

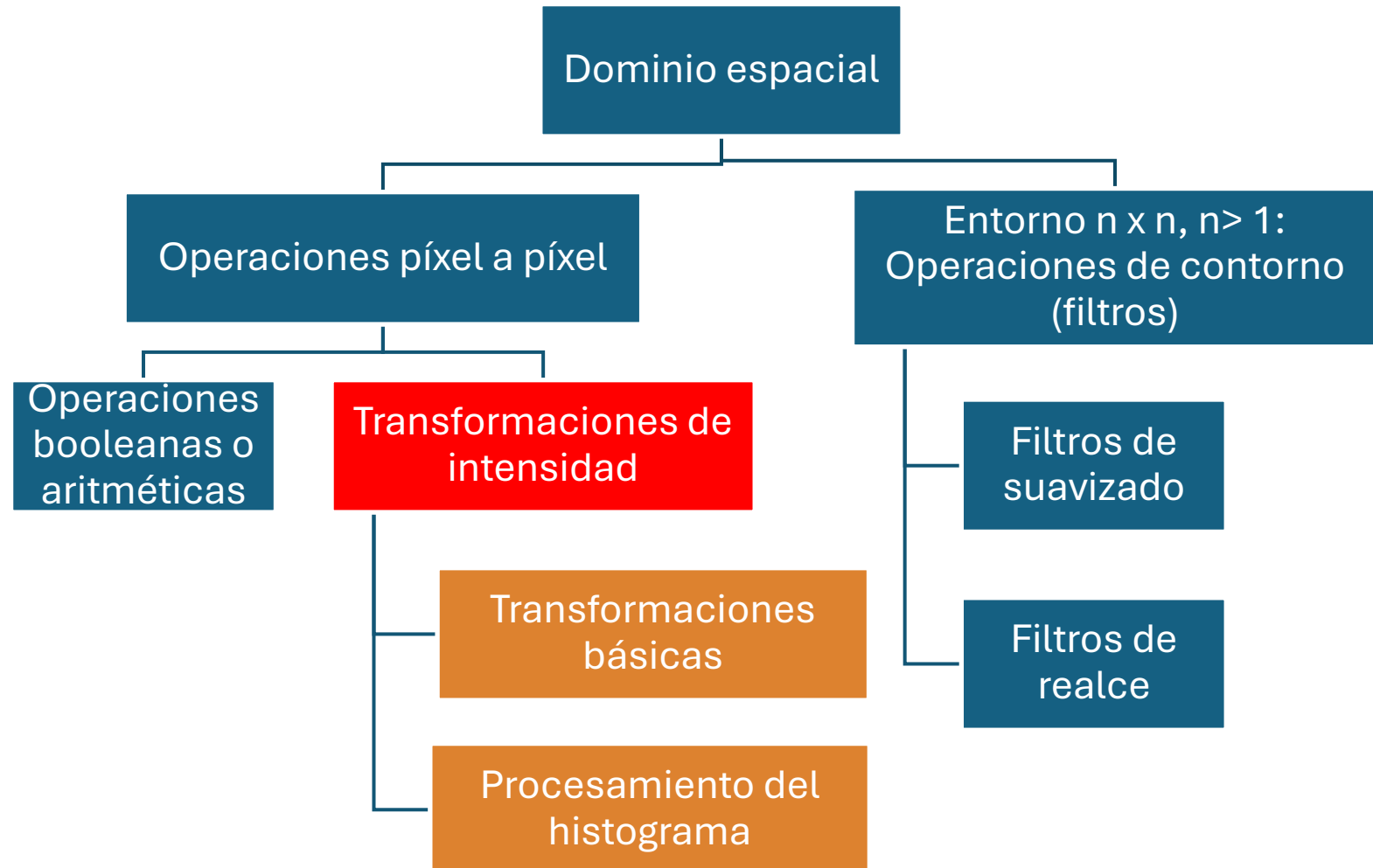
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES

DPTO. MATEMÁTICA APLICADA I

Tema 2: Transformaciones de intensidad



Tema 2: Transformaciones de intensidad

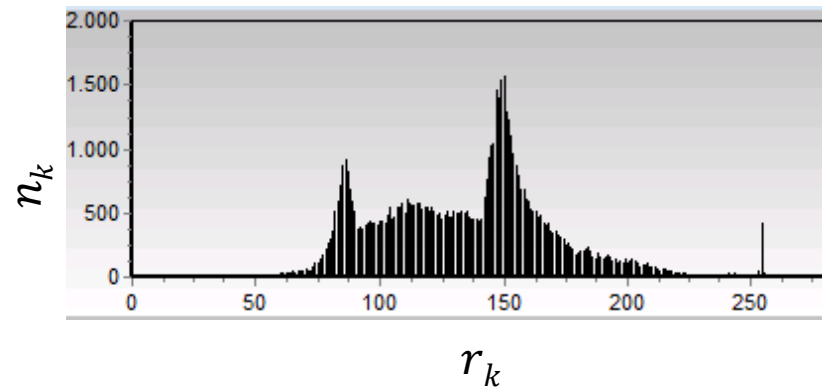


Tema 2: Transformaciones de intensidad



- **Histograma de una imagen:** representa las frecuencias de los diferentes valores de gris en la imagen.

n_k = número de píxeles con el nivel de gris r_k



Tema 2: Transformaciones de intensidad



- **Histograma normalizado:** representa la probabilidad de que ocurra cada nivel de gris r_k (luego valores entre 0 y 1 que suman 1).

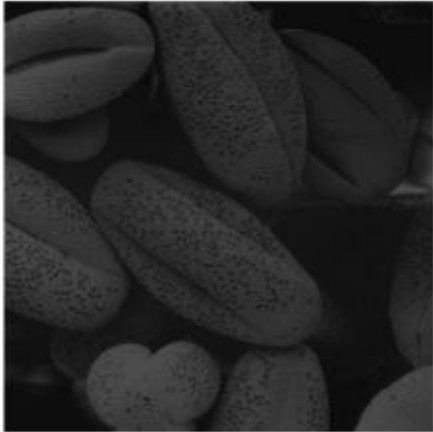
$$p(r_k) = \frac{n_k}{N}$$

n_k = número de píxeles con el nivel de gris r_k

N = número total de píxeles de la imagen

- En principio, una buena imagen debe producir un histograma más o menos uniforme y repartido en todo el rango de valores.

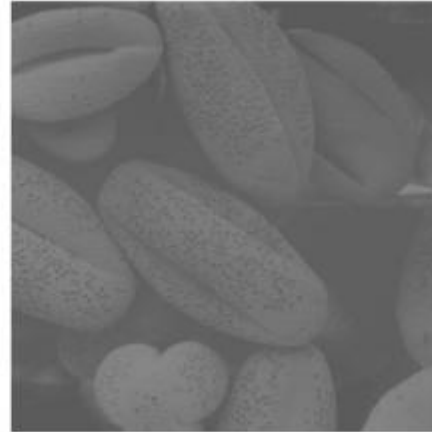
Tema 2: Transformaciones de intensidad



Oscura



Clara

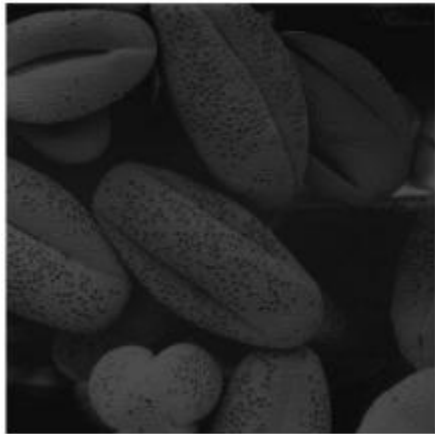


Contraste bajo

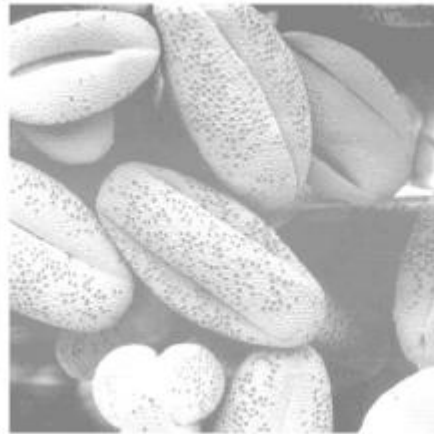


Contraste alto

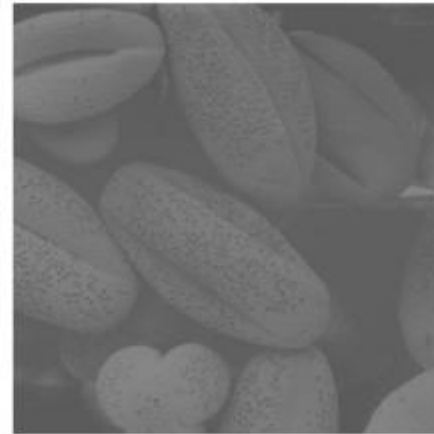
Tema 2: Transformaciones de intensidad



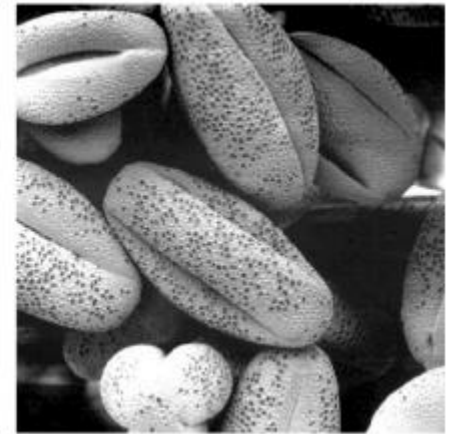
Oscura



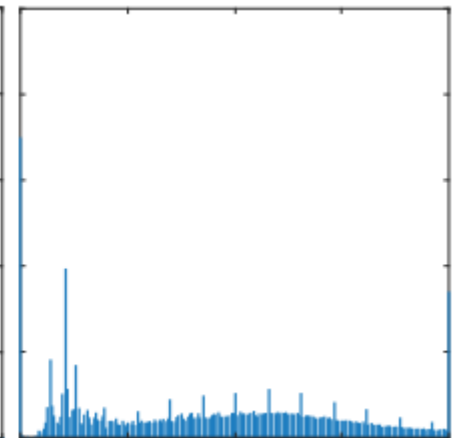
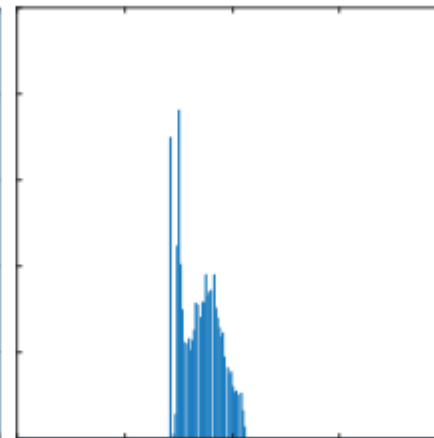
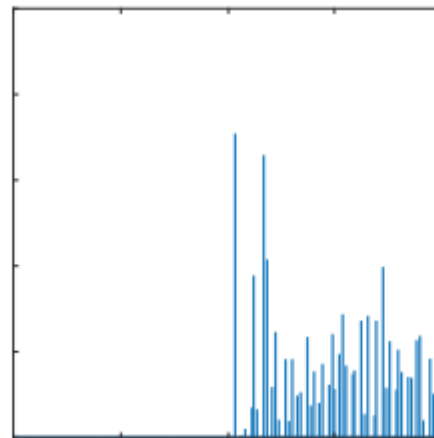
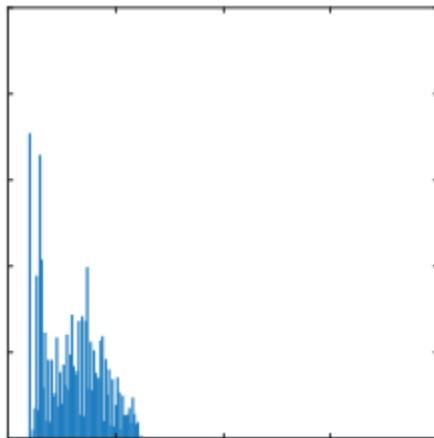
Clara



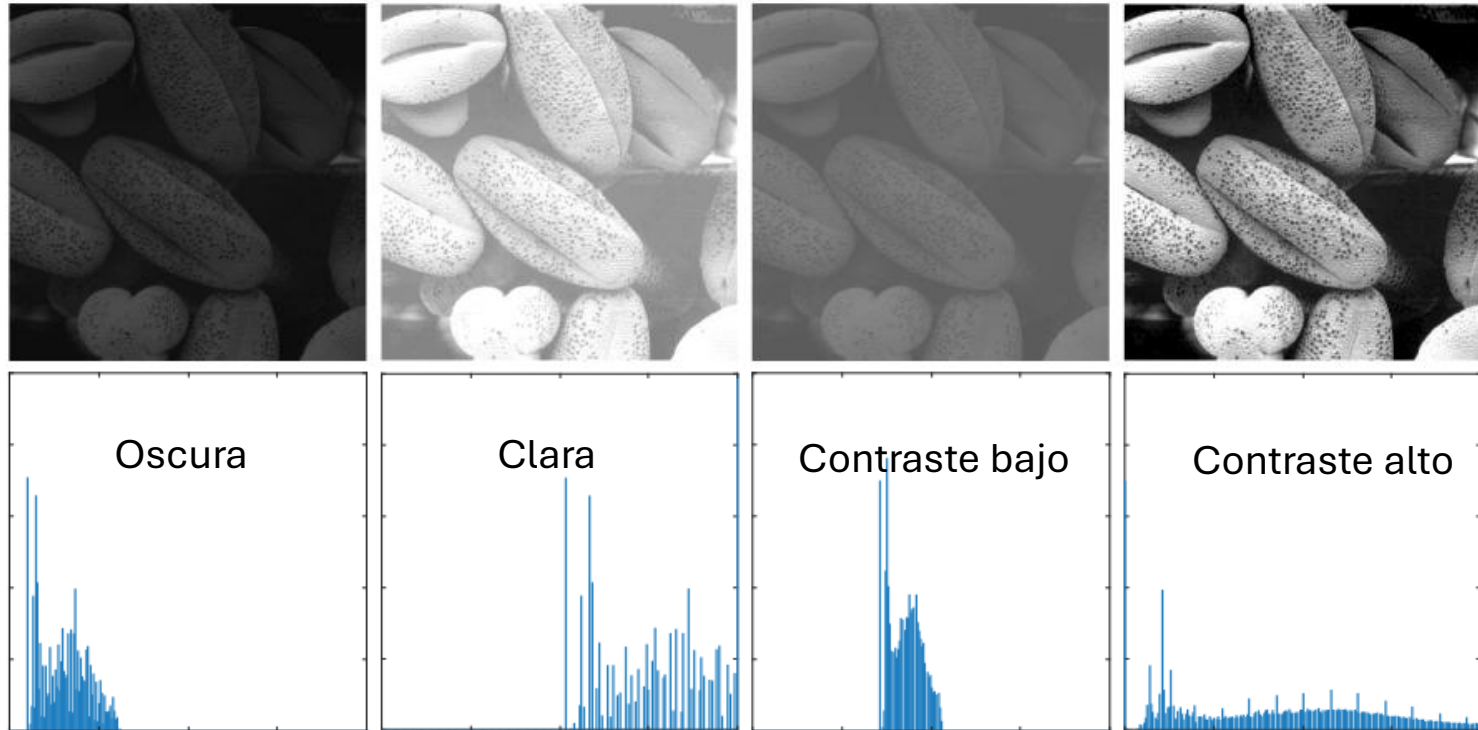
Contraste bajo



Contraste alto



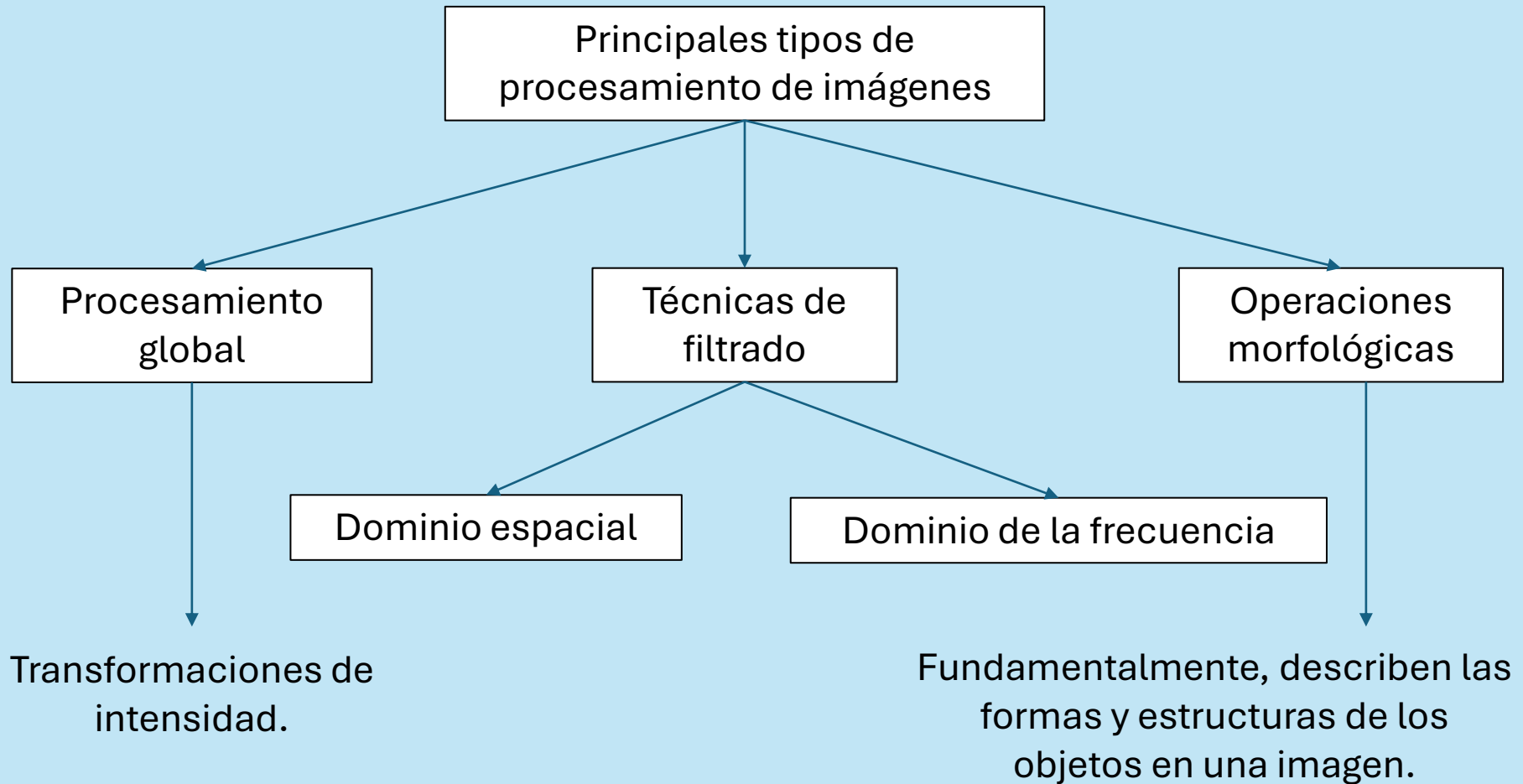
Tema 2: Transformaciones de intensidad



Practica:

- Usa la función `calcHist` de OpenCV para calcular el histograma
`cv.calcHist([imagen], canal, máscara sobre la imagen, tamaño del histograma (número de bins), rango de valores excluyendo el último)`
- Visualiza el histograma con `plt.plot()` (`import matplotlib.pyplot as plt`)

Tema 2: Transformaciones de intensidad



Tema 2: Transformaciones de intensidad



- Las **transformaciones de intensidad** son funciones T que actúan sobre un único pixel de la imagen modificando su valor de intensidad.

$$f(x, y) \xrightarrow{T} g(x, y)$$

- Debido a que solo dependen de los valores de intensidad, y no de las coordenadas espaciales (x, y) , se expresan como:

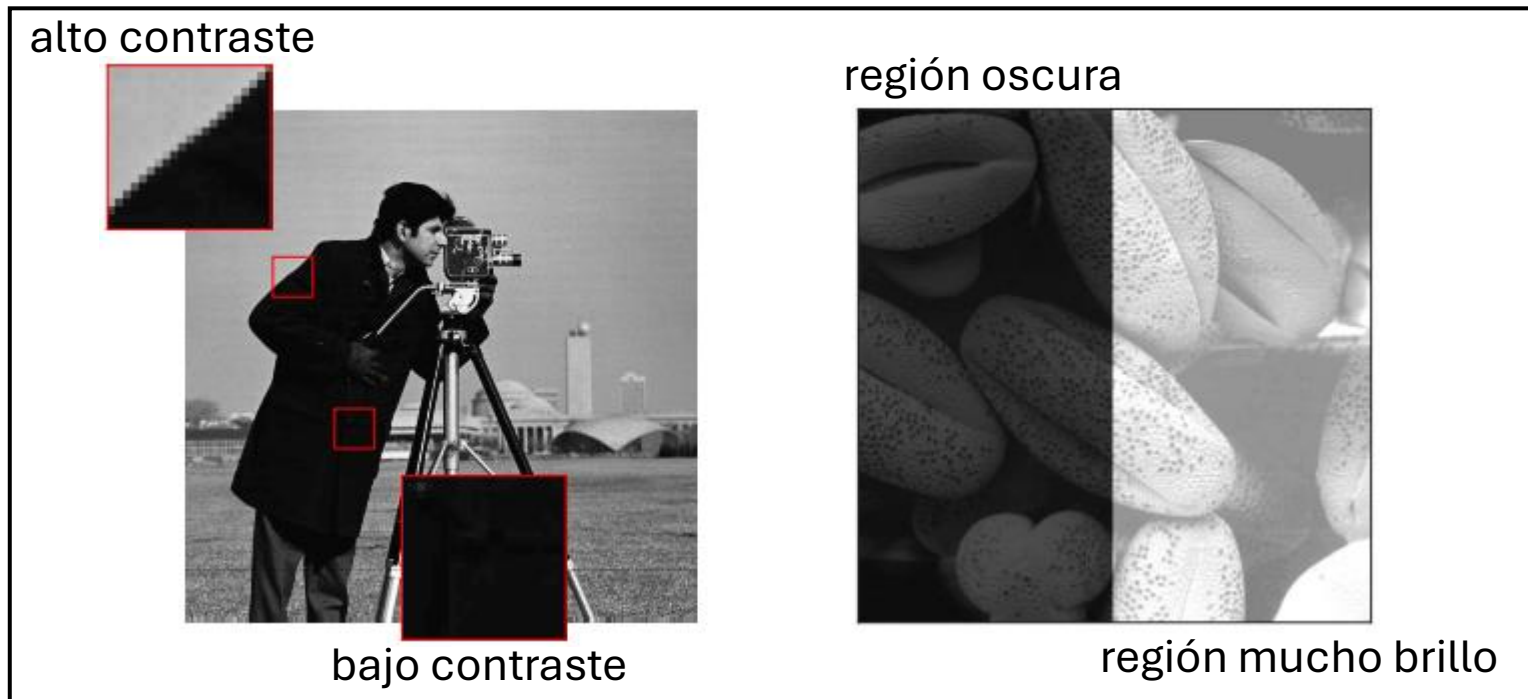
$$s = T(r)$$

donde r y s son los valores de intensidad de $f(x, y)$ y $g(x, y)$, respectivamente.

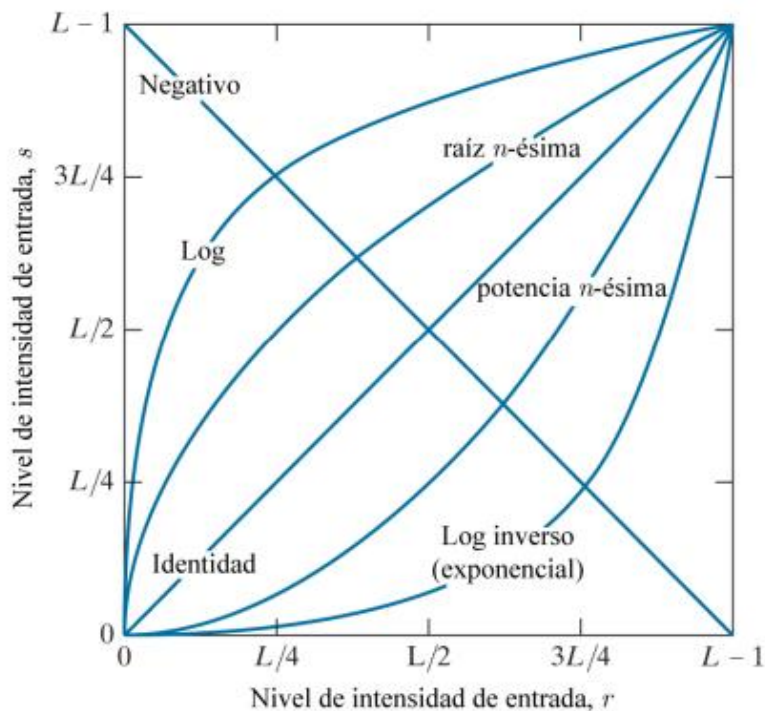
Tema 2: Transformaciones de intensidad



- En general, modifican el *contraste* y el *brillo* de una imagen.

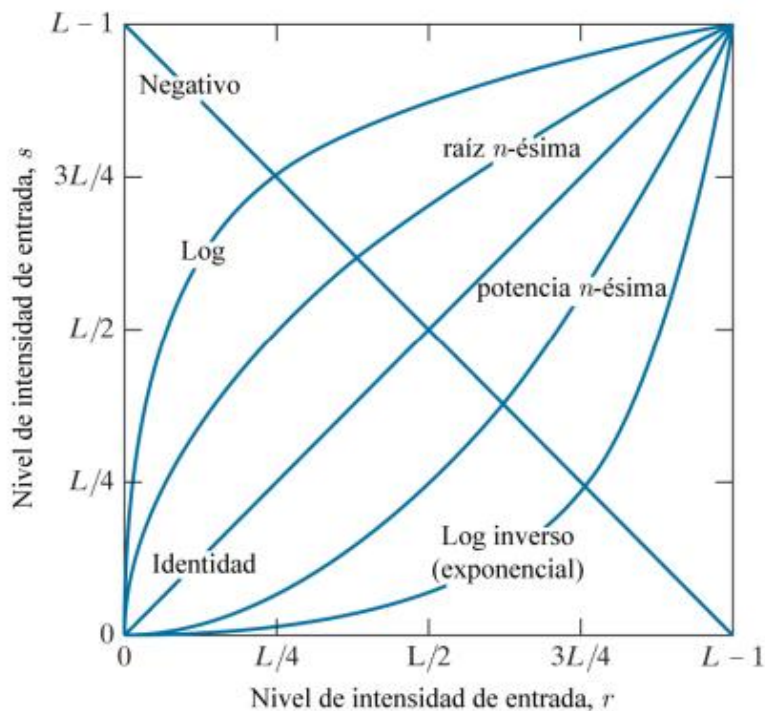


Tema 2: Transformaciones de intensidad



- Transformaciones lineales
- Transformaciones no lineales
 - Logaritmo e inversa del logaritmo
 - Corrección gamma / potencias
- Ecualización del histograma
- Transformaciones a trozos

Tema 2: Transformaciones de intensidad



- **Transformaciones lineales**
- Transformaciones no lineales
 - Logaritmo e inversa del logaritmo
 - Corrección gamma / potencias
- Ecualización del histograma
- Transformaciones a trozos

Tema 2: Transformaciones de intensidad



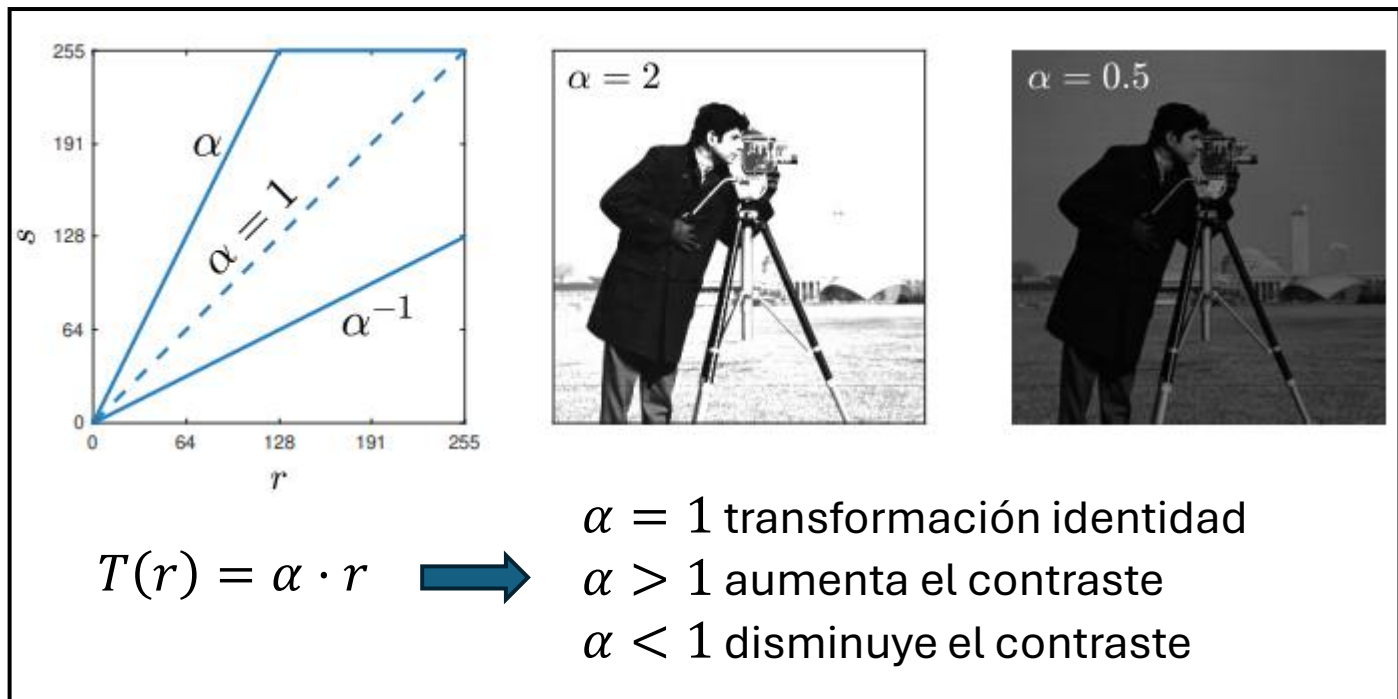
- Transformaciones lineales:

$$T(r) = \alpha \cdot r + \beta$$

Tema 2: Transformaciones de intensidad

- Transformaciones lineales:

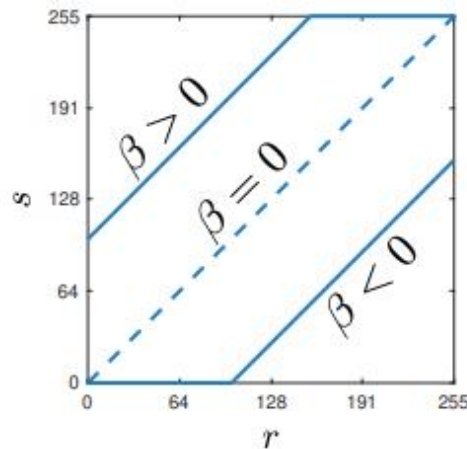
$$T(r) = \alpha \cdot r + \beta$$



Tema 2: Transformaciones de intensidad

- Transformaciones lineales:

$$T(r) = \alpha \cdot r + \beta$$



$T(r) = r + \beta \rightarrow$

- $\beta = 0$ transformación identidad
- $\beta > 0$ aumenta el brillo
- $\beta < 0$ disminuye el brillo

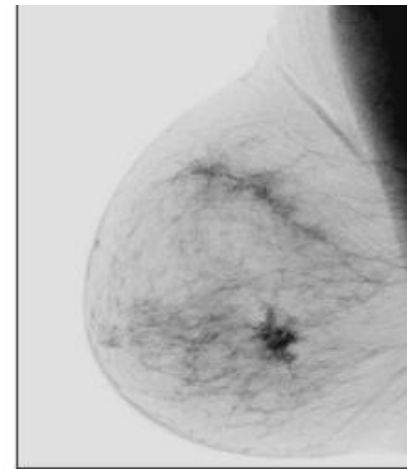
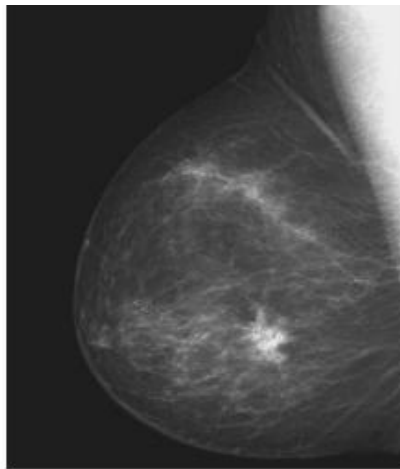
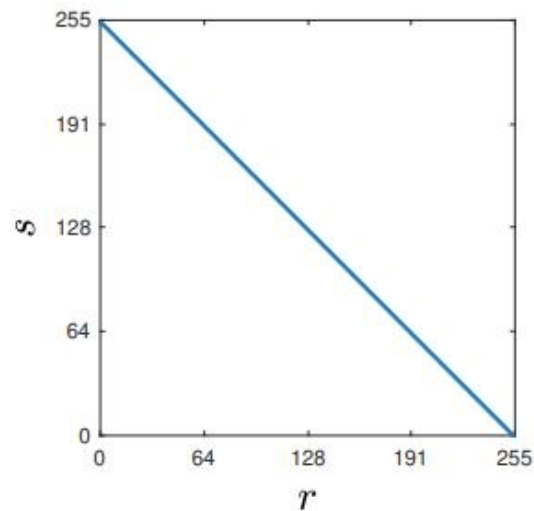
Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones lineales:

Transformación negativa

$$T(r) = 255 - r$$



Es una herramienta que puede utilizarse para mejorar la visibilidad de detalles y resaltar características específicas en una imagen.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones lineales:

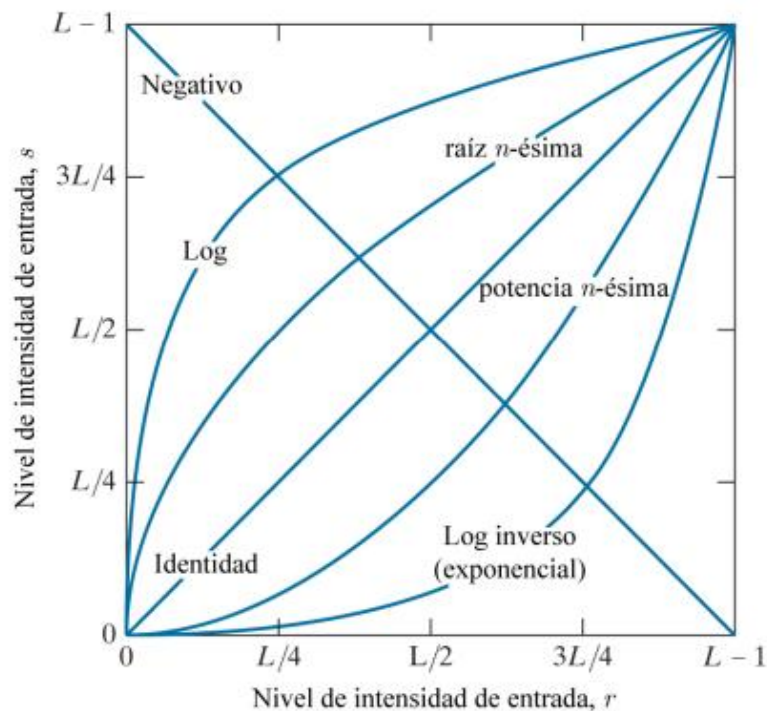
$$T(r) = \alpha \cdot r + \beta$$

Practica:

1. Carga una imagen en escala de grises que tenga bastante contraste.
2. Usa una transformación lineal para aclarar la imagen pero de manera que los valores sigan estando entre [0 y 255] (por ejemplo, que todos los niveles de gris estén en [100, 255]).

Nota: cuidado con el tipo de datos.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



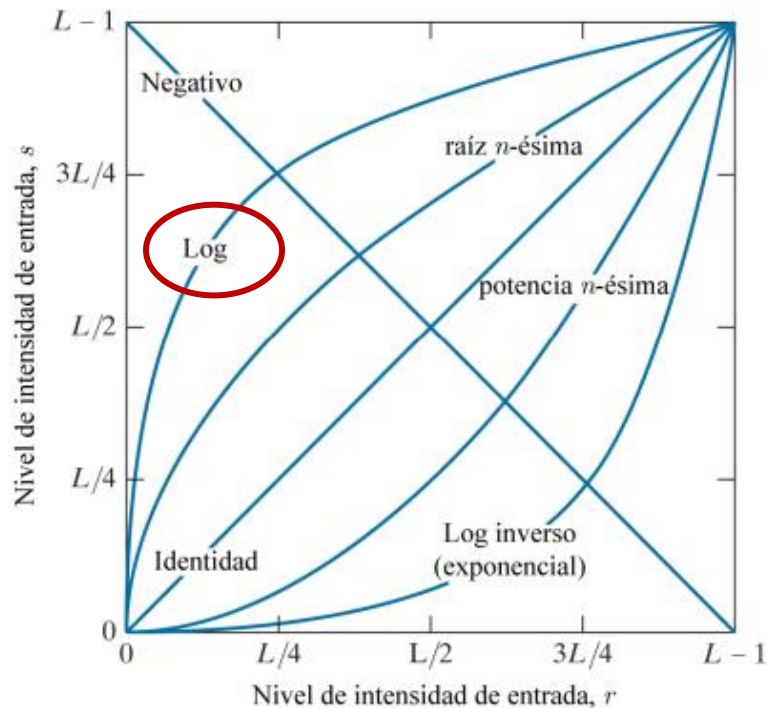
- Transformaciones lineales
- **Transformaciones no lineales**
 - Logaritmo e inversa del logaritmo
 - Corrección gamma / potencias
- Ecualización del histograma
- Transformaciones a trozos

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación logarítmica

$$T(r) = c \cdot \log(1 + r)$$

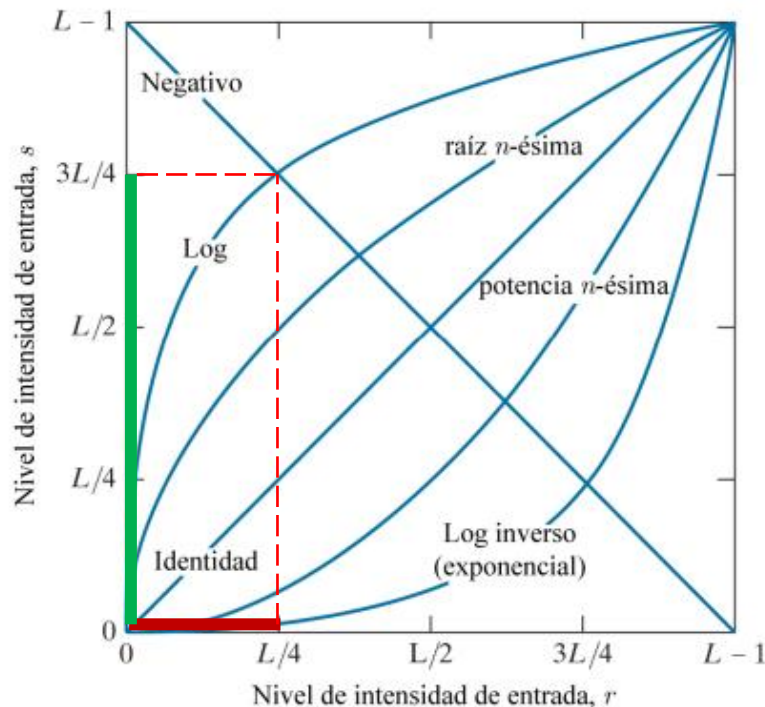


Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación logarítmica

$$T(r) = c \cdot \log(1 + r)$$



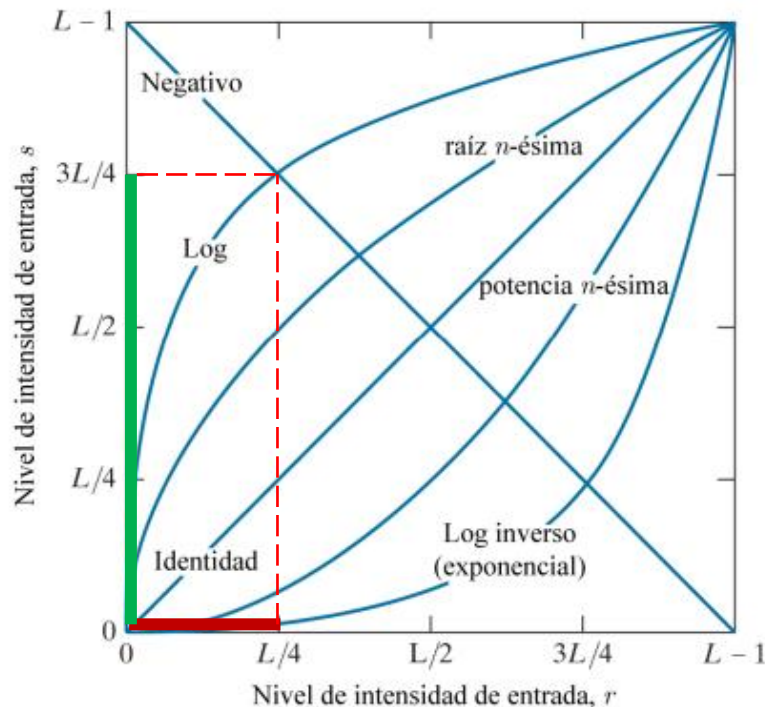
- Observar en la gráfica cómo aplica un **estrecho rango de valores bajos** de intensidad en **uno más amplio**.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación logarítmica

$$T(r) = c \cdot \log(1 + r)$$



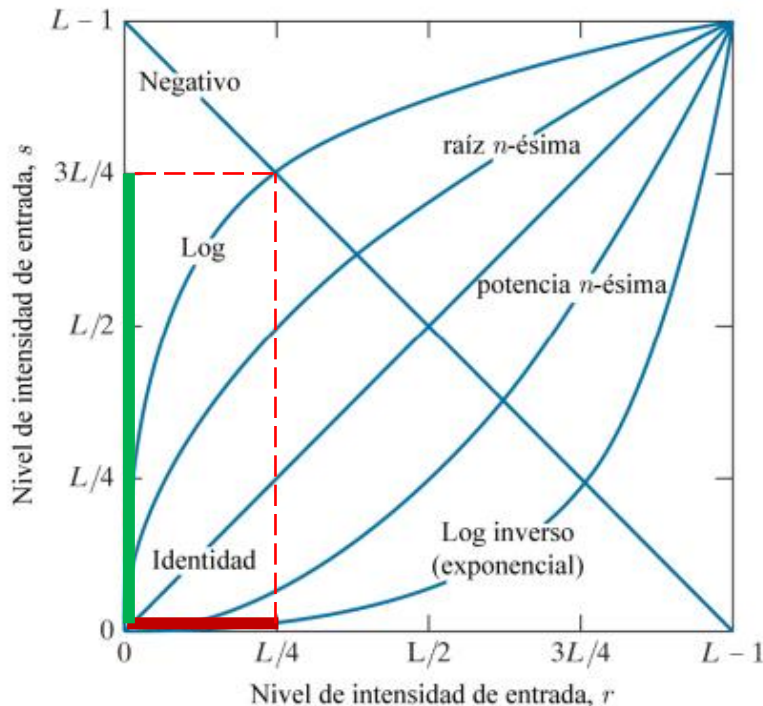
- Observar en la gráfica cómo aplica un **estrecho rango de valores bajos** de intensidad en **uno más amplio**.
- Efecto: Se usa para visualizar bajos niveles de intensidad con mayor margen dinámico, es decir, incrementa el rango dinámico en regiones oscuras y lo disminuye en regiones claras.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación logarítmica

$$T(r) = c \cdot \log(1 + r)$$



- Factor de escala c : $T(r_{max}) = L - 1$

$$c = \frac{L - 1}{\log(1 + r_{max})}$$

- O bien $T(L - 1) = L - 1$

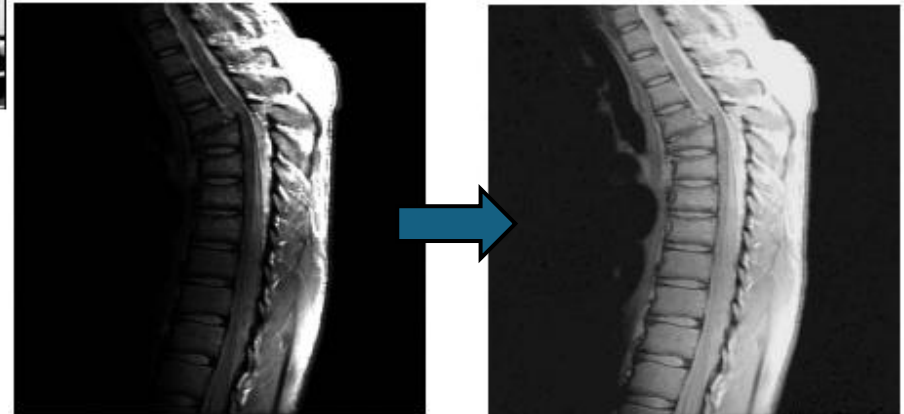
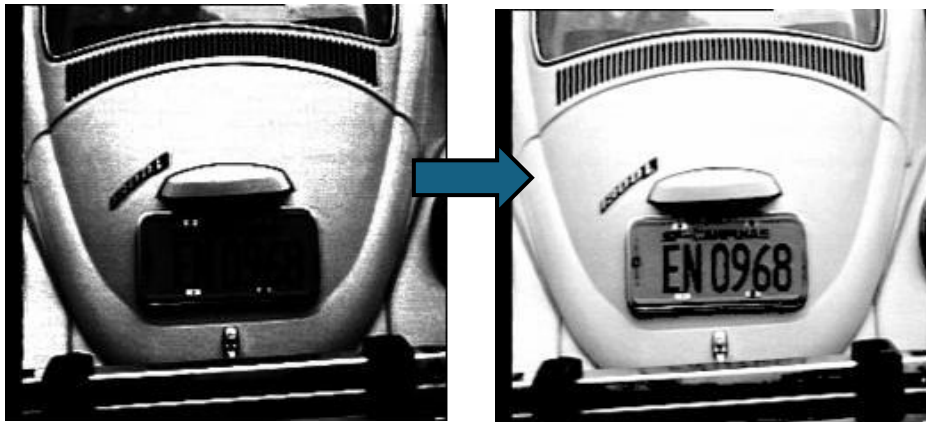
$$c = \frac{L - 1}{\log(L)}$$

Tema 2: Transformaciones de intensidad



- Transformaciones no lineales: Transformación logarítmica

$$T(r) = c \cdot \log(1 + r)$$



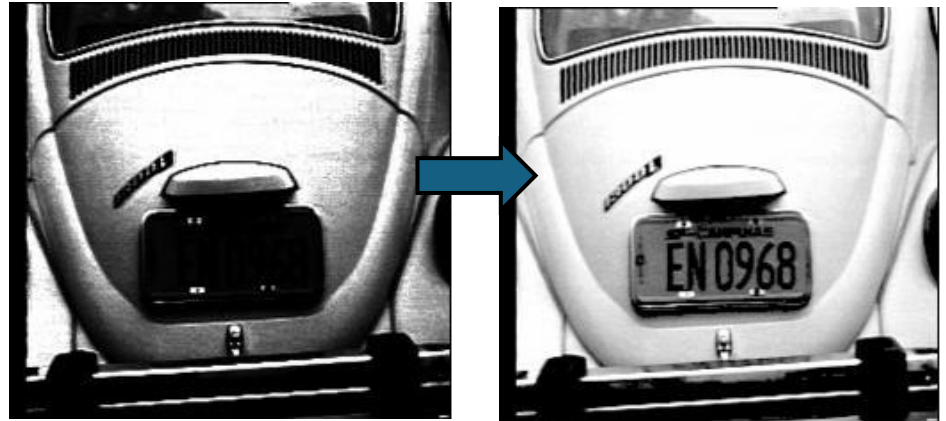
Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación logarítmica

$$T(r) = c \cdot \log(1 + r)$$

Practica:



1. Carga una imagen en escala de grises que tenga bastante contraste.
2. Calcula la constante para que el máximo de la imagen vaya en 255.
3. Aplica log a la matriz de la imagen (usa `np.log()`).

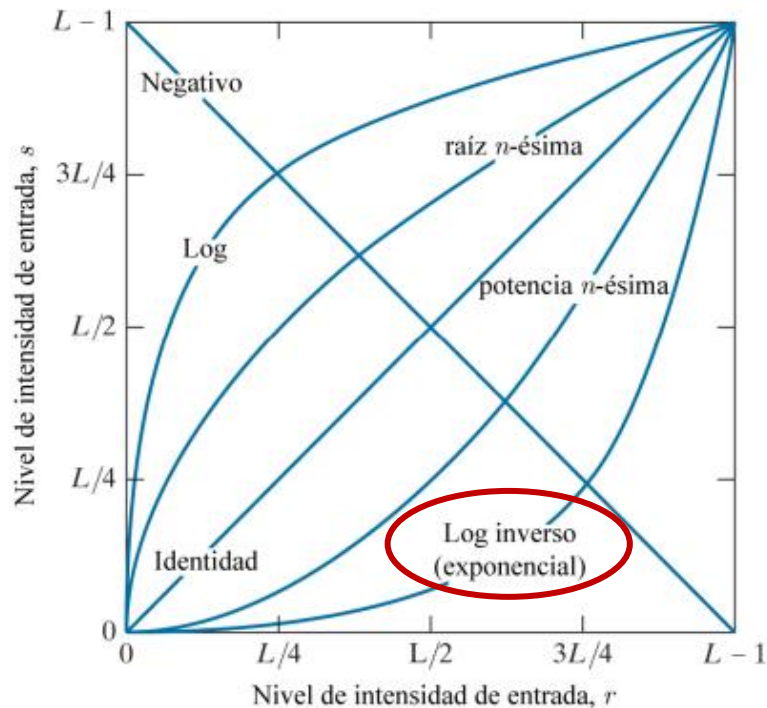
Nota: cuidado con el tipo de datos.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación exponencial

$$T(r) = e^{r/c} - 1$$

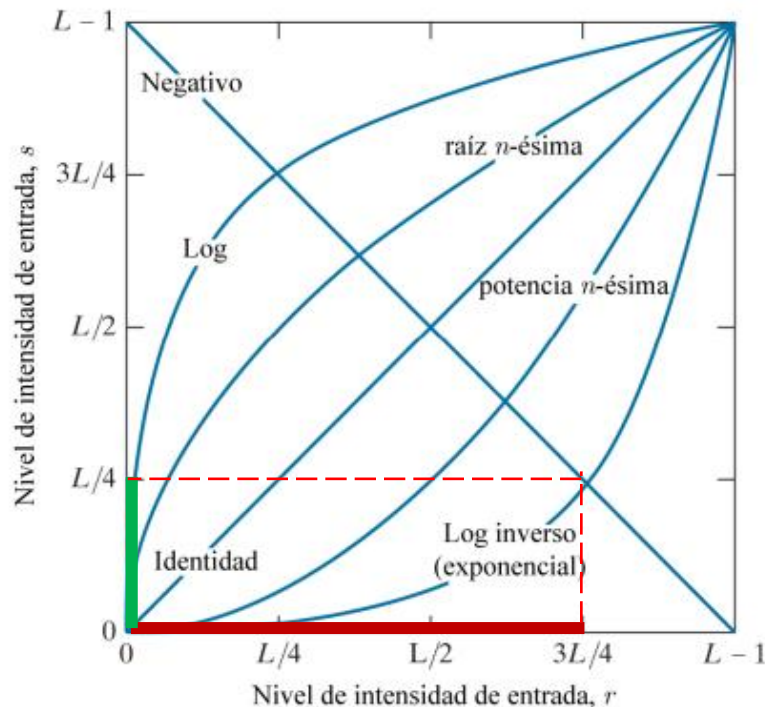


Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación exponencial

$$T(r) = e^{r/c} - 1$$



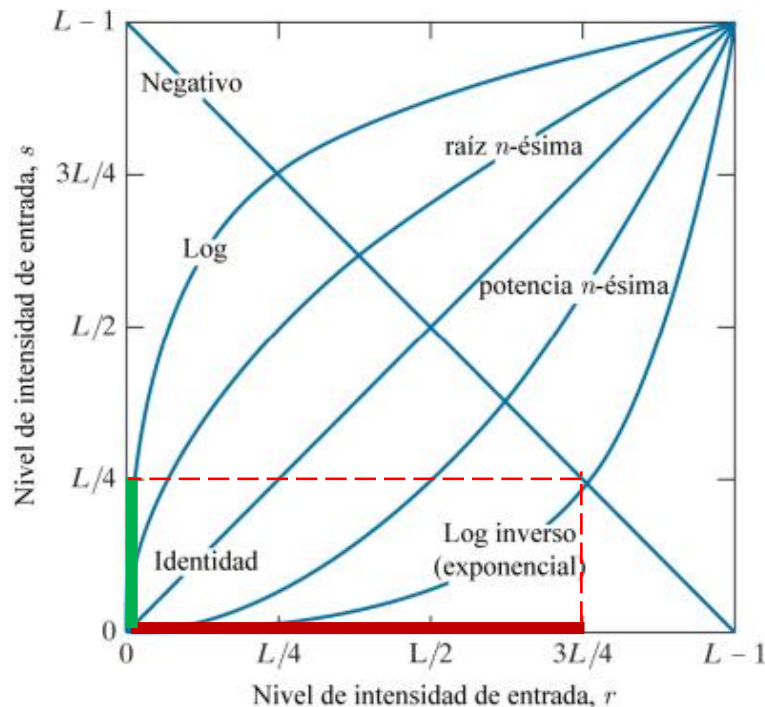
- Observar en la gráfica cómo ahora aplica un **amplio rango de valores bajos** de intensidad en **uno más estrecho**.
- Efecto: Puede mejorar la discriminación visual en zonas de alta luminosidad.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación exponencial

$$T(r) = e^{r/c} - 1$$



- Factor de escala c : $T(r_{max}) = L - 1$

$$c = \frac{r_{max}}{\log(L)}$$

- O bien $T(L - 1) = L - 1$

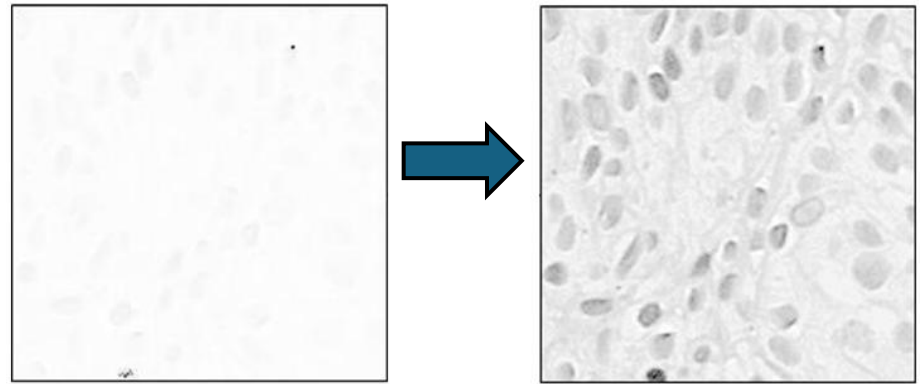
$$c = \frac{L - 1}{\log(L)}$$

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Transformación exponencial

$$T(r) = e^{r/c} - 1$$



Practica:

1. Carga una imagen en escala de grises que tenga bastante contraste.
2. Calcula la constante para que el máximo de la imagen vaya en 255.
3. Aplica exp a la matriz de la imagen (usa `np.exp()`).

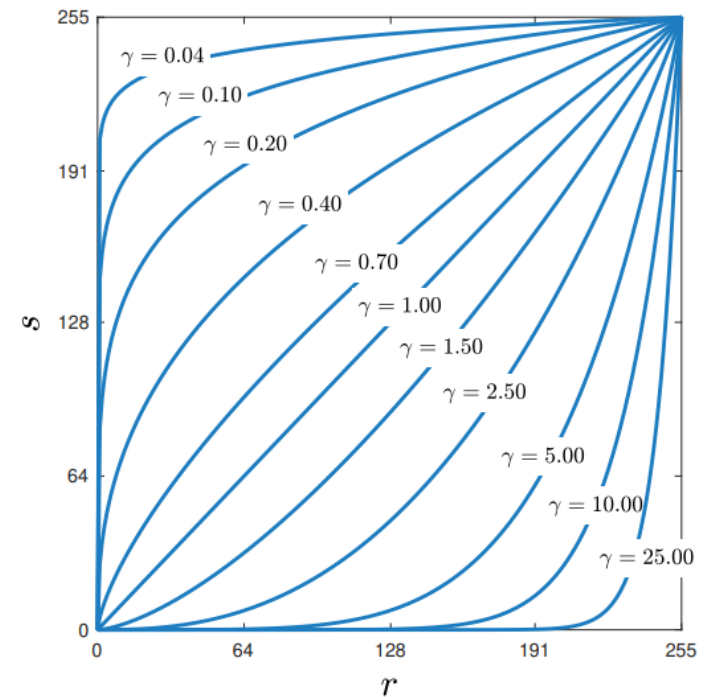
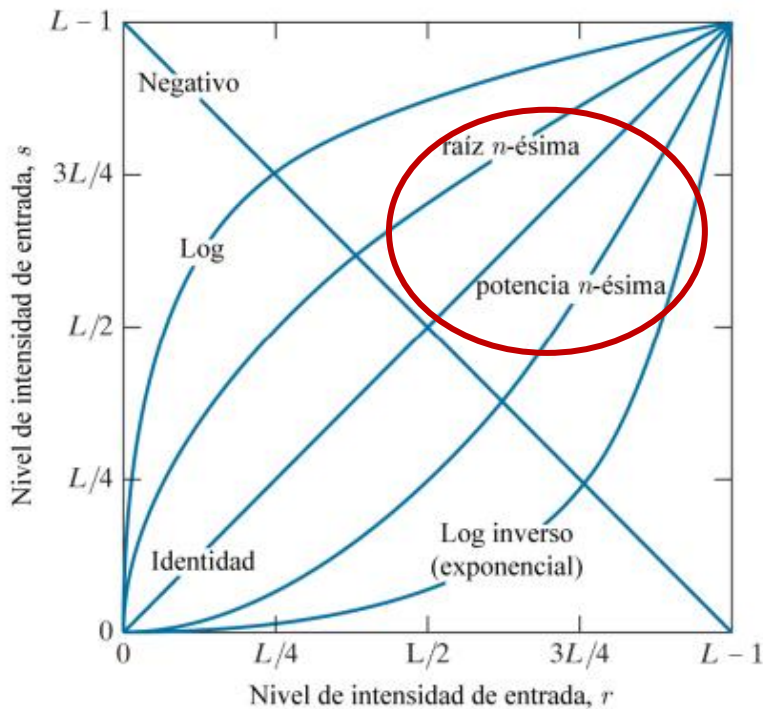
Nota: cuidado con el tipo de datos.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Corrección gamma o potencias

$$T(r) = cr^\gamma$$



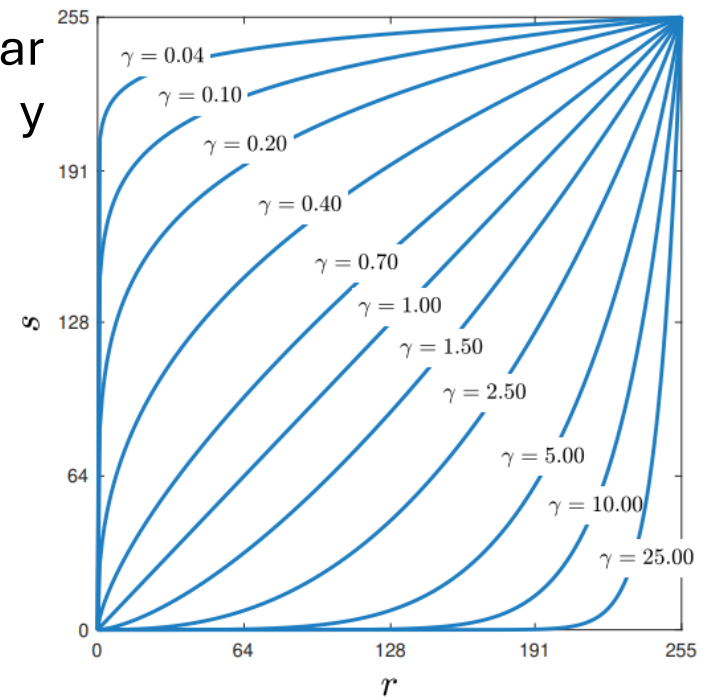
Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Corrección gamma o potencias

$$T(r) = cr^\gamma$$

- Variando el valor de γ , es posible realizar diferentes tipos de compresión y expansión del rango dinámico.



Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Corrección gamma

$$T(r) = cr^\gamma$$

- Variando el valor de γ , es posible realizar diferentes tipos de compresión y expansión del rango dinámico.

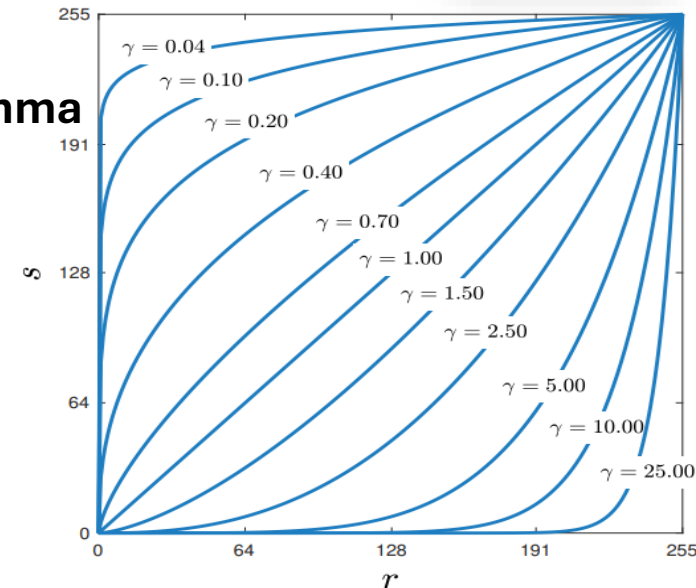


Imagen original

$\gamma = 1/2$

$\gamma = 1/3$

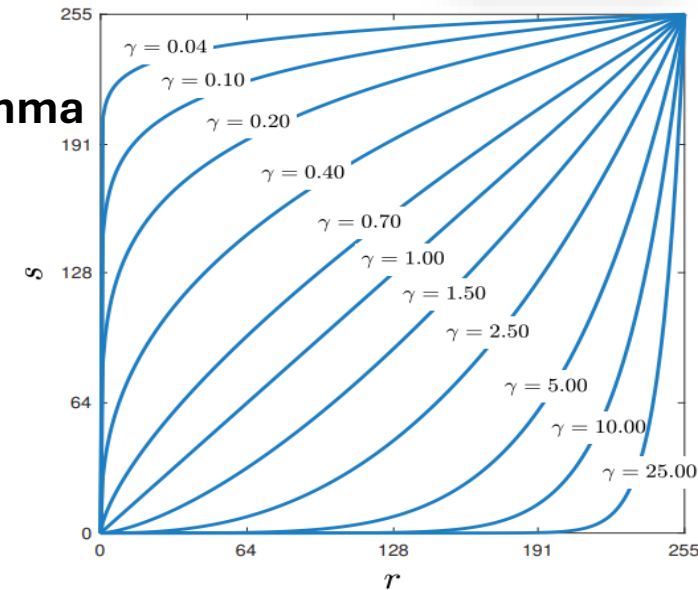
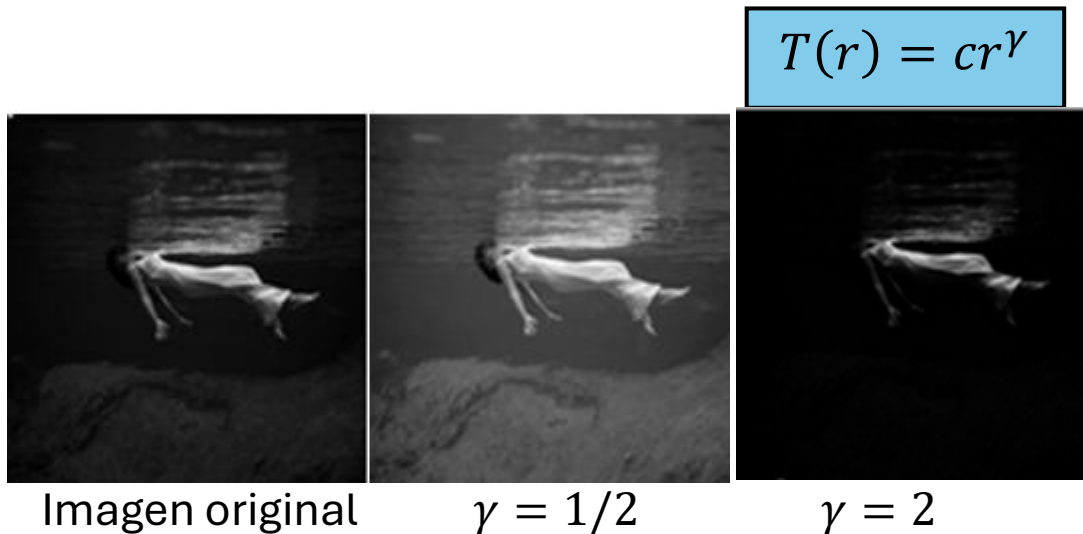
$\gamma = 1/4$

$\gamma = 2$

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones no lineales: Corrección gamma

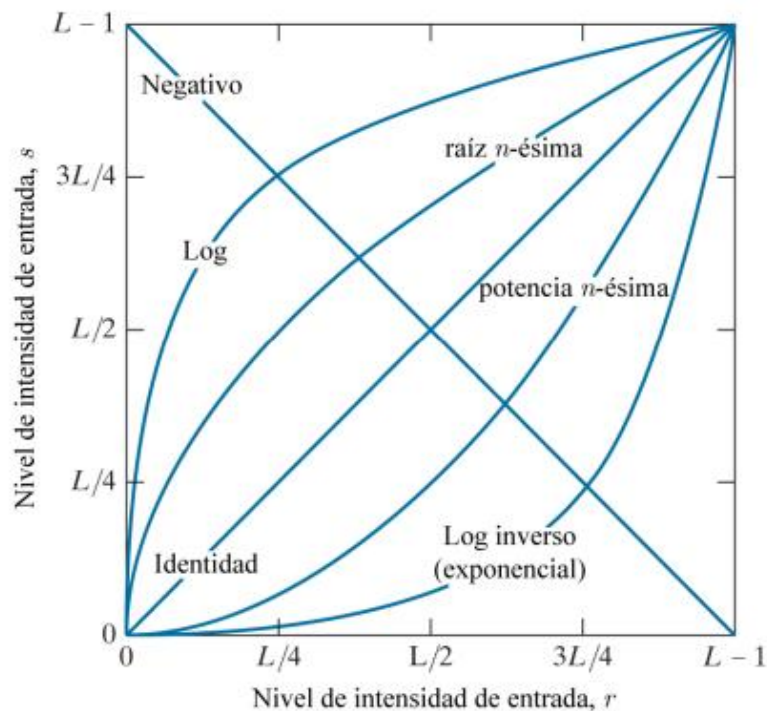


Practica:

1. Carga una imagen en escala de grises que tenga bastante contraste.
2. Calcula, para cada gamma, la constante para que el máximo de la imagen vaya en 255. Usa np.power y aplica la fórmula.

Nota: cuidado con el tipo de datos.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



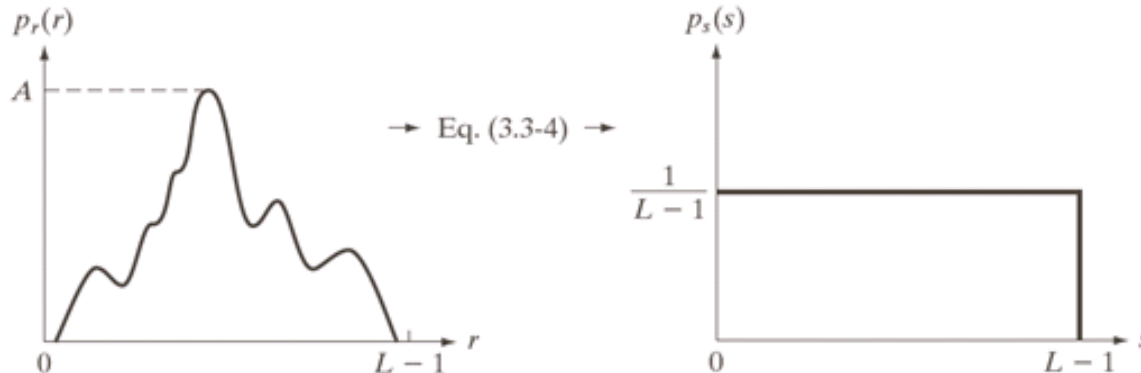
- Transformaciones lineales
- Transformaciones no lineales
 - Logaritmo e inversa del logaritmo
 - Corrección gamma
- **Ecualización del histograma**
- Transformaciones a trozos

Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Ecualización del histograma (equalization):

- Mejorar el contraste de la imagen repartiendo de forma más o menos **uniforme** los valores del histograma (histograma tal que los niveles de gris tengan una densidad uniforme).



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.

Tema 2: Transformaciones de intensidad



▪ Ecualización del histograma (equalization):

- Mejorar el contraste de la imagen repartiendo de forma más o menos **uniforme** los valores del histograma (histograma tal que los niveles de gris tengan una densidad uniforme).
- Consiste en aplicar la siguiente transformación sobre los niveles de intensidad r_k de una imagen (con L niveles en total):

$$s_k = T(r_k) = (L - 1) \sum_{i=0}^k p(r_i) \quad \rightarrow \quad \text{Función mapeo}$$

Tema 2: Transformaciones de intensidad



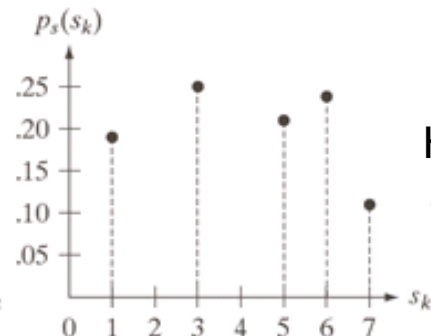
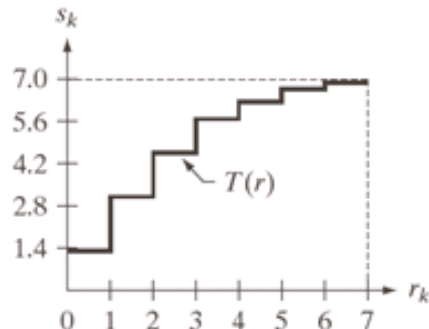
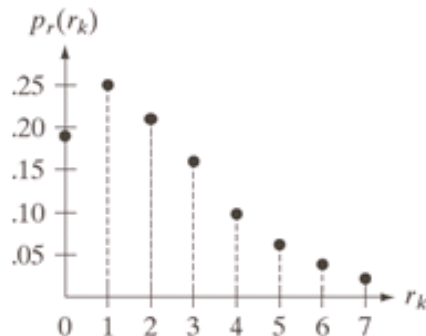
■ Ecualización del histograma (equalization):

- Ejemplo: Imagen de 3 bits, 64×64 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

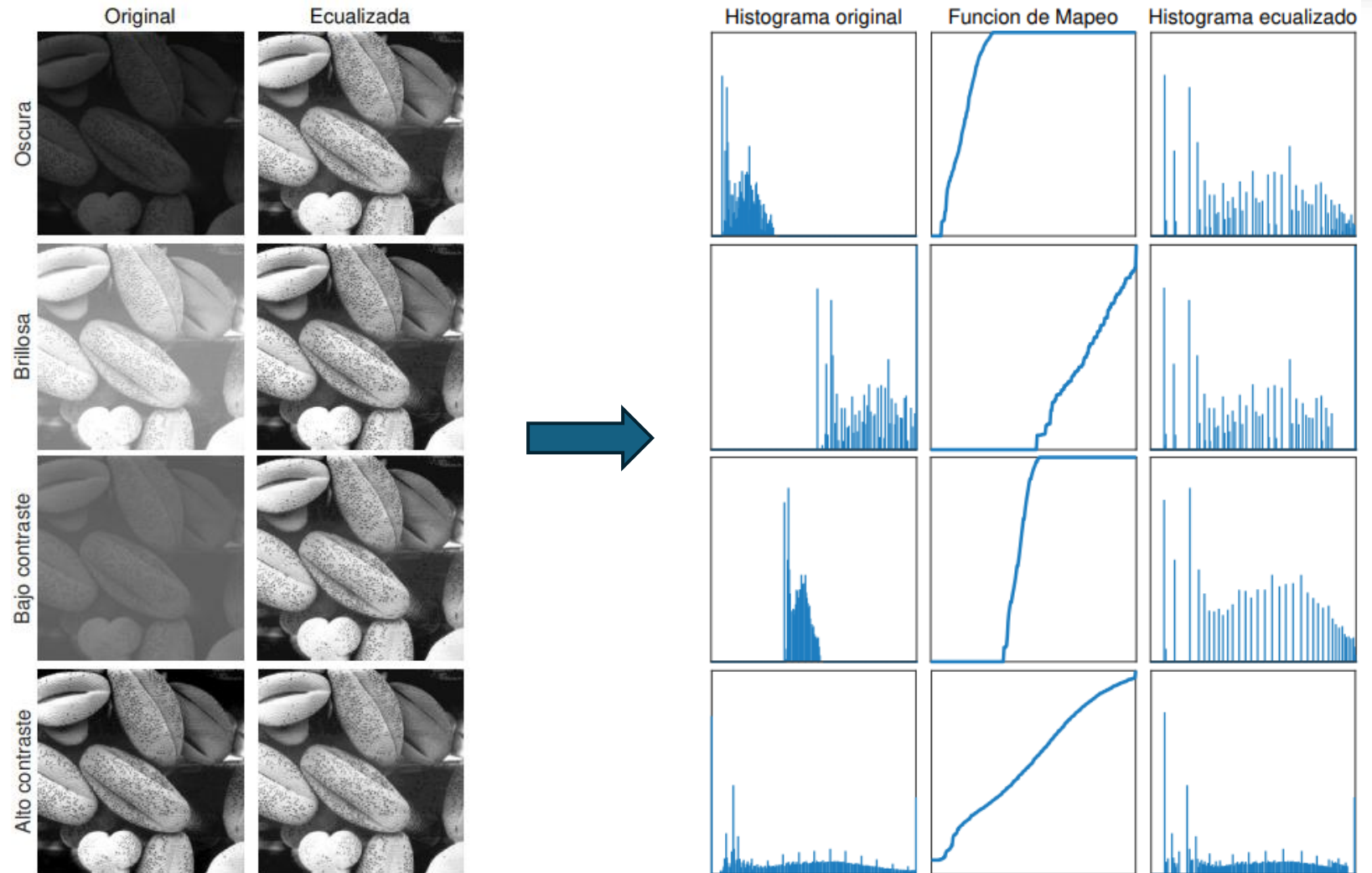
$s_0 = 1.33 \rightarrow 1$	$s_4 = 6.23 \rightarrow 6$
$s_1 = 3.08 \rightarrow 3$	$s_5 = 6.65 \rightarrow 7$
$s_2 = 4.55 \rightarrow 5$	$s_6 = 6.86 \rightarrow 7$
$s_3 = 5.67 \rightarrow 6$	$s_7 = 7.00 \rightarrow 7$

Histograma original

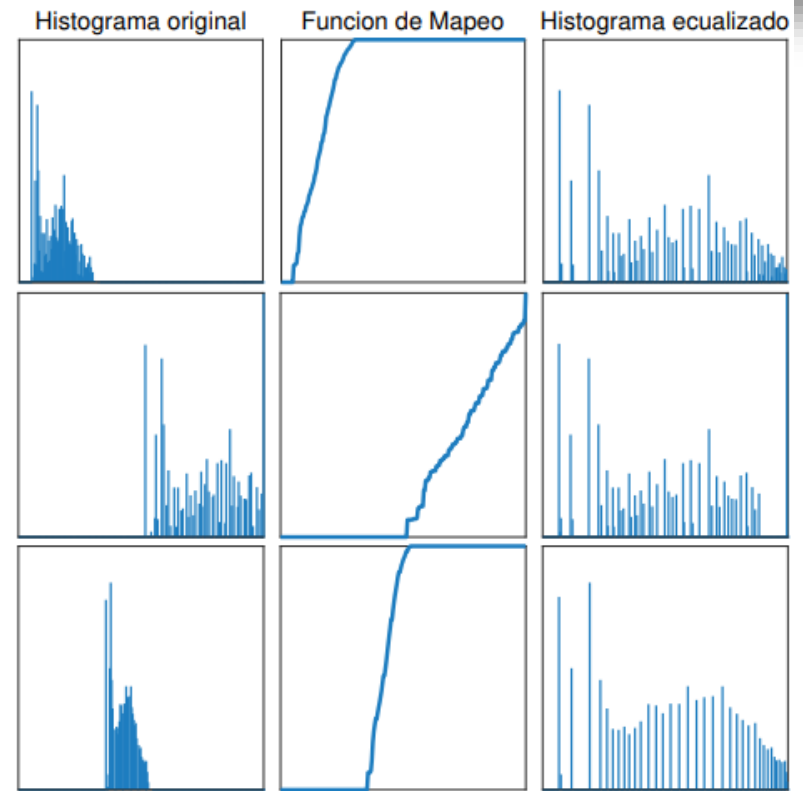
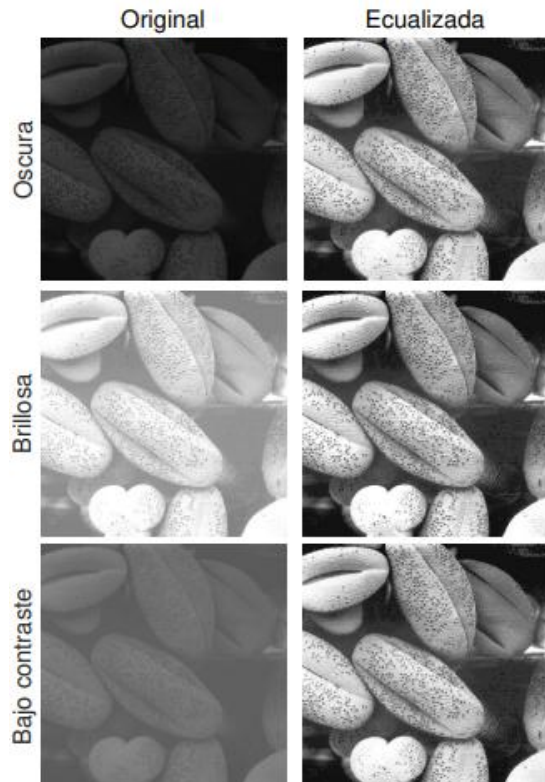


Histograma ecualizado

Tema 2: Transformaciones de intensidad



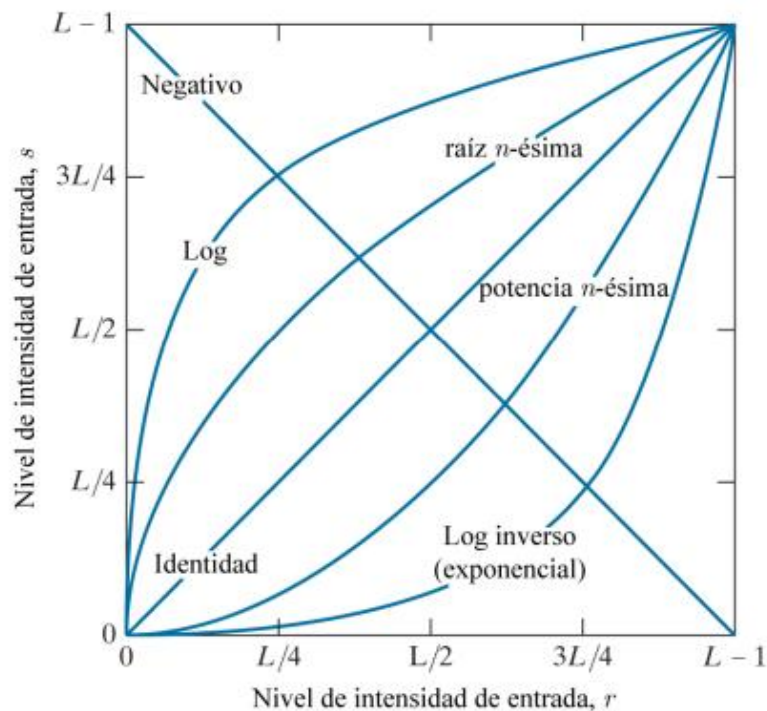
Tema 2: Transformaciones de intensidad



Practica:

1. Carga una imagen en escala de grises que tenga **poco** contraste.
2. Usa la función de OpenCV `equalizeHist()`
3. Visualiza los histogramas

Tema 2: Transformaciones de intensidad



- Transformaciones lineales
- Transformaciones no lineales
 - Logaritmo e inversa del logaritmo
 - Corrección gamma
- Ecualización del histograma
- **Transformaciones a trozos**

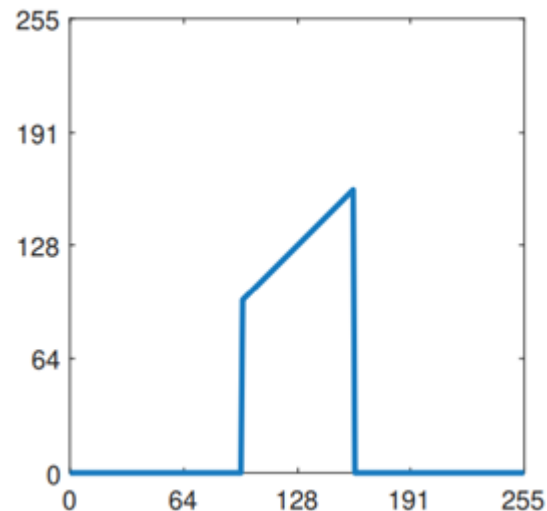
Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones a trozos:

A menudo resulta útil destacar un rango específico del nivel de gris de una imagen. Dos posibilidades serían:

- Mantener los valores de intensidad dentro del rango de interés y asignar un valor constante a los píxeles restantes.



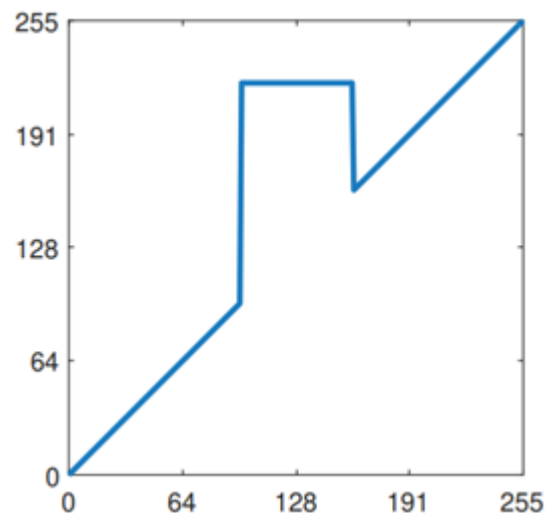
Tema 2: Transformaciones de intensidad



■ Transformaciones a trozos:

A menudo resulta útil destacar un rango específico del nivel de gris de una imagen. Dos posibilidades serían:

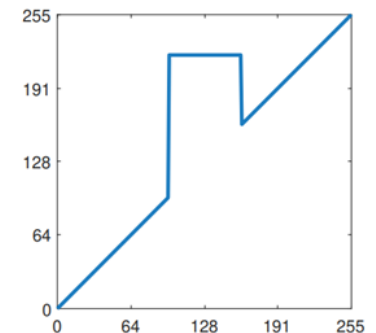
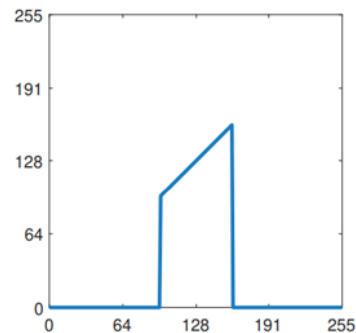
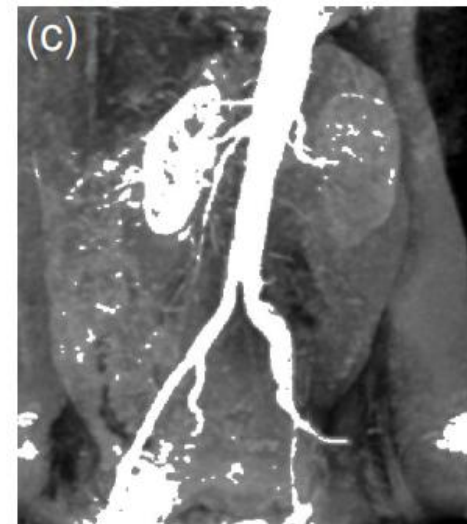
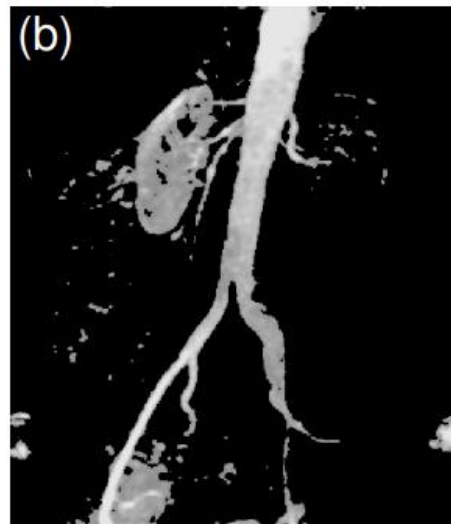
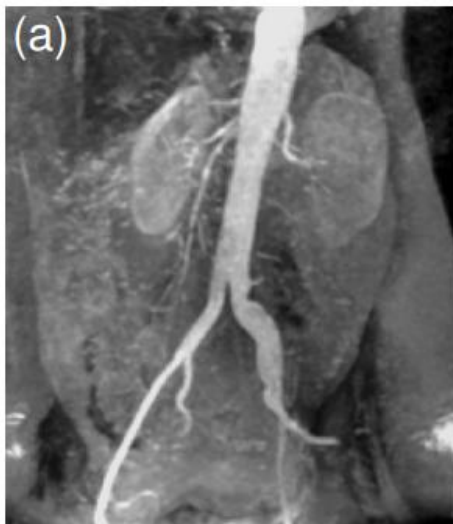
- Intensificar el rango de intensidades deseado y preservar los valores de intensidad de los píxeles restantes.



Tema 2: Transformaciones de intensidad



- Transformaciones a trozos:

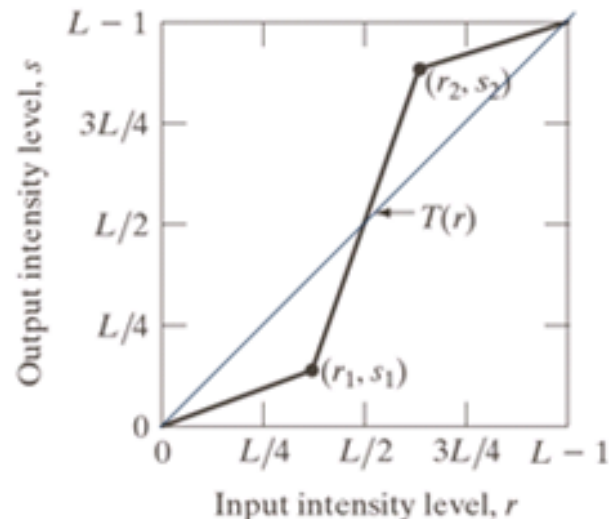


Tema 2: Transformaciones de intensidad

- **Expansión del histograma (stretching):**

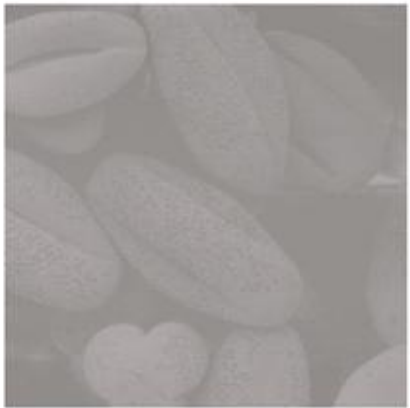
Consiste en aumentar el rango de niveles de gris de la imagen.

Se puede conseguir aplicando una transformación de las intensidades mediante una función a trozos.

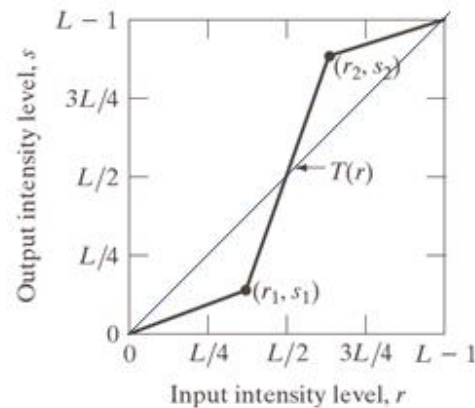


Tema 2: Transformaciones de intensidad

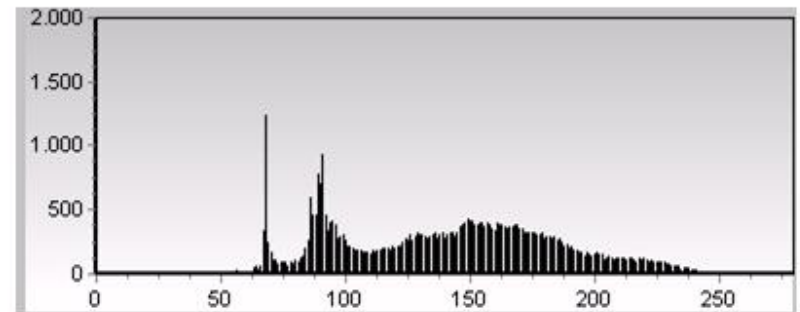
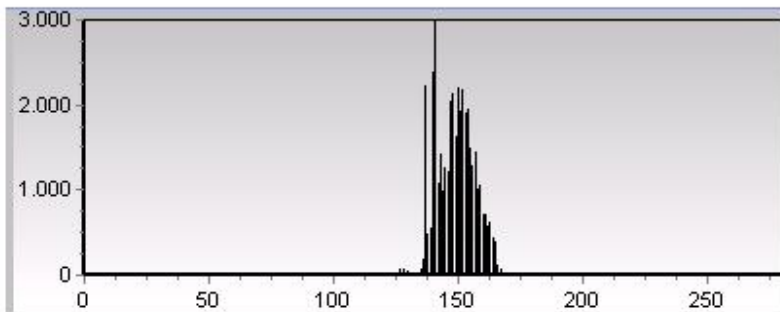
- Expansión del histograma:**



Rango = $[r_1, r_2]$



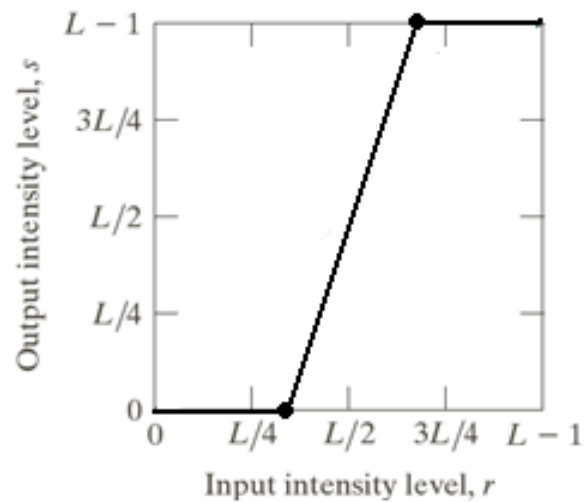
Rango = $[s_1, s_2]$



Tema 2: Transformaciones de intensidad

- 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 $[0, L-1]$:

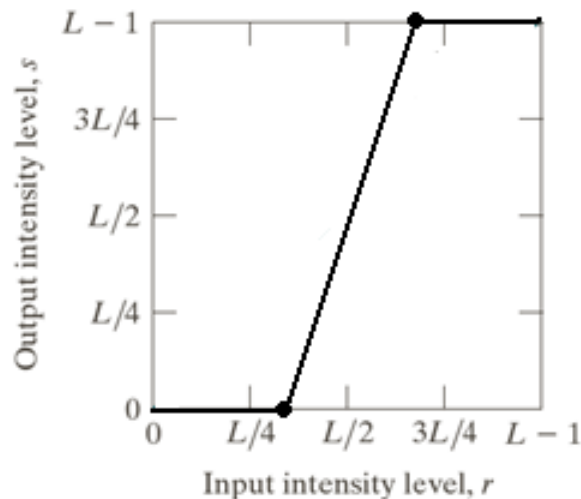


$$s = T(r) = (r - r_1) * (L-1) / (r_2 - r_1) ,$$

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

Tema 2: Transformaciones de intensidad

- **Expansión del histograma:**



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

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

Practica:

1. Carga la misma en escala de grises de **poco** contraste.
2. Construye la transformación por trozos para esa imagen.
3. Visualiza los histogramas y compara con la ecualización.

Tema 2: Transformaciones de intensidad

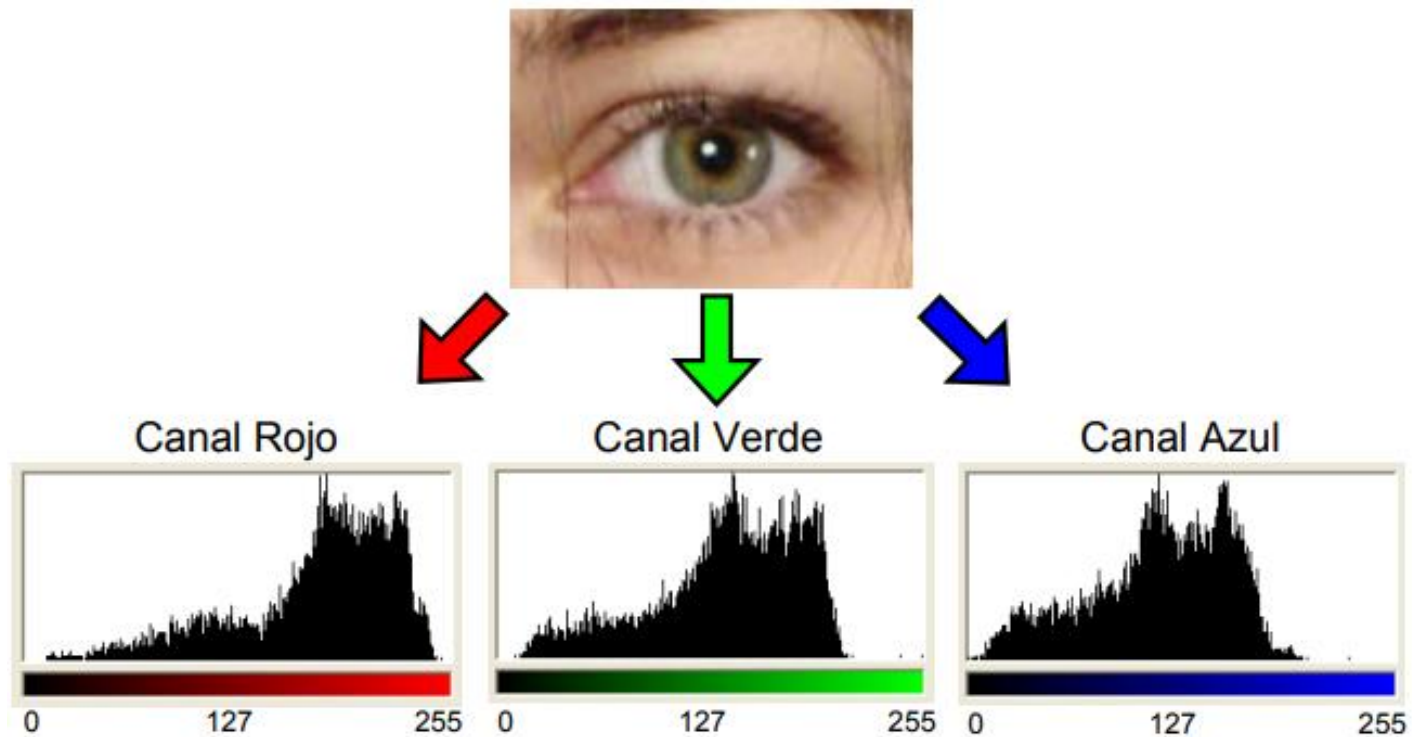
■ **Imágenes a color:**

- 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, debido a la modificación de componentes cromáticas.

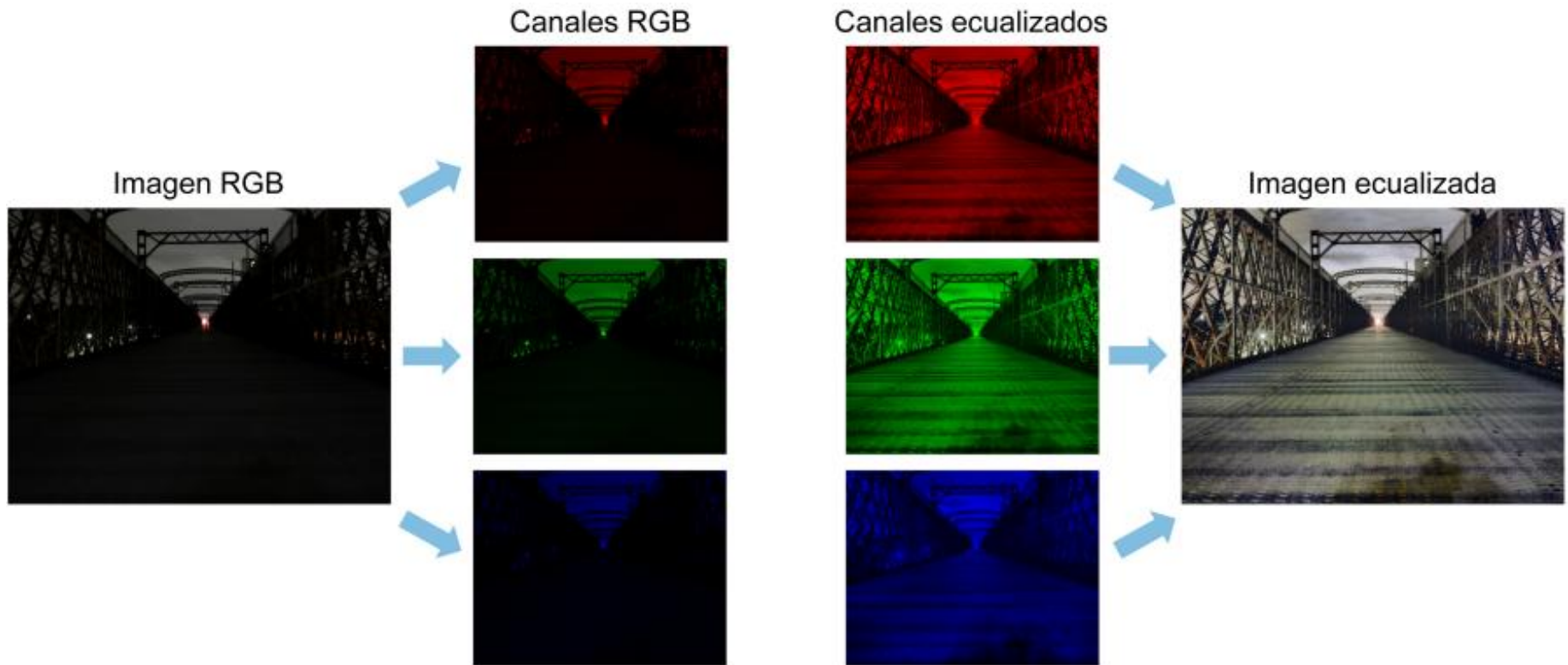
Tema 2: Transformaciones de intensidad



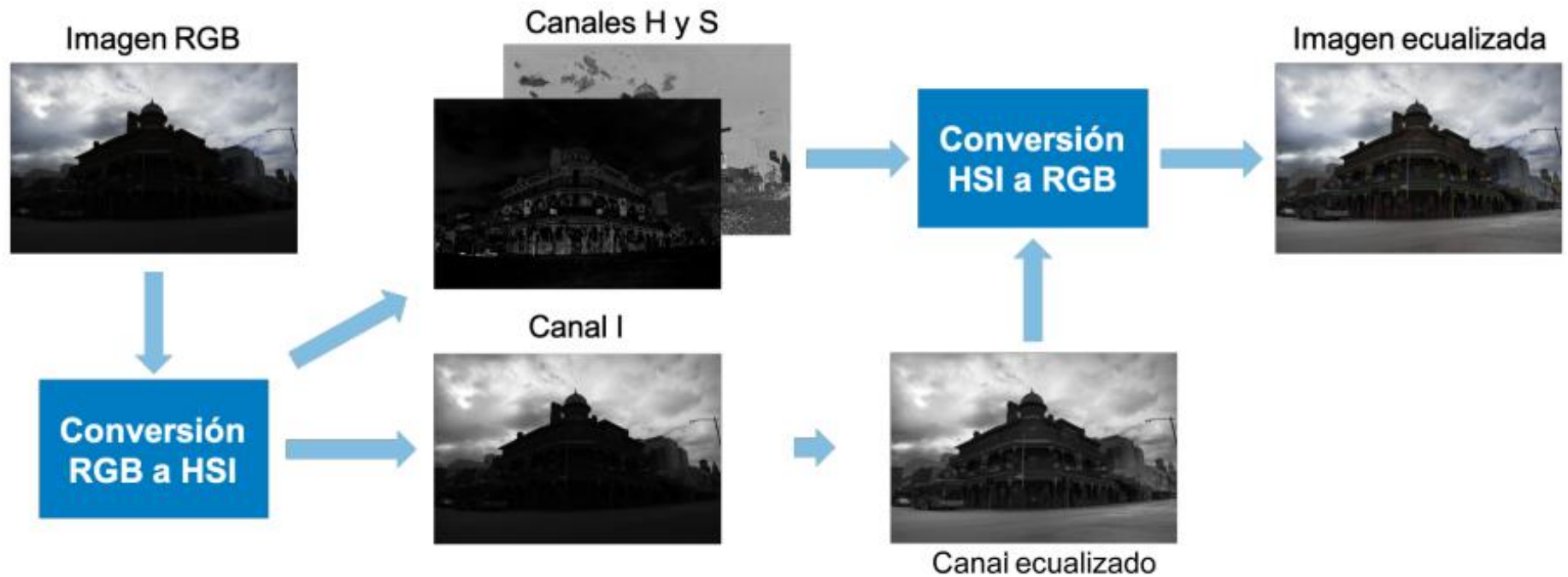
- **Histogramas de color:** En imágenes a color podemos obtener un histograma de cada canal por separado



Tema 2: Transformaciones de intensidad



Tema 2: Transformaciones de intensidad



Tema 2: Transformaciones de intensidad

Imagen original



Ecualización en RGB



Ecualización en HSI





Bibliografía

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