

Tema 2:

PROCESAMIENTO EN EL DOMINIO ESPACIAL : TRANSFORMACIONES DE INTENSIDAD

1

INGENIERÍA INFORMÁTICA

DPTO. MATEMÁTICA APLICADA I



ÍNDICE:

- Introducción
- Dominio espacial:
Transformaciones de intensidad
- Procesamiento del histograma

Tema 2: Transformaciones de intensidad



3

- **Objetivo de las técnicas de procesamiento:**

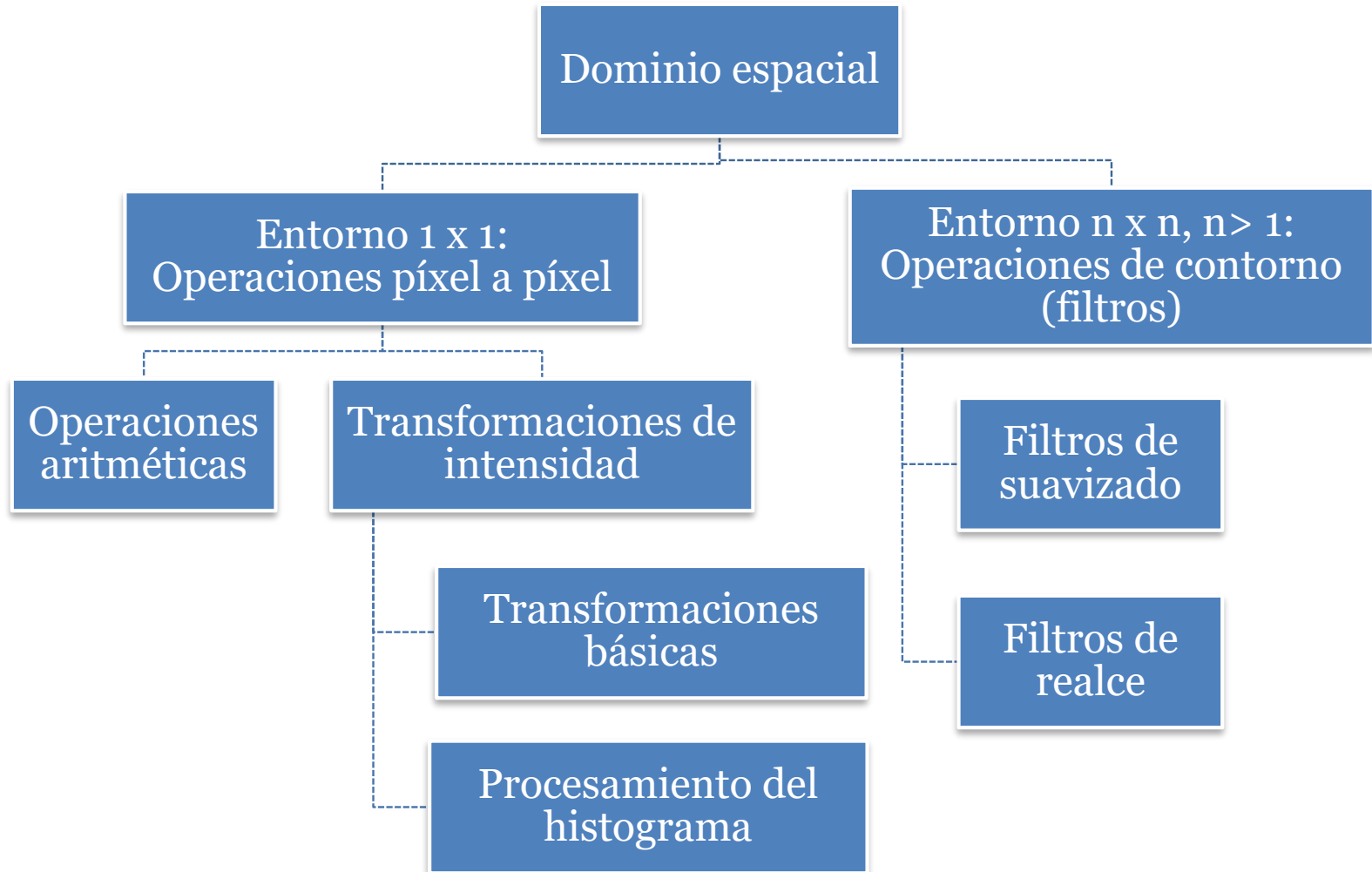
Procesar una imagen de forma que resulte más adecuada que la anterior para una aplicación específica.

Por ejemplo para:

- Eliminar ruido o suavizar la imagen (imagen más borrosa)
- Aumentar el contraste
- Realzar pequeños detalles

Tema 2: Transformaciones de intensidad

4



Tema 2: Transformaciones de intensidad

5

- Imagen original: $f : M \times N \longrightarrow [0, L-1]$
- Procesamiento píxel a píxel:

- Operación aritmética:

$$\begin{aligned} f : M \times N &\longrightarrow [0, L-1] \\ g : M \times N &\longrightarrow [0, L-1] \end{aligned}$$

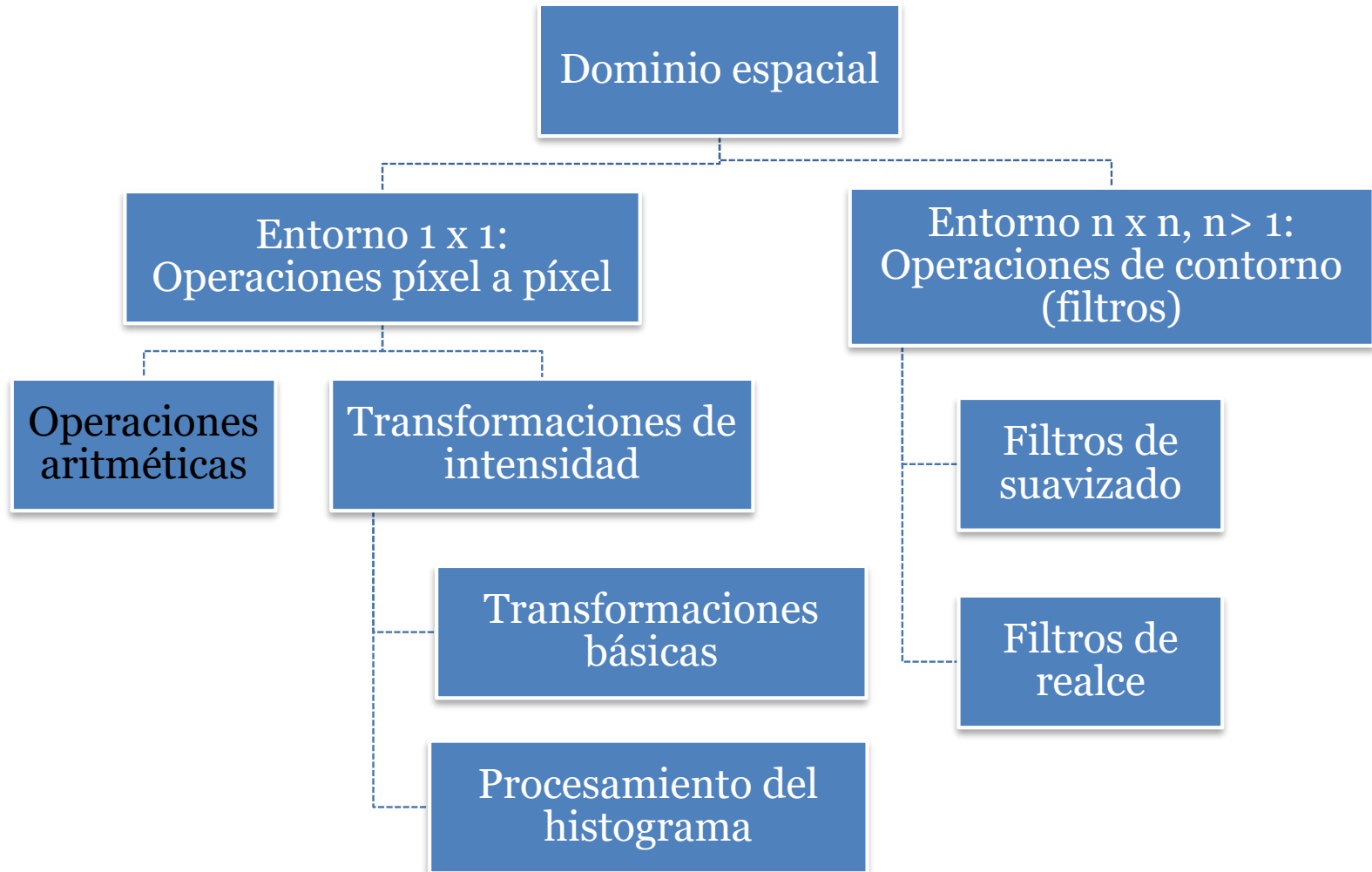
$$f \mid +, -, \times \mid g : M \times N \longrightarrow [A, B]$$

- Transformación de intensidad:

$$T : [0, L-1] \longrightarrow [A, B], s = T(r)$$

Tema 2: Transformaciones de intensidad

6



Tema 2: Transformaciones de intensidad



7

• **Operaciones aritméticas:** Dadas dos imágenes $f(x,y)$ y $g(x,y)$ de M filas x N columnas, se definen las operaciones píxel a píxel

$$s(x,y) = f(x,y) + g(x,y)$$

$$d(x,y) = f(x,y) - g(x,y)$$

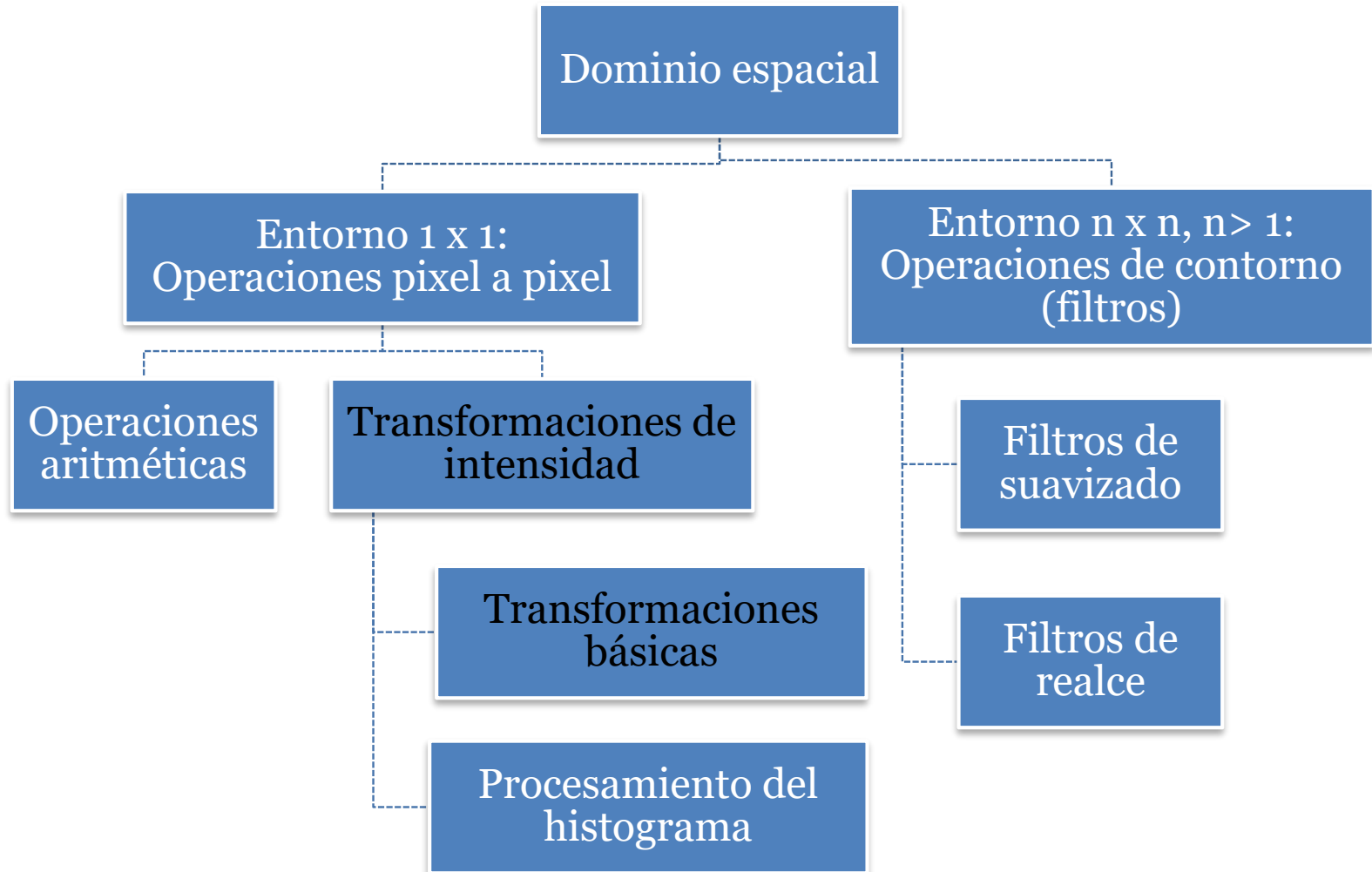
$$p(x,y) = f(x,y) \times g(x,y)$$

$$c(x,y) = f(x,y) \div g(x,y)$$

CUIDADO: No confundir entre operaciones matriciales (Álgebra lineal) y operaciones array (elemento a elemento).

Tema 2: Transformaciones de intensidad

8



Tema 2: Transformaciones de intensidad



9

- Algunas **transformaciones básicas de intensidad**:

$$T: [0, L-1] \longrightarrow [a, b],$$

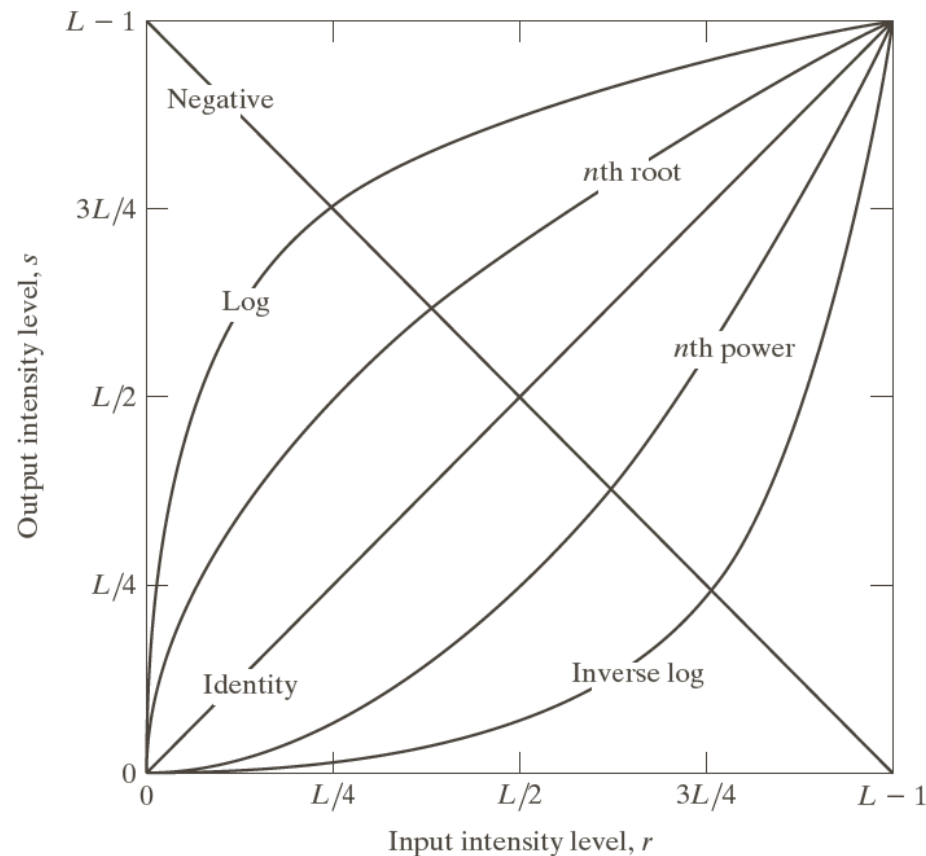
$$s = T(r)$$

- Transformación **lineal**: identidad y negativa.
- Transformación **logarítmica**: log e inversa de log.
- Transformación **potencia-raíz**: potencia n-ésima y raíz n-ésima.
- Transformaciones **definidas a trozos**.

Tema 2: Transformaciones de intensidad

10

- Algunas **transformaciones básicas de intensidad**:



Tema 2: Transformaciones de intensidad

11

- **Imagen negativa:** $T(r) = L - 1 - r$

Efecto: Invertir el orden de los valores de intensidad.

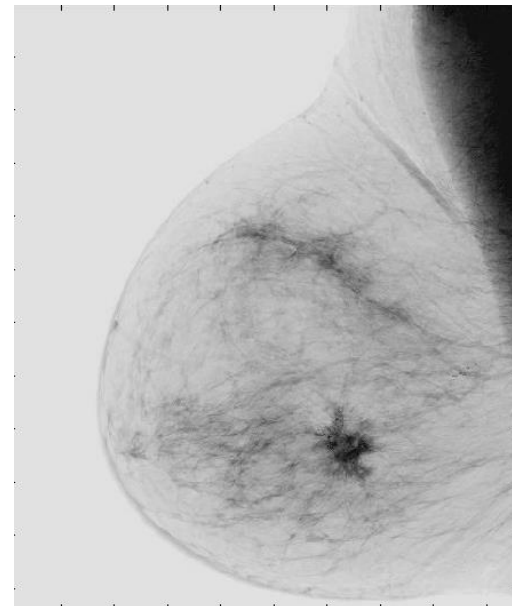
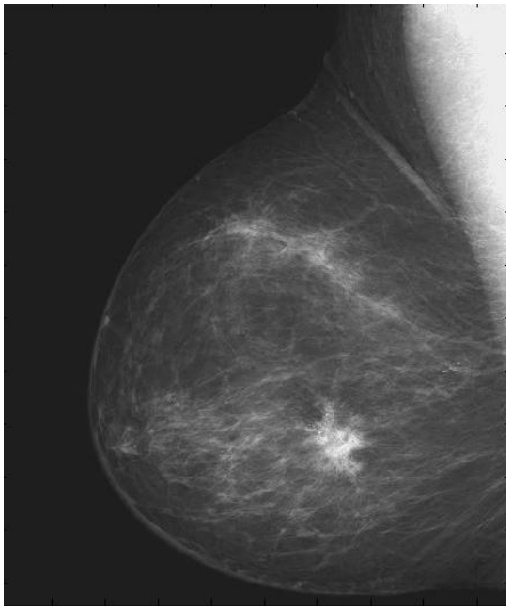


Imagen con L niveles de gris

Tema 2: Transformaciones de intensidad

12



Tema 2: Transformaciones de intensidad

13

- **Transformación log:** $T(r) = c \log(1 + r)$

Efecto: Se usa para visualizar bajos niveles de intensidad con mayor margen dinámico.



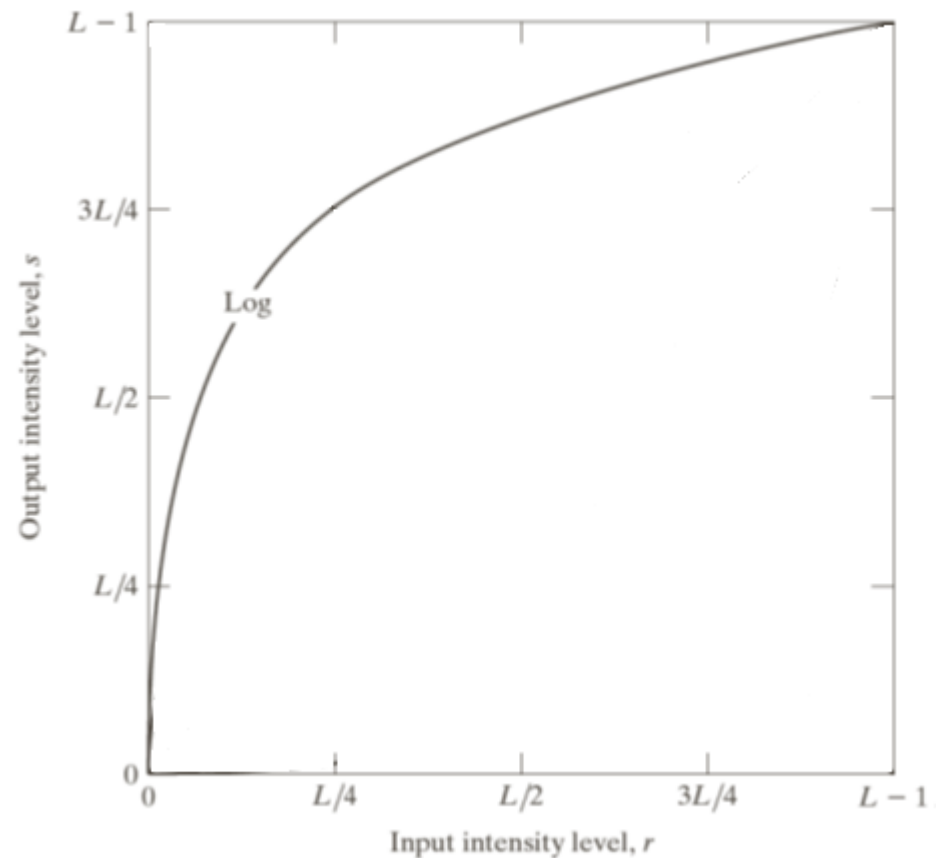
Tema 2: Transformaciones de intensidad

14

- **Transformación log:** $T(r) = c \log(1 + r)$

Efecto: Se usa para visualizar bajos niveles de intensidad con mayor margen dinámico.

¿Cuánto vale la constante c ?
Se puede calcular para que $T(L-1) = L-1$



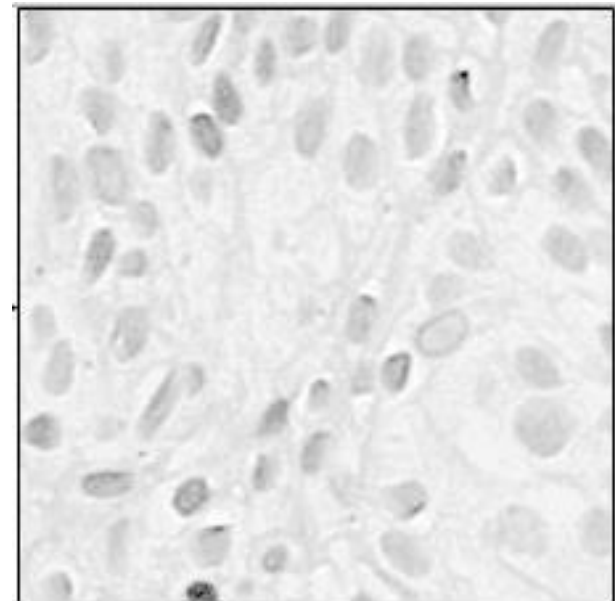
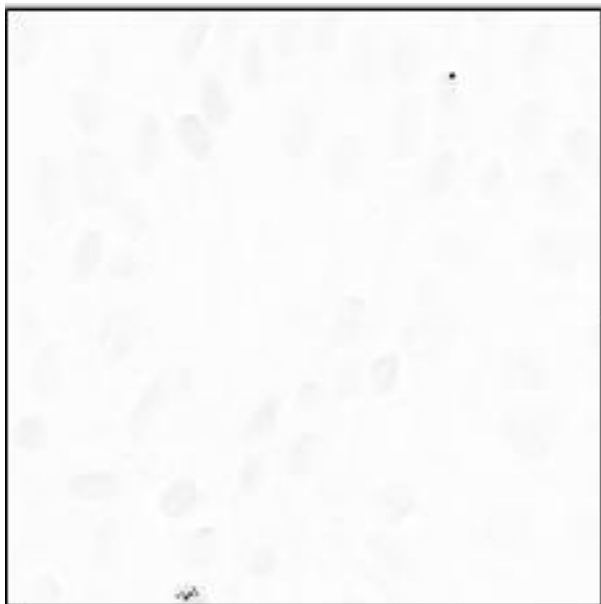
Tema 2: Transformaciones de intensidad



15

- **Transformación inversa de log:** $T(r) = e^{r/c} - 1$

Efecto: Realiza la transformación opuesta, es decir, puede mejorar la discriminación visual en zonas de alta luminosidad.



Tema 2: Transformaciones de intensidad

16

- **Transformación de potencias-raíz:** $T(r) = c r^n$

Efecto: Es similar a la transformación log. La ventaja es la variedad de transformaciones que existen al variar el valor de n .



Imagen original

$n=1/2$

$n=1/3$

$n=1/4$

$n=2$

Tema 2: Transformaciones de intensidad

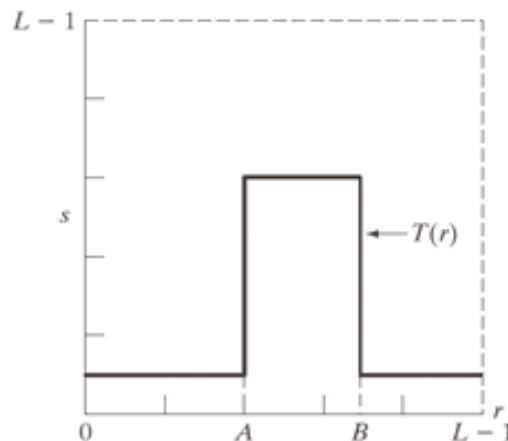


17

- **Transformaciones definidas a trozos:**

A menudo resulta útil destacar un rango específico del nivel de gris de una imagen.

1. Adjudicar un valor alto a todos aquellos niveles de gris del rango de interés y un valor bajo a los restantes.



Tema 2: Transformaciones de intensidad

18



El rango de interés ha sido seleccionado en el extremo superior de la escala de grises.

Tema 2: Transformaciones de intensidad

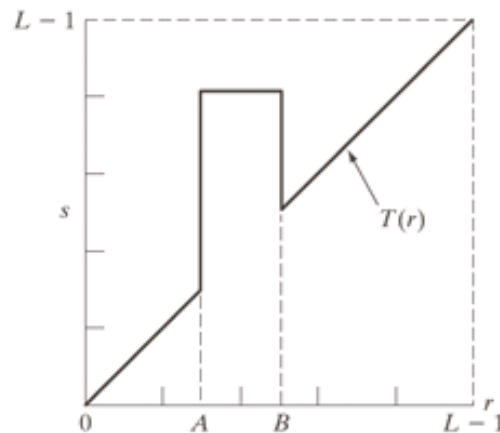


19

- **Transformaciones definidas a trozos:**

A menudo resulta útil destacar un rango específico del nivel de gris de una imagen.

2. Intensificar el rango de niveles de gris deseado, preservando el fondo y las tonalidades de gris de la imagen.



Tema 2: Transformaciones de intensidad



Tema 2: Transformaciones de intensidad

21

- Imagen original: $f : M \times N \longrightarrow [0, L-1]$
- Procesamiento píxel a píxel:

- Operación aritmética:

$$\begin{aligned} f : M \times N &\longrightarrow [0, L-1] \\ g : M \times N &\longrightarrow [0, L-1] \end{aligned}$$

$$f (+, -, \times) g : M \times N \longrightarrow [A, B]$$

-Transformación de intensidad:

$$T : [0, L-1] \longrightarrow [A, B], s = T(r)$$

Importante!!!

Tema 2: Transformaciones de intensidad



22

Es importante tener en cuenta que los valores de salida pueden no estar dentro del rango de niveles de gris de 0 a $L-1$.

Opciones:

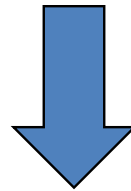
- Diseñar las operaciones a priori para que lleven $[0, L-1]$ en $[0, L-1]$
- Truncar: todos los valores menores que 0 los llevo al 0 y todos los valores mayores que $L-1$ los llevo a $L-1$ (evaluar cuál es la pérdida de información).
- Realizo una transformación a posteriori que lleve el intervalo $[A, B]$ en el $[0, L-1]$ (desplazamiento y rescalado).

Tema 2: Transformaciones de intensidad



23

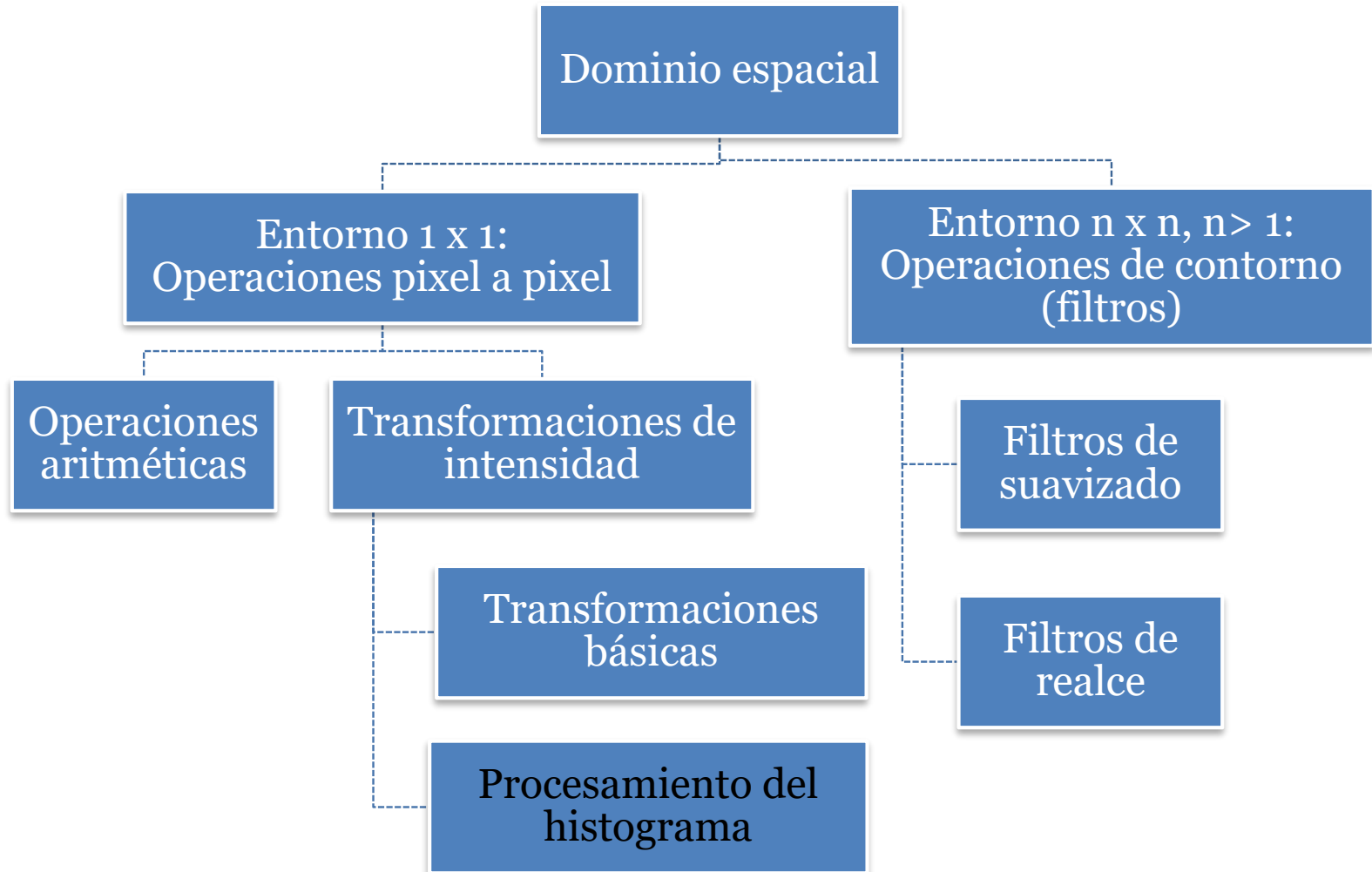
¿Qué herramienta nos puede ayudar a decidir qué tipo de transformación de intensidad es conveniente realizar a una imagen?



HISTOGRAMA

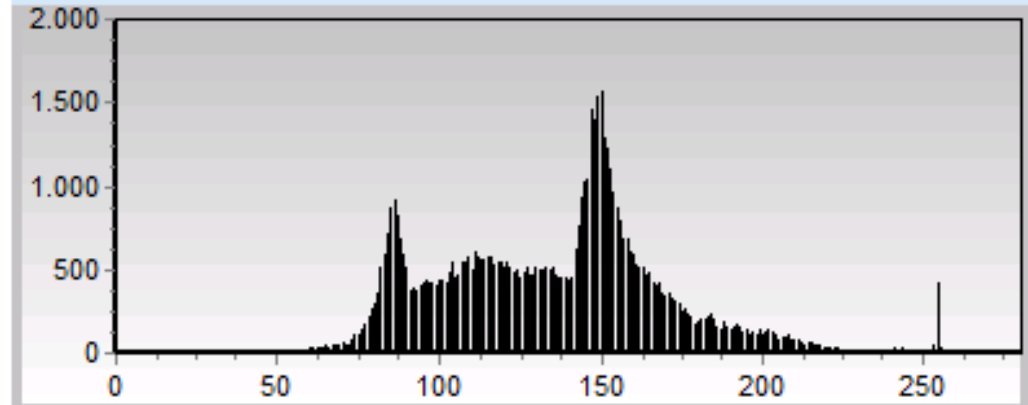
Tema 2: Transformaciones de intensidad

24



Tema 2: Transformaciones de intensidad

- 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.



Tema 2: Transformaciones de intensidad



26

- El **histograma** normalizado de la imagen consiste en una gráfica donde se muestra la probabilidad de que ocurra cada nivel de gris r_k (luego valores entre 0 y 1 que suman 1).

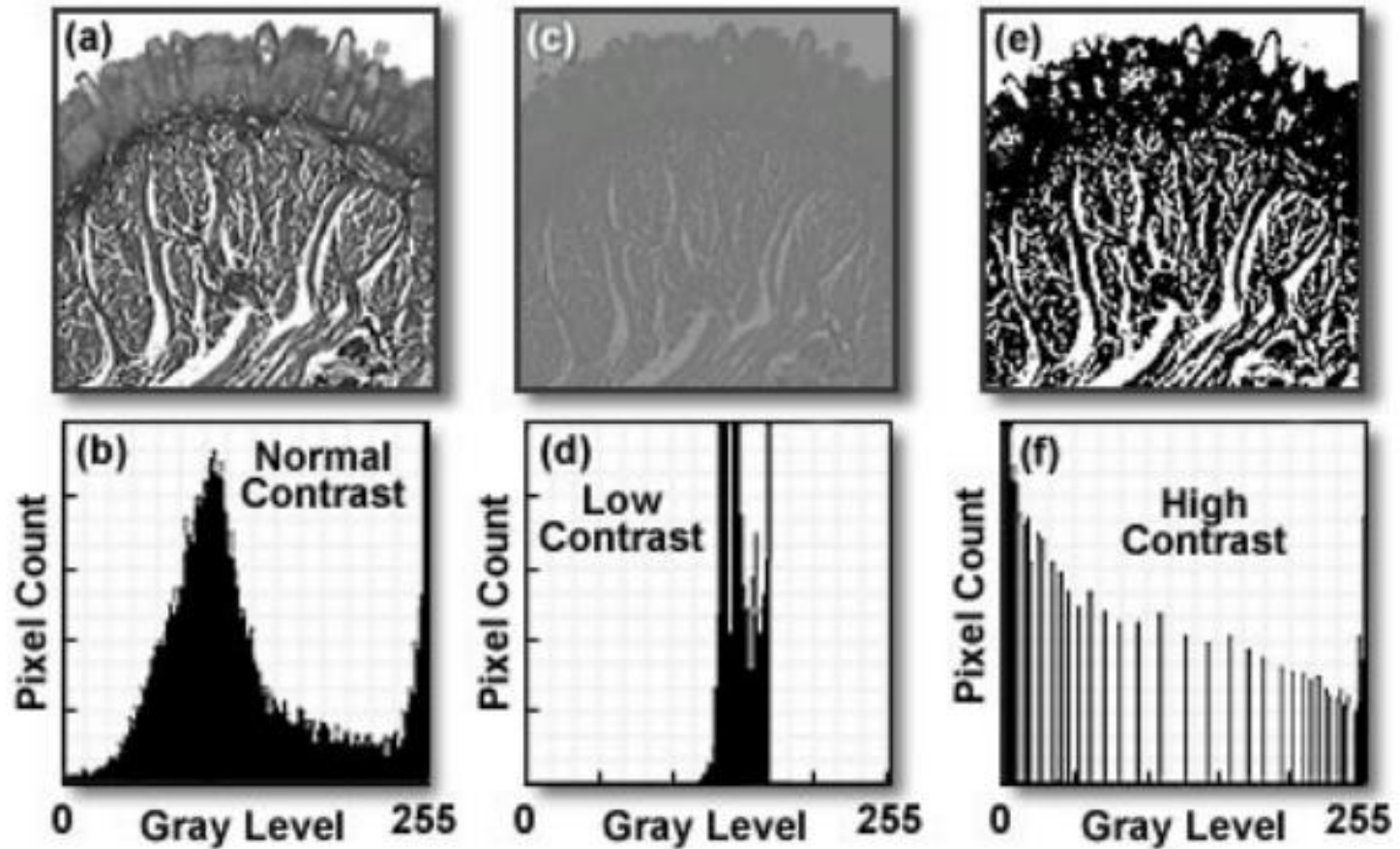
$$p(r_k) = \frac{n_k}{N}$$

n_k = número de píxeles con el nivel de gris r_k

N = número total de píxeles de la imagen

Tema 2: Transformaciones de intensidad

27



Tema 2: Transformaciones de intensidad



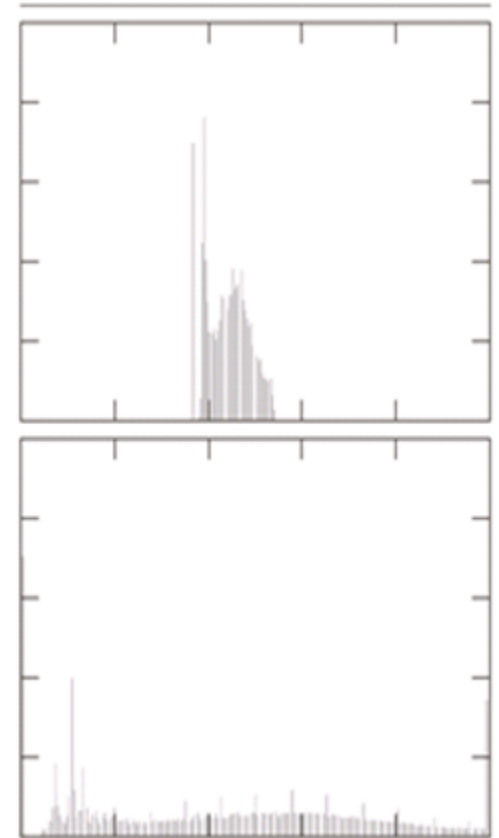
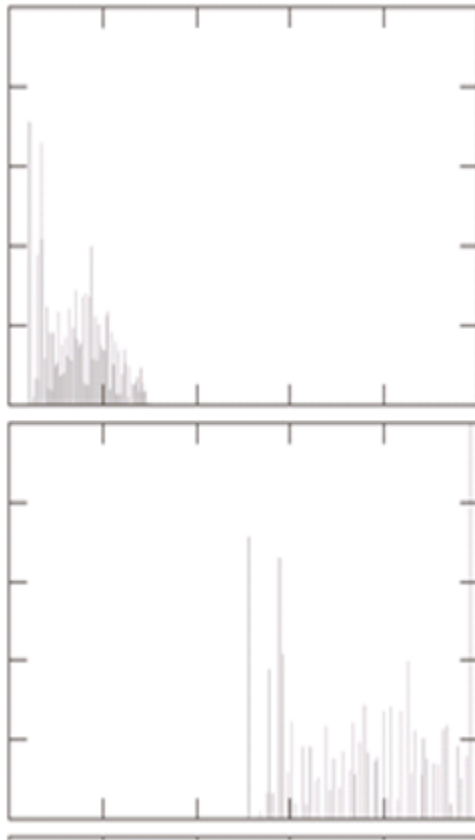
28

- 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.
- 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
 - Realizar una **ecualización** del mismo.

Tema 2: Transformaciones de intensidad

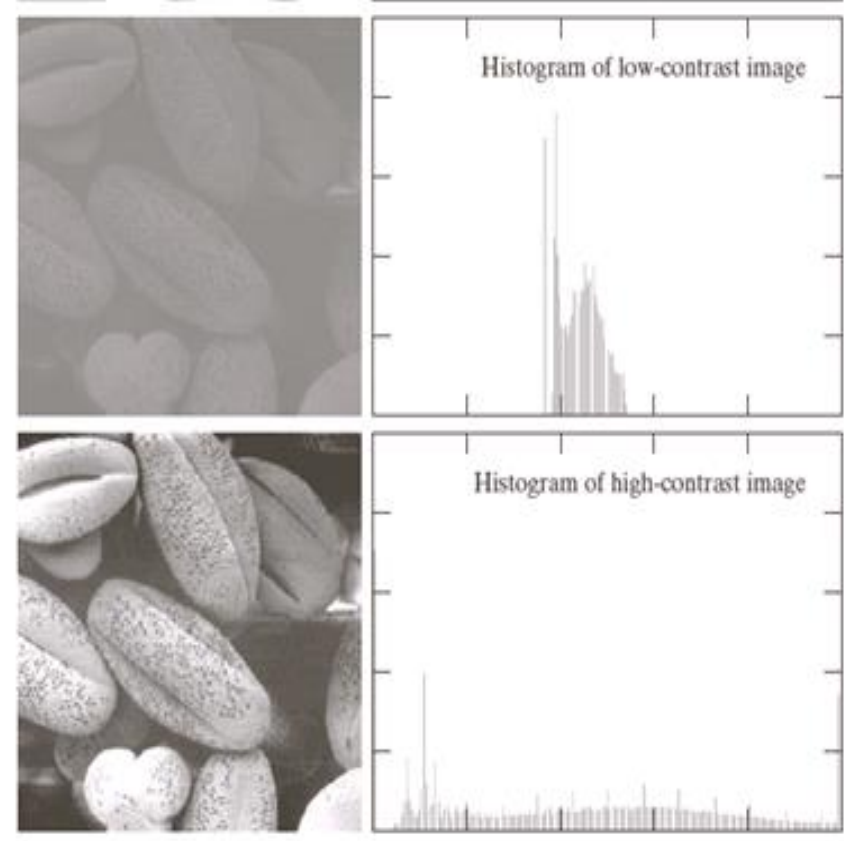
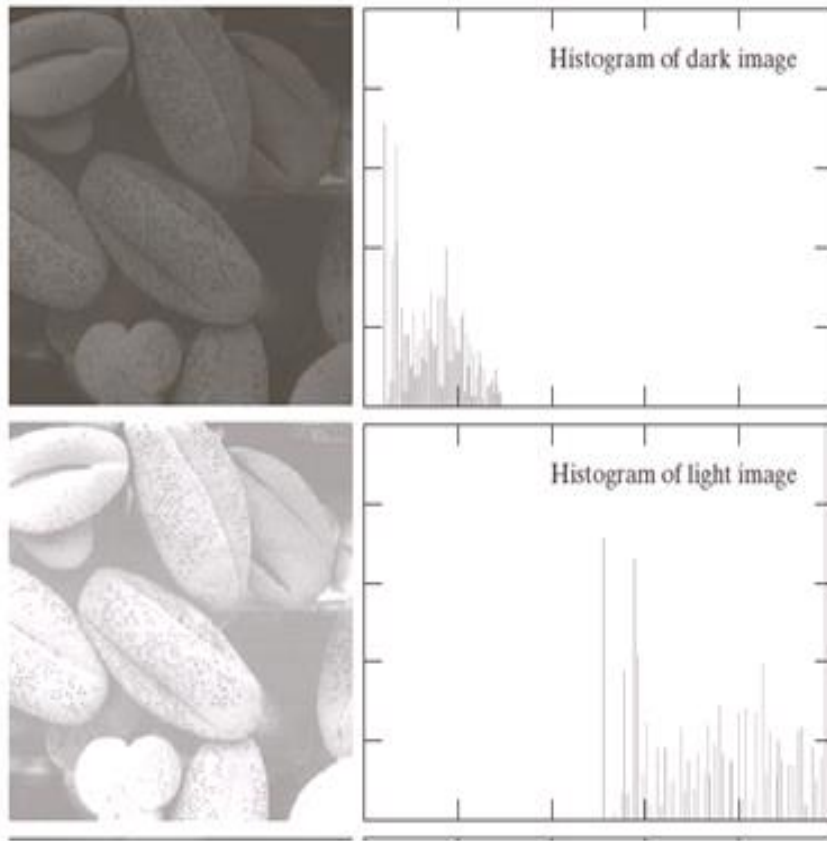


29



Tema 2: Transformaciones de intensidad

30



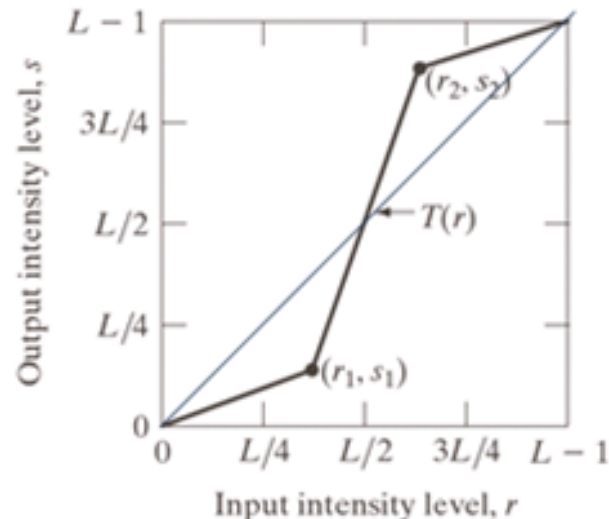
Tema 2: Transformaciones de intensidad

31

- 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.

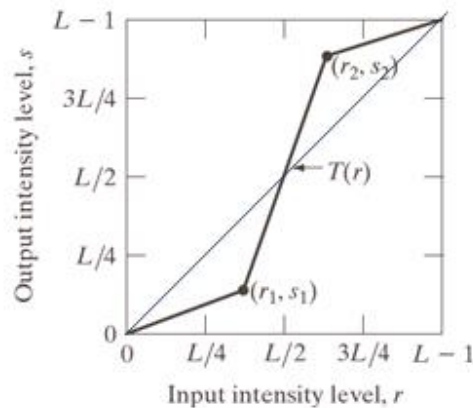


Tema 2: Transformaciones de intensidad

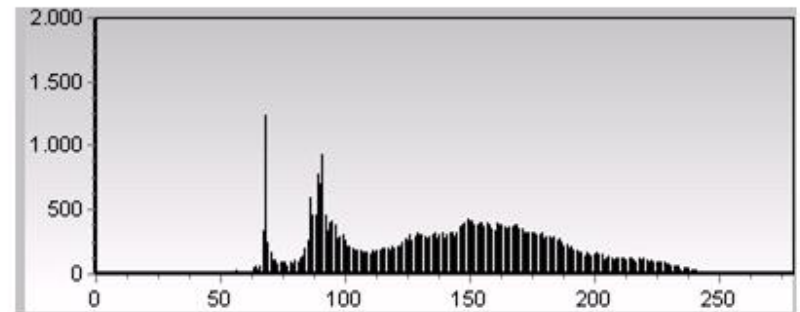
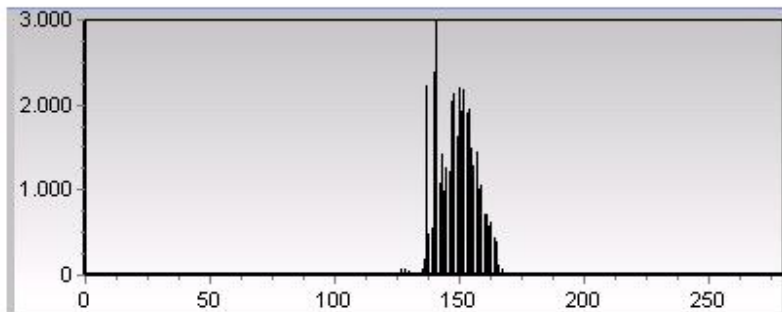
- Expansión del histograma:**



Rango = $[r_1, r_2]$



Rango = $[s_1, s_2]$

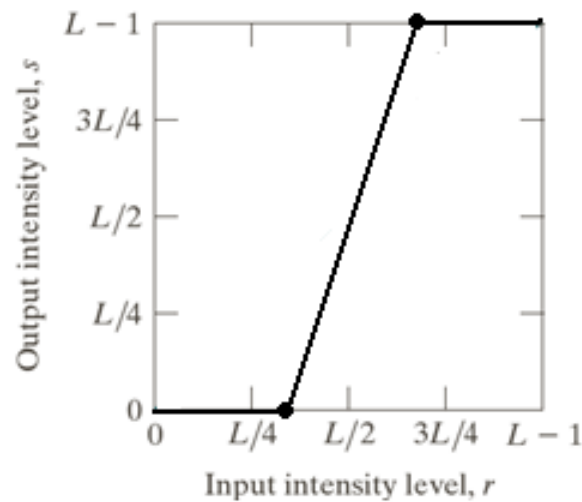


Tema 2: Transformaciones de intensidad

33

- 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 $[0, L-1]$:



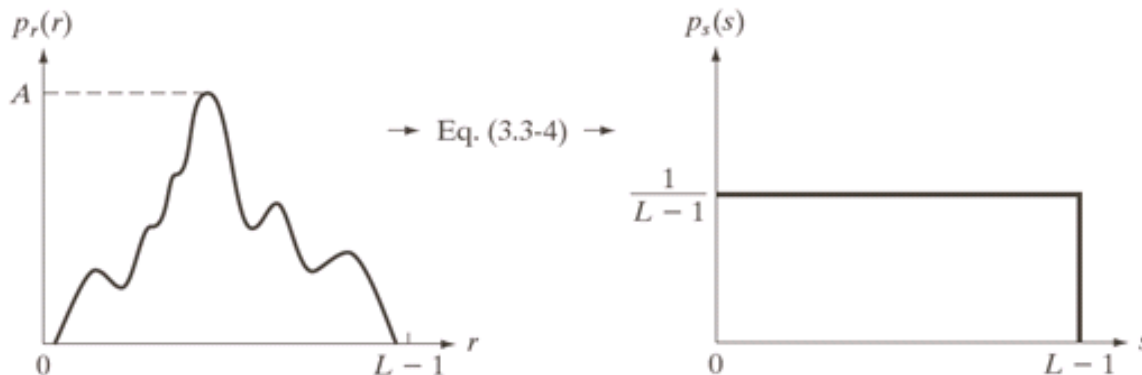
$$s = T(r) = (r - r_1) * (L-1) / (r_2 - r_1) ,$$

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

- **Ecualización del histograma:**

Mejorar el contraste de la imagen repartiendo 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.



El histograma se puede ver como la probabilidad de que ocurra un nivel de gris = conjunto de probabilidades discreta. La imagen muestra el caso continuo

- **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 $[0, L-1]$.

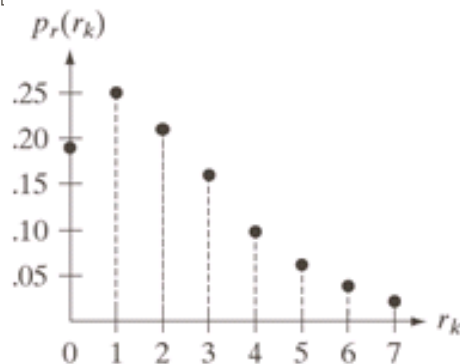
Tema 2: Transformaciones de intensidad

36

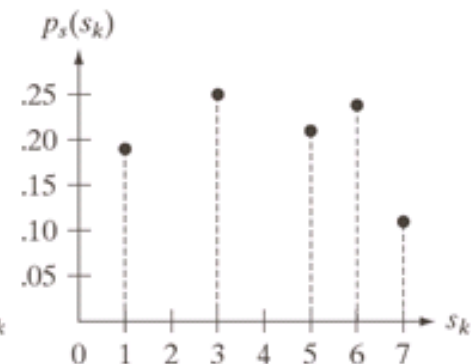
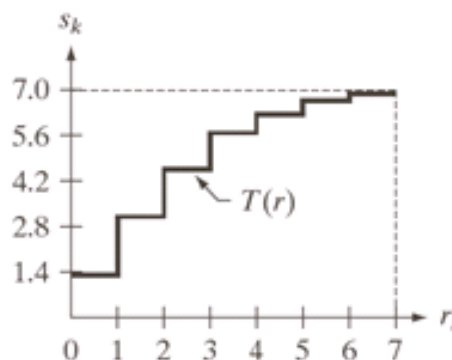
- Ecualización del histograma:** Imagen de 3 bits, 64 x 64 pixeles

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

$s_0 = 1.33 \rightarrow 1$	$s_4 = 6.23 \rightarrow 6$
$s_1 = 3.08 \rightarrow 3$	$s_5 = 6.65 \rightarrow 7$
$s_2 = 4.55 \rightarrow 5$	$s_6 = 6.86 \rightarrow 7$
$s_3 = 5.67 \rightarrow 6$	$s_7 = 7.00 \rightarrow 7$



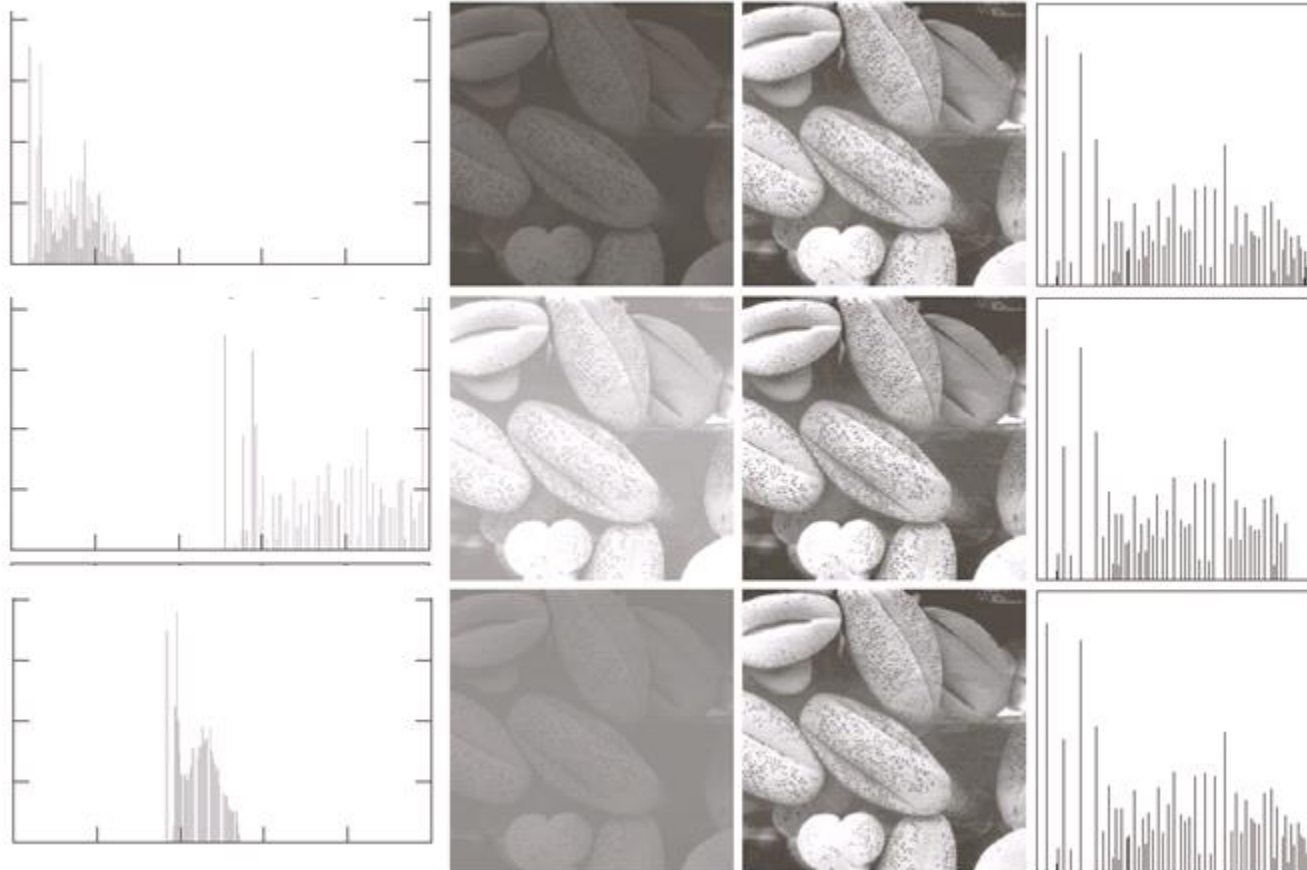
Histograma original



Histograma ecualizado

Tema 2: Transformaciones de intensidad

- **Ecualización del histograma:**



Tema 2: Transformaciones de intensidad



38

- **Umbralización:**

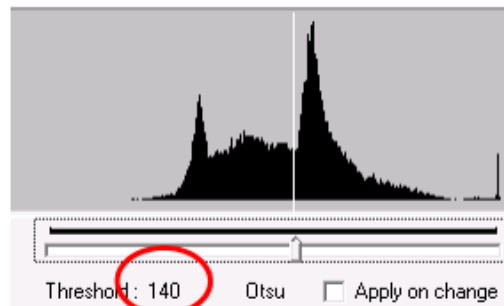
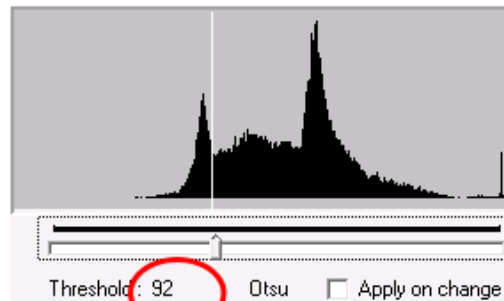
El histograma es utilizado para binarizar una imagen digital, es decir, convertirla en una imagen en blanco y negro, de tal manera que se preserven las propiedades "esenciales" de la imagen.

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).

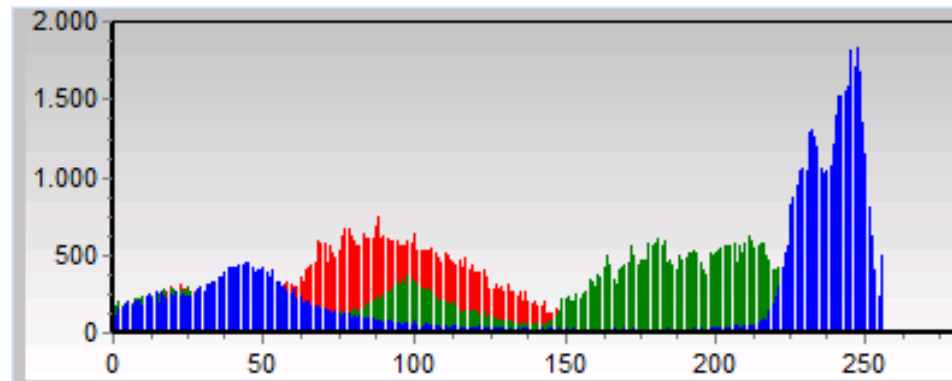
Tema 2: Transformaciones de intensidad

(39)



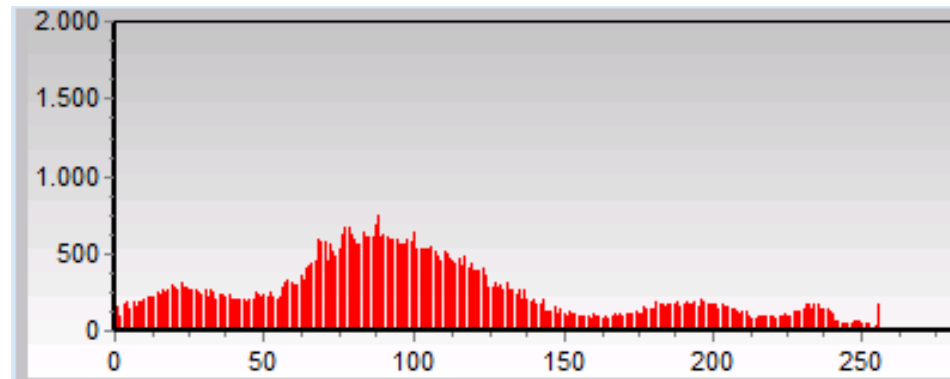
Tema 2: Transformaciones de intensidad

- **Imágenes a color:** El histograma de una imagen a color consiste en tres gráficas siendo cada una el histograma de cada color primario.



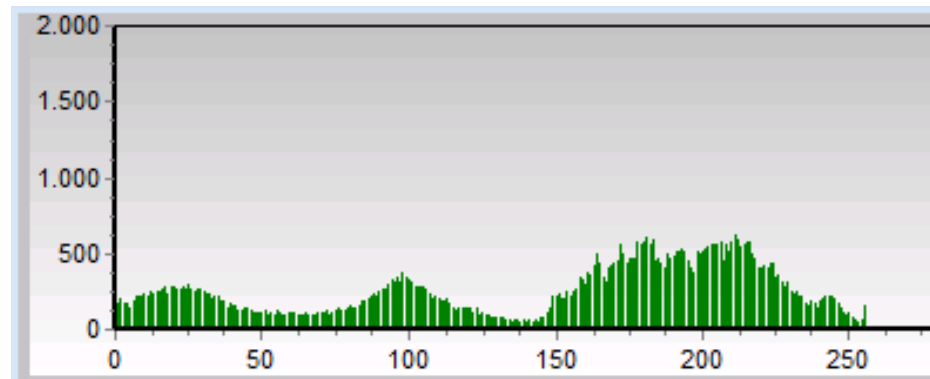
Tema 2: Transformaciones de intensidad

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



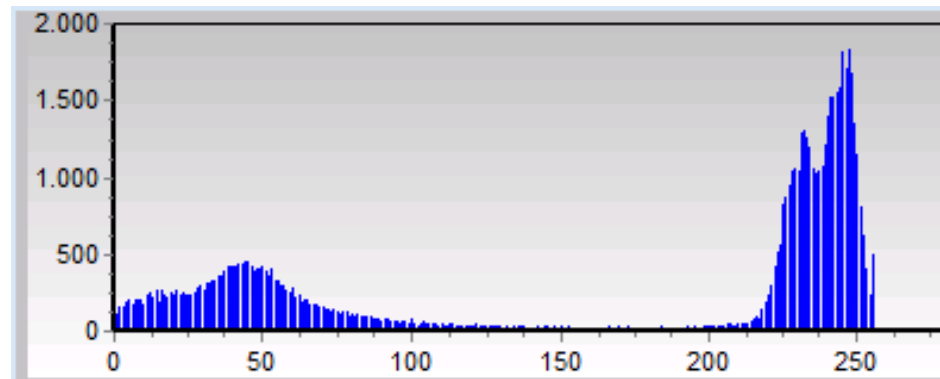
Tema 2: Transformaciones de intensidad

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



Tema 2: Transformaciones de intensidad

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



Tema 2: Transformaciones de intensidad



44

- Para procesar una imagen a color basta aplicar los métodos de procesamiento que se estudien para imágenes en escala de grises a cada uno de los tres canales de color.
- Hay que tener en cuenta que el procesamiento por separado de cada canal de color RGB puede dar lugar a resultados poco naturales.

Bibliografía



45

- R.C. González, R.E. Woods. *Digital Image Proccesing*, 4th edition. Pearson, 2018.