

Introducción a las imágenes digitales



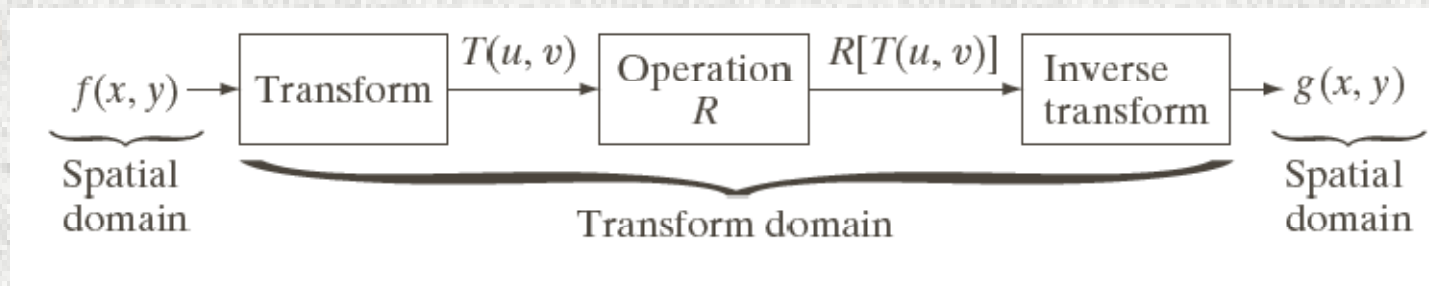
Segunda parte

Introducción a las imágenes digitales

- Herramientas matemáticas. Transformaciones de intensidad.
- Histograma de una imagen.
- Imágenes a color. Modelos de color.

Herramientas matemáticas

- Operaciones píxel a píxel / Operaciones de entornos
- Operaciones lineales / Operaciones no lineales
- Operaciones de conjuntos (morfología)
- Transformadas de la imagen



Herramientas matemáticas

- Operaciones aritméticas (píxel a píxel)
 - Suma
 - Diferencia
 - Producto (no de matrices)
 - Cociente

Se debe prestar atención al rango de valores de salida, $[a,b]$, pues puede no coincidir con el rango de valores original, $[0,L-1]$.

- Podemos truncar los resultados, es decir, considerar 0 todo valor menor o igual que 0 y considerar $L-1$ todo valor mayor o igual a $L-1$.
- Podemos llevar un intervalo $[a, b]$ al $[0,L-1]$, mediante la transformación

$$l \rightarrow \frac{(l-a)}{b-a} * (L-1)$$

Herramientas matemáticas

- Transformaciones de intensidad $T: [0, L-1] \longrightarrow [0, L-1]$, $s=T(r)$,
 - Imagen negativa, $s=L-1-r$
 - Transformación log, $s=c \log(1+r)$
 - Transformación de potencias, $s=c r^n$

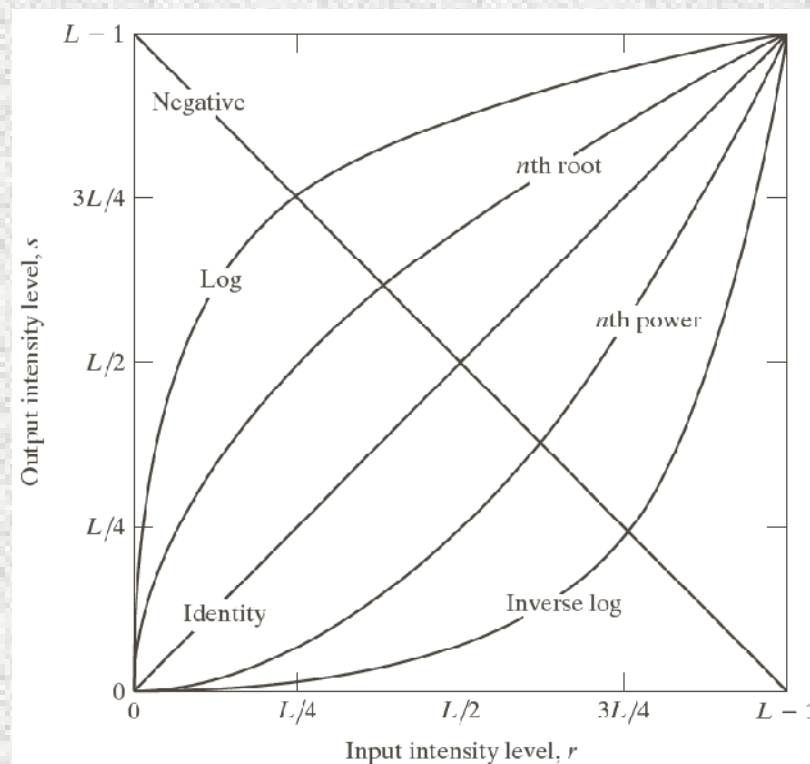


FIGURE 3.3 Some basic intensity transformation functions. All curves were scaled to fit in the range shown.

Transformaciones de intensidad



Imagen original



Negativo



Logaritmo



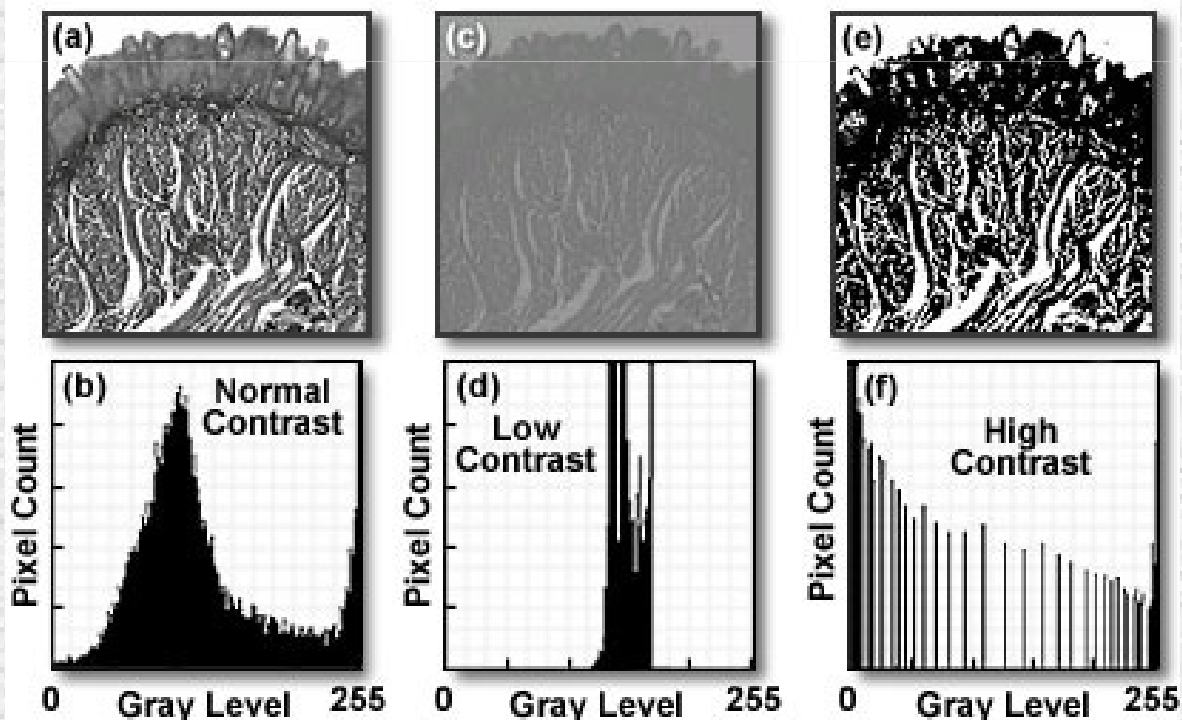
(Segunda) Potencia

[Image processing software](#)

Histogramas

Supongamos dada una imagen en niveles de grises, siendo el rango de 256 tonos de gris (de 0 a 255). El **histograma** de la imagen consiste en una gráfica donde se muestra el número de píxeles, n_k , de cada nivel de gris, r_k , que aparecen en la imagen. En el siguiente ejemplo podemos ver tres imágenes con sus correspondientes histogramas.

Grayscale Histograms and Contrast Levels in Digital Images



Histogramas

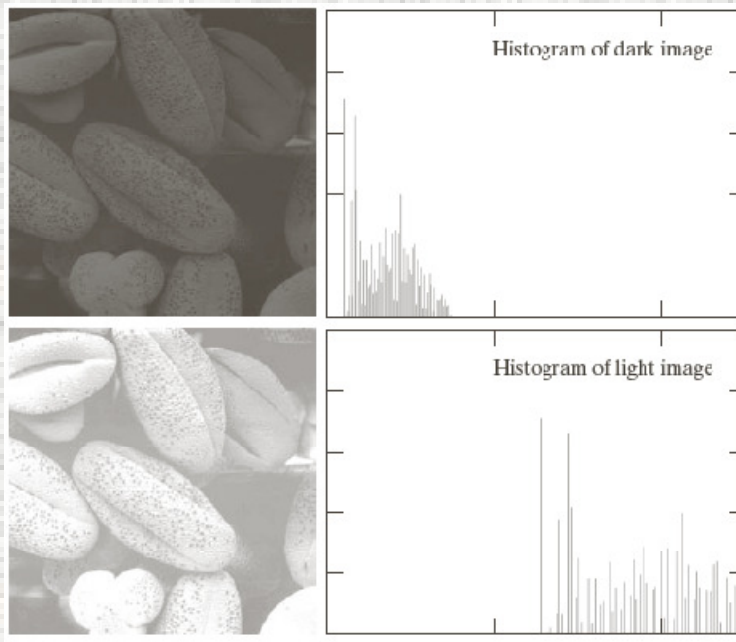
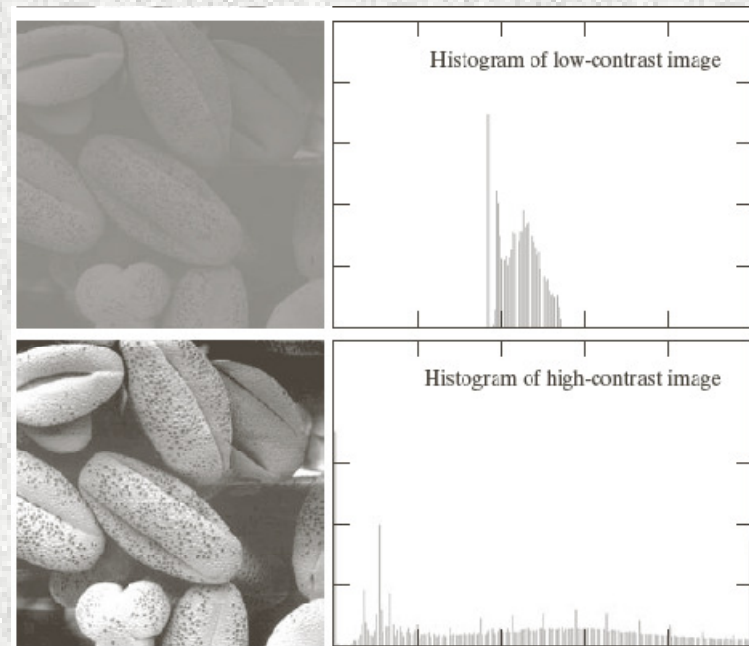
El análisis estadístico derivado del histograma puede servir para comparar contrastes e intensidades entre imágenes. El histograma podría ser alterado para producir cambios en la imagen.

Por ejemplo, el histograma es utilizado para **binarizar** una imagen digital, es decir, convertirla en una imagen en blanco y negro, de tal manera que se preserven las propiedades "esenciales" de la imagen. La forma usual de binarizar una imagen es eligiendo un valor adecuado o **umbral**, **u**, dentro de los niveles de grises, tal que el histograma forme un "valle" en ese nivel. Todos los niveles de grises menores que **u** se convierten en 0 (negro), y los mayores que **u** se convierten en 255 (blanco).

[Image processing software](#)

Histogramas

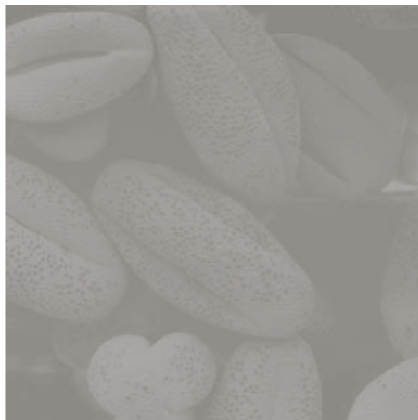
Cuando el rango de niveles de gris que toma la imagen se encuentra concentrado en una zona del intervalo, la imagen posee poco contraste. Para aumentar el contraste, podemos expandir el histograma o bien realizar una ecualización del mismo.



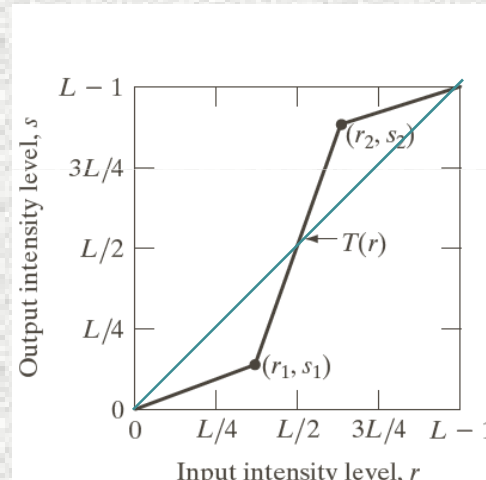
Histogramas

- **Expansión del histograma**

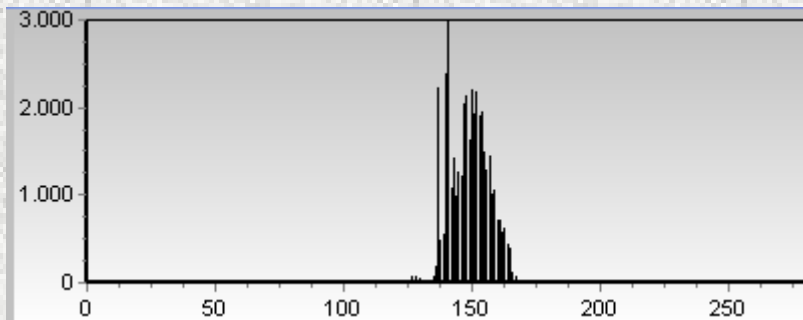
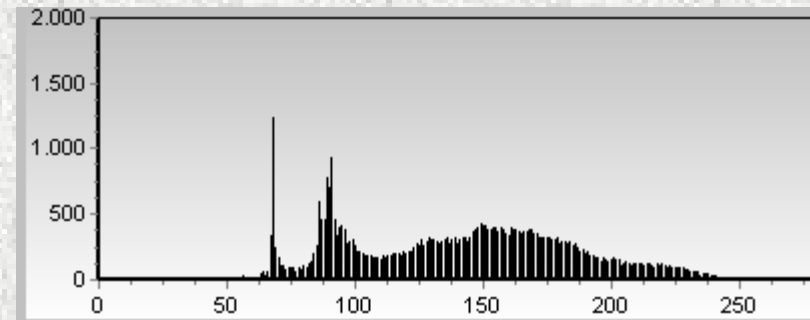
Consiste en aumentar el rango de niveles de gris de la imagen. Se puede conseguir aplicando una transformación de las intensidades mediante una función a trozos:



Rango $[r_1, r_2]$



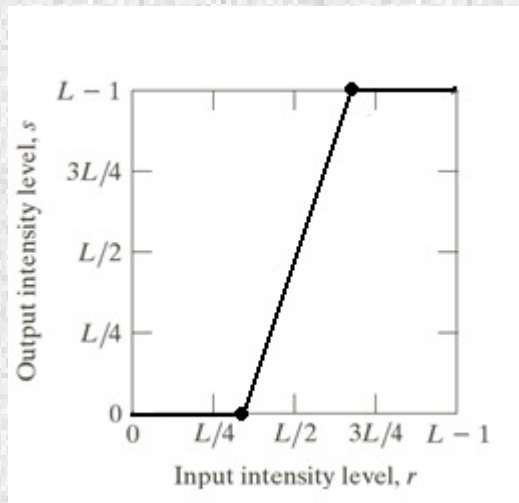
Rango $[s_1, s_2]$



Histogramas

- **Expansión del histograma**

La forma más sencilla de llevar a cabo la expansión del histograma consiste en transformar el rango de valores que toma la imagen $[r_1, r_2]$ en todo el intervalo $[0, L-1]$:



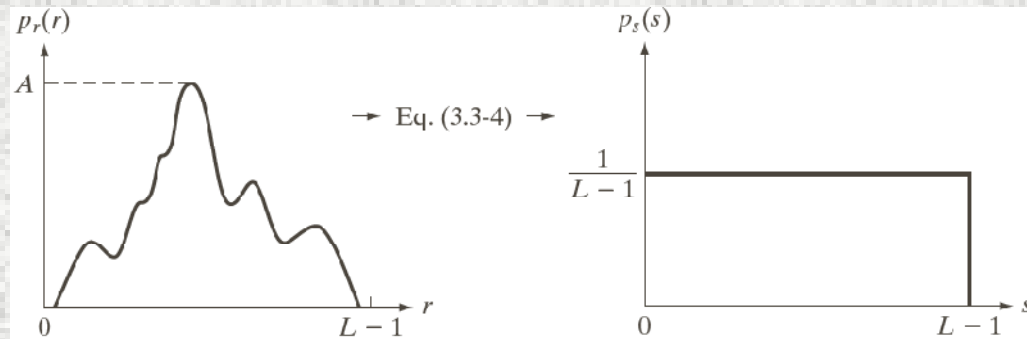
$$s = T(r) = (r - r_1) * (L-1) / (r_2 - r_1) ,$$

ecuación de la recta que pasa por $(r_1, 0)$ y $(r_2, L-1)$.

Histogramas

- Ecualización del histograma:** mejora el contraste de la imagen. Reparte de forma más o menos uniforme los valores del histograma.

Idea: Obtener una distribución de probabilidades “uniforme” de los niveles de gris en la imagen.



a b

FIGURE 3.18 (a) An arbitrary PDF. (b) Result of applying the transformation in Eq. (3.3-4) to all intensity levels, r . The resulting intensities, s , have a uniform PDF, independently of the form of the PDF of the r 's.

Histogramas

- **Ecualización del histograma:**

Dada una imagen $M \times N$, con n_k píxeles para cada nivel r_k , la ecualización del histograma consiste en realizar la siguiente transformación sobre los niveles de intensidad de la imagen:

$$s_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{L-1}{MN} \sum_{j=0}^k n_j$$

lo que resulta en una dispersión del histograma en un rango mayor dentro del intervalo $[0, L-1]$.

La principal ventaja de este método es que es completamente “automático”.

Histogramas

•Ecuación del histograma: Ejemplo.

TABLE 3.1

Intensity distribution and histogram values for a 3-bit, 64×64 digital image.

r_k	n_k	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

Según la transformación anterior,

$$s_0 = 1.33 \rightarrow 1 \quad s_4 = 6.23 \rightarrow 6$$

$$s_1 = 3.08 \rightarrow 3 \quad s_5 = 6.65 \rightarrow 7$$

$$s_2 = 4.55 \rightarrow 5 \quad s_6 = 6.86 \rightarrow 7$$

$$s_3 = 5.67 \rightarrow 6 \quad s_7 = 7.00 \rightarrow 7$$

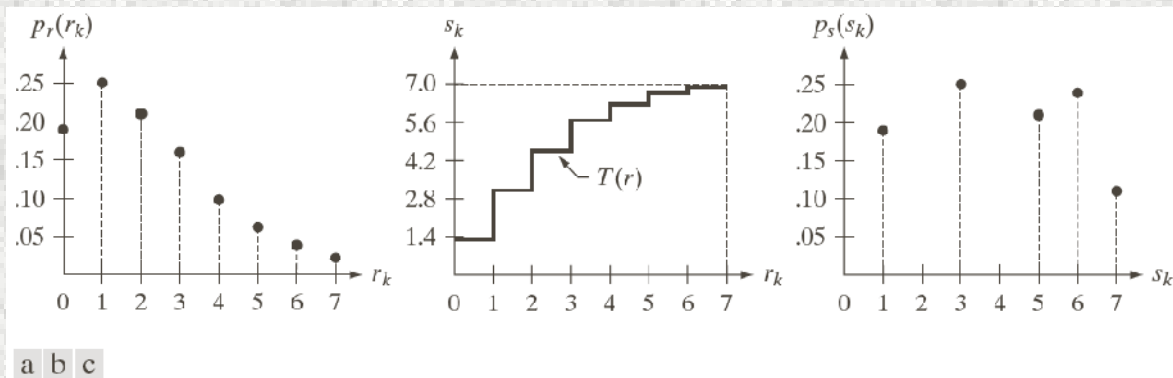
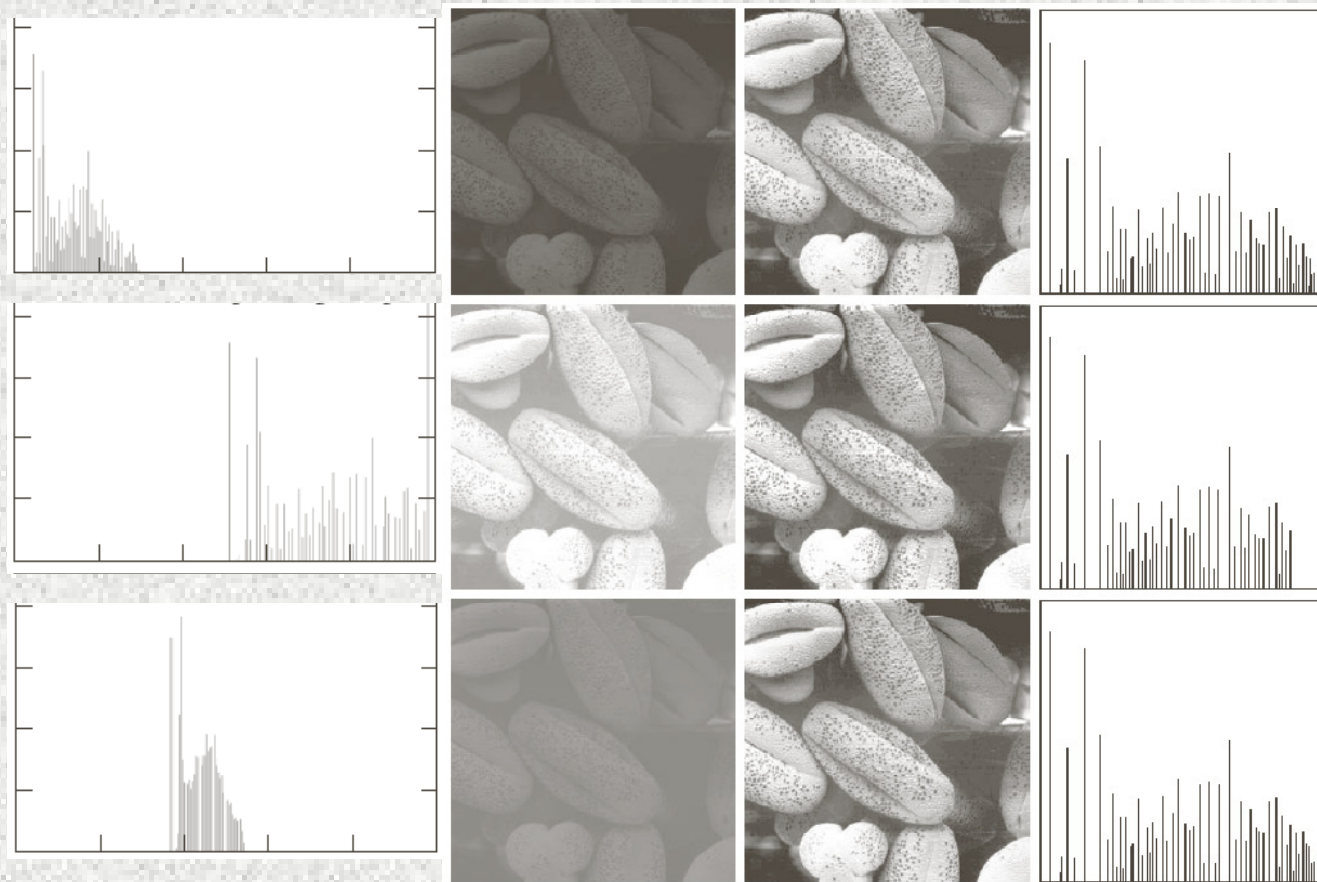


FIGURE 3.19 Illustration of histogram equalization of a 3-bit (8 intensity levels) image. (a) Original histogram. (b) Transformation function. (c) Equalized histogram.

Histogramas

Resultados de la ecualización del histograma en los ejemplos



Imágenes a color: modelos de color

Las imágenes digitales a color están gobernadas por los mismos conceptos de muestreo, cuantificación y resolución que las imágenes en escala de grises.

Sin embargo, en lugar de un único valor de intensidad que expresa el nivel de gris, los píxeles de las imágenes a color están cuantificados usando tres componentes, que tendrán distinto significado según el **modelo o espacio de color** utilizado.

Un espacio de color es una representación matemática del conjunto de colores que permite la especificación de un color de manera estándar. Los más conocidos son **RGB**, usado en los gráficos por computador; **CMY** ó **CMYK**, usados en sistemas de impresión; **YIQ**, **YUV** ó **YCbCr**, usados en sistemas de vídeo; **HSI** ó **HSV** más usados para el procesamiento de las imágenes.

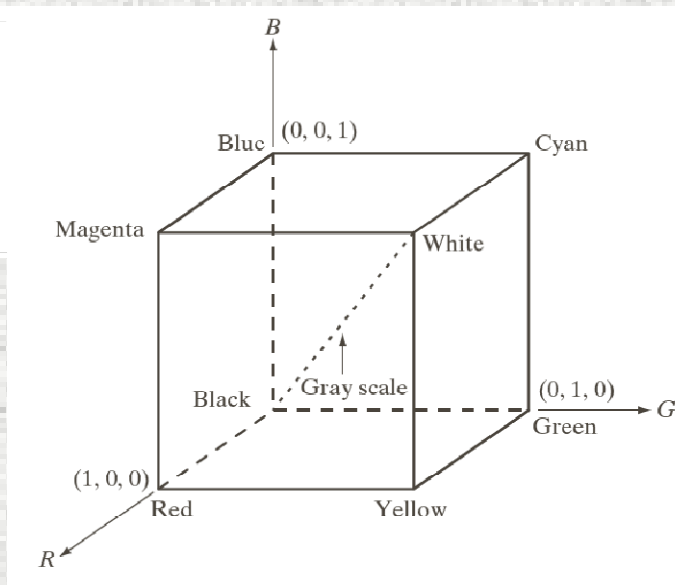
El modelo RGB

En el modelo **RGB**, cada color aparece descompuestos en sus tres componentes espectrales primarias de **rojo, verde y azul**.

Combinando distintas intensidades de estos tres colores primarios, podemos obtener todos los colores visibles.

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 $(1, 1, 1)$.



Este modelo está basado en un sistema de coordenadas cartesianas.

El modelo RGB



Cuando contamos con 8 bits para representar la imagen en cada canal (R,G,B), se dice que la imagen a color tiene una profundidad de 24 bits, también llamada imagen de color real o de 16 millones de colores, ya que

$$(2^8)^3 = 16,777,216$$

	Nominal Range	White	Yellow	Cyan	Green	Magenta	Red	Blue	Black
R	0 to 255	255	255	0	0	255	255	0	0
G	0 to 255	255	255	255	255	0	0	0	0
B	0 to 255	255	0	255	0	255	0	255	0

El modelo CMY-CMYK

En algunos casos, son más apropiados modelos diferentes del RGB para algoritmos y aplicaciones específicas. De cualquier manera, cualquier otro modelo sólo requiere una conversión matemática simple para de uno a otro.

El modelo **CMY** (**cian-magenta-amarillo**) es el usado en los sistemas de impresión. En este modelo, cada color viene dado por su descomposición en los colores secundarios de luz, que son los colores primarios de pigmentos.

Para convertir una imagen RGB al modelo CMY y viceversa, usamos las ecuaciones:

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

siendo L la cantidad de niveles de color de la imagen.

CMYK=(**cian-magenta-amarillo, negro**).

Modelos YUV, YIQ, YCbCr

Los modelos de color YUV, YIQ e YCbCr son usados en los dispositivos de vídeo o televisión. Estos modelos poseen un canal de **luminancia Y** y otros dos en los que se codifica el color (**crominancia**).

El modelo **YUV** es el usado por los sistemas de difusión de televisión PAL y NTSC, estándares en la mayoría del mundo.

El modelo **YIQ** era el usado antiguamente por el estándar de televisión NTSC. Básicamente, YIQ es una recodificación de RGB para mantener la compatibilidad con las televisiones en blanco y negro. De hecho, la componente **Y** provee toda la información requerida para una televisión en blanco y negro.

YCbCr es usado en sistemas de fotografía y vídeo digital. Es una “versión trasladada y escalada” del sistema YUV.

Si sólo tenemos en cuenta la componente Y de la imagen, lo que obtenemos es una imagen en escala de grises.

Modelos HSI y HSV

A la hora de procesar imágenes a color, el modelo RGB puede no ser el más eficiente. Los modelos HSI (hue, saturation, intensity) y HSV (hue, saturation, value) son muy utilizados en algoritmos de procesamiento de imágenes basados en propiedades del **sistema de visión humano**. Estos modelos representan el color de una manera más intuitiva, es decir, de la forma en que los humanos percibimos el color. La componente I ó V se corresponde con la **intensidad**, mientras que las componentes H (**tono**) y S (**saturación**) codifican la información del color.

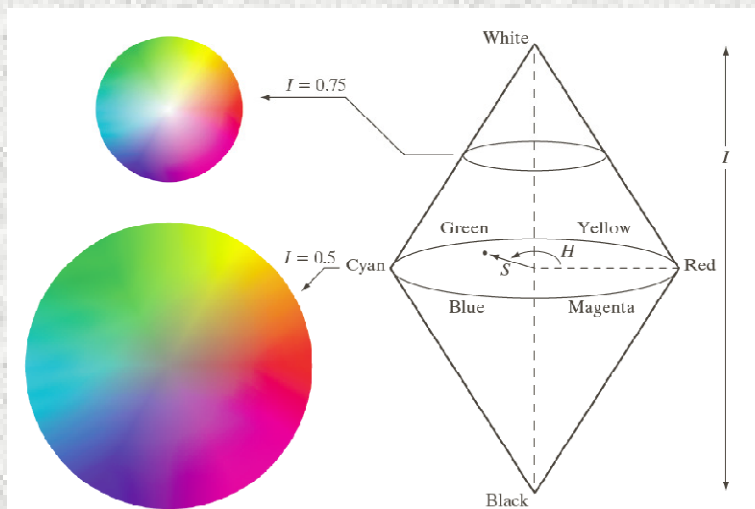


FIGURE 6.14 The HSI color model

Modelos HSI y HSV

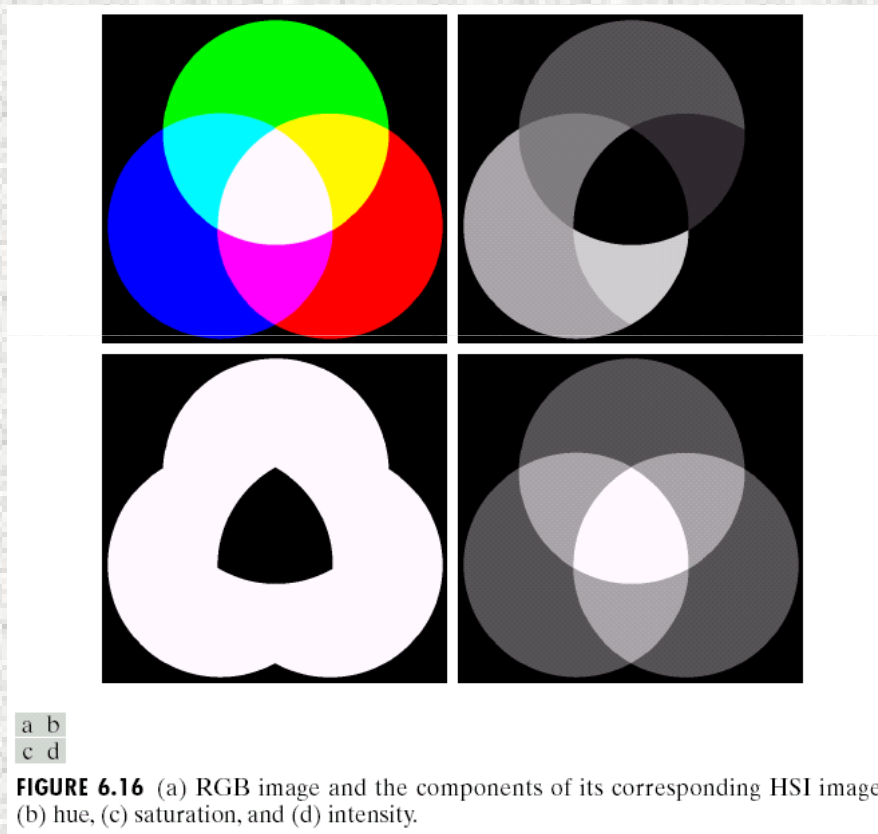
El modelo HSI es el usado preferentemente para operaciones de procesamiento básico de imágenes a color, como convolución, ecualización del histograma, etc; operaciones que pueden realizarse sobre la componente I, que depende a partes iguales, de R, G y B.

En la conversión de RGB a HSI, la componente I depende de igual forma de R, G y B:

$$I = 1/3 * (R+G+B)$$

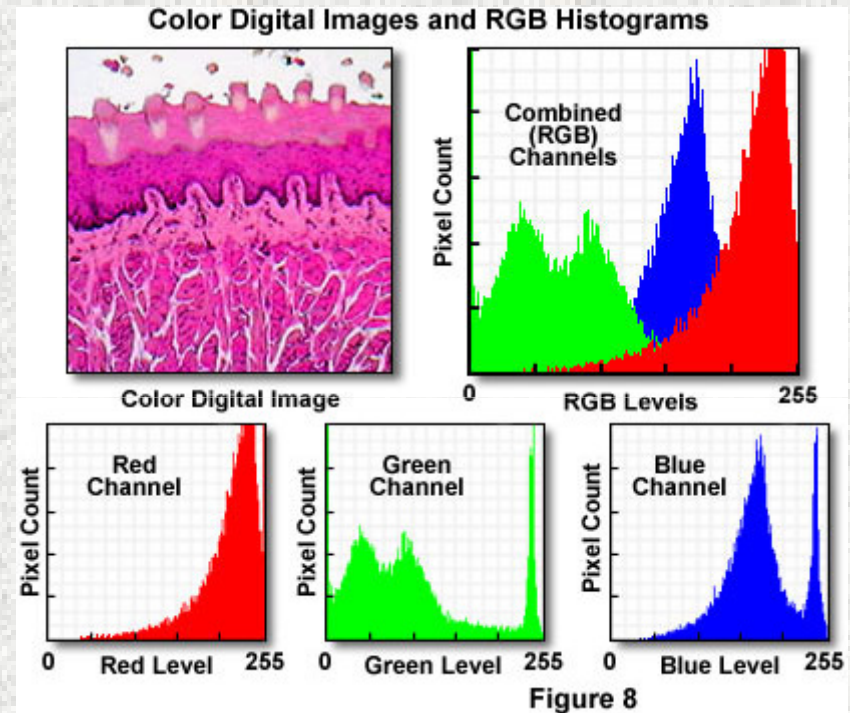
En el caso de que se quiera procesar el color, el modelo HSV es el más apropiado, ya que posee un mayor rango dinámico de saturación.

RGB-HSI



Imágenes a color

El histograma de una imagen a color RGB consiste en tres gráficas, siendo cada una el histograma de cada color primario.



Hay que tener en cuenta que el procesamiento por separado de cada canal de color de una imagen puede dar lugar a resultados poco naturales.

- [Image processing software](#) (para trabajar con histogramas, conversiones de imágenes a color en escala de grises, etc)
- Referencia básica utilizada: González and Woods, Digital Image Processing, 3rd. Ed.