

Procesamiento de imágenes a color

Agenda

- Fundamentos de color.
- Modelos de color.
- Procesamiento de imágenes con pseudo-color.
- Conceptos básicos de procesamiento de imágenes a color.
- Transformaciones de color.
- Filtrado de imágenes a color.

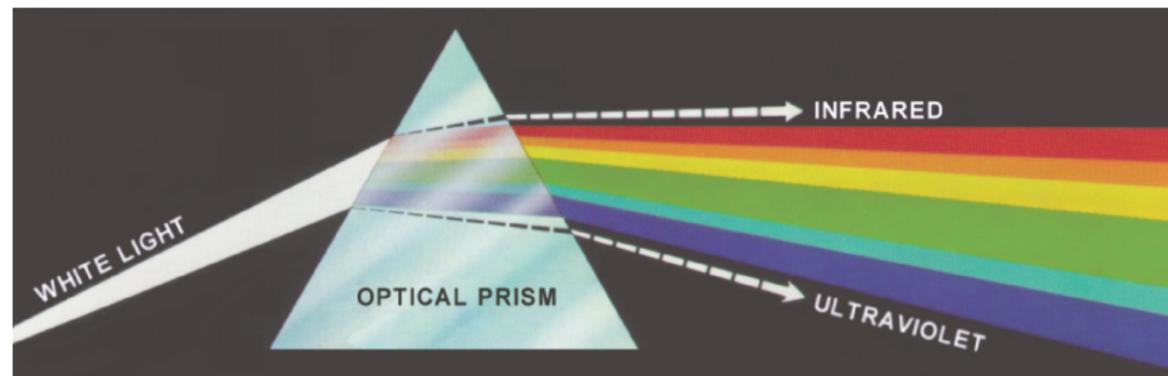
Introducción

- El color es un descriptor importante que simplifica la identificación y extracción de objetos de una escena.
- Los humanos distinguimos miles de colores e intensidades y solo unas cuantas decenas de tonalidades de gris.

- El color es importante en el análisis manual de imágenes.
- Procesamiento:
 - ✓ Color real (*full-color*).
 - ✓ Pseudo color (*pseudocolor*): Asignar color a una intensidad monocromática o rango de intensidades.

Fundamentos de color

- Sir Isaac Newton. Experimento de luz blanca con prisma (1666).
- Variación continua de violeta, azul, verde, amarillo, naranja, y rojo.



Características de una fuente de luz cromática

- Frecuencia, radiancia, luminancia, brillo.
- **Radiancia (radiance)**: Cantidad total de energía que fluye desde la fuente de luz. Se mide en Watts (W).
- **Luminancia (Luminance)**: Da una medida de la cantidad de energía que percibe un observador de una fuente de luz (contempla la sensibilidad variable del ojo humano a las diferentes longitudes de onda de la luz). Se mide en lumen (lm). *Ejemplo:* una fuente IR puede tener una alta radiancia pero un luminancia casi nula.
- **Brillo (brightness)**: Descriptor subjetivo de la percepción de luz. Difícil de medir. Incorpora la noción acromática de intensidad. Aspecto clave para describir la sensación de color.

Luz visible en el espectro EM

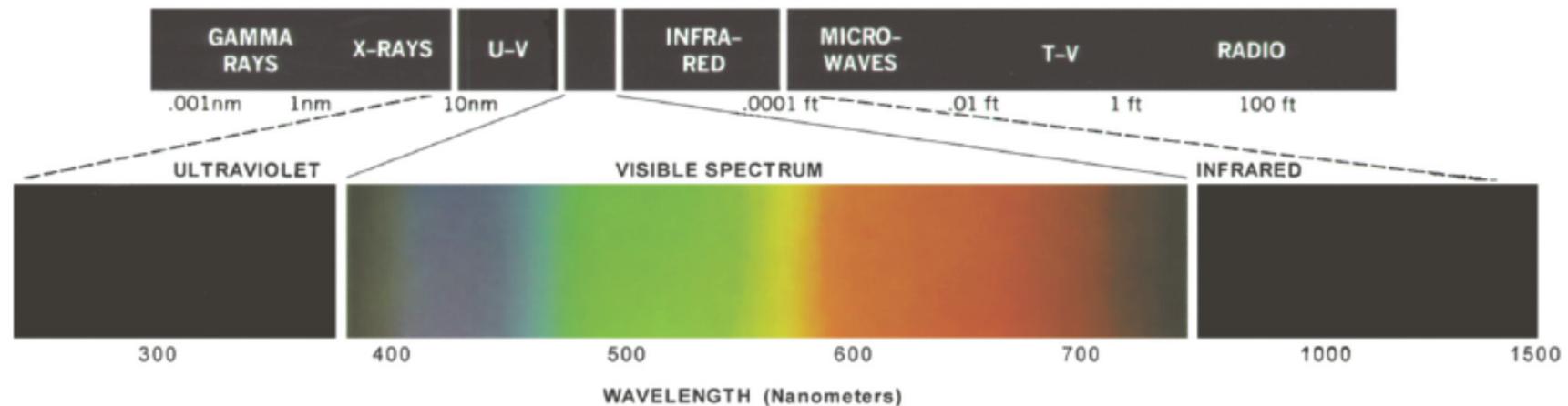


FIGURE 6.2 Wavelengths comprising the visible range of the electromagnetic spectrum. (Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

- Los colores que percibimos en un objeto están determinados por la naturaleza de la luz reflejada por el objeto.

Luz cromática

- Cubre el espectro entre 400 y 700 nm aprox.

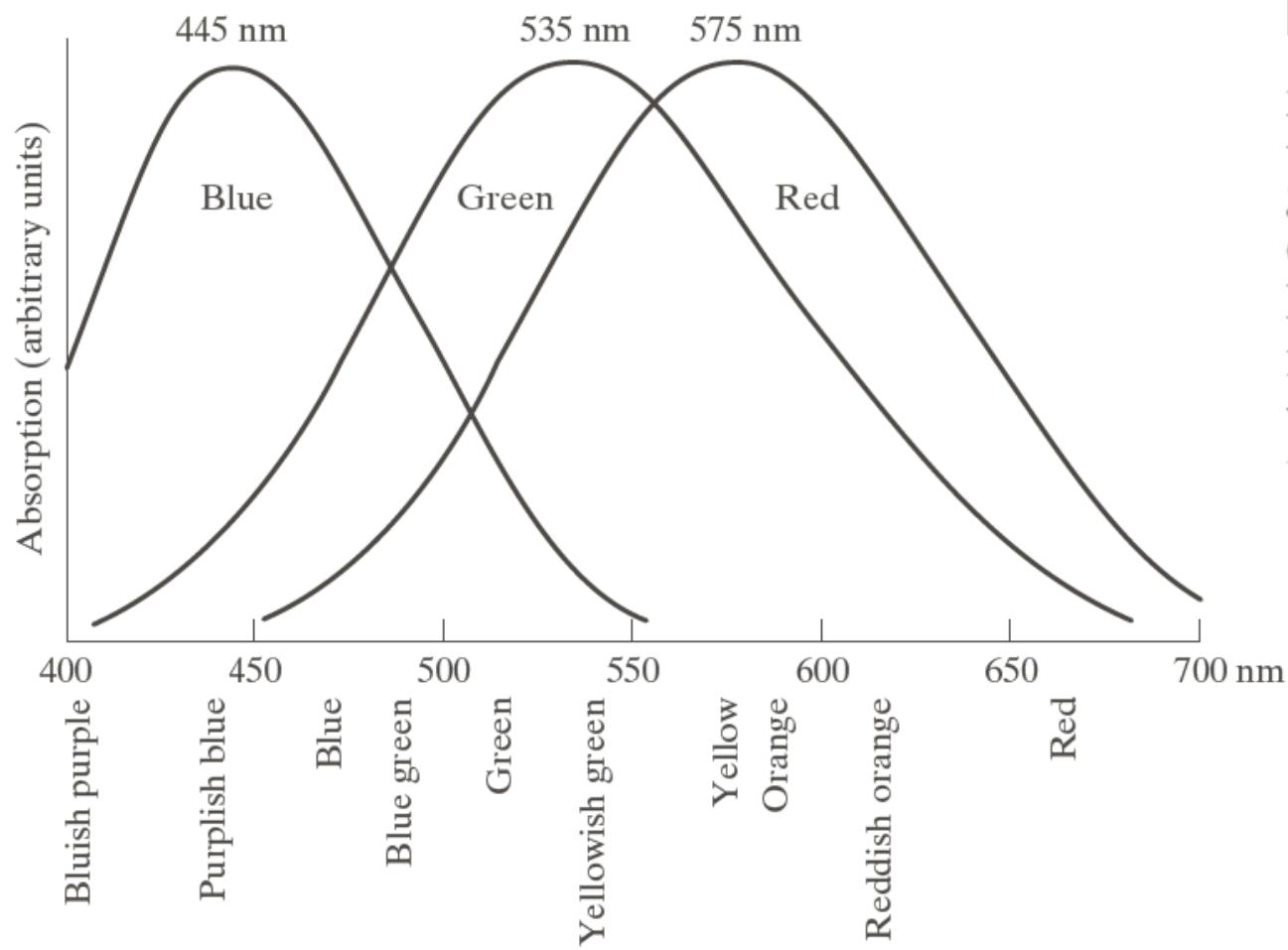


FIGURE 6.3
Absorption of light by the red, green, and blue cones in the human eye as a function of wavelength.

Distribución de conos en el ojo humano

- El ojo humano tiene entre 6 y 7 millones de conos.
- Aproximadamente:
 - ✓ 65% de todos los conos son sensibles a la **luz roja**.
 - ✓ 33% de todos los conos son sensibles a la luz **verde**.
 - ✓ 2% de todos los conos son sensibles a la **luz azul** (pero son los más sensibles).

Commision Internationale de l'Eclairage

- La comisión internacional de iluminación definió en 1931:
 - ✓ Azul: 435.8 nm.
 - ✓ Verde: 546.1 nm.
 - ✓ Rojo: 700 nm.
- Este estándar se adoptó antes que existieran curvas experimentales detalladas (1965).

Colores primarios y secundarios de **luz**

- Los colores primarios de luz son:
 - ✓ Rojo (R).
 - ✓ Verde (G).
 - ✓ Azul (B).
- Los colores primarios de luz pueden mezclarse para producir colores secundarios de luz:
 - ✓ Magenta (rojo más azul).
 - ✓ Cián (verde más azul).
 - ✓ Amarillo (rojo más verde).

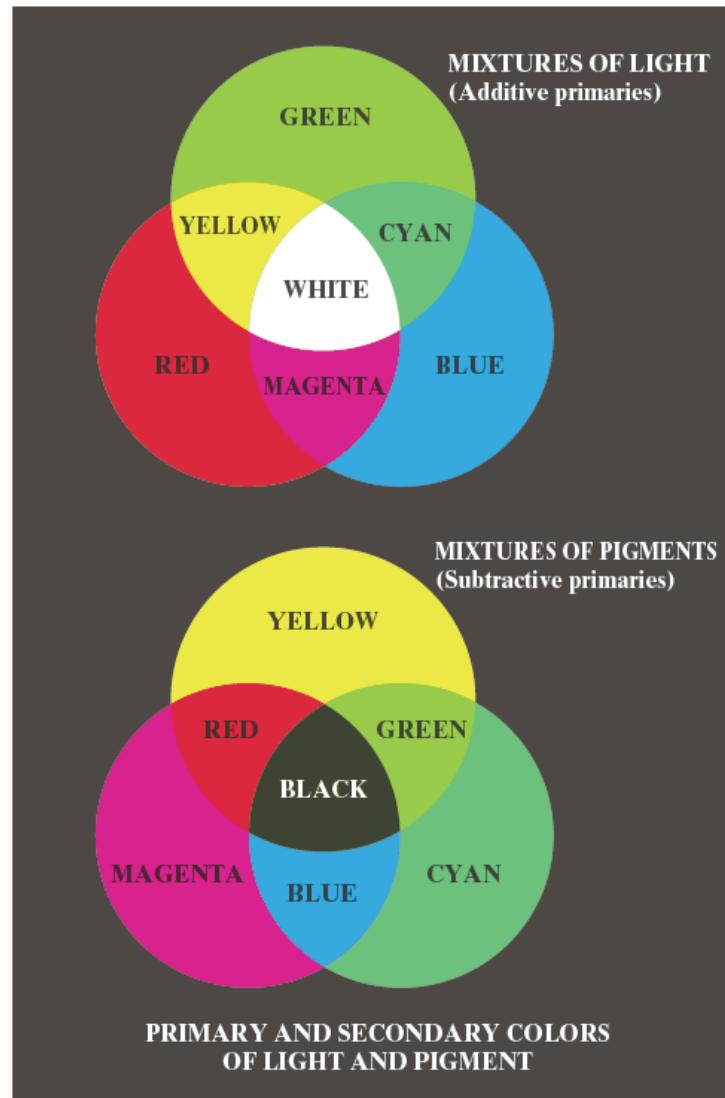
Colores primarios y secundarios de pigmentos

- El color primario de un pigmento se define como uno que absorbe un color primario de luz y refleja o transmite los otros dos.

- Los colores primarios de los pigmentos son:
 - ✓ Magenta, cián, amarillo.

- Los colores secundarios de los pigmentos son:
 - ✓ Rojo, verde y azul.

Colores primarios y secundarios de luz y de pigmentos



a
b

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

Características del color: Brillo, matiz y saturación

- Las características que se usan por lo general para distinguir un color de otro son:
 - ✓ **Brillo (*brightness*):** Noción acromática de intensidad.
 - ✓ **Matiz o tinte (*hue*):** Atributo asociado a la longitud de onda dominante en una mezcla de ondas de luz.
Ejemplo: Cuando decimos que un objeto es rojo, naranja o amarillo, nos referimos a su matiz.
 - ✓ **Saturación (*saturation*):** Se refiere a la pureza relativa o la cantidad de luz blanca mezclada con el matiz. **Nota:** los colores puros del espectro están completamente saturados.

Cromaticidad

- El matiz y la saturación tomados juntos se conocen como cromaticidad.
- El color se puede especificar por su brillo y su cromaticidad.

Valores triestímulo y coeficientes tricromáticos

- Las cantidades de rojo, verde y azul requeridas para formar cualquier color en particular se conocen como los **valores triestímulo** y se denotan por X, Y, Z respectivamente.
- Un color se define por sus **coeficientes tricromáticos** x, y, z definidos como:

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

$$x + y + z = 1$$

Diagrama de cromaticidad

Nota: Cualquier color ubicando en el contorno del diagrama está completamente saturado.

z (azul)

$$z = 1 - (x + y)$$

y (verde)

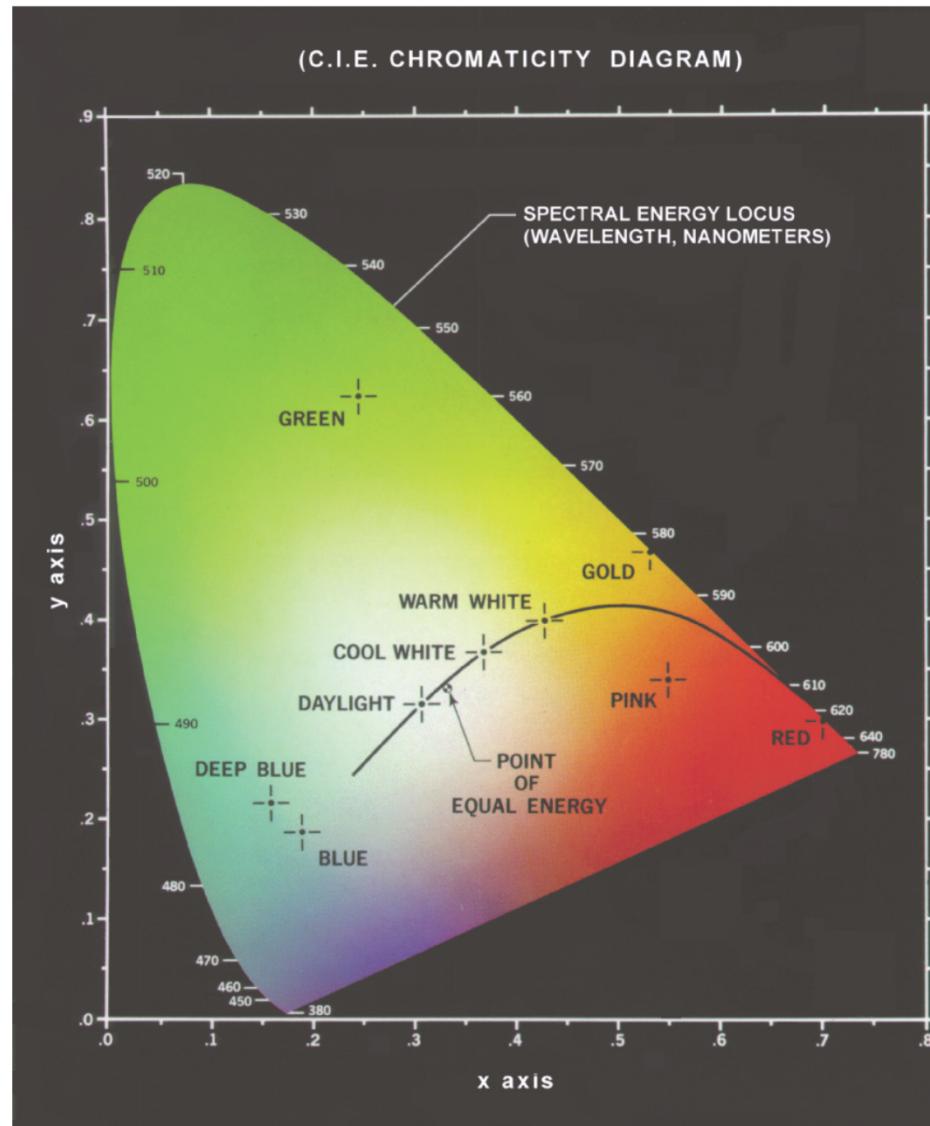


FIGURE 6.5
Chromaticity diagram.
(Courtesy of the General Electric Co., Lamp Business Division.)

x (rojo)

Gama de colores que se pueden obtener en una impresora a color de alta calidad

Gama de colores que se pueden mostrar en un monitor RGB.

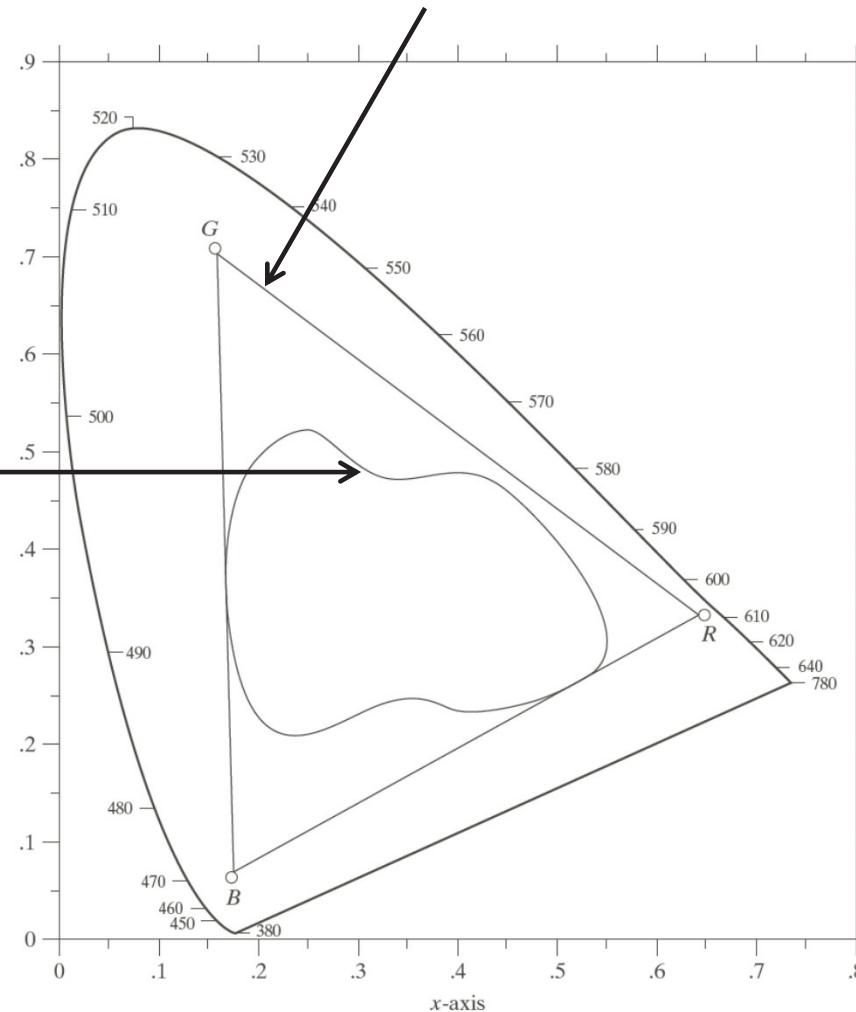


FIGURE 6.6
Typical color gamut of color monitors (triangle) and color printing devices (irregular region).

Modelos de color

- Los **modelos de color**, también conocidos como **espacios de color** o **sistemas de colores**, facilitan la especificación de colores de una manera estandarizada.
- Corresponden a una especificación de un **sistema coordenado** y un subespacio dentro de ese sistema donde cada color se representa por un solo punto.

- Modelos de color:
 - ✓ Orientados al hardware.
 - ✓ Orientados al software.
- RGB (*red, green, blue*) para monitores y cámaras.
- CMY (*cyan, magenta, yellow*) y CMYK (*cyan, magenta, yellow, black*) para impresoras.
- HSI (*hue, saturation, intensity*) para los gráficos en animaciones.

El modelo de color RGB

- Se basa en un sistema Cartesiano.
- Los valores primarios de RGB están en las 3 esquinas.
- Se asume que los valores de R,G,B están normalizados (están en el rango [0,1]).

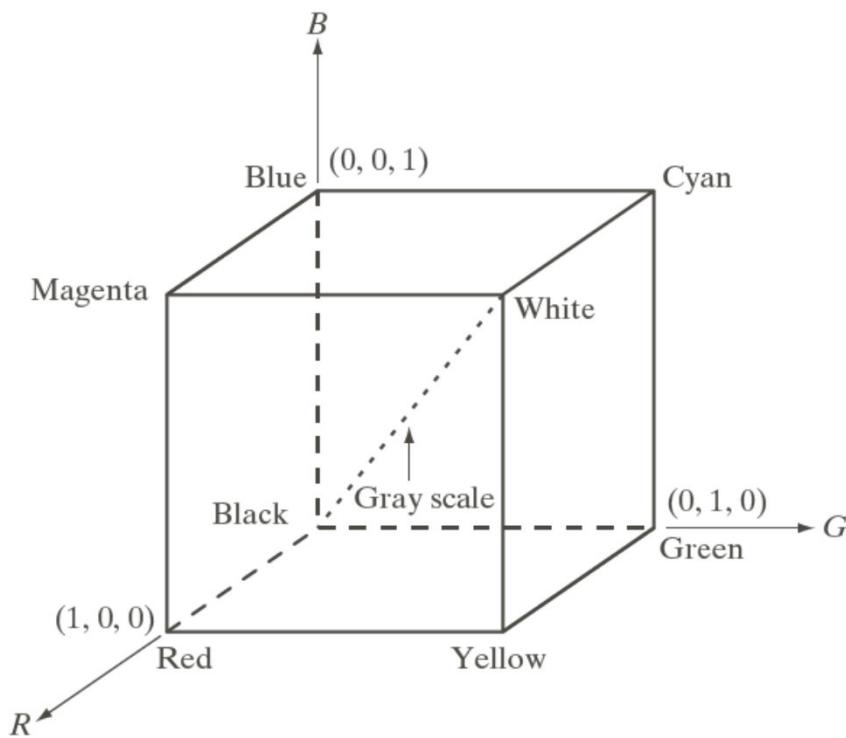


FIGURE 6.7

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

Cubo de color de 24 bits

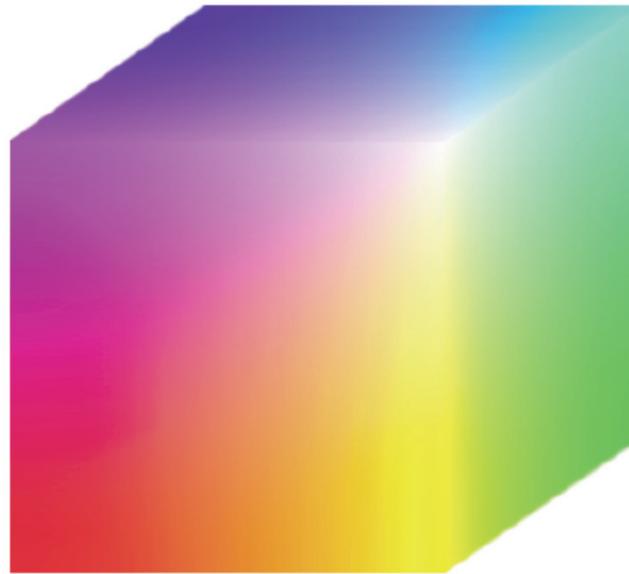


FIGURE 6.8 RGB
24-bit color cube.

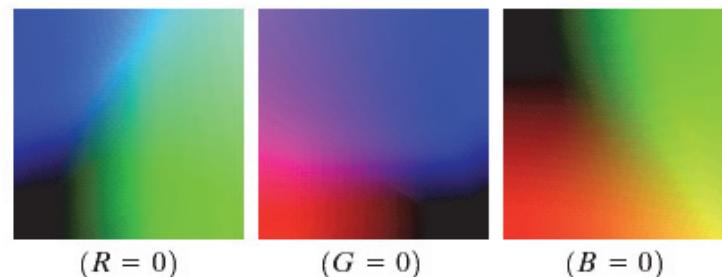
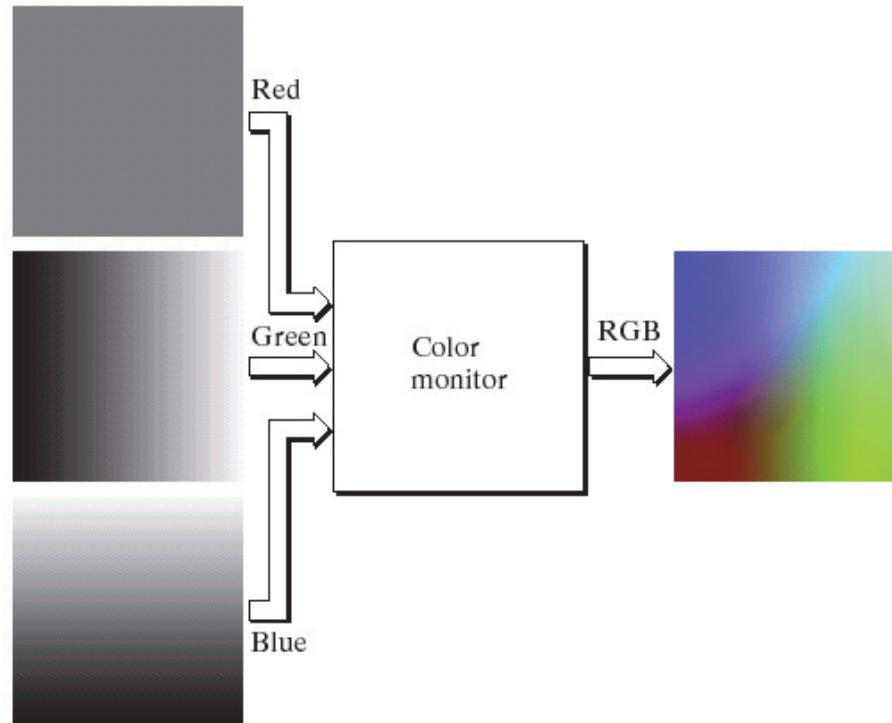
- El número de bits que se usan para representar cada pixel en el espacio RGB se conoce como profundidad del pixel (*pixel depth*).
 - ✓ Ejemplo: si R, G, y B se codifican con 8 bits cada uno, cada pixel de color RGB tendrá una profundidad de 24 bits.

Imágenes RGB de secciones transversales del cubo de colores

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.



Pregunta

- Cuál es el número total de colores en una imagen RGB de 24 bits?

- R/ $(2^8)^3=16777216$

Colores seguros

$6^3 = 216$ colores
que se
muestran de la
misma manera
en cualquier
sistema
operativo.

Útil para
aplicaciones
web.

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

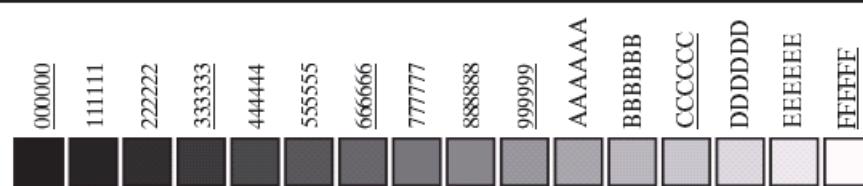
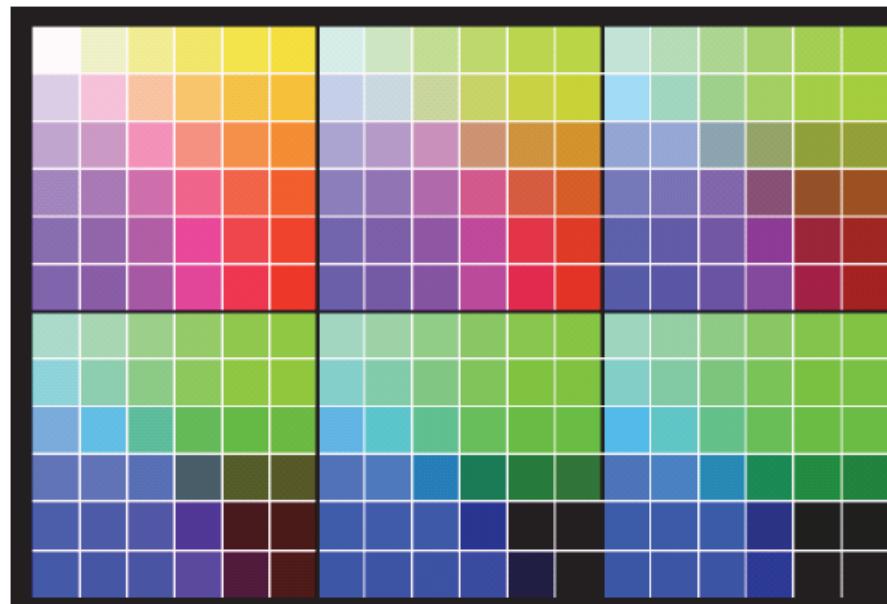


TABLE 6.1
Valid values of
each RGB
component in a
safe color.

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).

$(KKKKKK)_{16}$
Para
 $K=0,3,6,9,C,F$

Cubo RGB con colores seguros

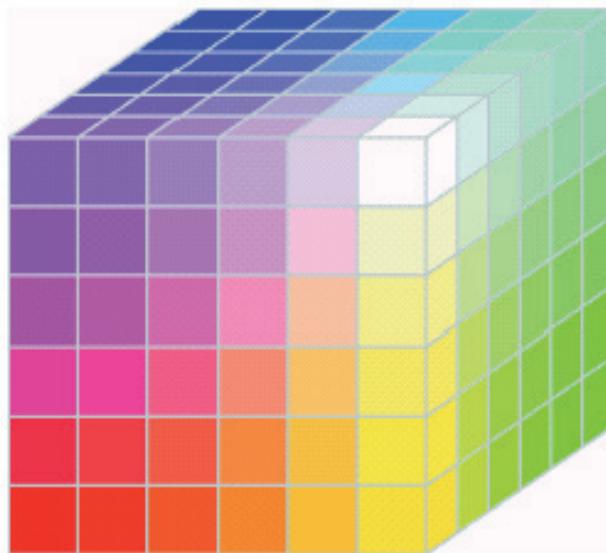


FIGURE 6.11 The RGB safe-color cube.

- Solo los colores sobre la superficie del cubo seguro son válidos: 6x6x6.

Modelo de color CMY

- La mayoría de los dispositivos que depositan pigmentos de colores sobre papel como las impresoras a color y fotocopiadoras a color, requieren valores CMY como datos de entrada, en caso contrario, deben realizar la conversión de RGB a CMY internamente.

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

- Esta ecuación también asume que los valores de RGB están normalizados.

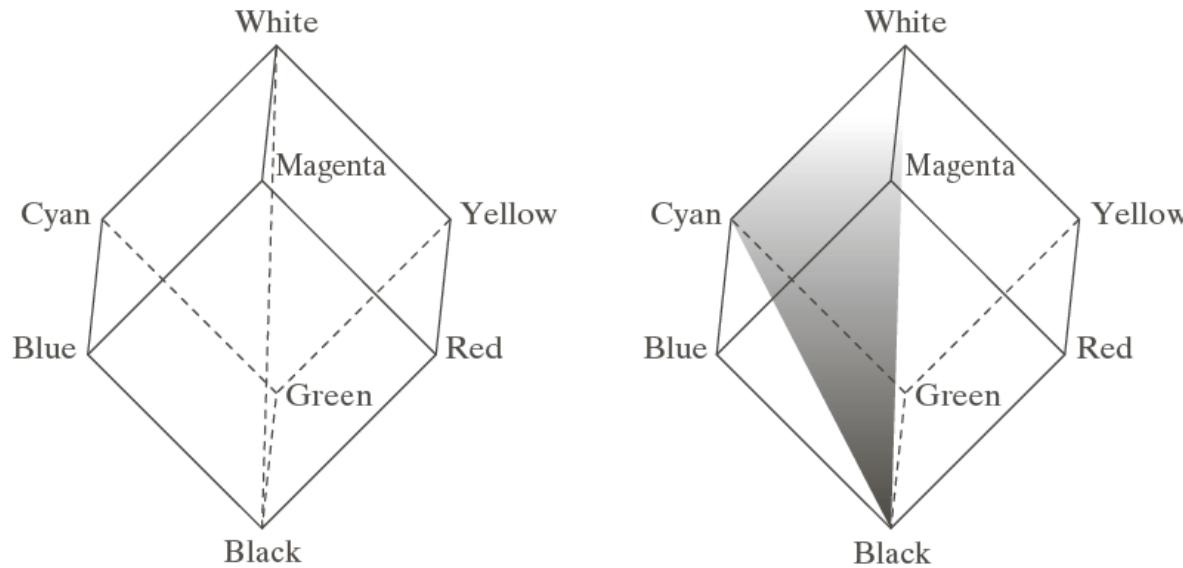
Modelo de color CMYK

- En teoría, iguales cantidades de pigmentos cian, magenta, y amarillo deberían producir negro.
- En la práctica, el negro que se obtiene con este procedimiento tiene un aspecto “barroso” o “lodoso”.
- Para producir negro verdadero se añade un cuarto color, negro, generando así el modelo CMYK.

El modelo de color HSI

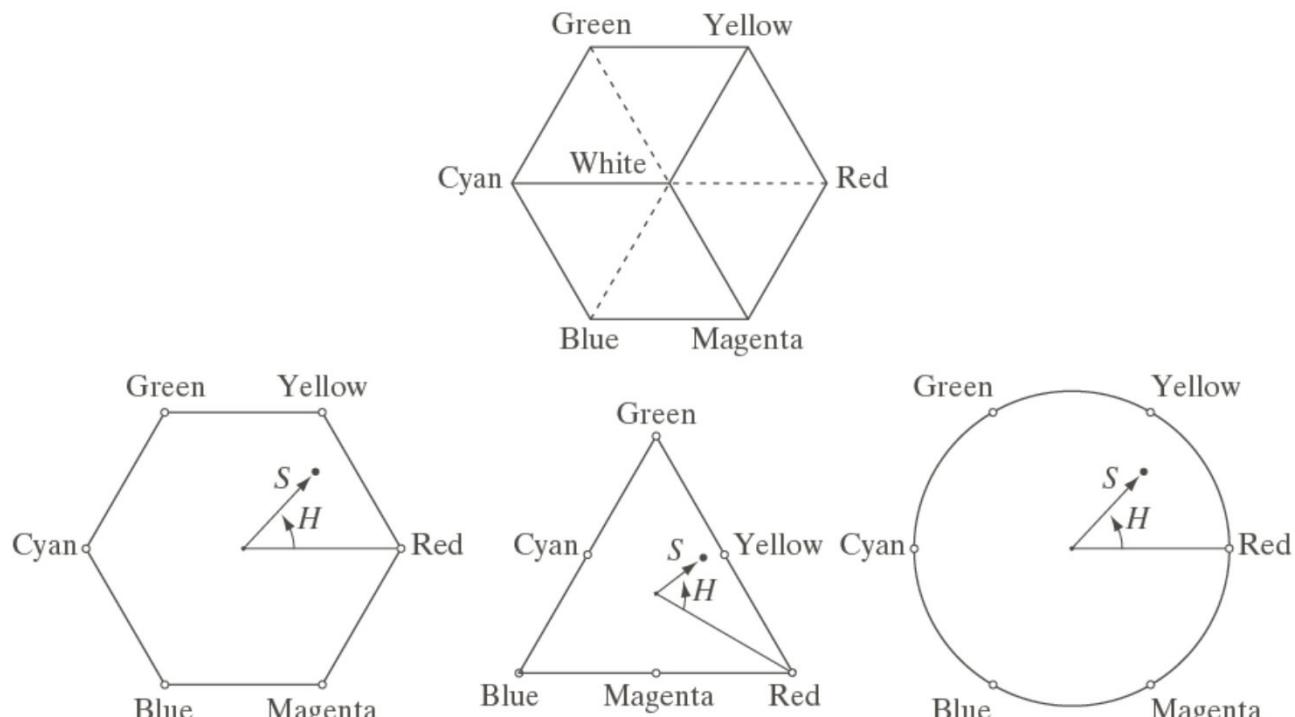
- HIS (*hue, saturation, intensity*).
- El modelo HSI se acerca a la manera en que los humanos percibimos e interpretamos el color.
- Este modelo desacopla el color, de la información de intensidad en la imagen, permitiendo aplicar las técnicas de procesamiento de imágenes que se han presentando hasta ahora en este curso.

Relaciones conceptuales entre los modelos de color RGB y HSI



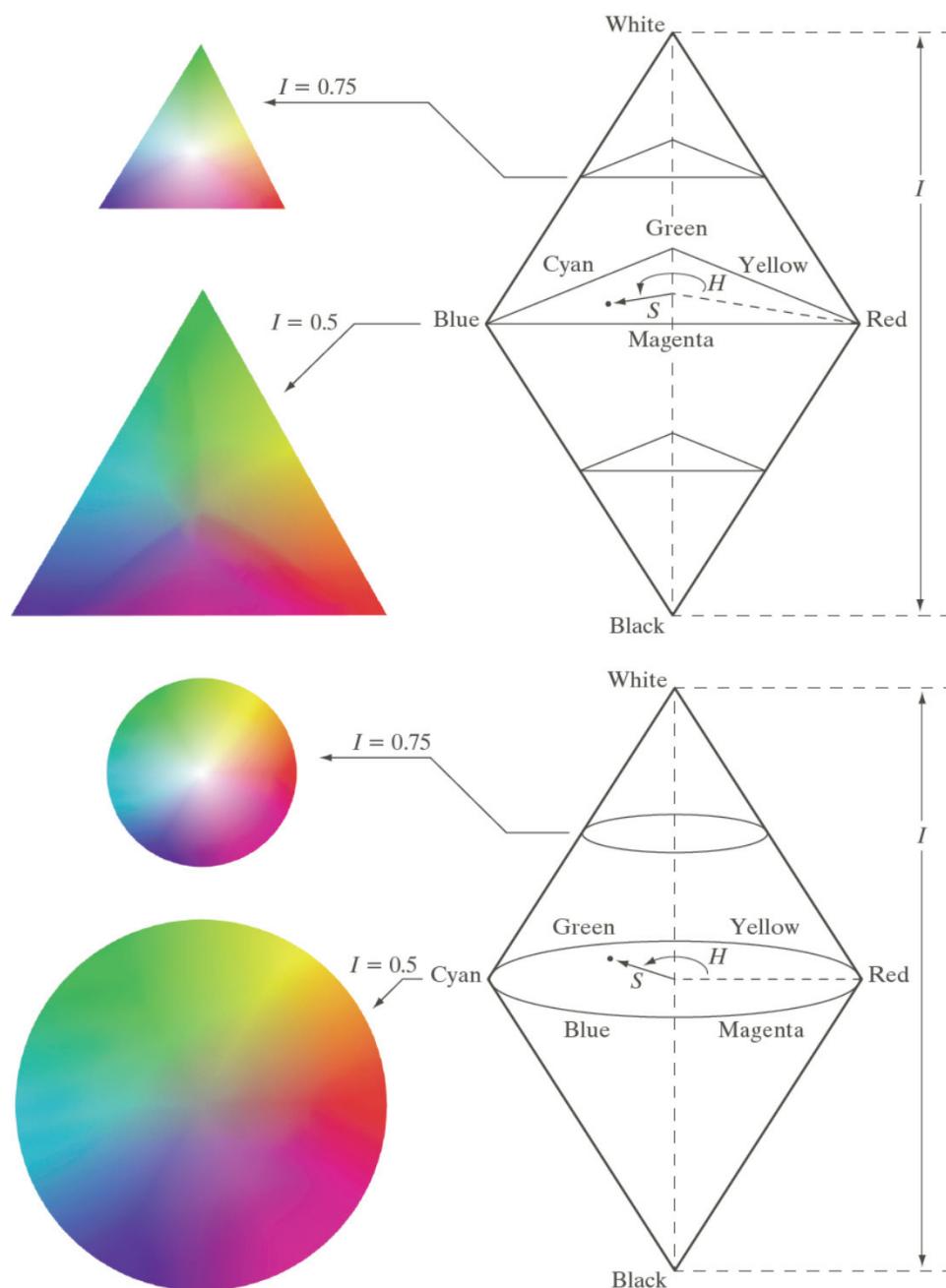
a b

FIGURE 6.12
Conceptual
relationships
between the RGB
and HSI color
models.



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.



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.

Conversiones de RGB a HSI

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases}$$
$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\}$$

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

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

Nota:

- ✓ Se asume que R, G, y B se han normalizado a [0,1].
- ✓ El ángulo θ se mide con respecto al eje rojo del espacio HSI.
- ✓ H se puede normalizar diviendo el resultado por 360.

Conversiones de HSI a RGB

- Dados los valores de HSI en el intervalo [0,1]:
- Multiplicar H por 360º y luego:

if $0^\circ \leq H < 120^\circ$

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 3I - (R + B)$$

if $120^\circ \leq H < 240^\circ$

$$H = H - 120^\circ$$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (R + G)$$

if $240^\circ \leq H < 360^\circ$

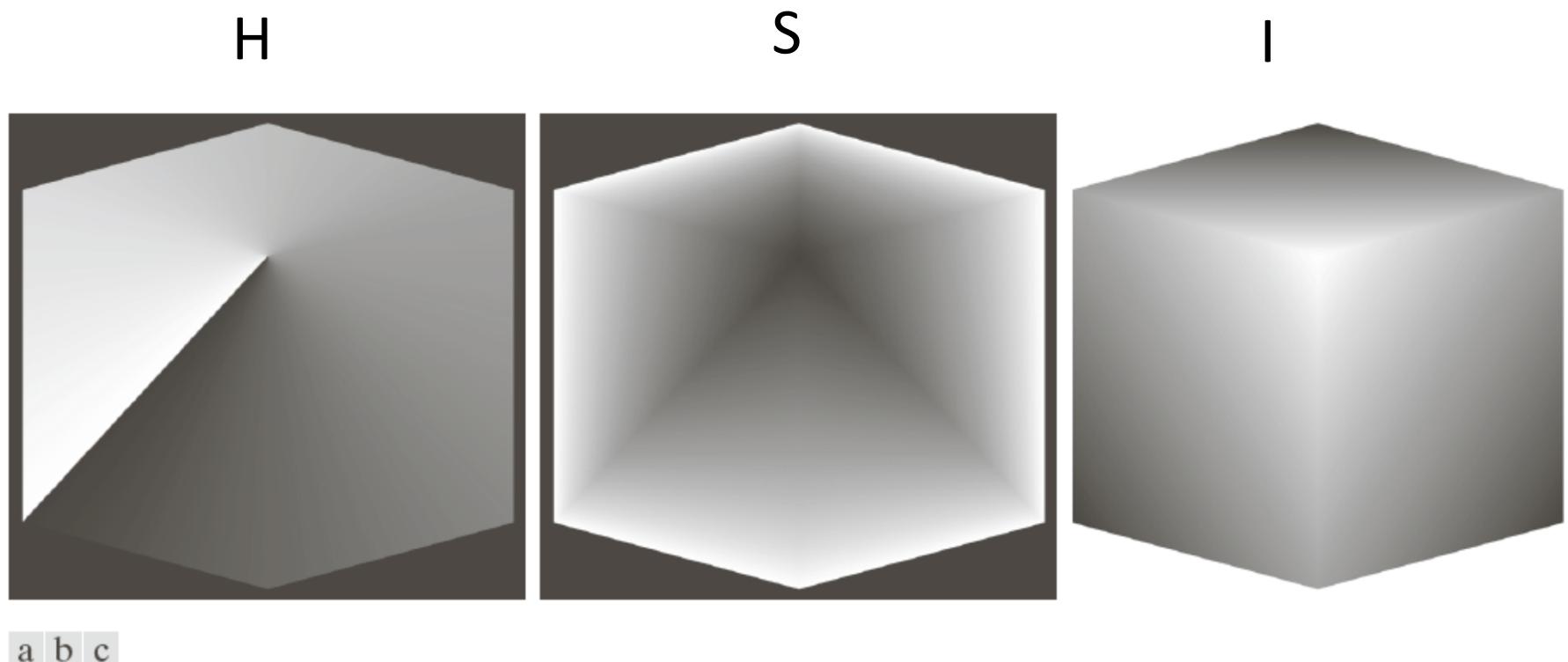
$$H = H - 240^\circ$$

$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$R = 3I - (G + B)$$

Componentes HSI del cubo de color



a b c

FIGURE 6.15 HSI components of the image in Fig. 6.8. (a) Hue, (b) saturation, and (c) intensity images.

Manipulación de los componentes HSI de la imagen

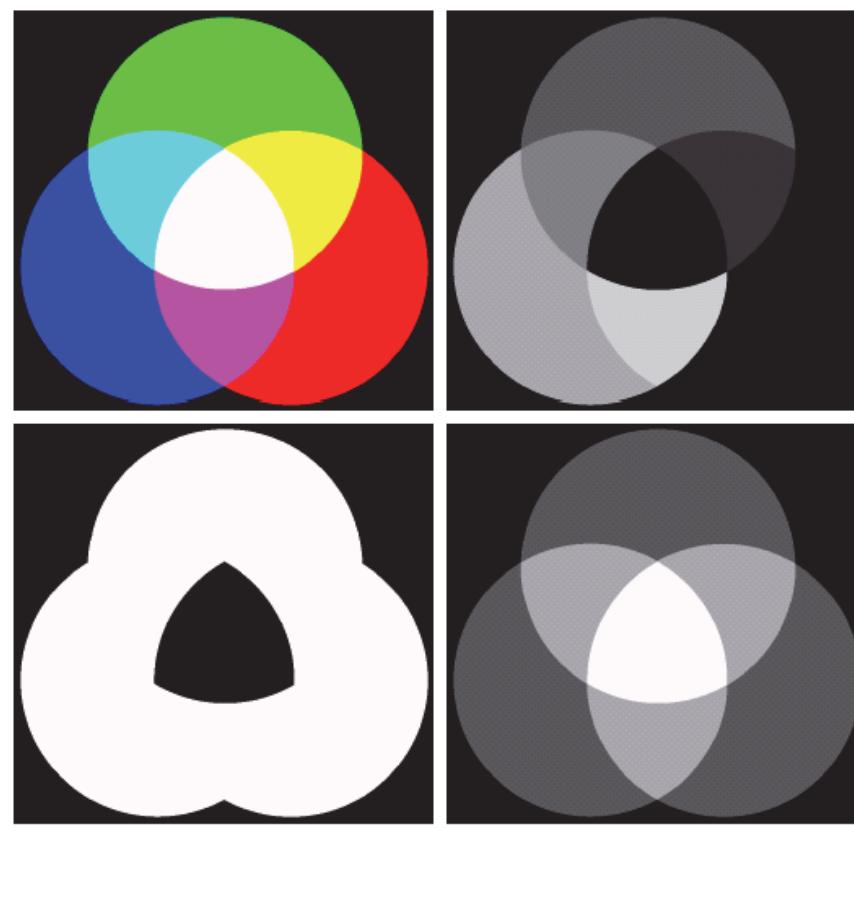


FIGURE 6.16 (a) RGB image and the components of its corresponding HSI image:
(b) hue, (c) saturation, and (d) intensity.

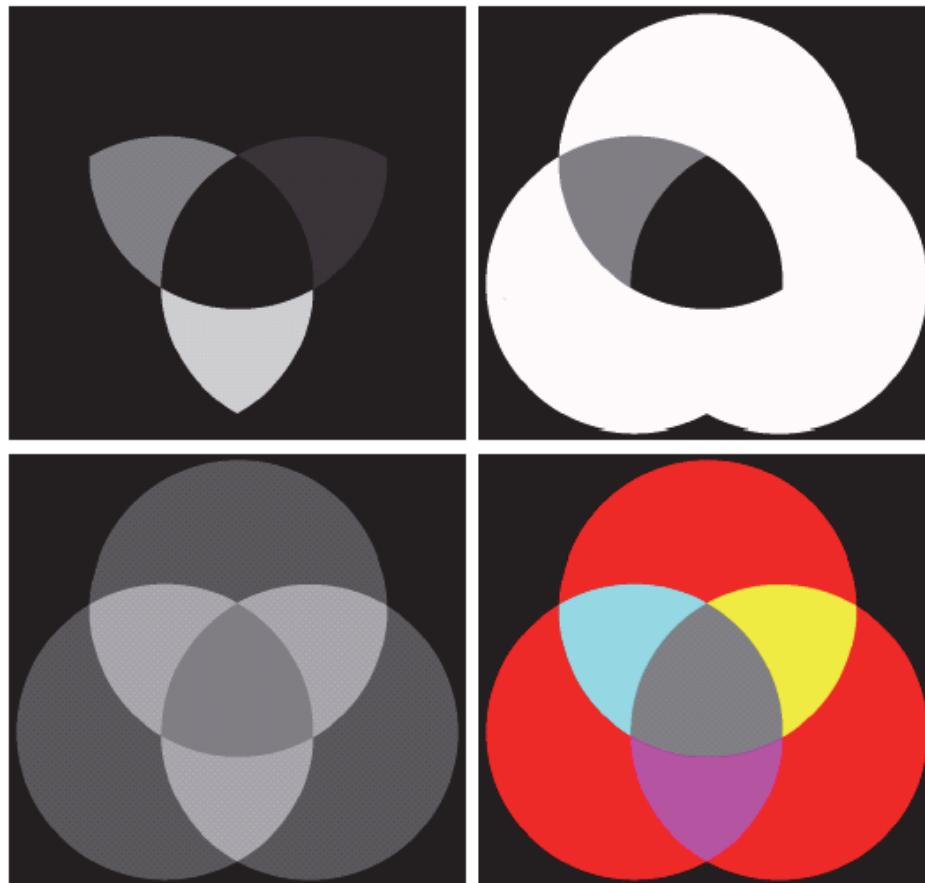


FIGURE 6.17 (a)–(c) Modified HSI component images. (d) Resulting RGB image.
(See Fig. 6.16 for the original HSI images.)

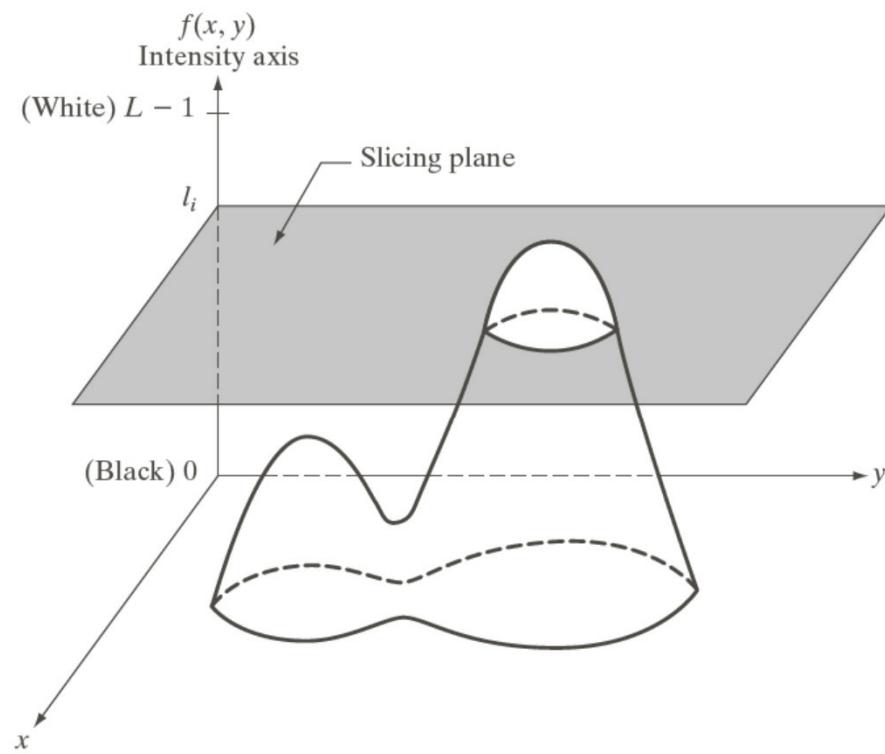


FIGURE 6.18
Geometric interpretation of the intensity-slicing technique.

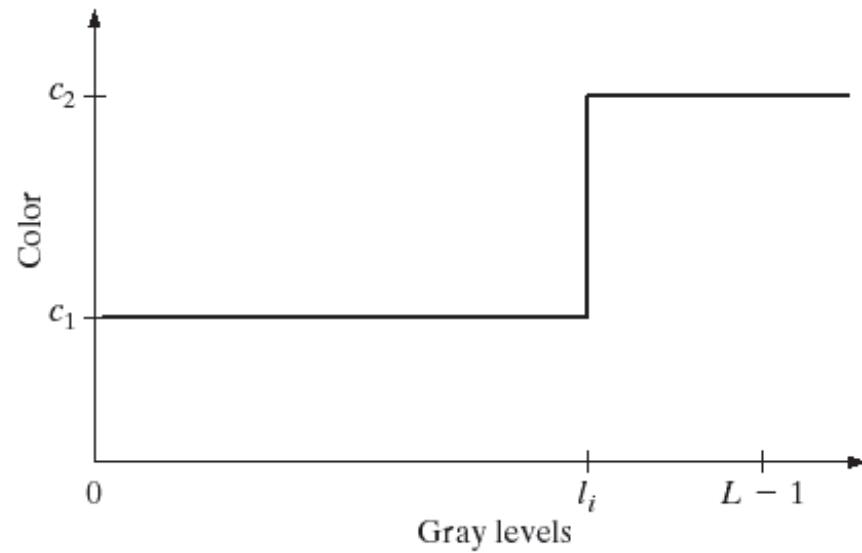
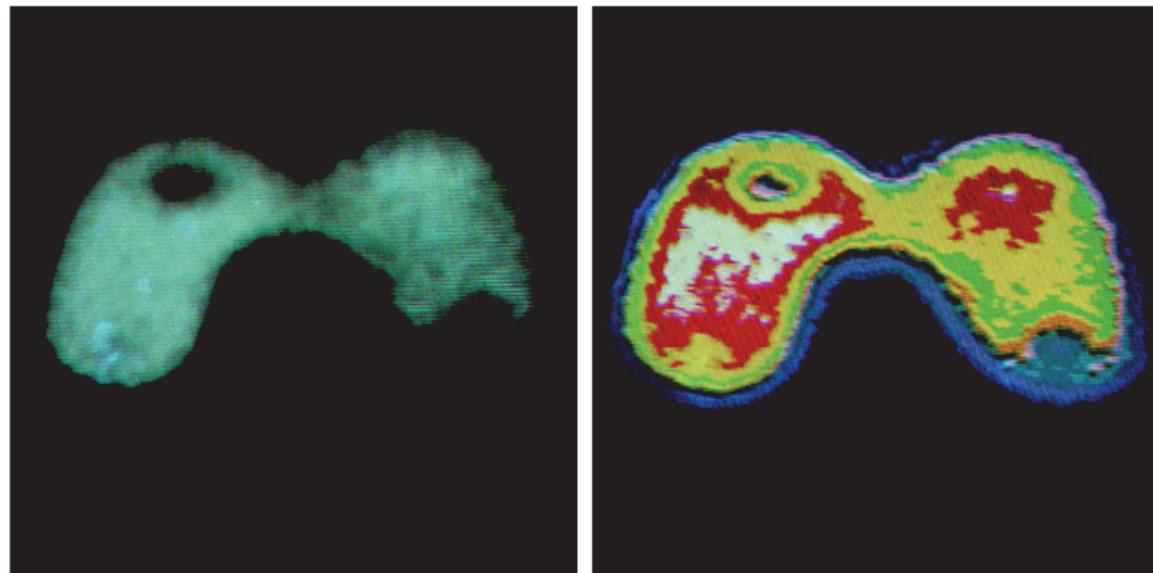


FIGURE 6.19 An alternative representation of the intensity-slicing technique.

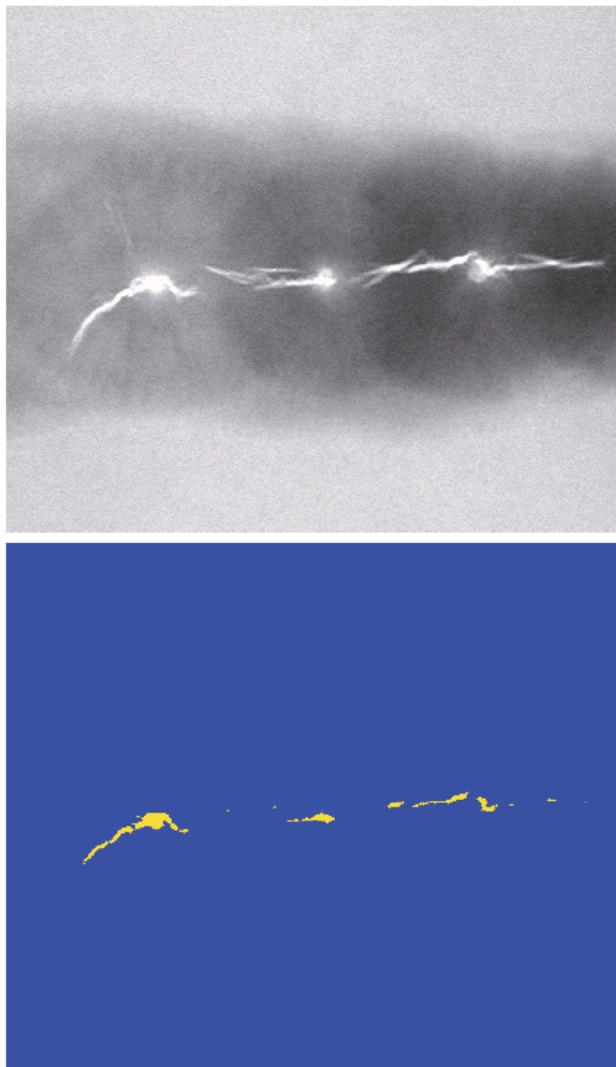


a b

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.)

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.)



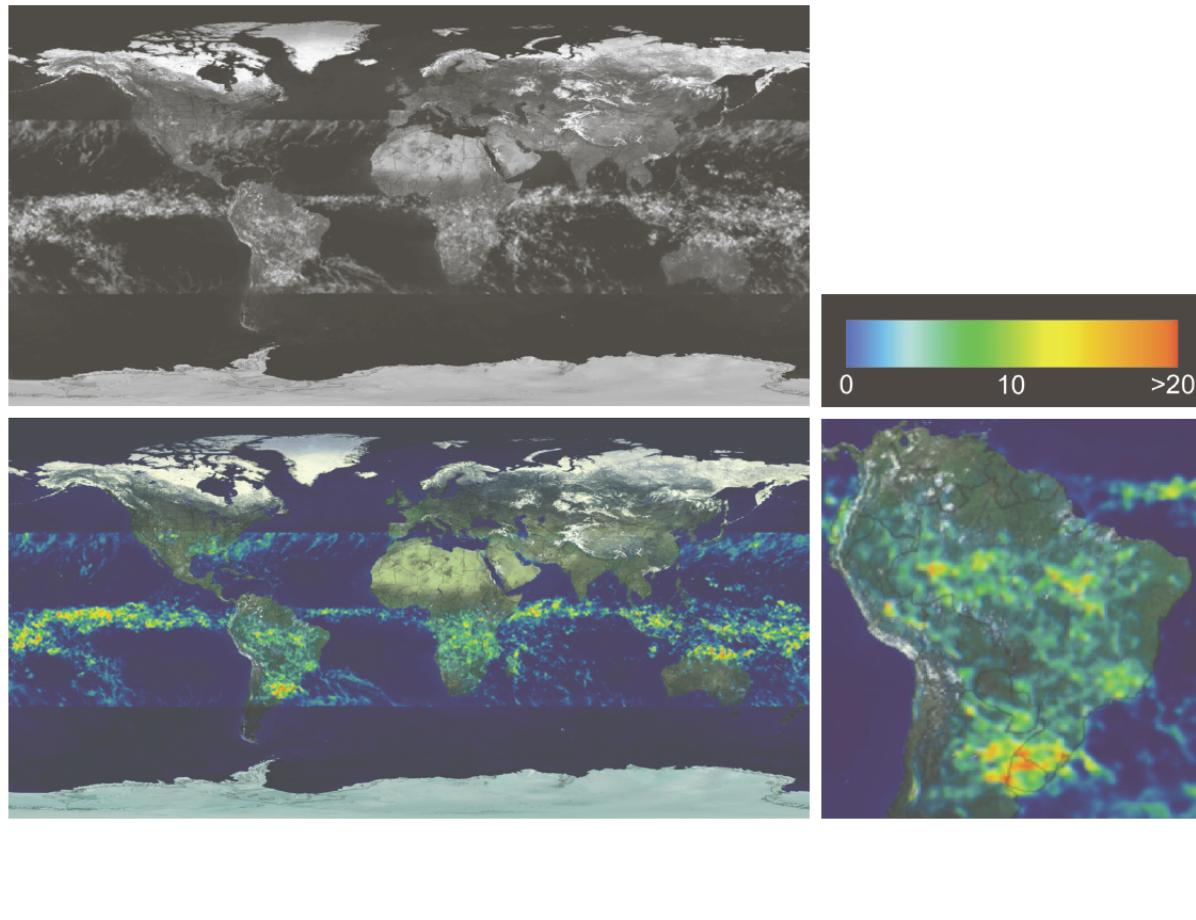


FIGURE 6.22 (a) Gray-scale image in which intensity (in the lighter horizontal band shown) corresponds to average monthly rainfall. (b) Colors assigned to intensity values. (c) Color-coded image. (d) Zoom of the South American region. (Courtesy of NASA.)

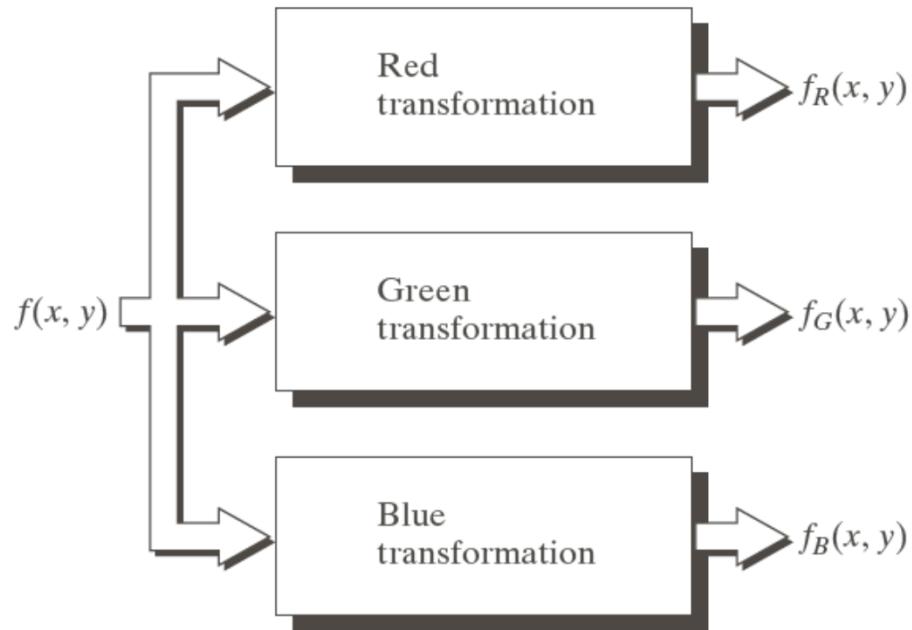


FIGURE 6.23
Functional block diagram for pseudocolor image processing. f_R , f_G , and f_B are fed into the corresponding red, green, and blue inputs of an RGB color monitor.

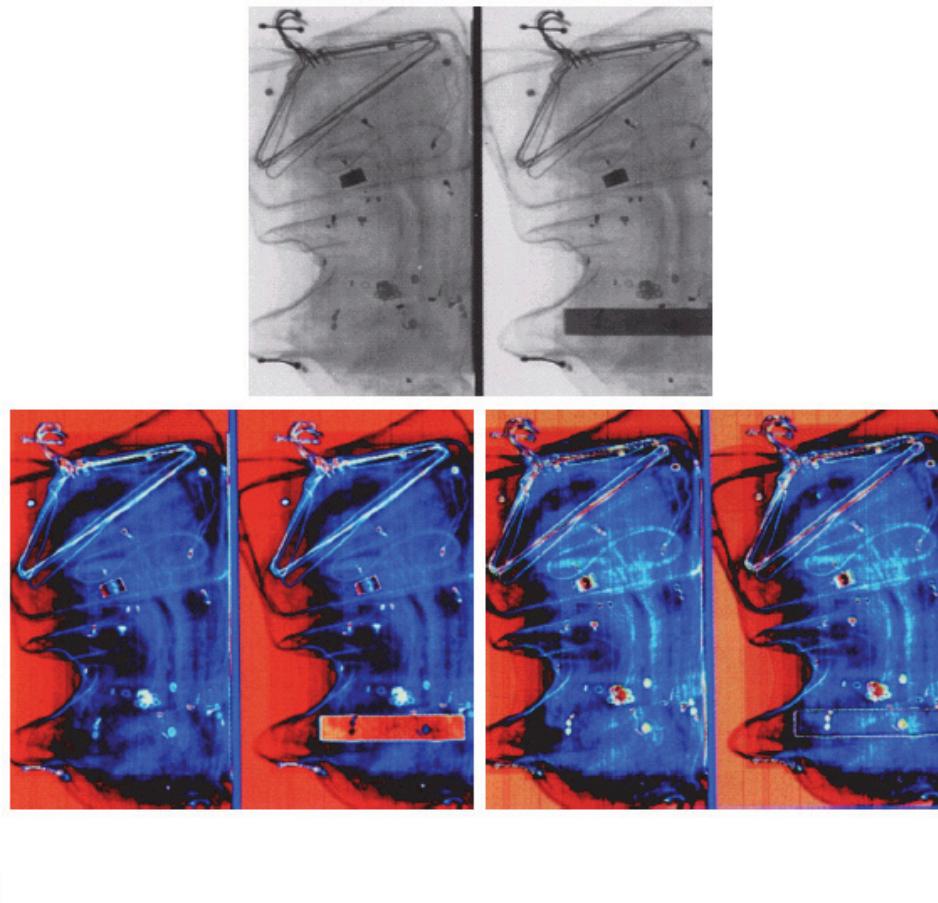
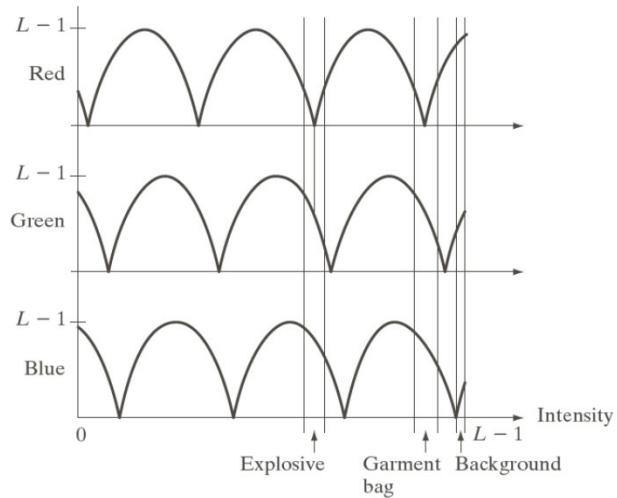
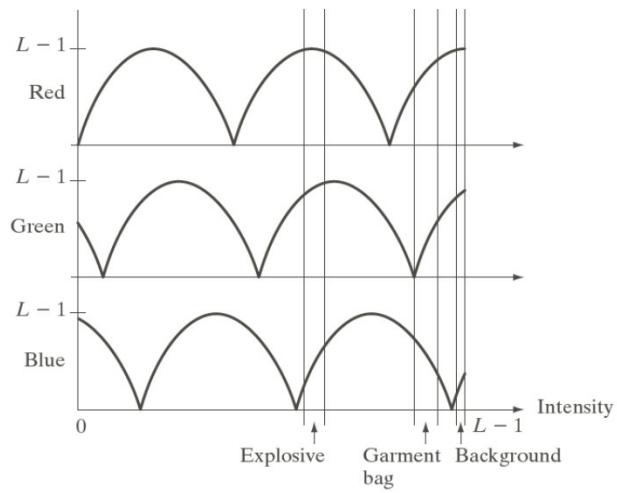


FIGURE 6.24 Pseudocolor enhancement by using the gray-level to color transformations in Fig. 6.25. (Original image courtesy of Dr. Mike Hurwitz, Westinghouse.)

a
b

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



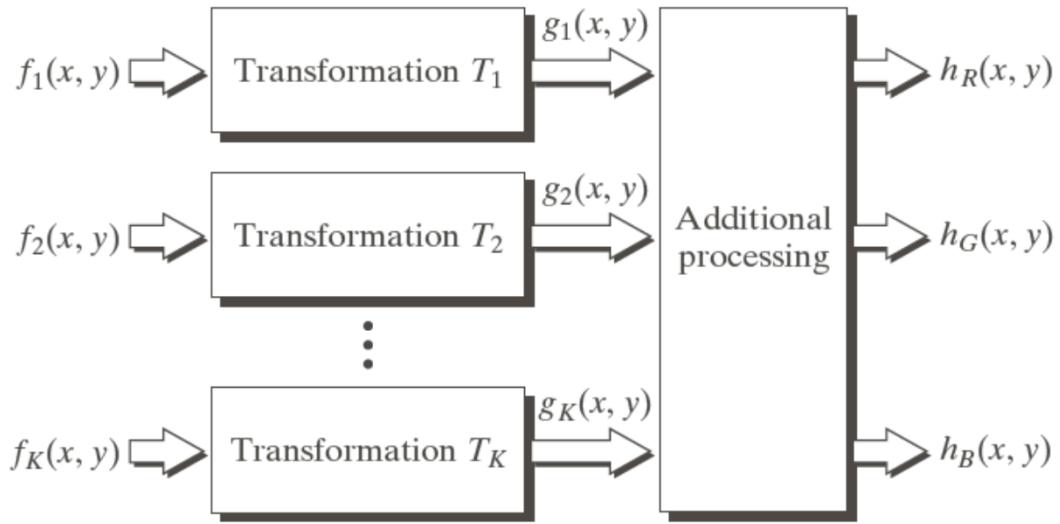


FIGURE 6.26 A pseudocolor coding approach used when several monochrome images are available.

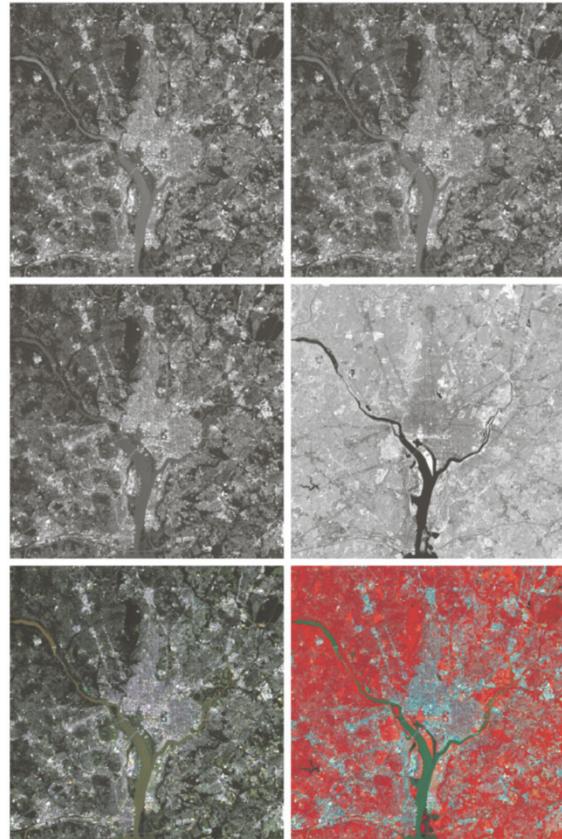


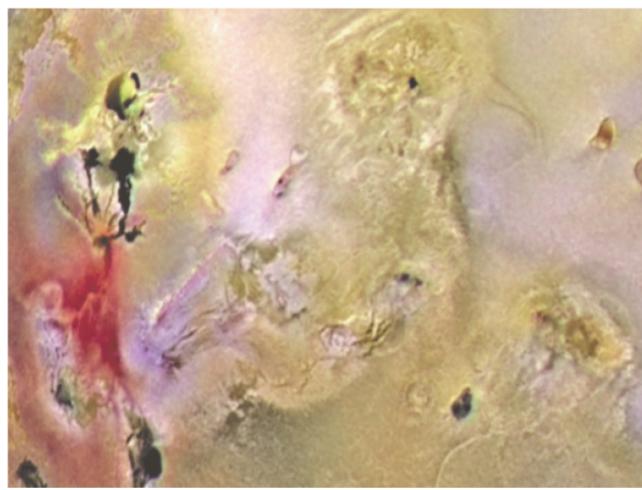
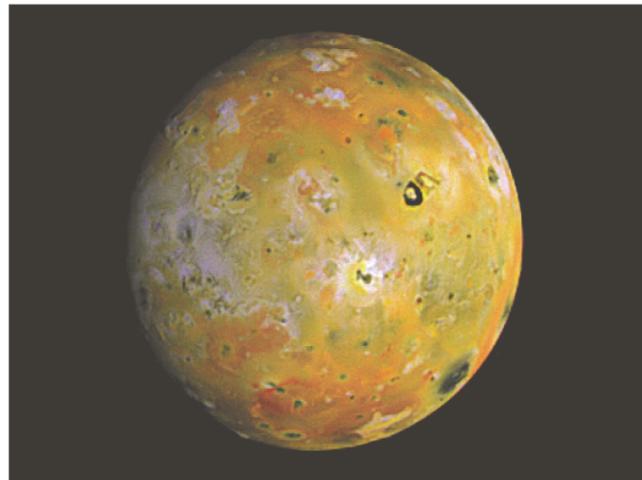
FIGURE 6.27 (a)–(d) Images in bands 1–4 in Fig. 1.10 (see Table 1.1). (e) Color composite image obtained by treating (a), (b), and (c) as the red, green, blue components of an RGB image. (f) Image obtained in the same manner, but using in the red channel the near-infrared image in (d). (Original multispectral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

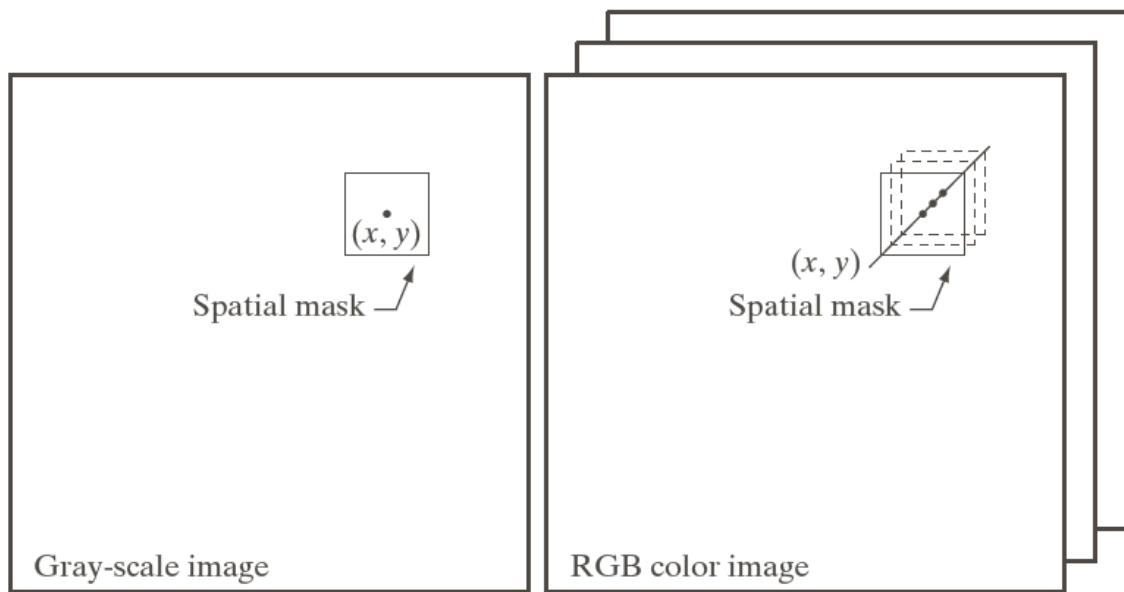
a b
c d
e f

a
b

FIGURE 6.28

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





a | b

FIGURE 6.29
Spatial masks for
gray-scale and
RGB color
images.

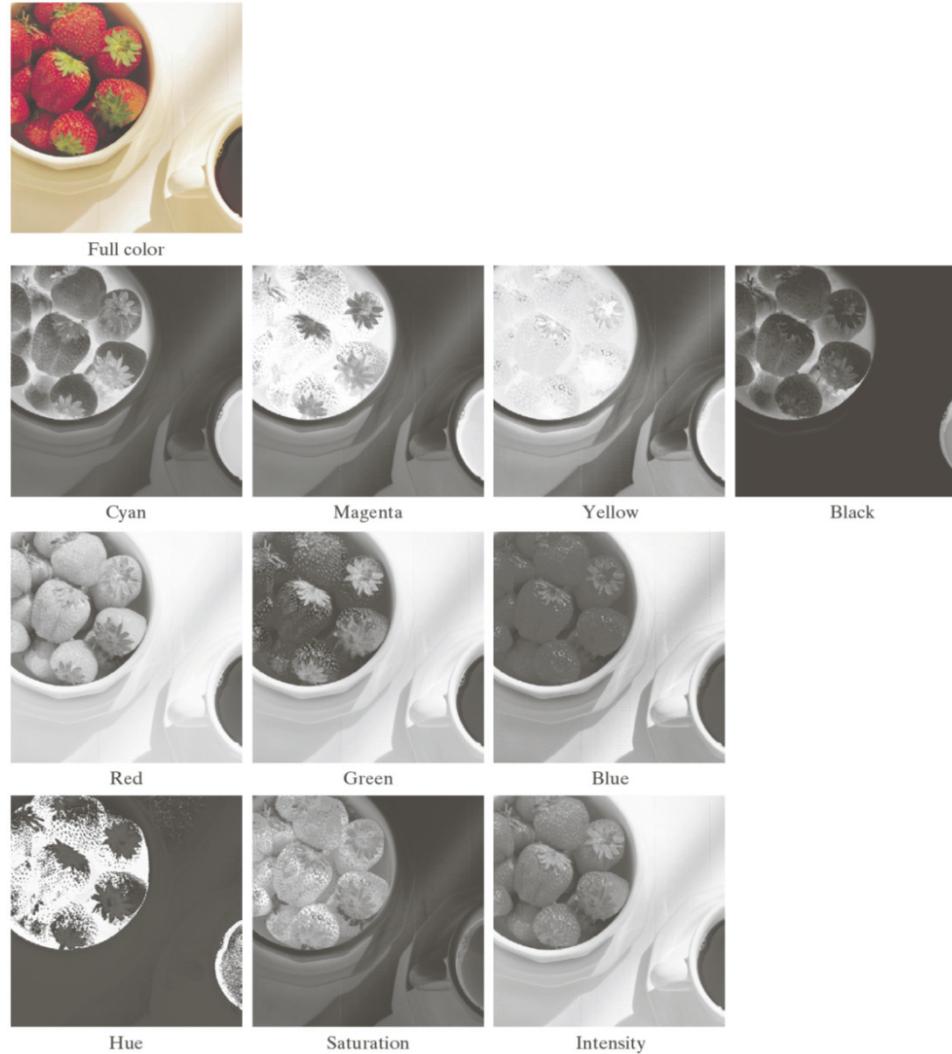


FIGURE 6.30 A full-color image and its various color-space components.
(Interactive.)

Tarea

- Implemente una función en Matlab que convierta una imagen RGB a una imagen en CMY o HSI, según lo requiera el usuario.
- Implemente una función en Matlab que convierta una imagen HSI a una imagen en RGB o CMY, según lo requiera el usuario.

Preguntas??