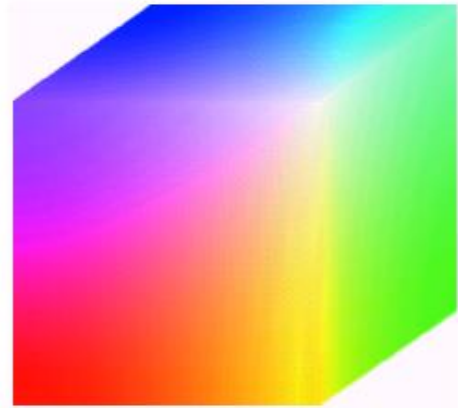


FIGURE 6.8 RGB 24-bit color cube.

Hace algunos años (ya no!) la diferencia entre tarjetas de video, monitores, procesadores, sistemas operativos, etc., è Problemas en la visualización de imágenes en colores

Se definió un mínimo de 216 colores que podían ser visualizados en prácticamente todos los sistemas è sRGB (safe RGB)

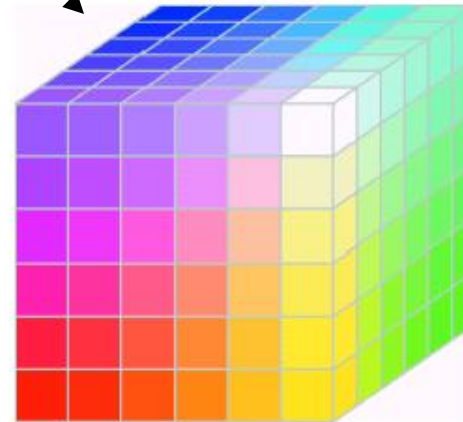


FIGURE 6.11 The RGB safe-color cube.

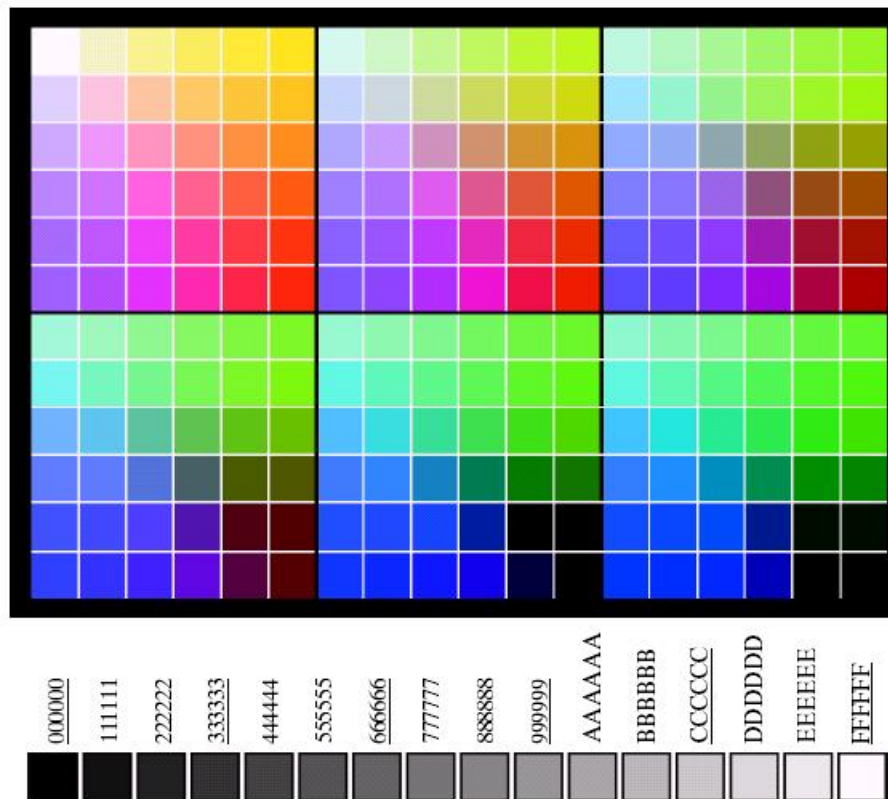
Procesamiento de Imágenes en Color



Number System	Color Equivalents					
Hex	00	33	66	99	CC	FF
Decimal	0	51	102	153	204	255

TABLE 6.1
Valid values of each RGB component in a safe color.

Sólo se utilizan 6 niveles para cada banda $\Rightarrow 6^3 = 216$ colores



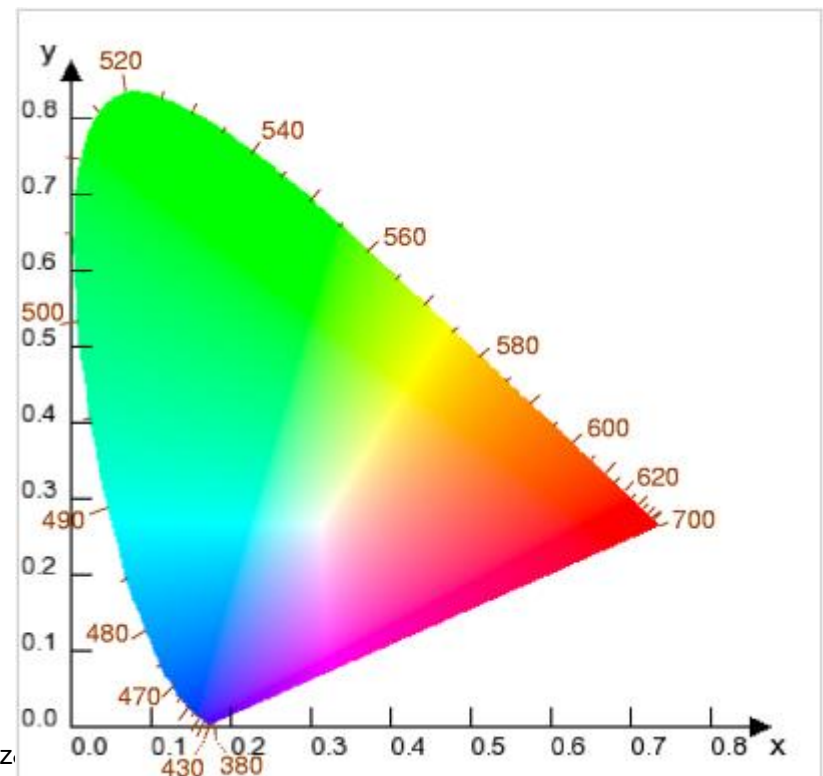
a
b
FIGURE 6.10
(a) The 216 safe RGB colors.
(b) All the grays in the 256-color RGB system (grays that are part of the safe color group are shown underlined).

Espacio del Color: CIE** 1931



La “Comisión Internacional en Iluminación”, propuso en 1931 el clásico espacio de colores que representa los colores que pueden ser percibidos por el ojo humano.

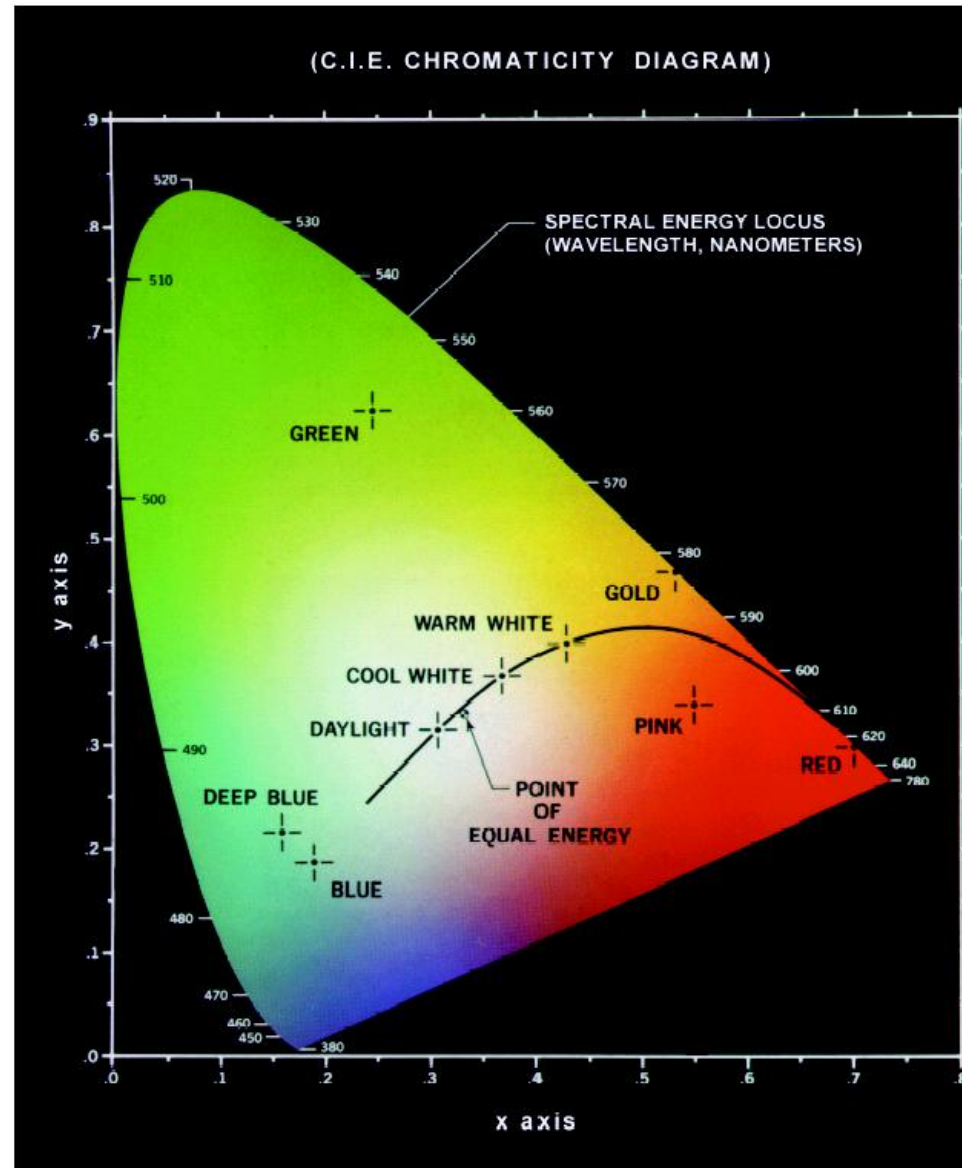
** Usualmente conocida como “CIE” por sus siglas en Frances: Commission Internationale de l'Eclairage. Es una autoridad internacional en los temas relacionados con luz, iluminación, color y espacios de color. Está ubicada en Vienna, Austria.



Espacio del Color



FIGURE 6.5
Chromaticity
diagram.
(Courtesy of the
General Electric
Co., Lamp
Business
Division.)

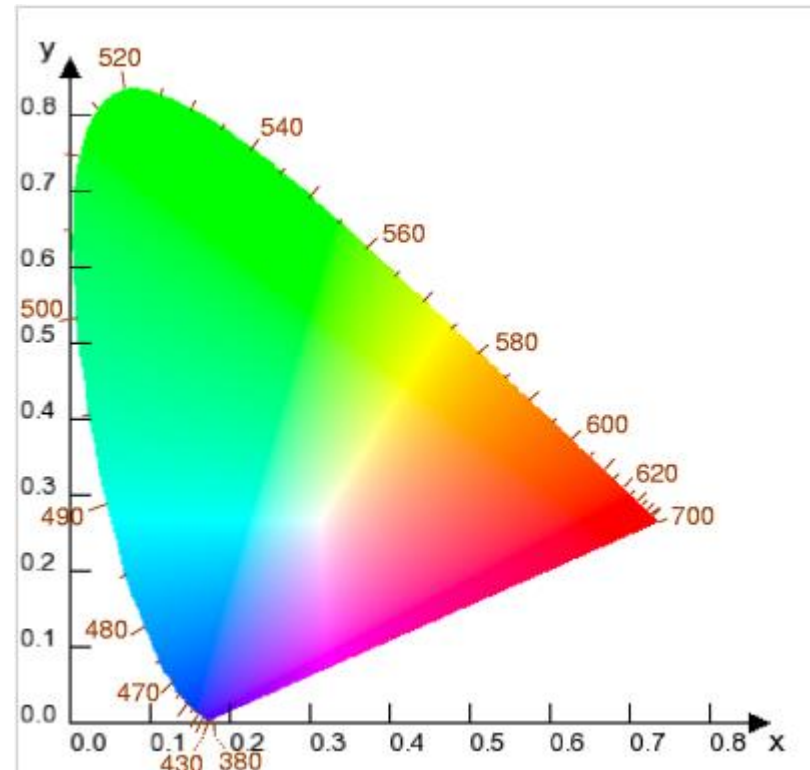


Espacio del Color



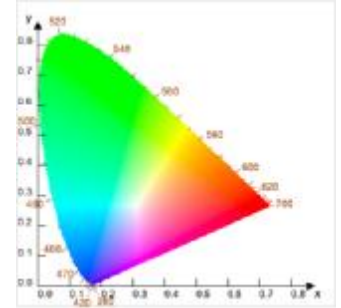
Desde el punto de vista del ojo humano, todos los colores son vistos como combinaciones de los tres colores primarios (R,G,B). La CIE propuso estandarizar los colores:

- Azul=435.8nm
- Verde=546.1m
- Rojo=700nm



Espacio del Color

Las características de los colores son:



Brillo: intensidad del color. Por ejemplo el color Blanco es un color brillante, mientras que el gris es menos brillantes. Ambos “colores” están en el centro del diagrama de cromaticidad CIE.

Matiz (HUE): atributo asociado a la longitud de onda predominante en un color real (mezcla de longitudes de onda)

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.

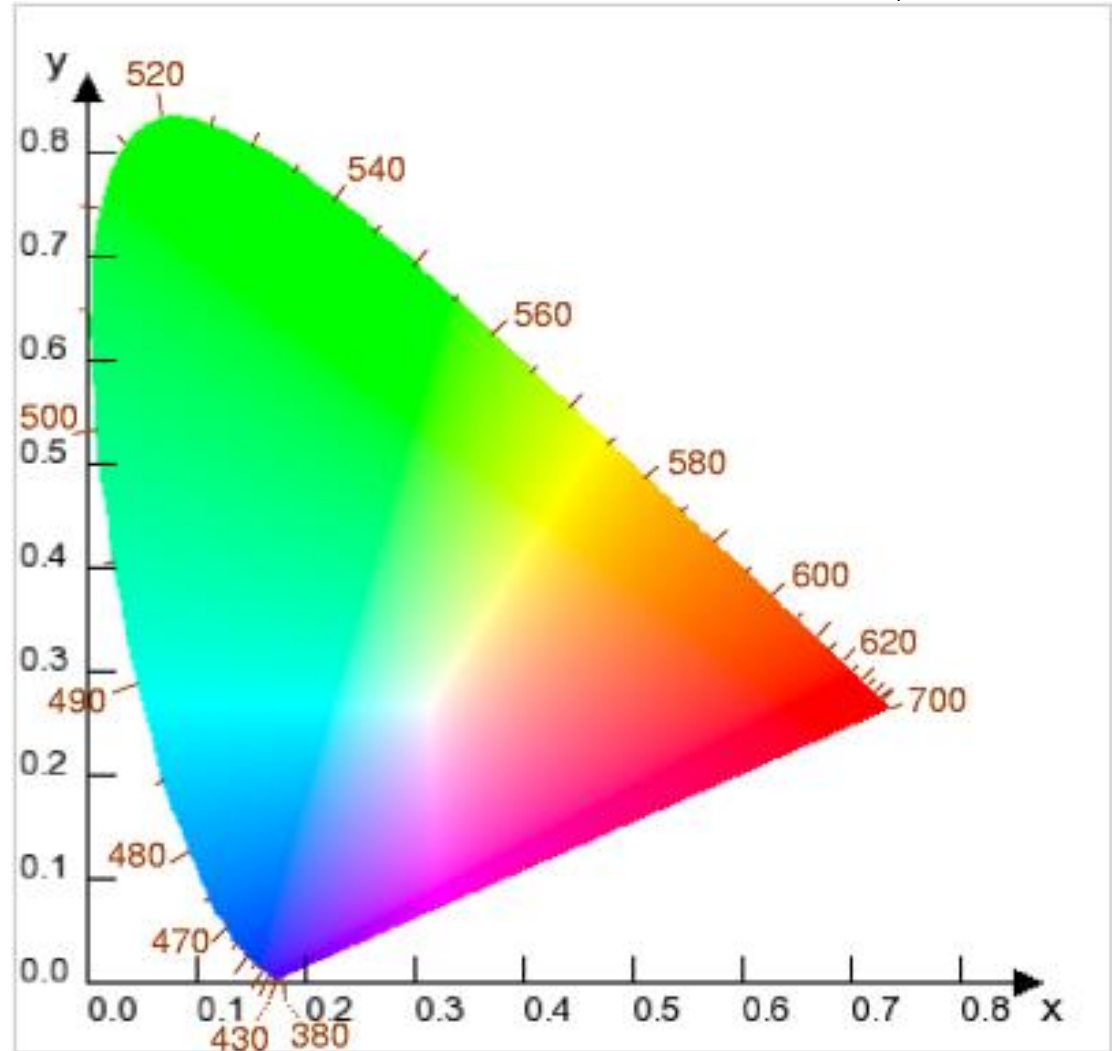
Saturación: se refiere a la pureza relativa o cantidad de luz blanca mezclada con un matiz. La saturación es inversamente proporcional a la cantidad de luz blanca. Ej. el punto “blanco” del espacio CIE tiene saturación 0.

Espacio del Color



La **cromaticidad** corresponde a considerar el matiz y la saturación en conjunto.

Por lo tanto un color se puede caracterizar simplificadaamente por su brillo y cromaticidad.



GAMUT

El **gamut** de un dispositivo es la gama de colores que es capaz de reproducir.

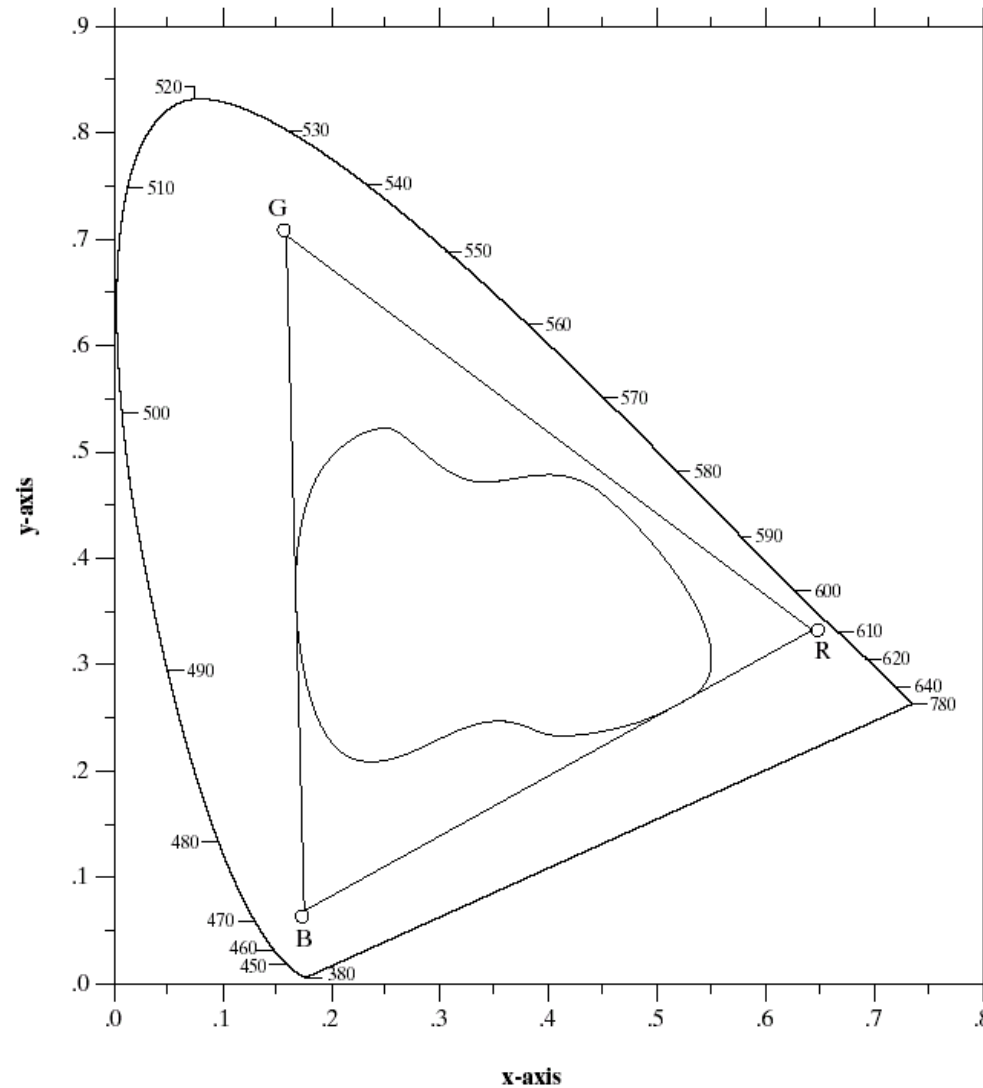


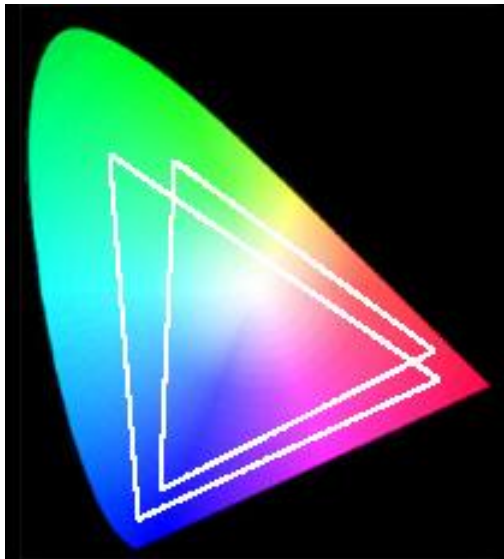
FIGURE 6.6 Typical color gamut of color monitors (triangle) and color printing devices (irregular region).



GAMUT

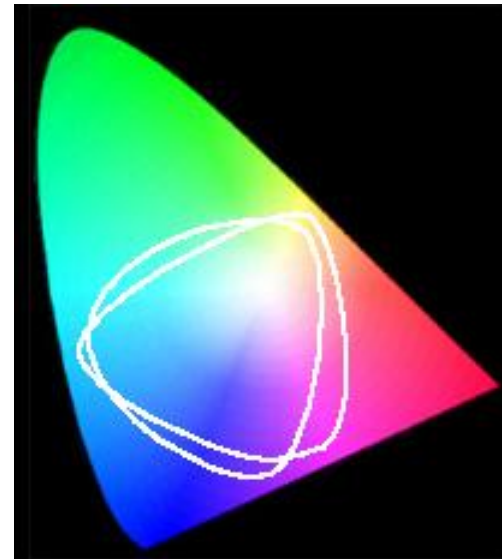


Gamut de 2 CRT



El gamut de un monitor de tubo de rayos catódicos típico es un triángulo que viene a ocupar el 50% de un diagrama de cromaticidad CIE.

Gamut de 2 Impresoras



Los gamuts de aparatos de mezcla de color sustractiva, como las impresoras, no quedan tan nítidamente definidos, aunque se pueden determinar.

La consecuencia es que hay colores que se pueden mostrar en un monitor pero que no se pueden imprimir, mientras que hay colores que se pueden imprimir pero no mostrar en un monitor.

Procesamiento de Imágenes en Color



RGB

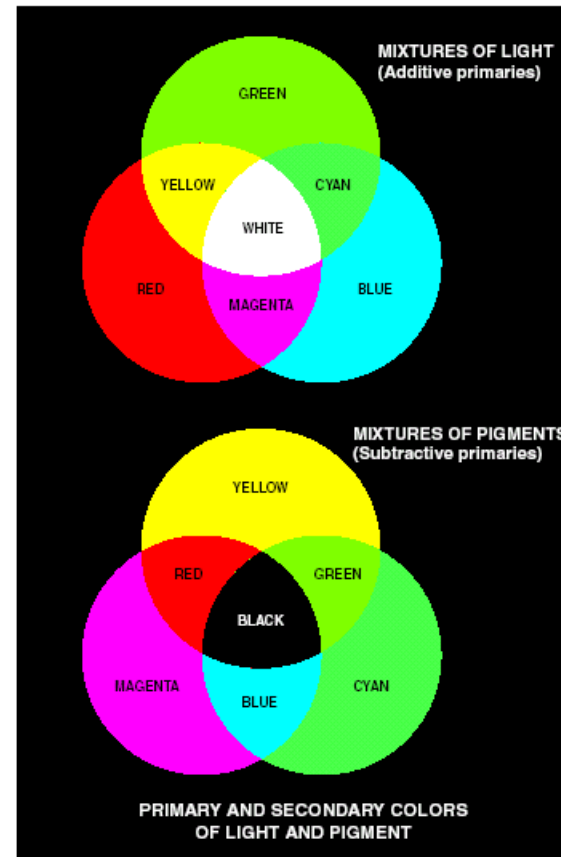
Es un modelo de “suma” de colores

CMY

Es un modelo de “resta” de colores

Transformación:

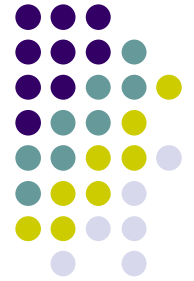
$$\begin{aligned}C &= 1 - R \\ M &= 1 - G \\ Y &= 1 - B\end{aligned}$$



a
b

FIGURE 6.4 Primary and secondary colors of light and pigments. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

Transformaciones de Color

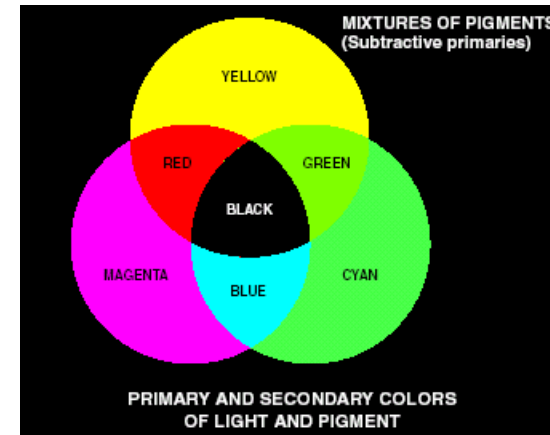


Modelo CMY

Es un modelo de “resta” de colores

Transformación:

$$\begin{aligned}C &= 1 - R \\ M &= 1 - G \\ Y &= 1 - B\end{aligned}$$



Modelo CMYK (Cyan, Magenta, Yellow y Key=Negro) es un modelo de colores sustractivo que se utiliza en la impresión a colores.

La mezcla de colores CMY ideales es sustractiva (pues imprimir cian, magenta y amarillo en fondo blanco resulta en el color negro). El modelo CMYK trabaja en base a la absorción de la luz. Los colores que se ven son de la parte de la luz que no es absorbida.

El cian es el opuesto al rojo, lo que significa que actúa como un filtro que absorbe dicho color (-R +G +B). Magenta es el opuesto al verde (+R -G +B) y amarillo el opuesto al azul (+R +G -B)

Transformaciones de Color



Modelo CMYK

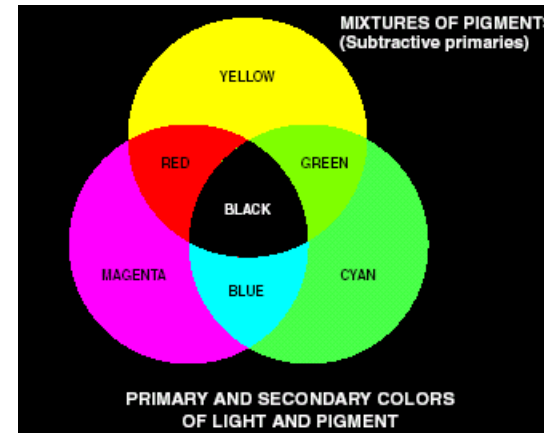
Transformación:

$$C=1-R$$

$$M=1-G$$

$$Y=1-B$$

$$K=1 \text{ si } \min(C,M,Y)=0$$



Por varias razones, el negro generado al mezclar los colores primarios aditivos no es ideal y por lo tanto, la impresión a cuatro tintas utiliza el negro además de los colores primarios sustractivos amarillo, magenta y cian (*CMY rara vez produce negro puro porque es casi imposible crear suficiente cantidad de pigmentos puros; mezclar las tres tintas sólo para formar el negro puede humedecer al papel; detalles negros finos implicaría tener que alinear las tres imágenes con demasiada exactitud; y usar una tinta negra en vez de tres unidades de las tintas de color puede significar un gran ahorro*)

Transformaciones de Color



El modelo RGB no es necesariamente la representación más eficiente del color, respecto de las capacidades del ojo humano.

Para codificar el color existen otras transformaciones conocidas:

- YIQ (NTSC, EEUU, Chile..)
- YUV (PAL, Europa..)



- Corresponden a una “recodificación” del sistema RGB.
- Separa la componente de luminancia Y de la crominancia (los valores IQ y UV son los ejes x-y del espacio de colores)
- Permite total compatibilidad entre TV blanco&negro y color.

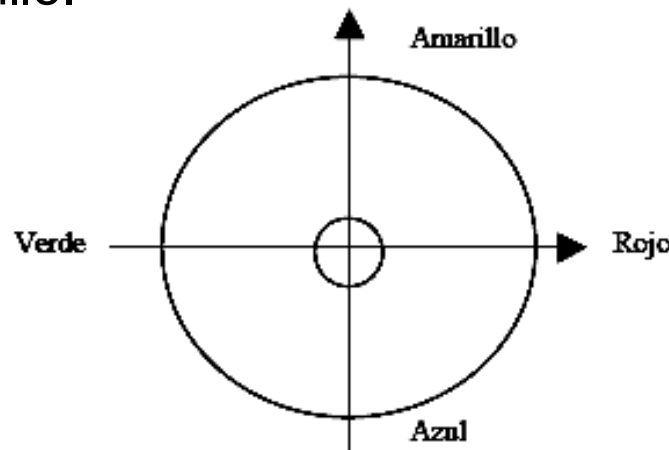
Transformaciones de Color



Modelos de Colores Opuestos:

Propuesto por Hering en 1874, con fundamentos psicovisuales, indica que los colores pueden contener una componente roja ó verde, pero nunca ambas sensaciones simultáneamente. Similarmente, el azul y amarillo son colores exclusivos en un determinado estímulo luminoso.

Este modelo permite clasificar cualquier color según dos ejes: rojo-verde y azul-amarillo.



Transformaciones de Color



(basados en el modelo de colores opuestos)

YIQ (NTSC):

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

YUV (PAL):

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & 0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

En representación discreta, la señal Y se distribuye en $[0,255]$, mientras que la cromaticidad puede oscilar en $[-160,160]$

Transformaciones de Color

YIQ:

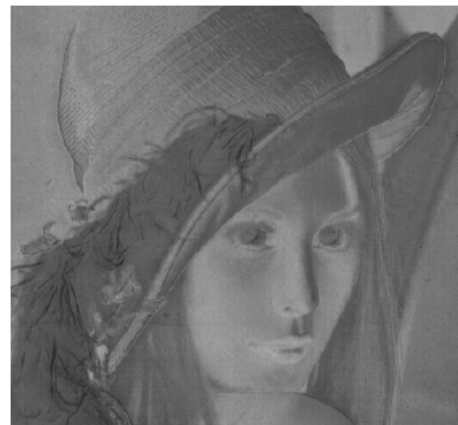
Ej, transformación de una imagen RGB en YIQ



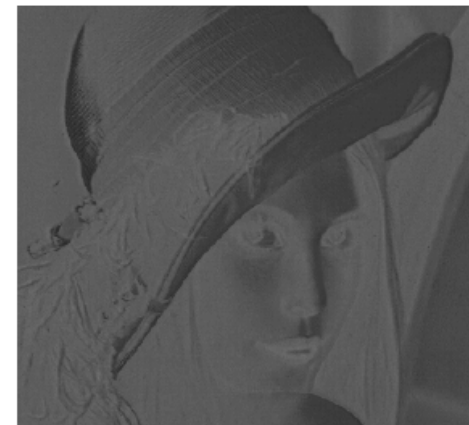
Imagen en color de 'Lenna'



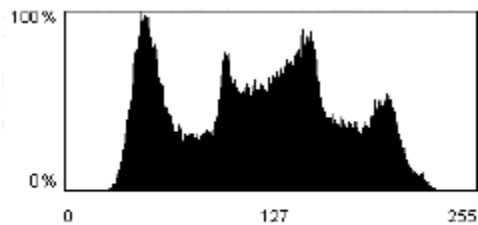
(a)



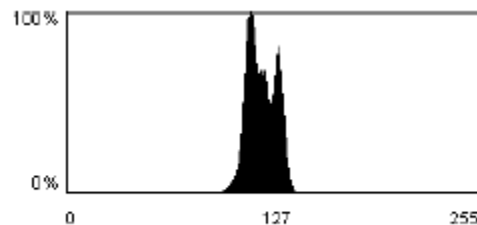
(b)



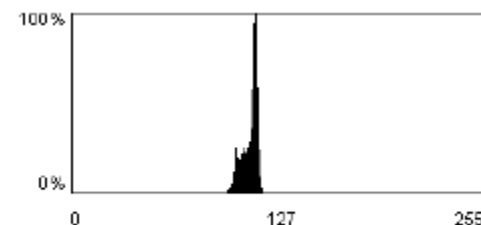
(c)



(a)



(b)



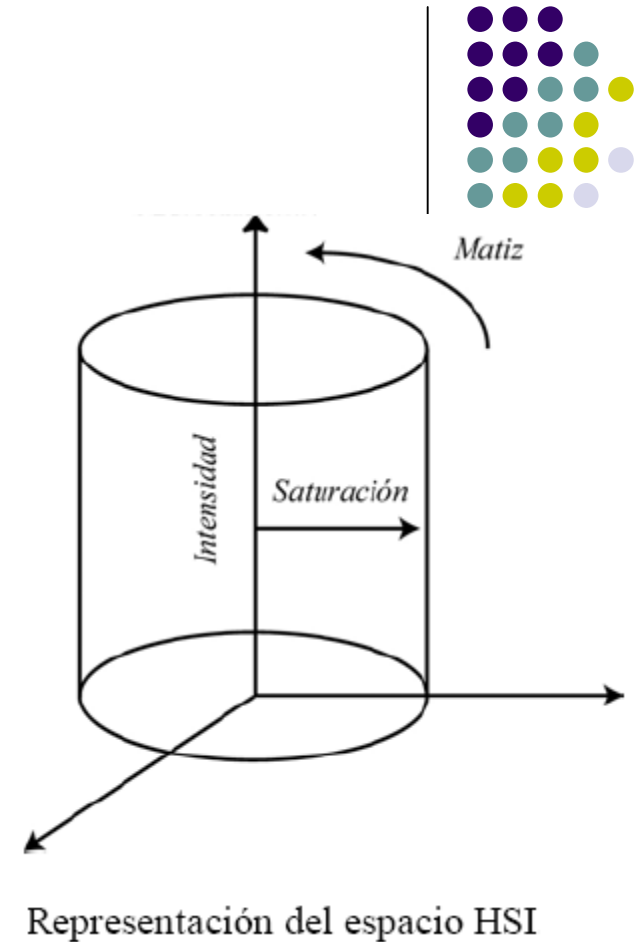
(c)

Modelo de Color HSI:

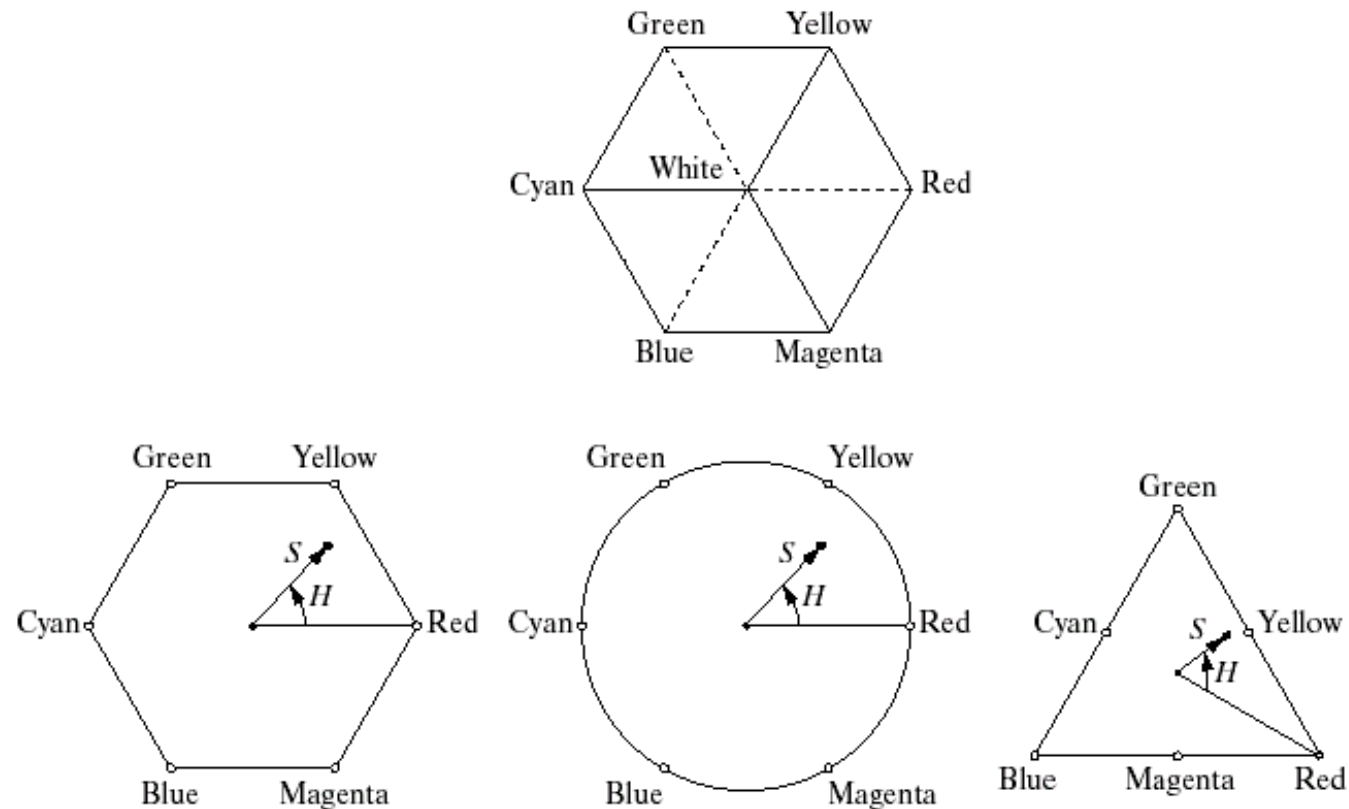
Corresponden a implementaciones más “precisas” del punto de vista psicovisual, del modelo Matiz (H), Saturación (S) e Intensidad (I).

Esta transformación deriva de modelo RGB. El cubo RGB se transforma en el cilindro HSI.

- La saturación corresponde a la distancia radial
- El matiz corresponde al ángulo del sistema de coordenadas polar.
- La intensidad es el eje perpendicular al plano de coordenadas polares.



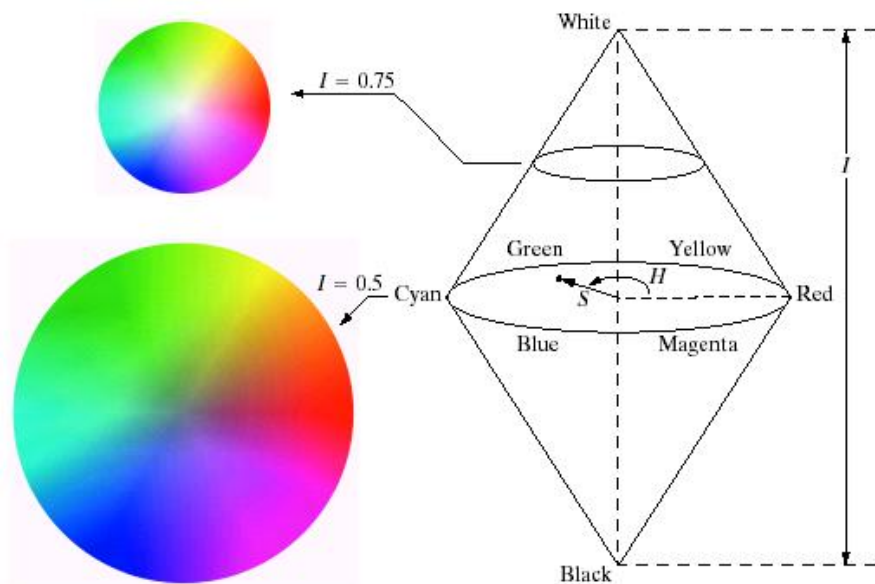
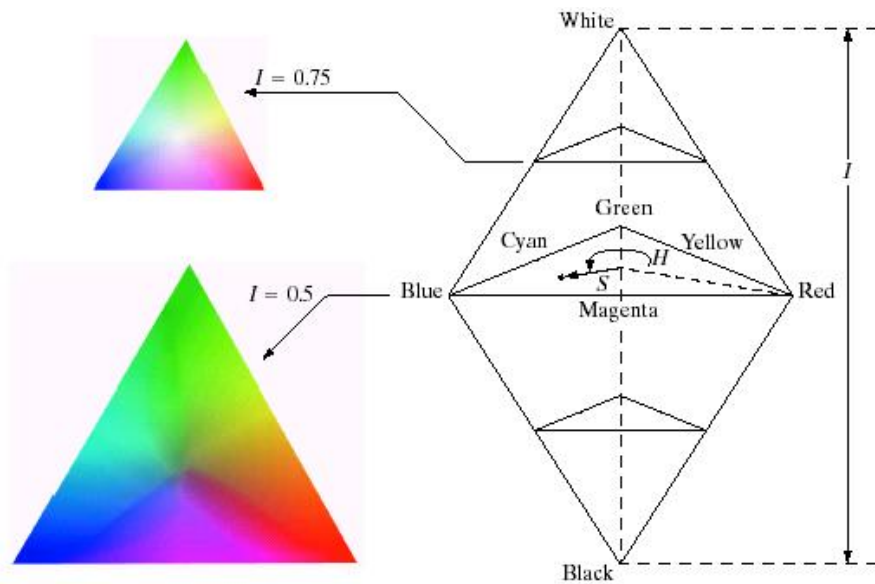
Modelo de Color HSI:



a
b c d

FIGURE 6.13 Hue and saturation in the HSI color model. The dot is an arbitrary color point. The angle from the red axis gives the hue, and the length of the vector is the saturation. The intensity of all colors in any of these planes is given by the position of the plane on the vertical intensity axis.

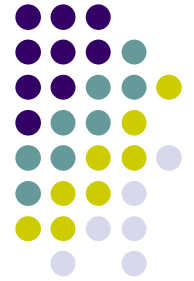
Modelo de Color HSI:



a
b

FIGURE 6.14 The HSI color model based on (a) triangular and (b) circular color planes. The triangles and circles are perpendicular to the vertical intensity axis.

Modelo de Color HSI:



Modelos de Color HSI:



(a)



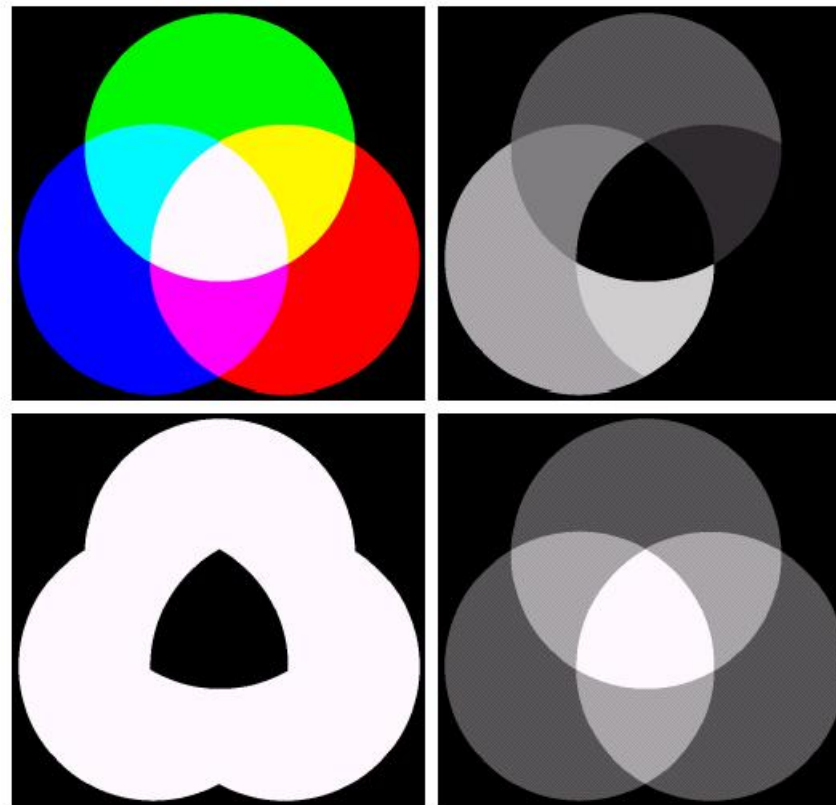
(b)



(c)

Canales de matiz (a), saturación (b) e intensidad (c) de HSI para la imagen de 'Lenna'.

Modelo de Color HSI:



a b
c d

FIGURE 6.16 (a) RGB image and the components of its corresponding HSI image: (b) hue, (c) saturation, and (d) intensity.

Modelo de Color HSI:



Modelos de Color HSI:

La conversión RGB \rightarrow HSI es no lineal.

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]$$

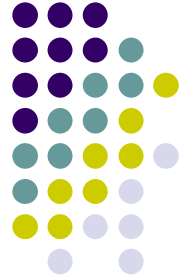
La transformación básica para el matiz, supone valores RGB [0-1]

Si $B > G$, entonces $H = 360 - H$. El valor del matiz es un número entero entre $[0-360^\circ]$

$$S = 1 - 3 \frac{\min(R, G, B)}{R + G + B} \quad I = \frac{R + G + B}{3}$$

Las transformaciones para S e I, son de menor complejidad computacional.

Modelo de Color HSI:



Cálculo de Saturación:

```
A=double(imread('blister.bmp'));
A=A/255;
subplot(1,2,1)

image(A);
[W H X]=size(A);

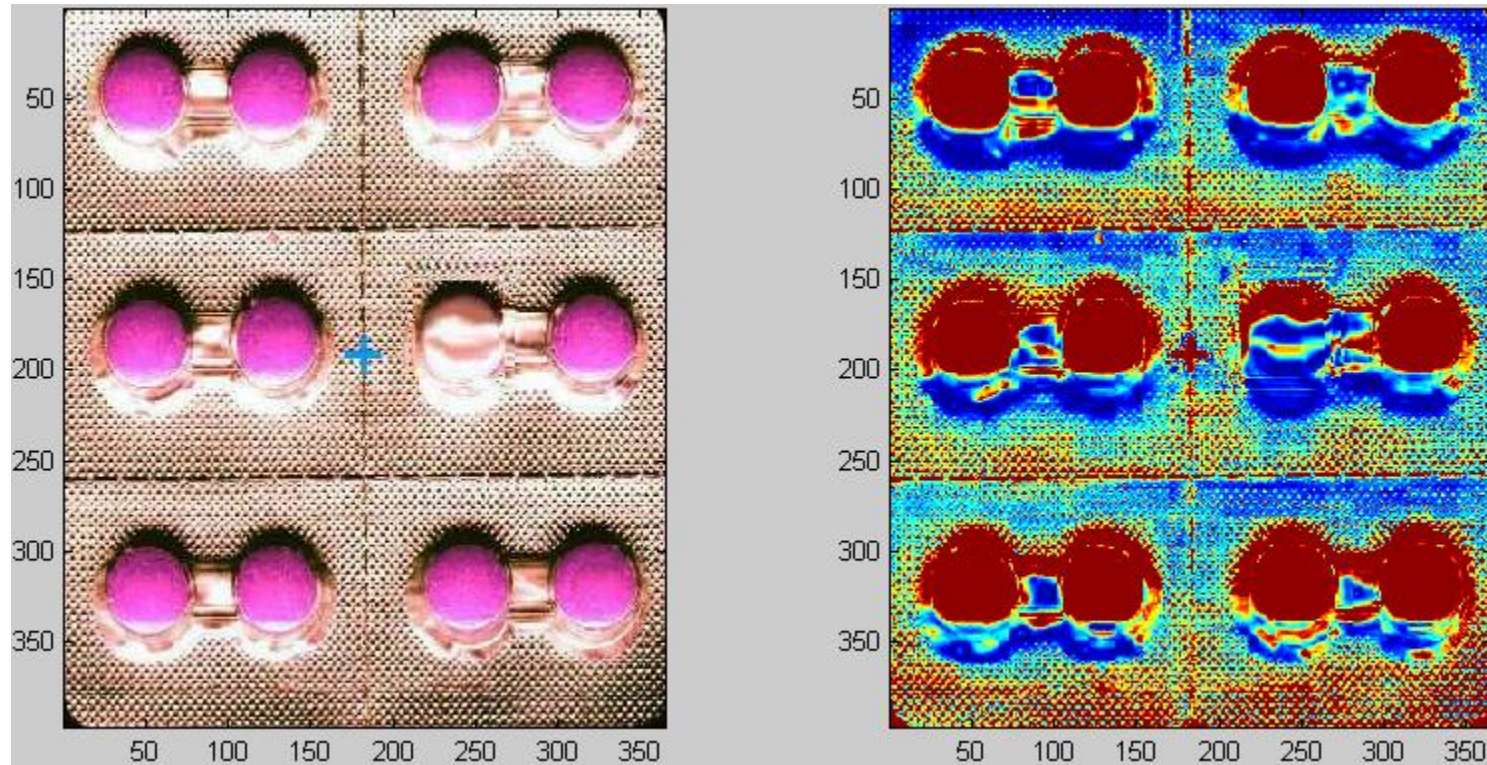
SS=zeros(W,H);
for f=1:H
    for c=1:W
        m=min([A(c,f,1) A(c,f,2) A(c,f,3)]);
        SS(c,f)=1-3*m/(A(c,f,1)+A(c,f,2)+A(c,f,3));
    end
end;

subplot(1,2,2)
image(SS*255)
```


Modelo de Color HSI:



Ejemplo: 'manejo' del brillo...



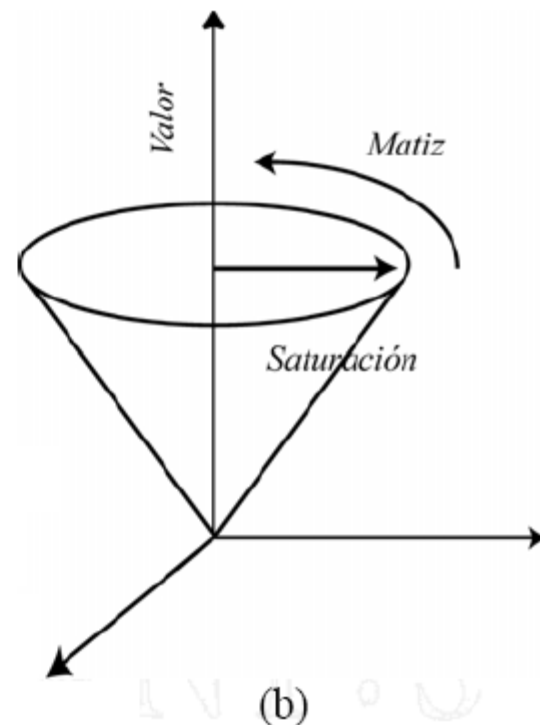
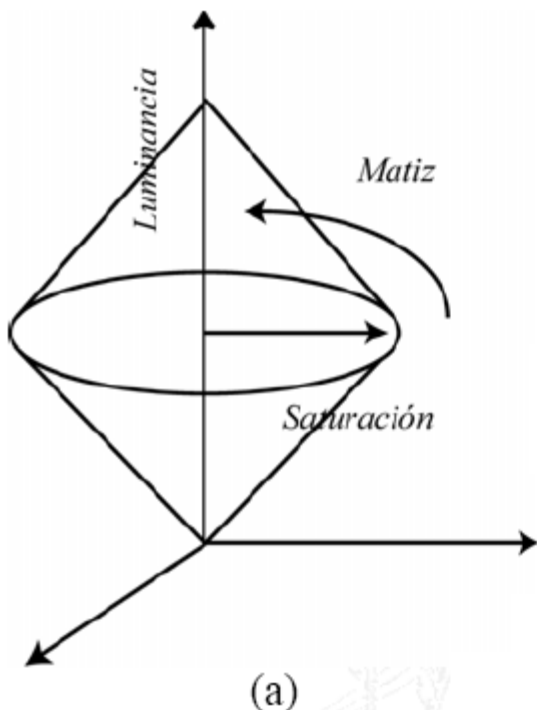
Modelo de Color HSI:



Modelos de Color HSI:

Existen dos modelos que derivan del HSI muy utilizados en procesamiento de imágenes:

HLS (H, Luminancia, S) y HSV (H,S, Valor)



Modelo de Color HSI:



HSV:

El cálculo de la saturación S para el modelo HSV se deduce a partir de:

$$\text{si } \max(R, G, B) \neq 0 \text{ entonces } S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)}$$
$$\text{sino } S = 0$$

La componente acromática de *valor* en HSV se calcula como:

$$V = \max(R, G, B)$$

Modelo de Color HSI:



HLS:

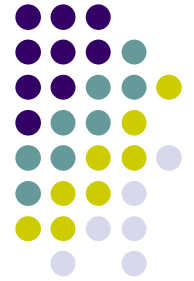
si $\max(R, G, B) = \min(R, G, B)$ *entonces* $S = 0$

sino si $L \leq 0.5$ *entonces* $S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}$

sino $S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{2 - \max(R, G, B) - \min(R, G, B)}$

$$L = \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{2}$$

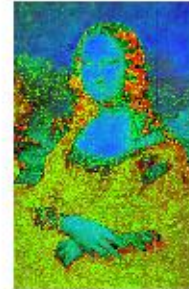
Modelo de Color HSI:



Original



HSV image



Red



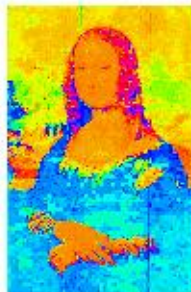
Green



Blue



Hue



Saturation



Value



Slicing



Permite “colorear” puntos con igual nivel de gris o intensidad

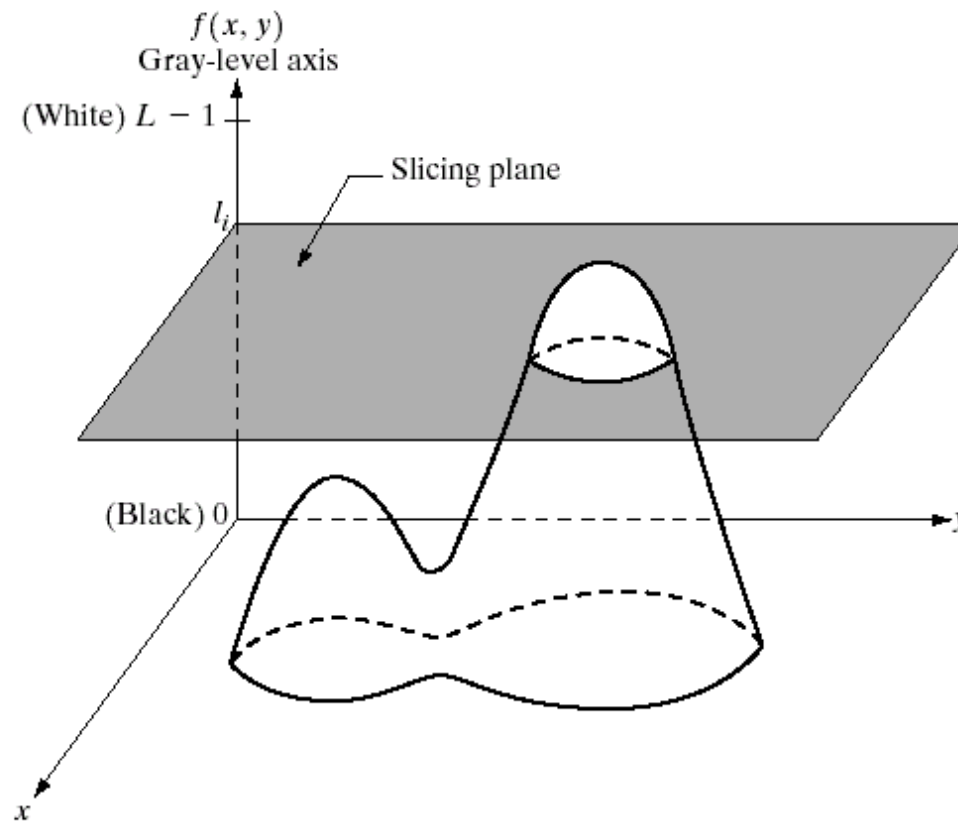
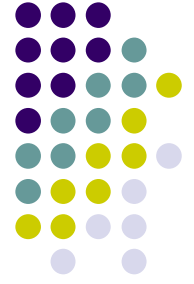


FIGURE 6.18 Geometric interpretation of the intensity-slicing technique.

Slicing



Representación de la “función” de slicing

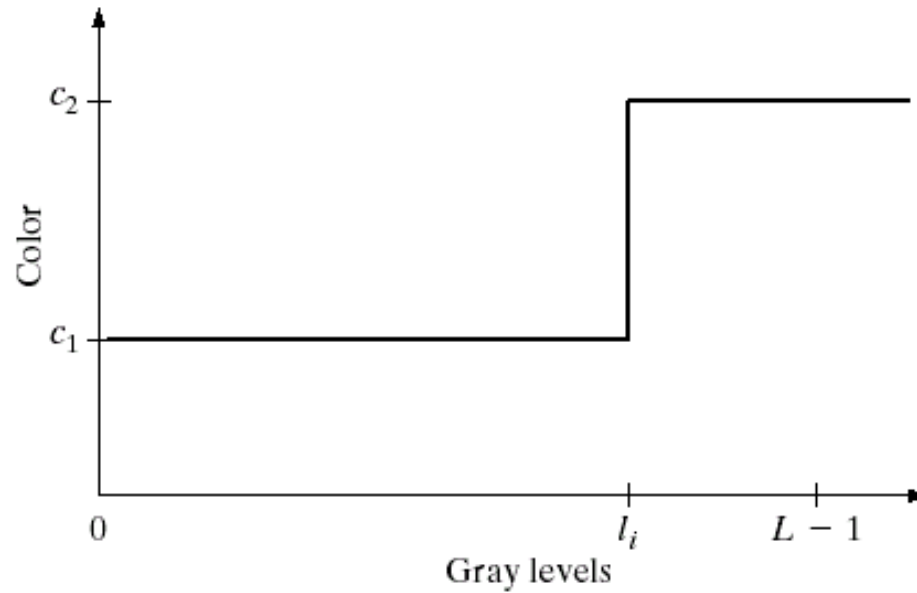
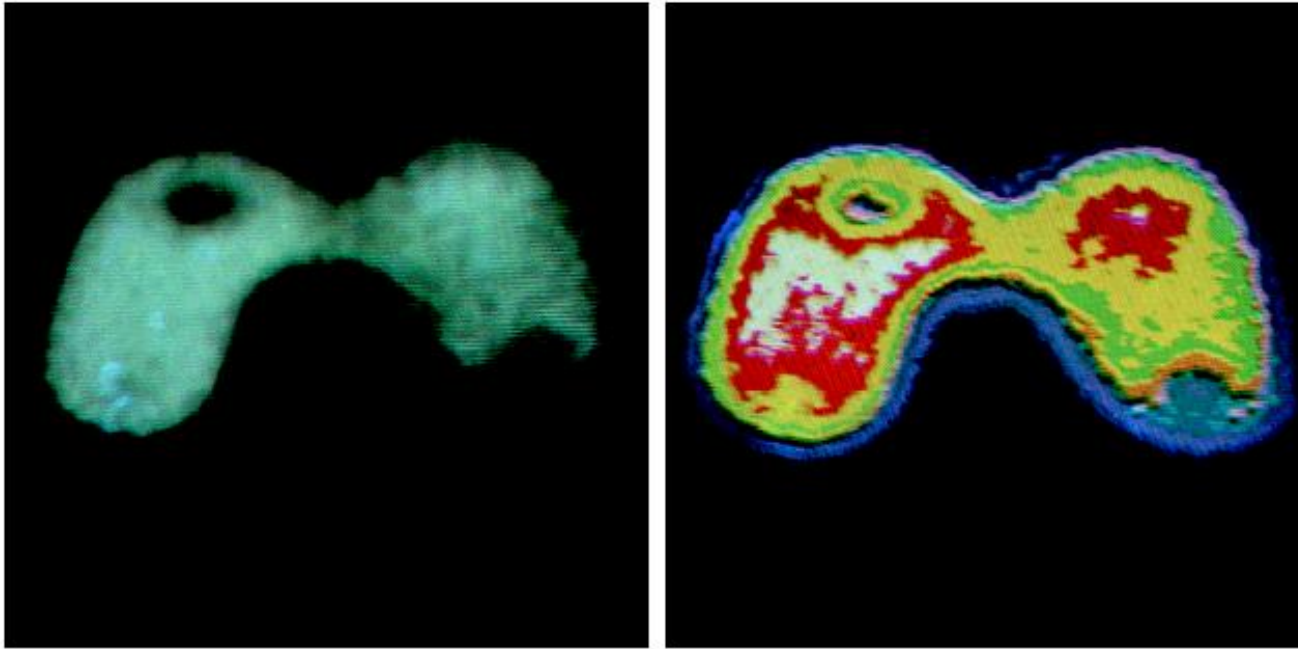


FIGURE 6.19 An alternative representation of the intensity-slicing technique.

Slicing



a b

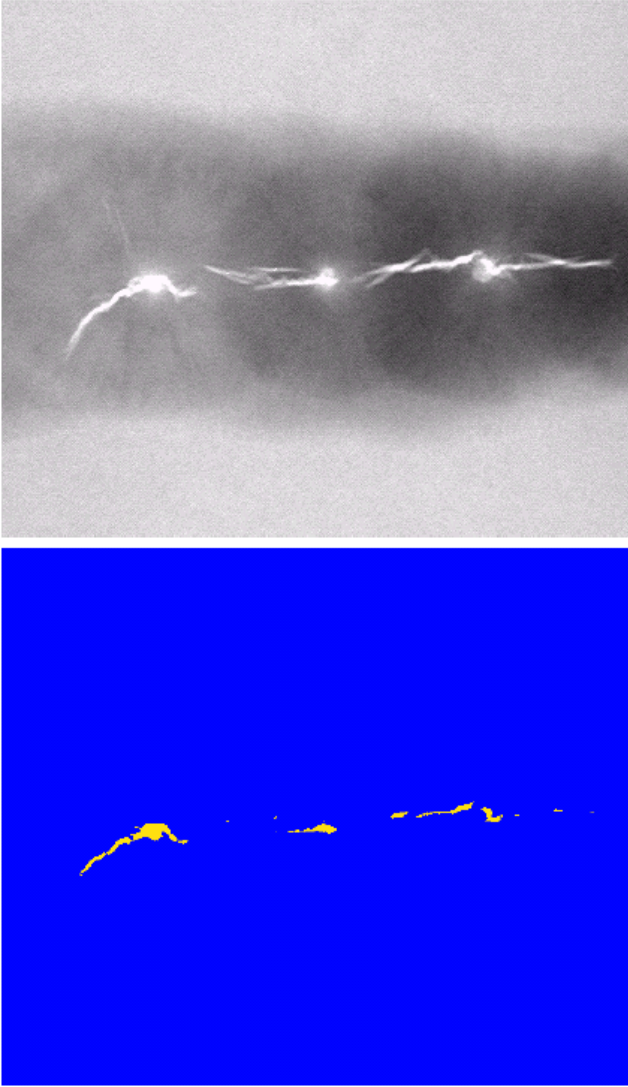
FIGURE 6.20 (a) Monochrome image of the Picker Thyroid Phantom. (b) Result of density slicing into eight colors. (Courtesy of Dr. J. L. Blankenship, Instrumentation and Controls Division, Oak Ridge National Laboratory.)

Slicing: sólo 2 colores

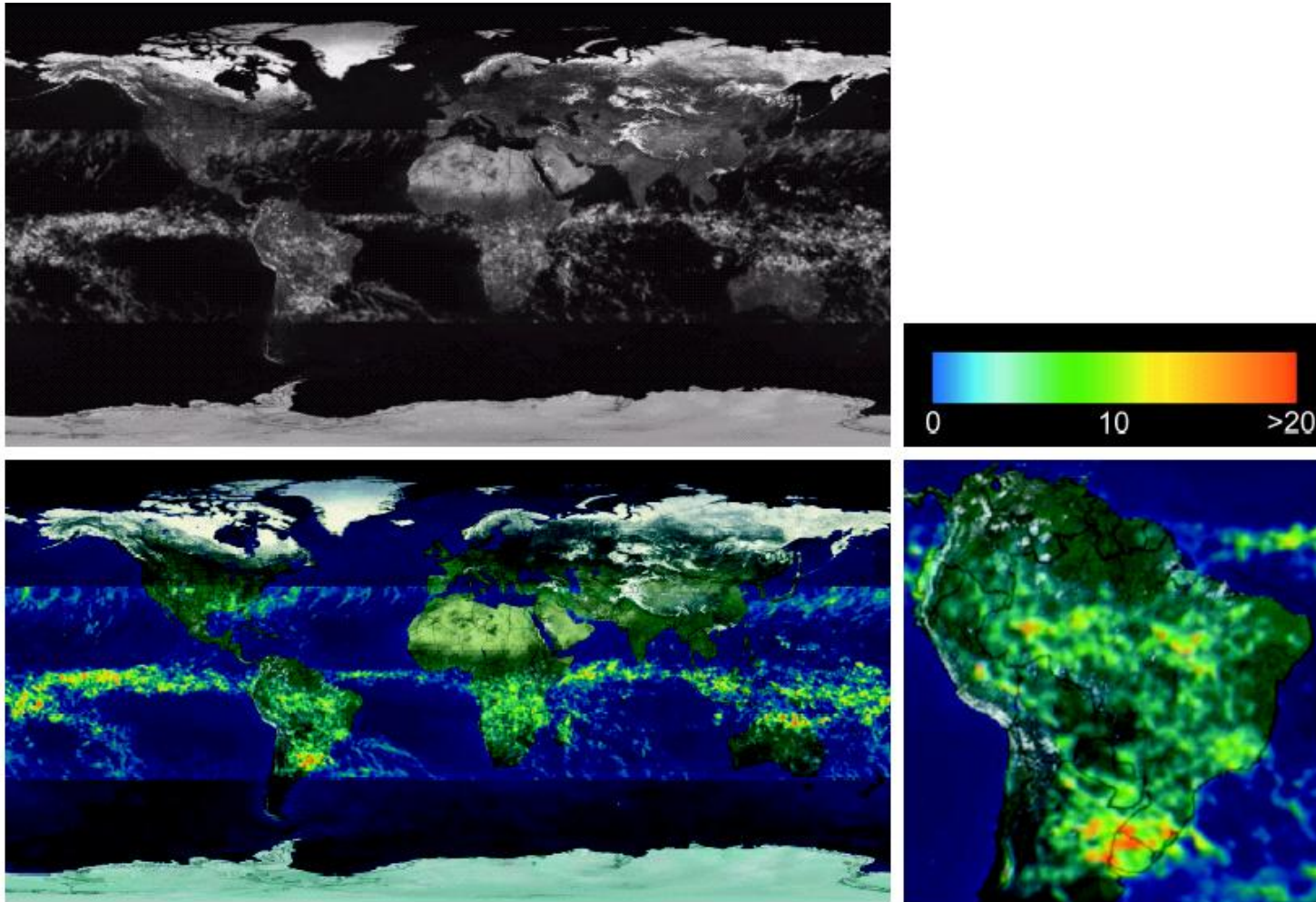


a
b

FIGURE 6.21
(a) Monochrome X-ray image of a weld. (b) Result of color coding. (Original image courtesy of X-TEK Systems, Ltd.)



Slicing



a	b
c	d

FIGURE 6.22 (a) Gray-scale image in which intensity (in the lighter horizontal band shown) corresponds to average monthly rainfall. (b) Colors assigned to intensity values. (c) Color-coded image. (d) Zoom of the South America region. (Courtesy of NASA.)

Procesamiento de Imágenes en Color

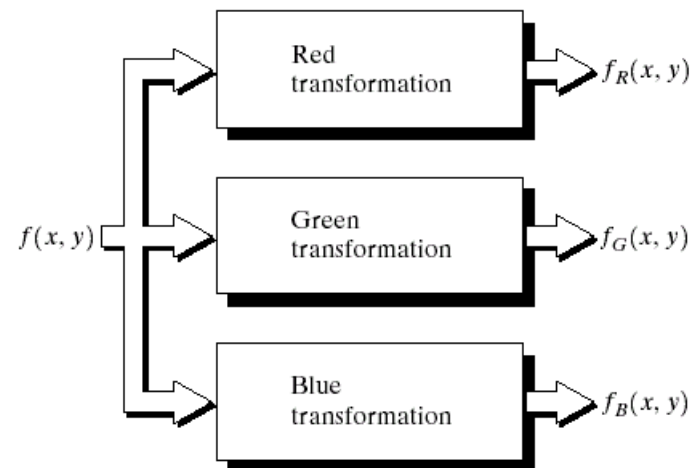
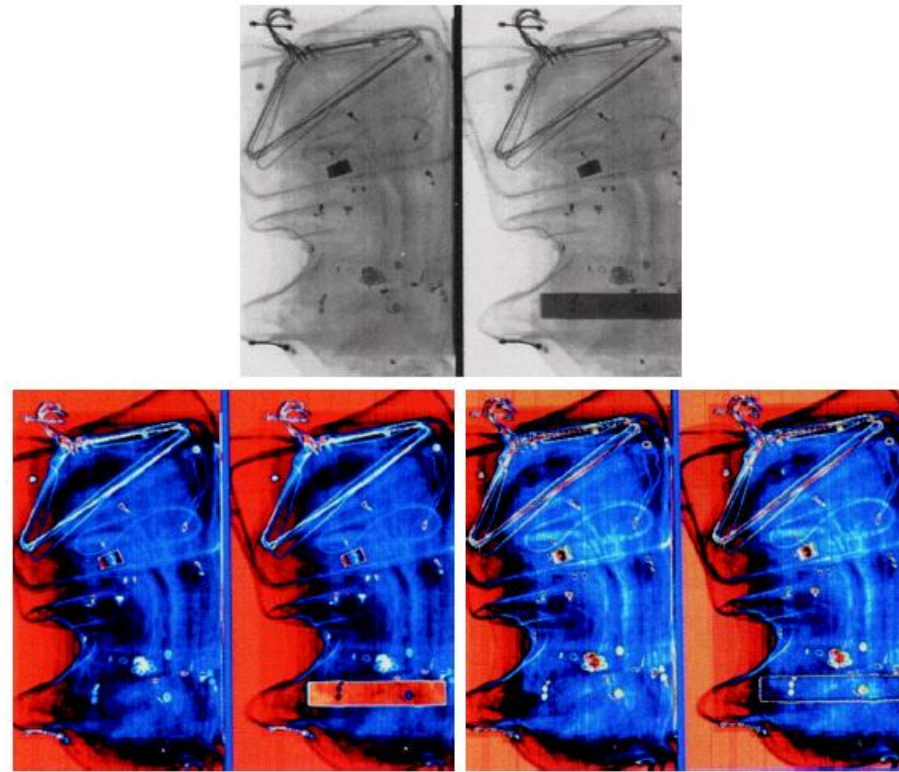


FIGURE 6.23 Functional block diagram for pseudocolor image processing. f_R , f_G , and f_B are fed into the corresponding red, green, and blue inputs of an RGB color monitor.

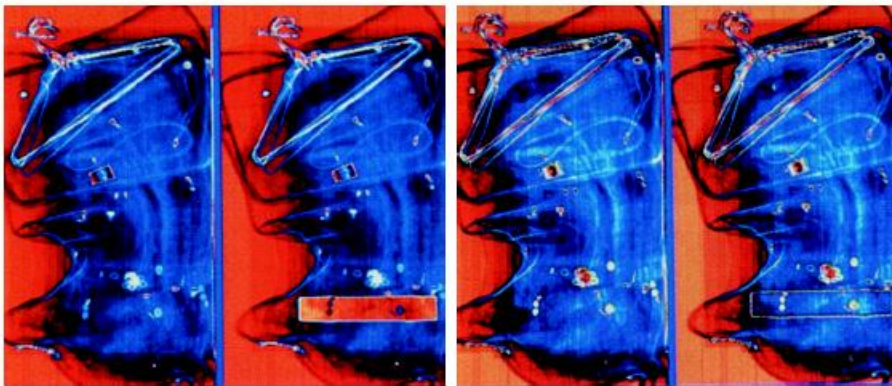
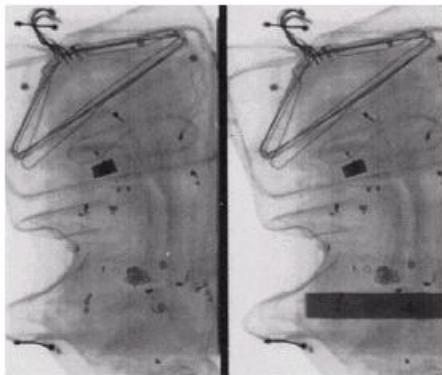
Procesamiento de Imágenes en Color



a
b c

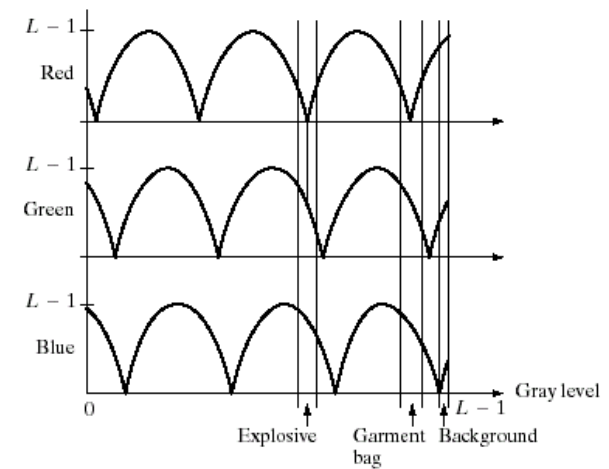
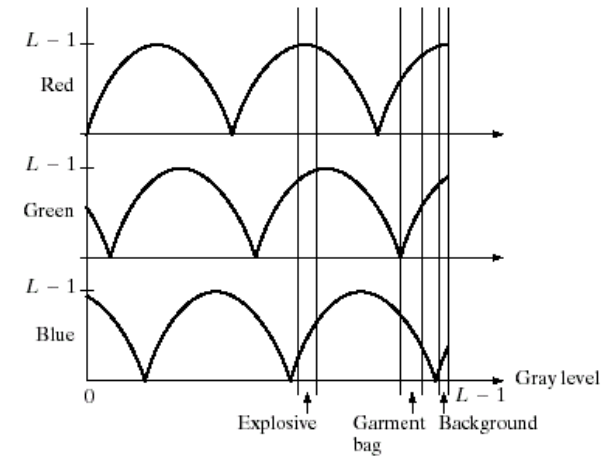
FIGURE 6.24 Pseudocolor enhancement by using the gray-level to color transformations in Fig. 6.25. (Original image courtesy of Dr. Mike Hurwitz, Westinghouse.)

Procesamiento de GRIS a PseudoCOLOR



a
b c

FIGURE 6.24 Pseudocolor enhancement by using the gray-level to color transformations in Fig. 6.25. (Original image courtesy of Dr. Mike Hurwitz, Westinghouse.)



a
b

FIGURE 6.25 Transformation functions used to obtain the images in Fig. 6.24.

Procesamiento de GRIS a PseudoCOLOR

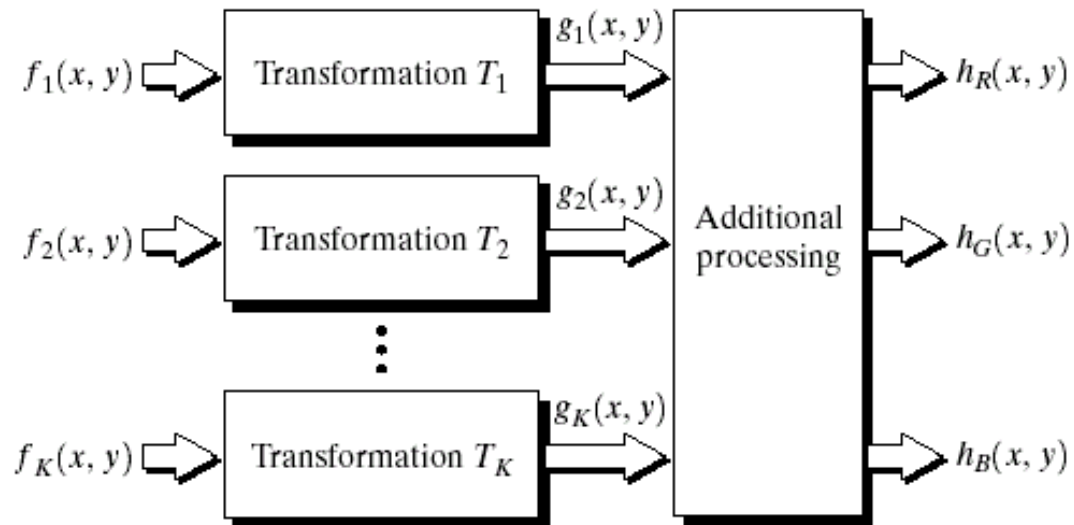
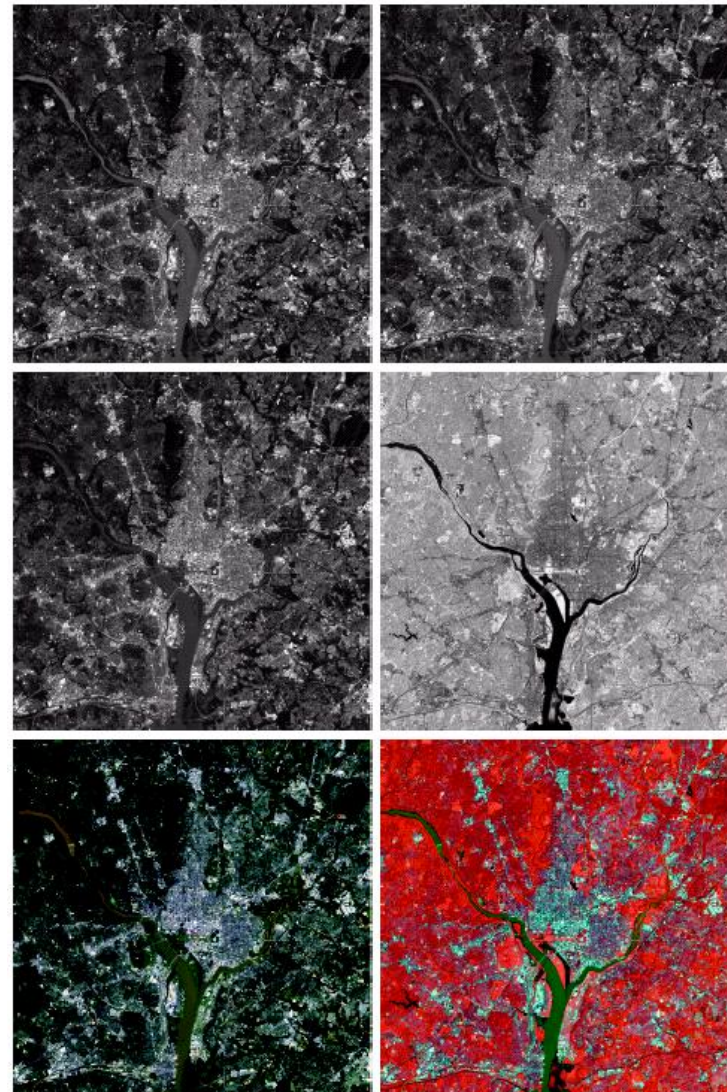


FIGURE 6.26 A pseudocolor coding approach used when several monochrome images are available.

Procesamiento de GRIS a PseudoCOLOR



FIGURE 6.27 (a)–(d) Images in bands 1–4 in Fig. 1.10 (see Table 1.1). (e) Color composite image obtained by treating (a), (b), and (c) as the red, green, blue components of an RGB image. (f) Image obtained in the same manner, but using in the red channel the near-infrared image in (d). (Original multispectral images courtesy of NASA.)



Procesamiento de GRIS a PseudoCOLOR



a
b

FIGURE 6.28
(a) Pseudocolor
rendition of
Jupiter Moon Io.
(b) A close-up.
(Courtesy of
NASA.)

