



Institución  
**Universitaria**  
Reacreditada en Alta Calidad

# VISIÓN ARTIFICIAL

CARLOS ANDRÉS MERA BANGUERO, PHD

[carlosmera@itm.edu.co](mailto:carlosmera@itm.edu.co)

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS




[www.itm.edu.co](http://www.itm.edu.co)

## PREPROCESAMIENTO - OPERACIONES PUNTUALES

### Transformaciones Lineales

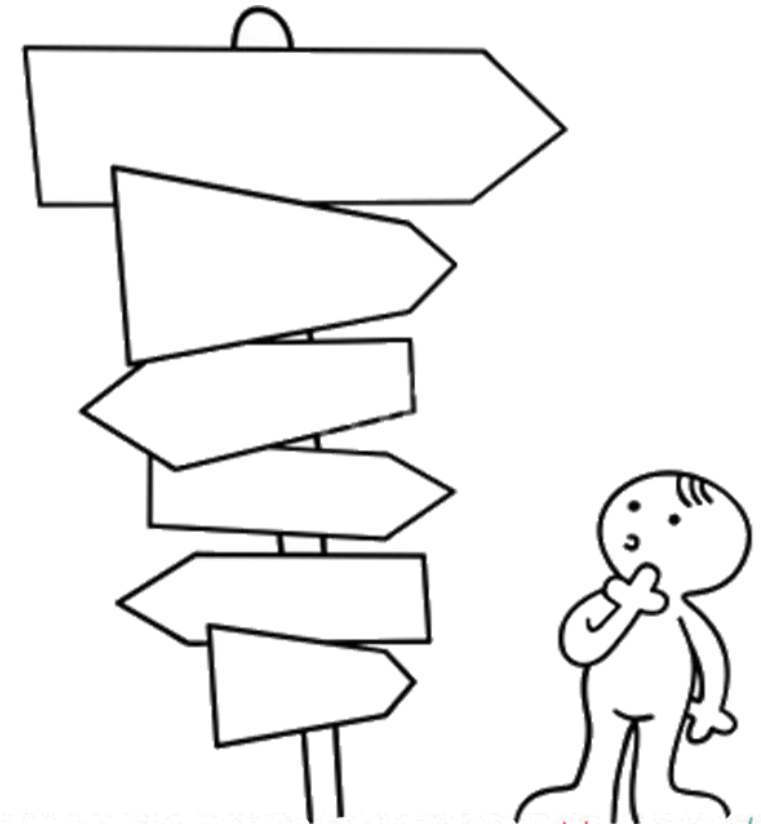
-  Transformaciones del Histograma

### Transformaciones NO Lineales

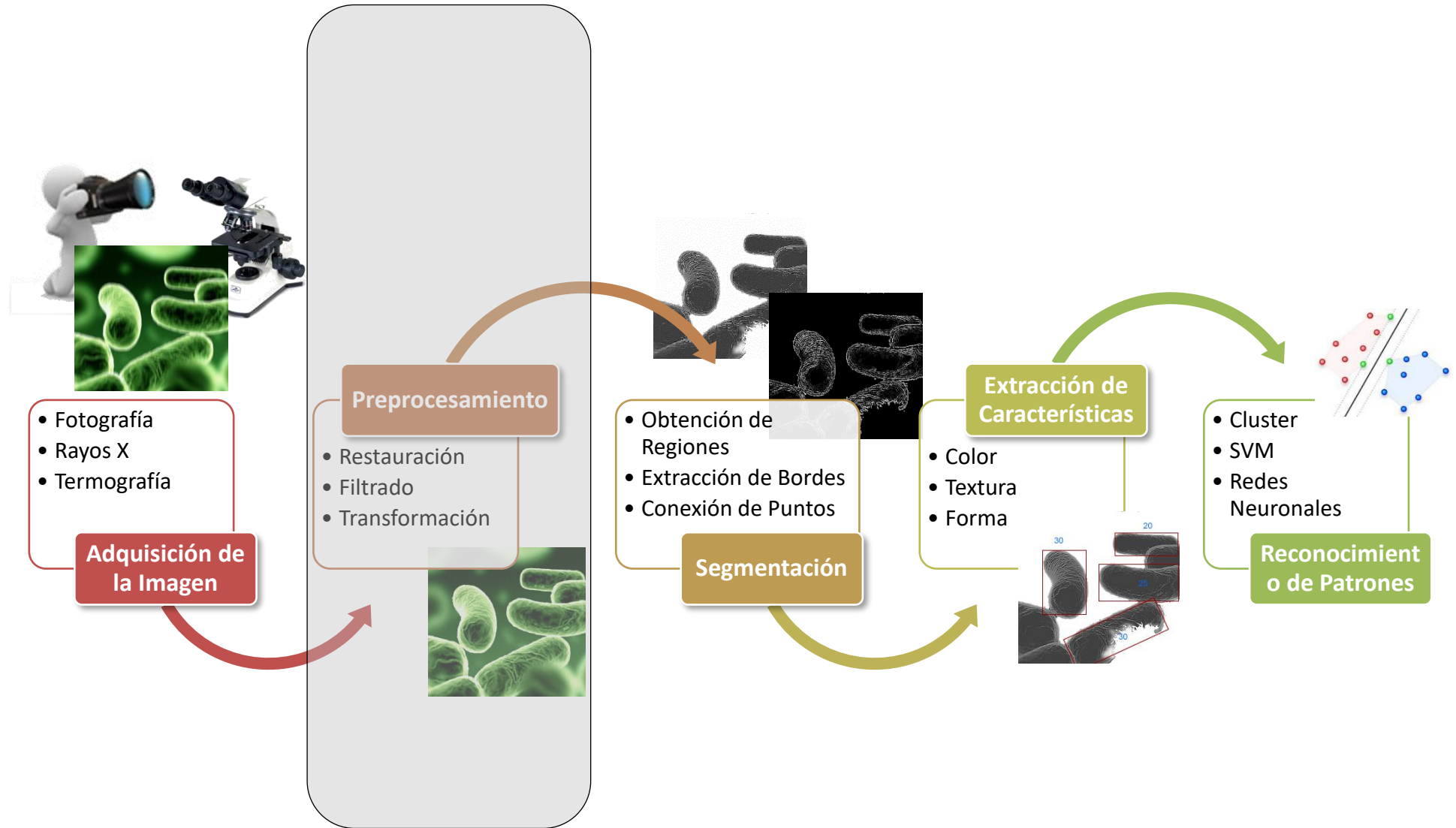
-  Transformaciones NO-Lineales
-  Transformaciones por partes
-  Transformación Gamma

### Operaciones Binarias

-  Operaciones Aritméticas y sus Aplicaciones



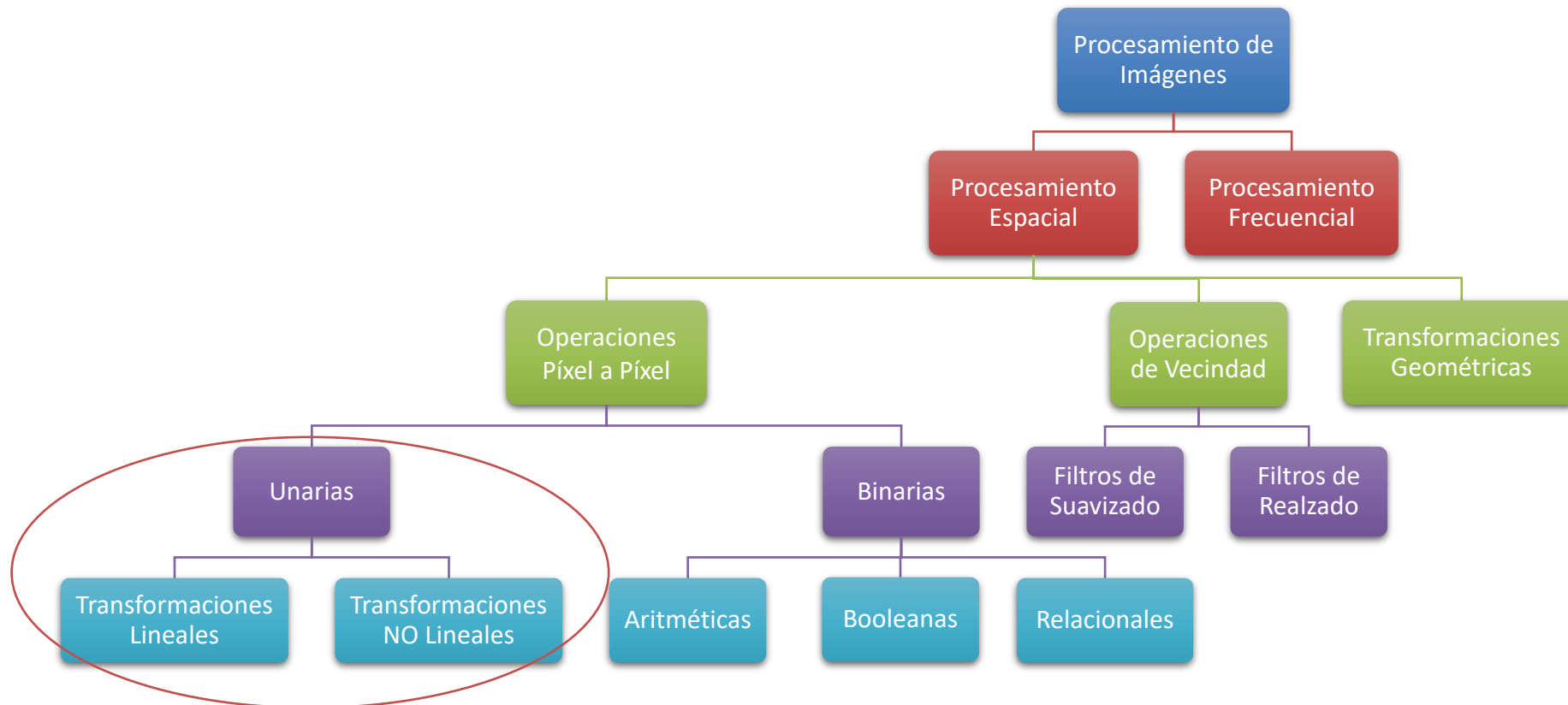






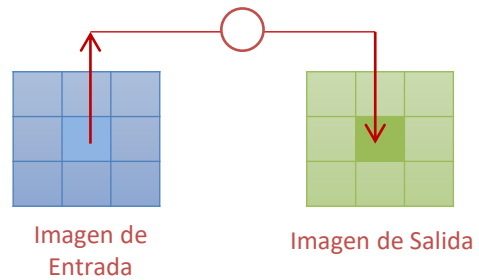
## EL PREPROCESAMIENTO

- El objetivo del Preprocesamiento es **mejorar la calidad** y/o la apariencia de la imagen original para su análisis e interpretación.

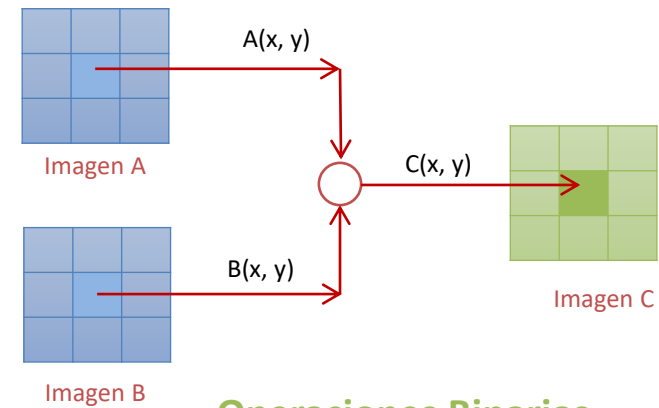


## EL PREPROCESAMIENTO

- Alteración **píxel a píxel** de la imagen (**Operaciones Puntuales**)

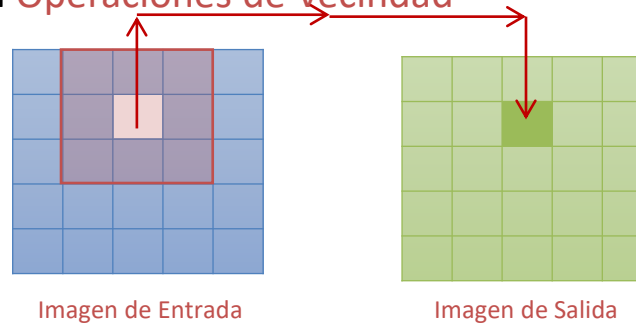


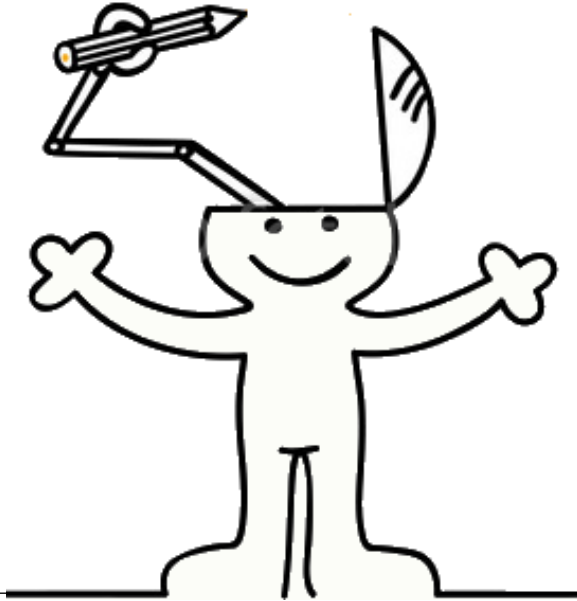
Operaciones Unarias



Operaciones Binarias

- Operaciones basadas en múltiples puntos u **Operaciones de Vecindad**





## TRANSFORMACIONES LINEALES






$$G(x,y) = a * I(x,y) + b$$

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

 La forma general de una transformación lineal es la siguiente:

$$G(x,y) = a * I(x,y) + b$$

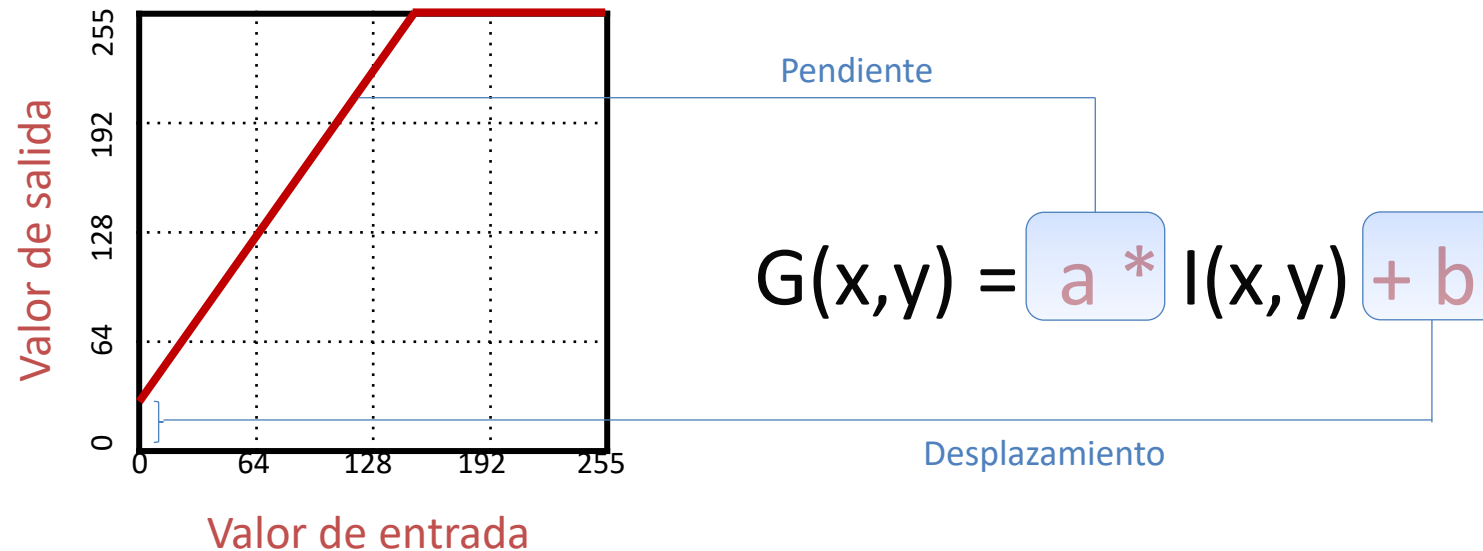
Con base en esta ecuación tenemos que:

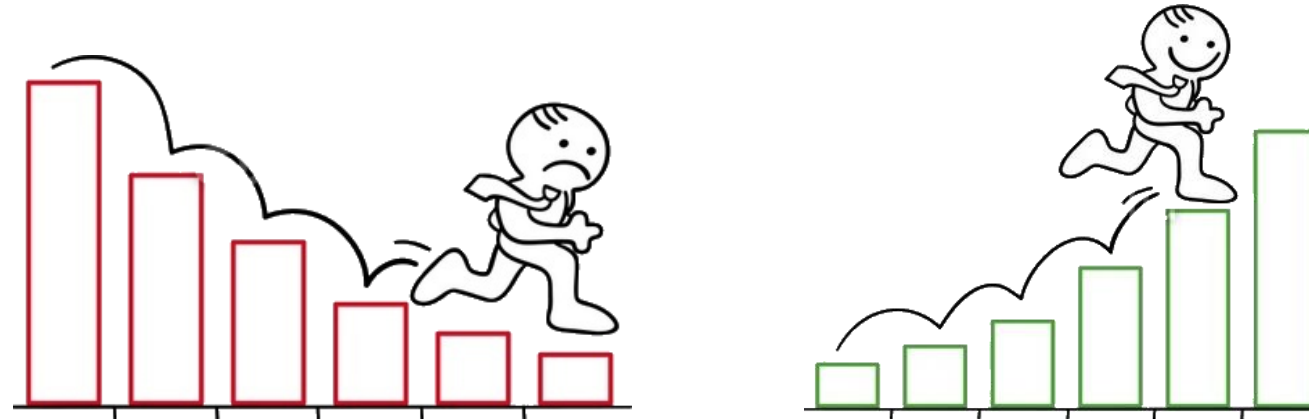
-  Si  $a = 1$  y  $b = 0$  entonces  $g(x, y) = f(x, y)$  (**Identidad**)
-  Si  $a = 1$  y  $b > 0$ , el nivel de gris se aumenta en  $b$  unidades (**Suma**)
-  Si  $a = 1$  y  $b < 0$ , el nivel de gris se disminuye en  $b$  unidades (**Resta**)
-  Si  $a > 1$ , se produce un incremento del contraste (**Multipliación**)
-  Si  $0 < a < 1$ , se reduce el contraste (**División**)



## ✈ OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- En general, las transformaciones lineales se pueden representar por la función de una línea recta tal que dicha función va de  $N \rightarrow N$

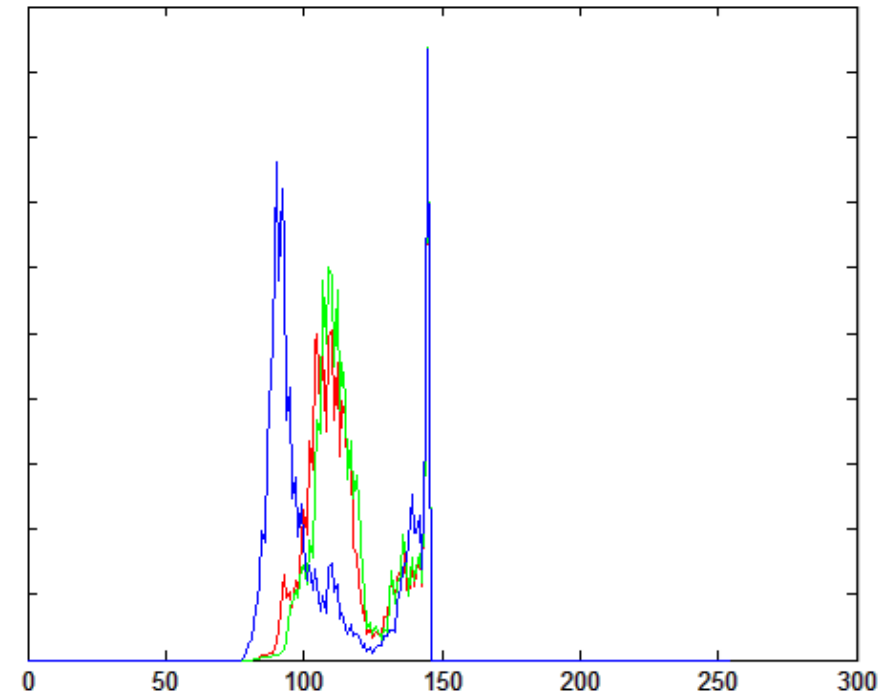




## TRANSFORMACIONES DEL HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🌀 La **Expansión del Histograma** es una técnica simple para mejorar el contraste de una imagen que “**expande**” el rango de niveles de intensidad que contiene la imagen a un rango de valores deseado.



## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- Nos interesa **Expandir el Histograma** para conseguir que aparezca todo el rango de valores en intensidad en una imagen ... ¿Qué debemos hacer?

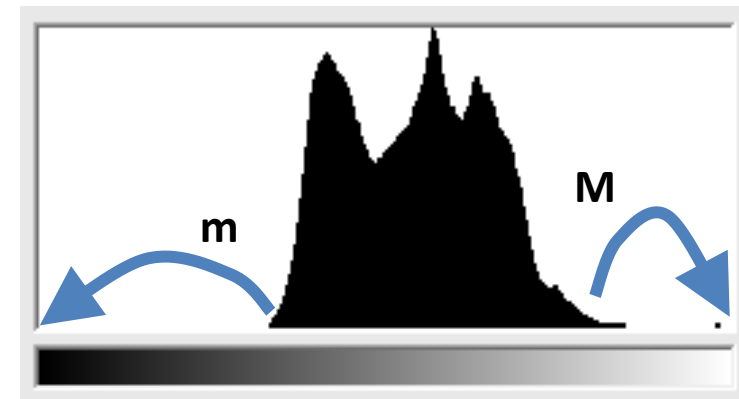
Procedimiento:

- Encuentre el **valor mínimo** de nivel de gris (**m**)
- Encuentre el **valor máximo** de nivel de gris (**M**)

Con base en estos valores se define la función de expansión (normalización) como:

$$f(x) := (x - m) * 255 / (M - m)$$

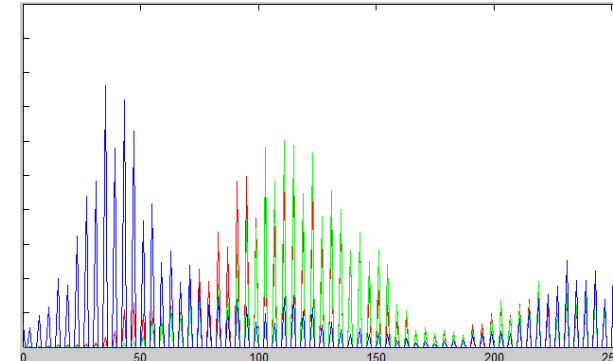
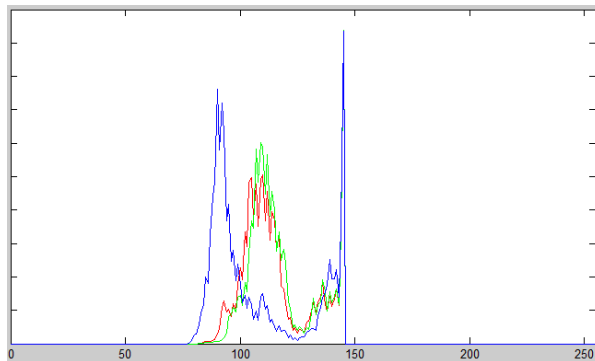
Este valor depende de la  
resolución en amplitud de la  
imagen



## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

 Expansión del Histograma - Ejemplo:

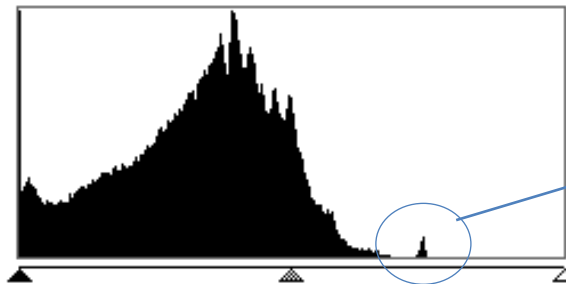
$$f(x) := (x - m) * 255 / (M - m)$$



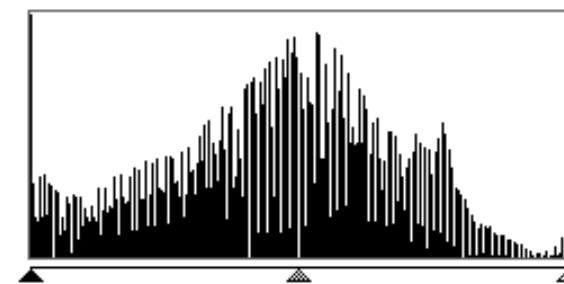
## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

### Expansión del Histograma - Ejemplo:

$$f(x) := (x - r_1) * 255 / (r_2 - r_1)$$



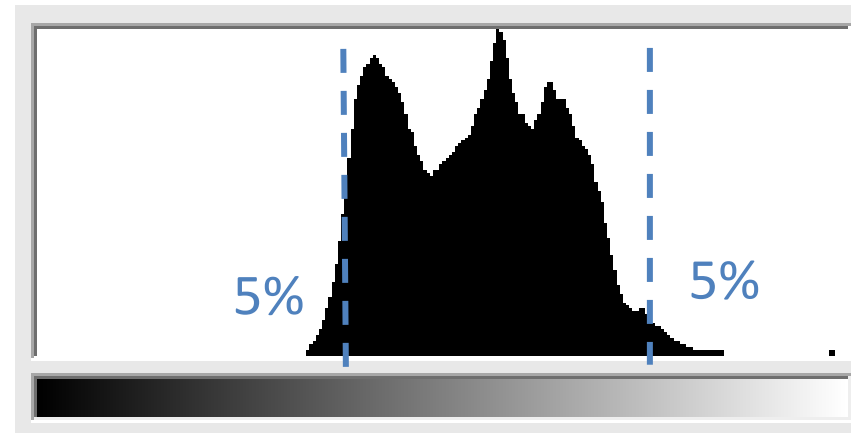
Puede ser un  
máximo falso





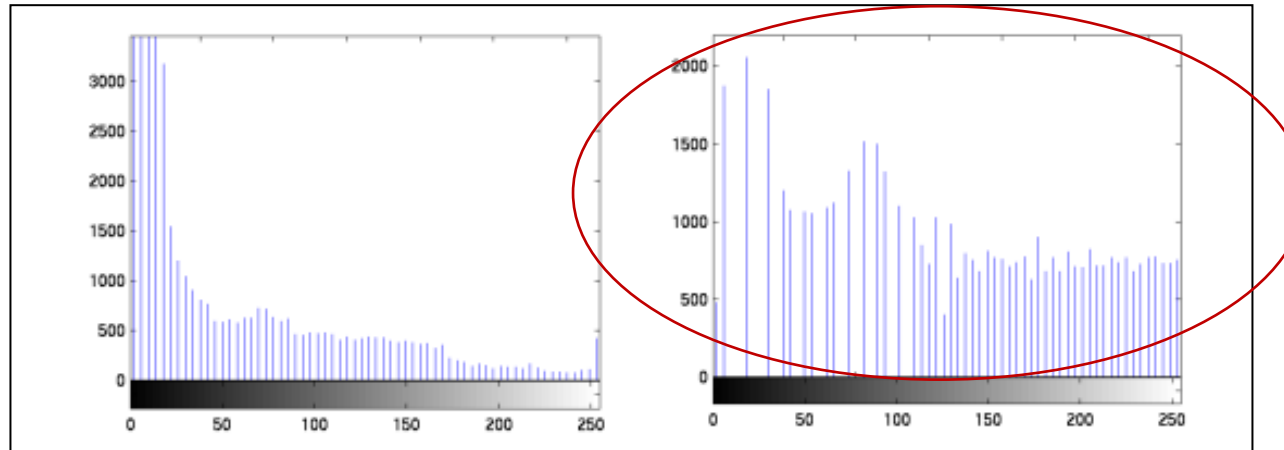
## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- En la **Expansión del Histograma** se debe tener cuidado al seleccionar **mínimo** el y el **máximo** porque valores muy bajos o muy altos con poca frecuencia en el histograma pueden hacer que el ajuste no funcione. Así que generalmente **m** y **M** se calculan con el valor del percentil 5 y 95:




## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- La **Ecualización del Histograma** de una imagen es una transformación que pretende obtener para una imagen un histograma con una distribución uniforme. Es decir, que exista el mismo número de píxeles para cada nivel de gris. [\[Wikipedia\]](#)






La manipulación del histograma se basa en controlar la función de densidad de probabilidad de los niveles de gris a través de una función de transformación.

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

-  Para **Ecualizar el Histograma** de una imagen digital con L niveles de gris se parte de la distribución de probabilidad de ocurrencia de cada nivel de gris:

$$p(k) = \frac{n_k}{n}, \quad 0 \leq k < L$$

Donde:

-   $n_k$  es el número de píxeles de la imagen con nivel de gris k,
  -  n es el número total de píxeles
- 
-  Con base en la probabilidad de cada nivel de gris, se calcula la función de densidad de probabilidad (probabilidad acumulada) para cada nivel de gris:

$$P_k(k) = \sum_{i=0}^k p(k)$$

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- Con la información anterior, se pueden plantear diferentes fórmulas para **Ecualizar el Histograma** de la imagen. Una de las aproximaciones más comunes está dada por la fórmula:

$$F(k) = \text{round} \left\{ [k_{\max} - k_{\min}] P_k(k) + k_{\min} \right\}$$

Veamos un ejemplo ...

Nivel	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_k$	2	4	4	4	6	5	0	0	0	0
$P(k)$										
$P_k(k)$										
$F(k)$										

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

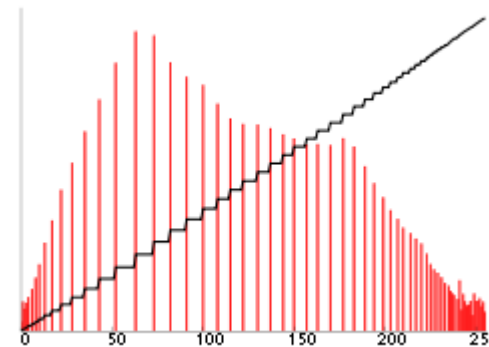
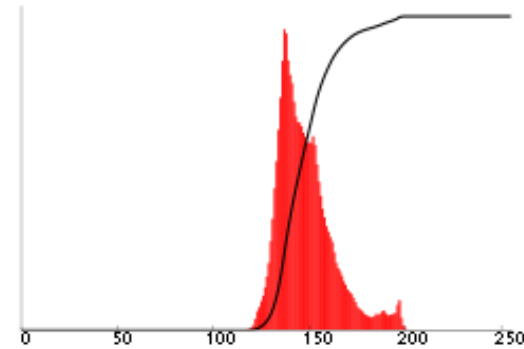
### Ejemplo – Ecualización del Histograma

Nivel	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_k$	2	4	4	4	6	5	0	0	0	0
$P(k)$	2/25	4/25	4/25	4/25	6/25	5/25	0/25	0/25	0/25	0/25
$P_k(k)$	2/25	6/25	10/25	14/25	20/25	25/25	25/25	25/25	25/25	25/25
$F(k)$	1	2	4	5	7	9	9	9	9	9

Los píxeles que tenía el nivel de gris  $k$ , deben tomar el valor de gris  $F(k)$

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

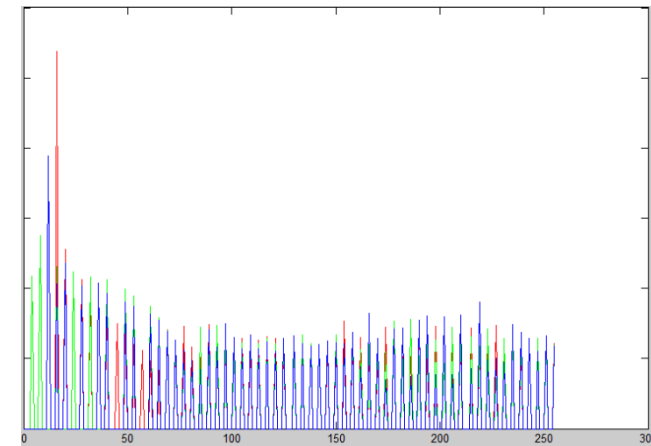
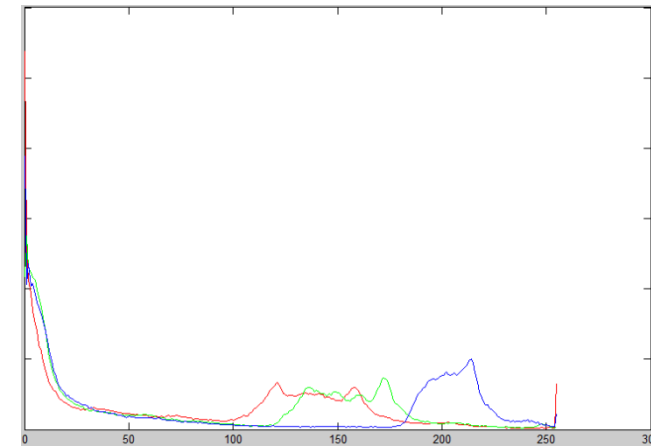
### Ejemplo – Ecualización del Histograma





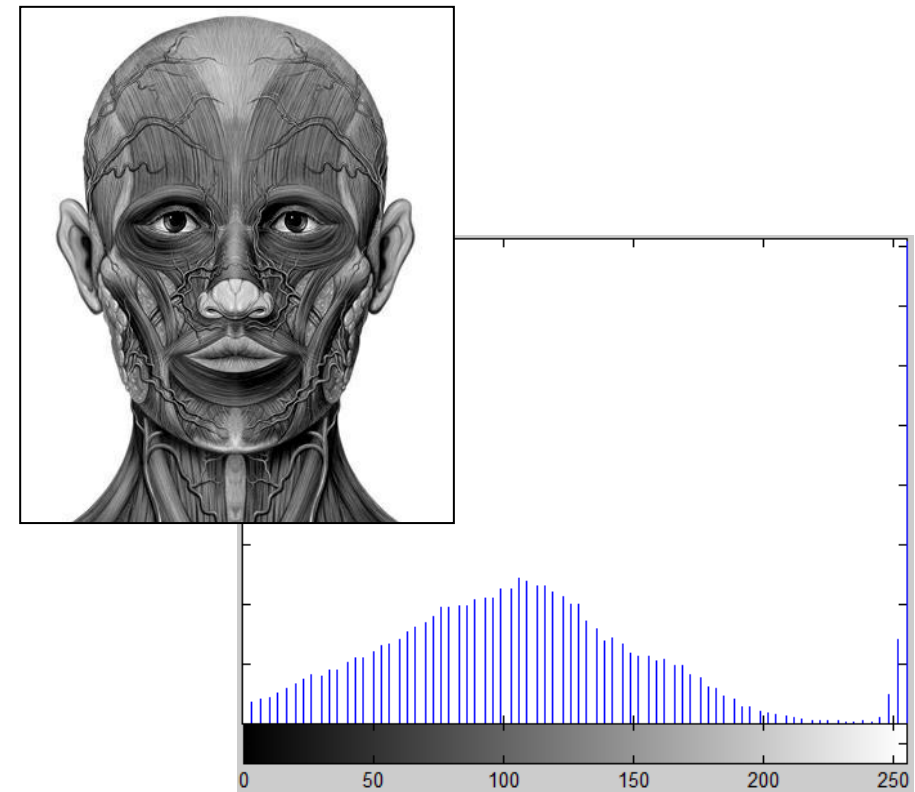
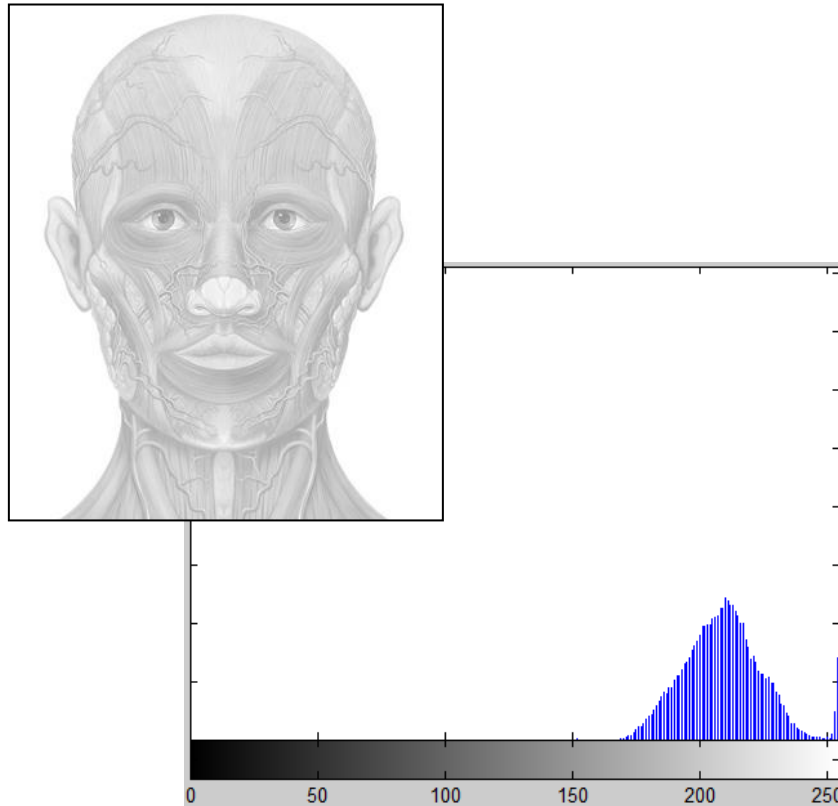
## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

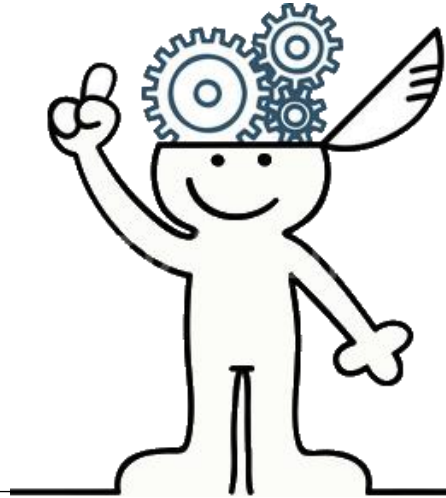
### 🌀 Ejemplo – Ecualización del Histograma



## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

🕒 Dada la imagen A, que tipo de transformación se debe aplicar para obtener la imagen B? Explique su respuesta.

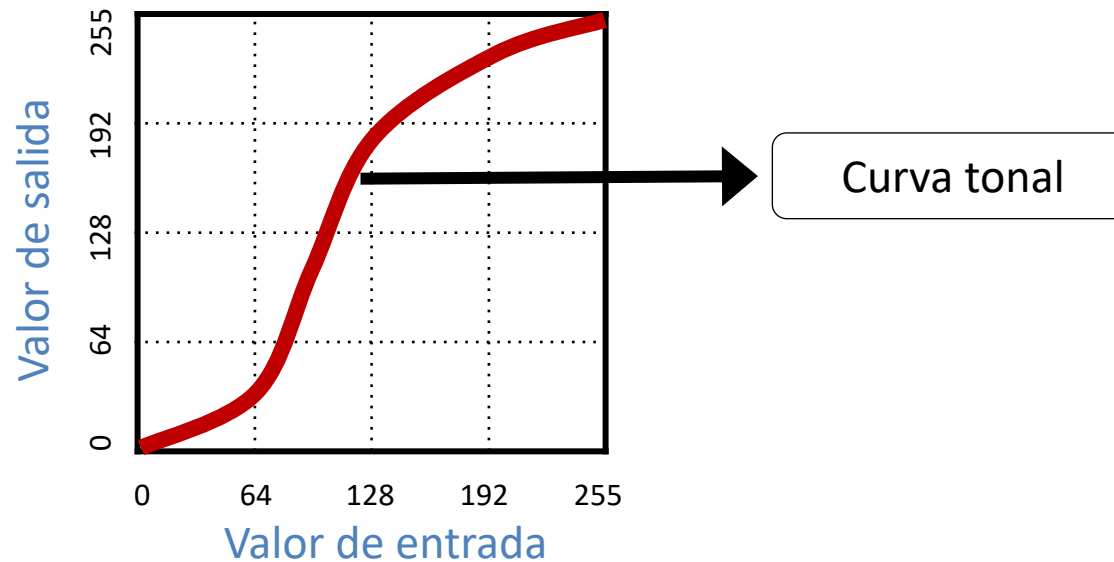




## OPERACIONES PUNTUALES: TRANSFORMACIONES NO LINEALES

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

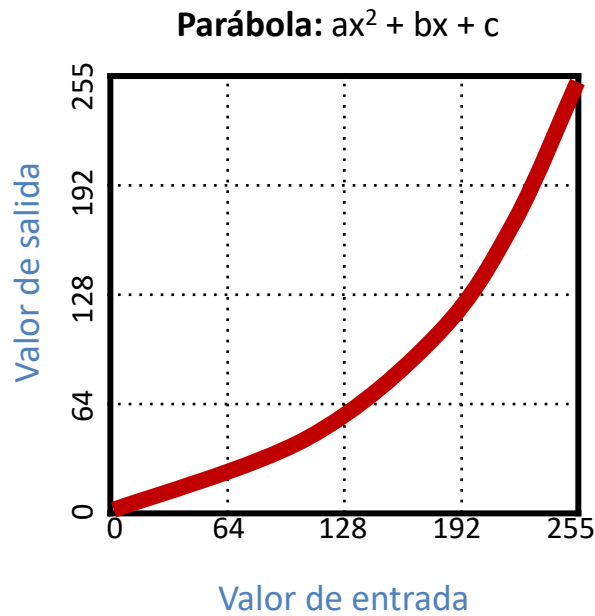
- Pero la transformación también puede ser **NO LINEAL**: cuadráticas, polinomiales, exponenciales, logarítmicas, escalonadas, etc. en general, transformaciones elementales que se pueden ver como funciones  $f: N \rightarrow N$



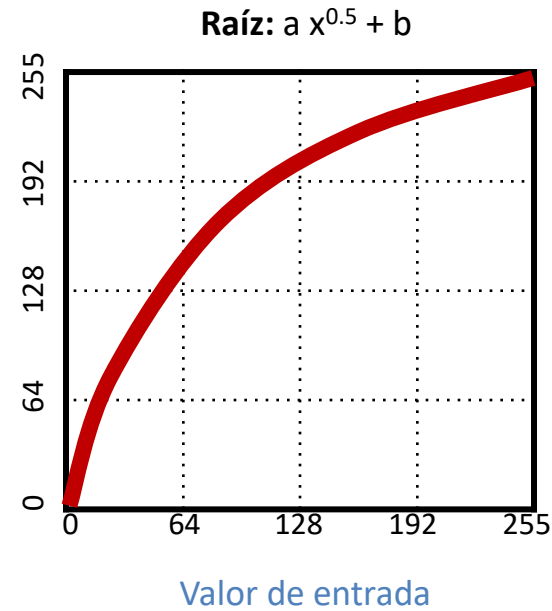
Se puede usar cualquier función con estas características para modificar el histograma

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

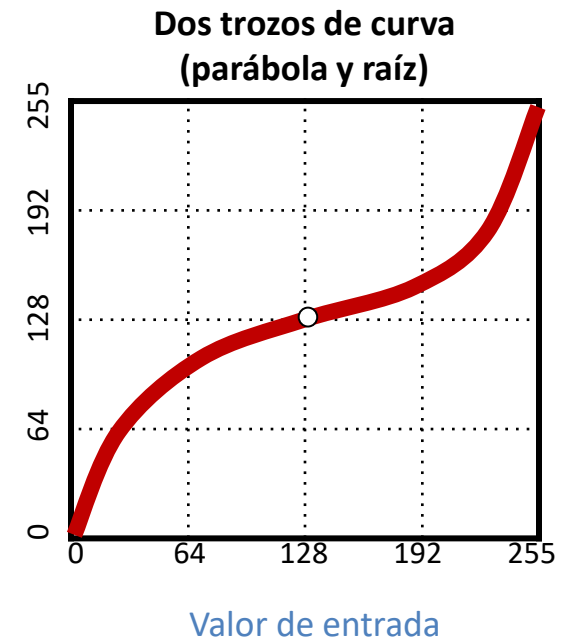
Ejemplos de Transformaciones NO Lineales:



**Resultado:** oscurecer los  
medios tonos



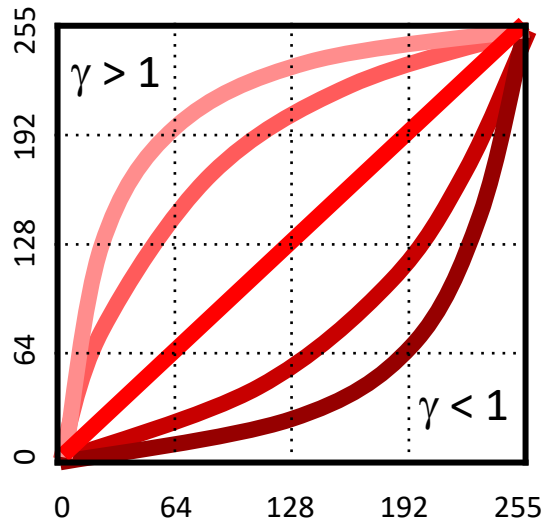
**Resultado:** aclarar los  
medios tonos



**Resultado:** aclarar tonos  
oscuros y oscurecer los claros

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

- Transformación Gamma: se usa para manipular el contraste y realzar la imagen. La ecuación general es:  $f(x) := ax^\gamma$  siendo gamma ( $\gamma$ ) el exponente de la potencia de x. Para el caso de que  $a=1$  tenemos:



En el caso de que  $\gamma > 1$  se obtendrán tonos más claros

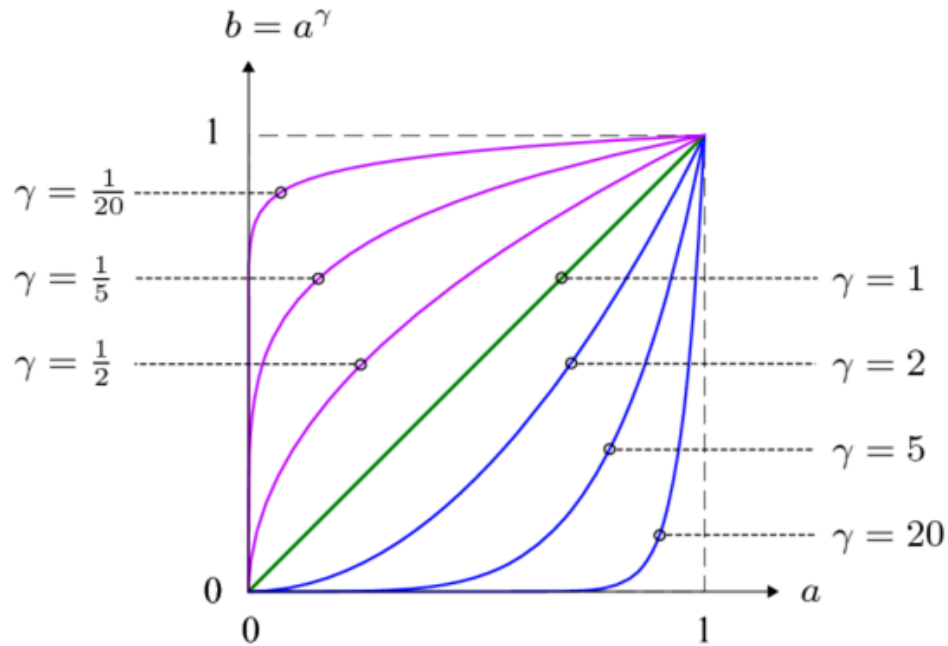
En el caso de que  $\gamma < 1$  se obtendrán tonos más oscuros

**NOTA:** Si los niveles de gris se tratan como valores reales entre 0 y 1, la descripción anterior se invierte.



## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

- Transformación Gamma:** se usa para manipular el contraste y realzar la imagen. La ecuación general es:  $f(x) := ax^\gamma$  siendo gamma ( $\gamma$ ) el exponente de la potencia de x.

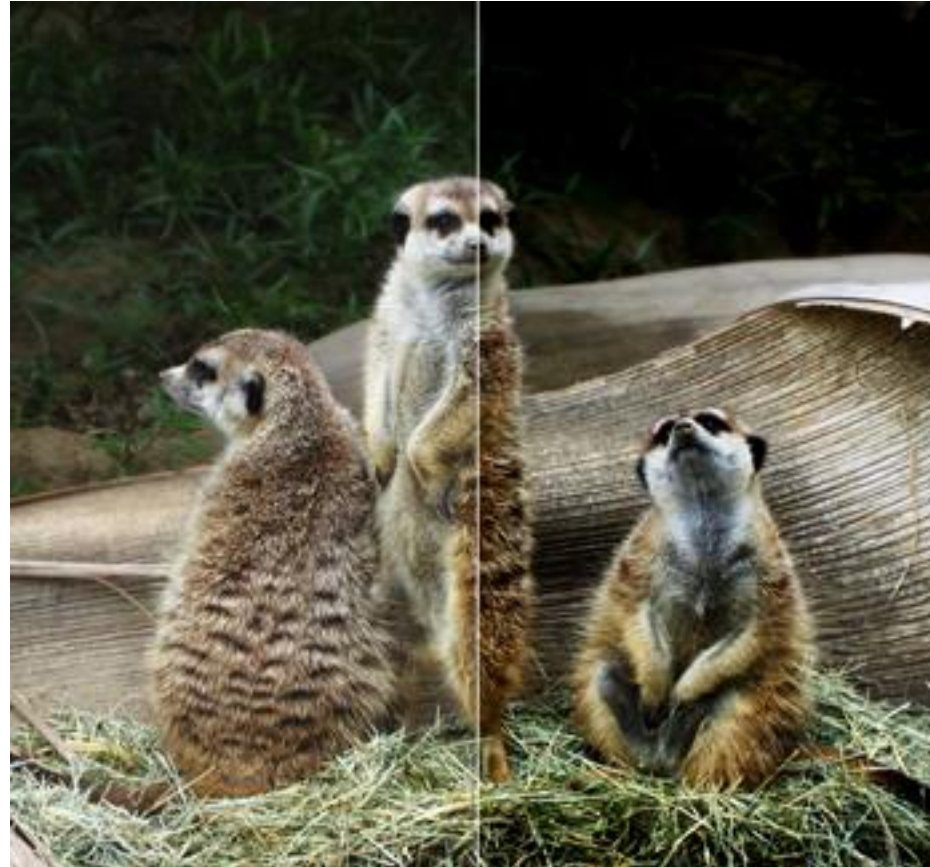


En el caso de que  $\gamma < 1$  se obtendrán tonos más claros

En el caso de que  $\gamma > 1$  se obtendrán tonos más oscuros

## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

### Transformación Gamma - Ejemplos



## 🌟 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

### 🌀 Transformación Gamma - Ejemplos





## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

### 🌀 Transformación Gamma - Ejemplos



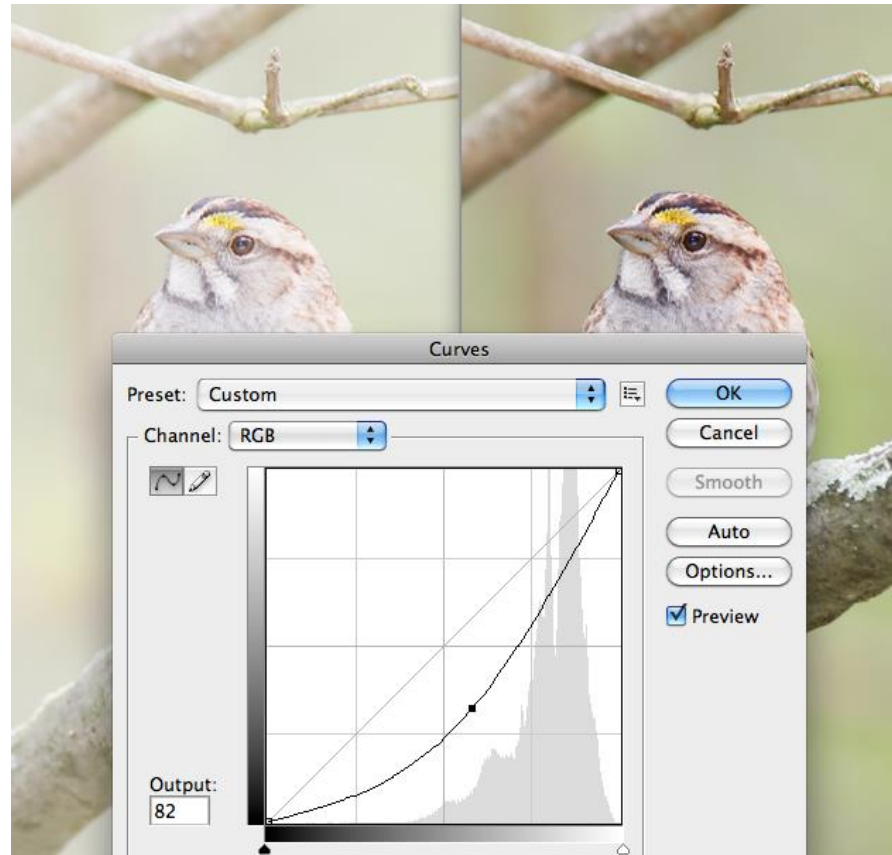
## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

### 🌐 Transformación Gamma - Ejemplos



## OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

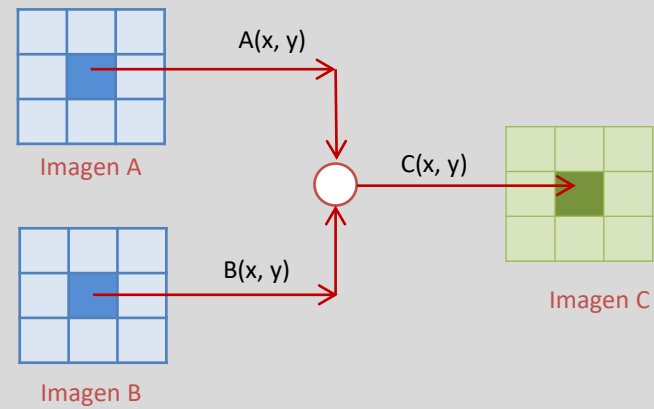
### Transformación Gamma - Ejemplos





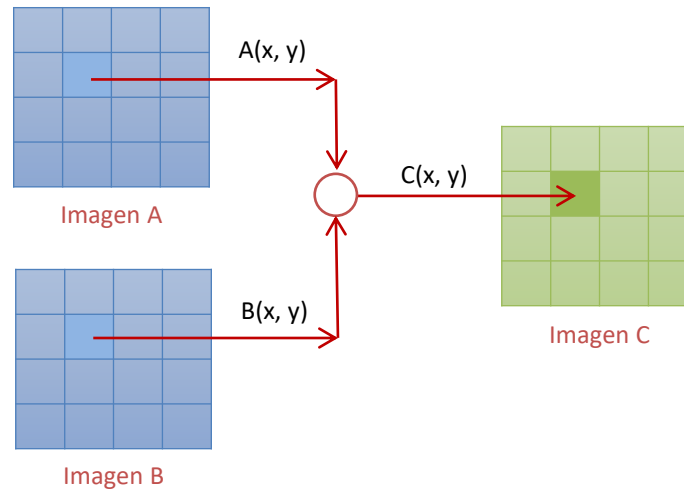


## OPERACIONES PÍXEL A PÍXEL BINARIAS



## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- Las operaciones píxel a píxel binarias son aquellas que toman como entrada dos o más imágenes y producen una nueva imagen que es la combinación de las primeras:

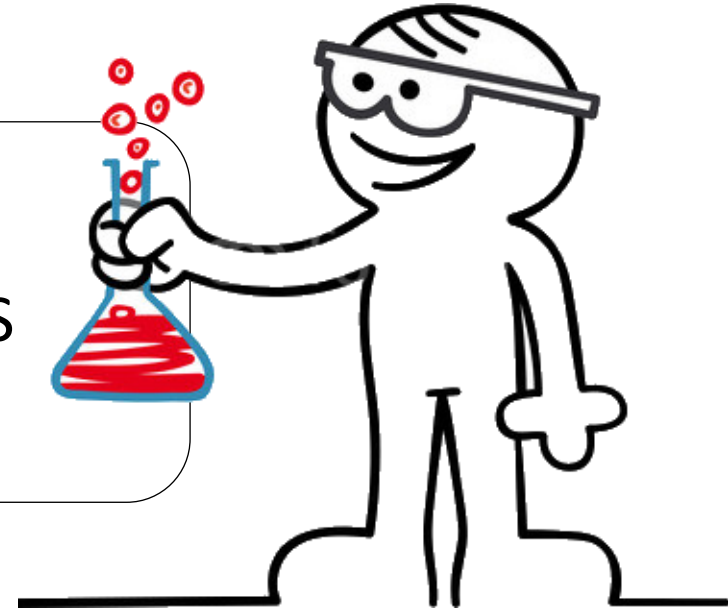


$$C(x,y) = f[A(x,y) , B(x,y)]$$


- ✓ **Aritméticas:** Suma, Resta, Multiplicación y División
- ✓ **Booleanas:** AND, OR, XOR, NOT
- ✓ **Relacionales:** >, <, max, min


¿Cuáles son los problemas que se pueden presentar al combinar una o más imágenes?

## OPERACIONES ARITMÉTICAS




## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

 Las **Operaciones Aritméticas** entre imágenes son operaciones se llevan a cabo entre pares de pixeles correspondientes. Las cuatro operaciones básicas son:

  $C(x, y) := A(x, y) + B(x, y)$

  $C(x, y) := A(x, y) - B(x, y)$

  $C(x, y) := A(x, y) * B(x, y)$

  $C(x, y) := A(x, y) \div B(x, y)$

## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

Para el caso de la suma (por ejemplo) tenemos:

90	67	68	39
10	87	241	78
11	102	89	76
10	10	109	80

A(x,y)

+

11	23	150	169
75	145	200	158
2	50	51	49
1	49	48	47

B(x,y)

=


C(x,y)

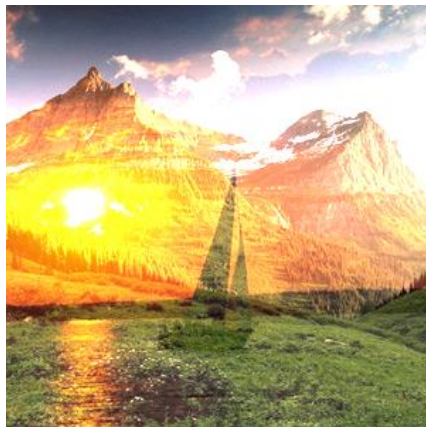
## OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS



$A + B$



$A * B$



$A - B$



## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- 🌀 La **Suma de Imágenes** es usada, por ejemplo, para resaltar los bordes de los objetos:





## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- En la **Suma** (y otras operaciones aritméticas) algunas veces es necesario hacer mapeos que nos permitan llevar los valores resultantes a valores en el rango  $[0, 255]$ , por ejemplo, en la suma:  $[0, 255] + [0, 255] = [0, 510]$  se soluciona dividiendo el resultado entre dos:




$$(A + B) / 2 =$$

$$C(x, y) := \alpha A(x, y) + (1 - \alpha) B(x, y)$$



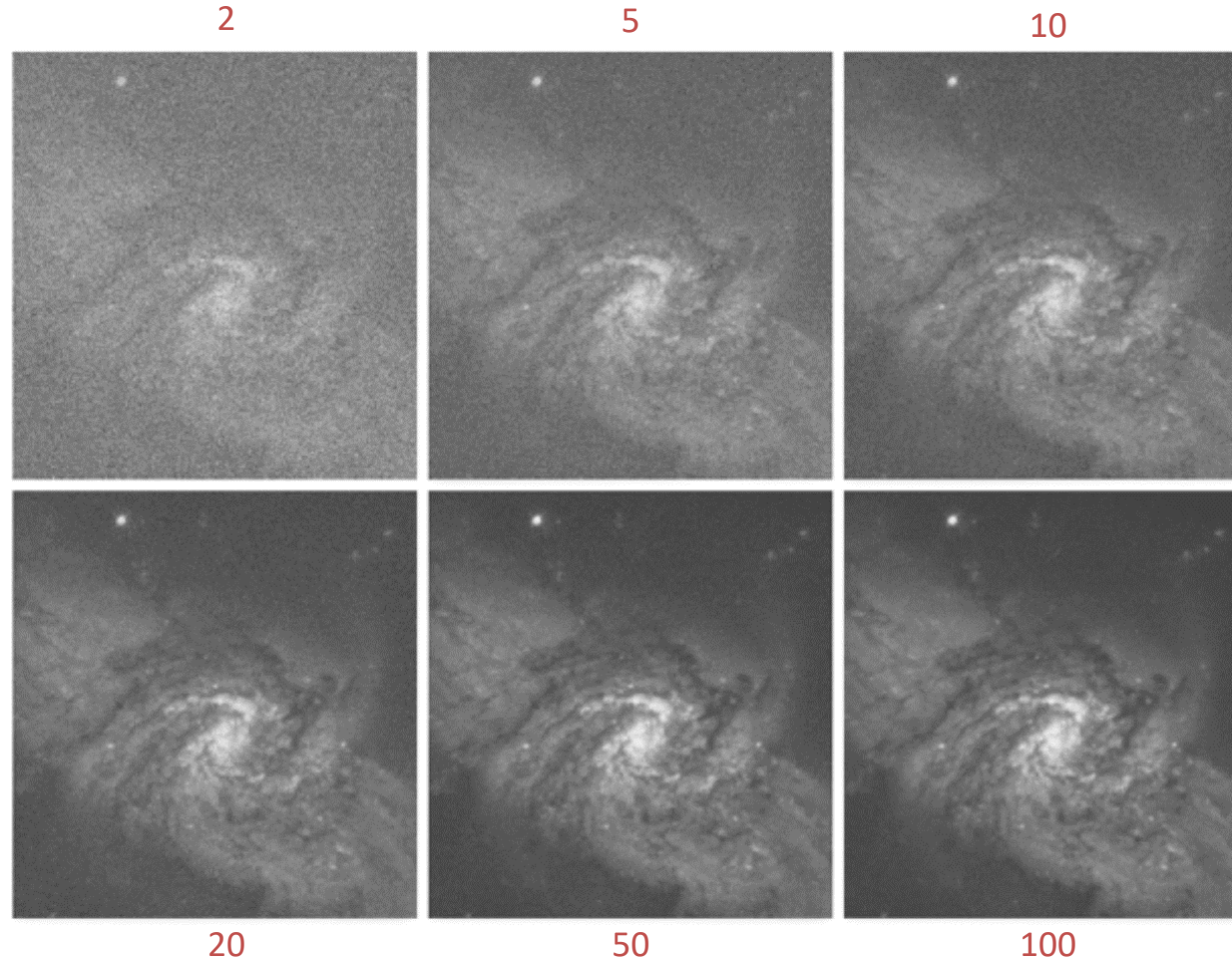
El resultado es una  
transparencia de las  
imágenes originales al 50%

## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

-  Una **aplicación de la suma** es para reducir el contenido de ruido en un conjunto de imágenes ruidosas. Esta es una técnica comúnmente utilizada para mejorar imágenes:

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)$$

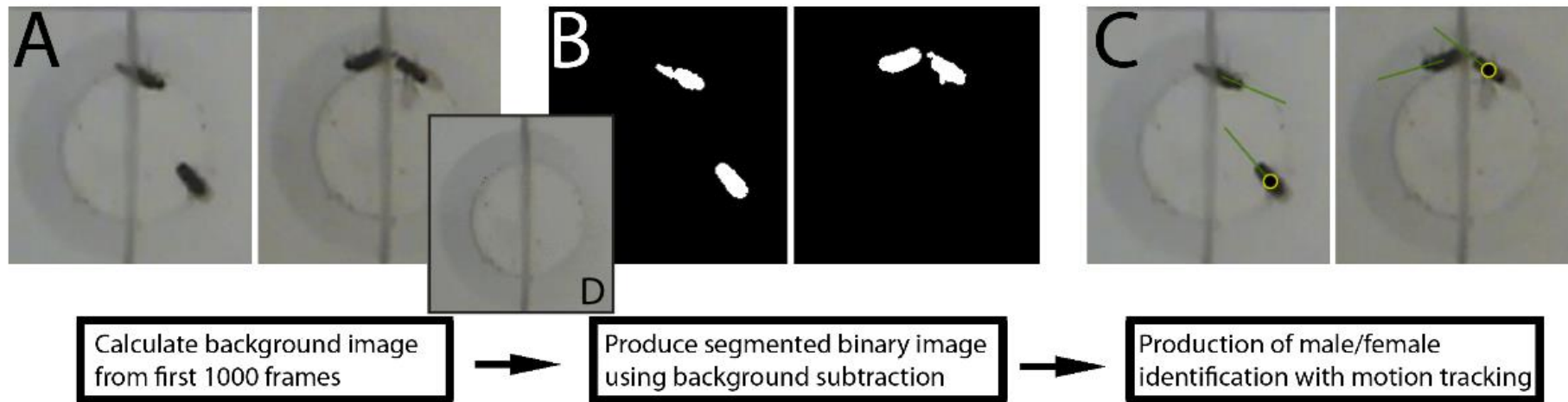
## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS



Promedio de Imágenes  
[Woods]



## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS



[https://www.cs.drexel.edu/~david/geom\\_biomed\\_comp.html#fly\\_analysis](https://www.cs.drexel.edu/~david/geom_biomed_comp.html#fly_analysis)

## ✈ OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

🌀 La **resta** pixel a pixel ...



-



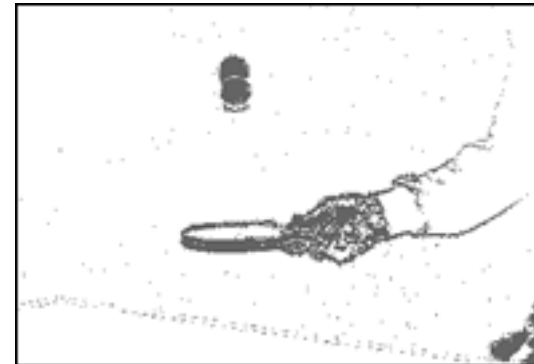
=





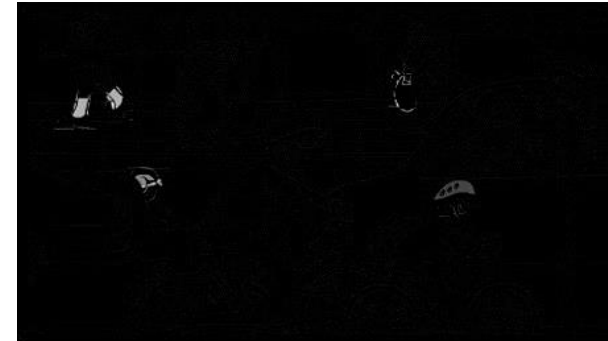
## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- Una **aplicación de la resta** es en la detección de movimiento entre dos imágenes, útil en la compresión de video y en el seguimiento de objetos.



## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- 🕒 Una **aplicación de la resta** es en la detección de movimiento entre dos imágenes, útil en la compresión de video y en el seguimiento de objetos.







## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS



La **resta de imágenes** también se usa mucho en medicina de manera:

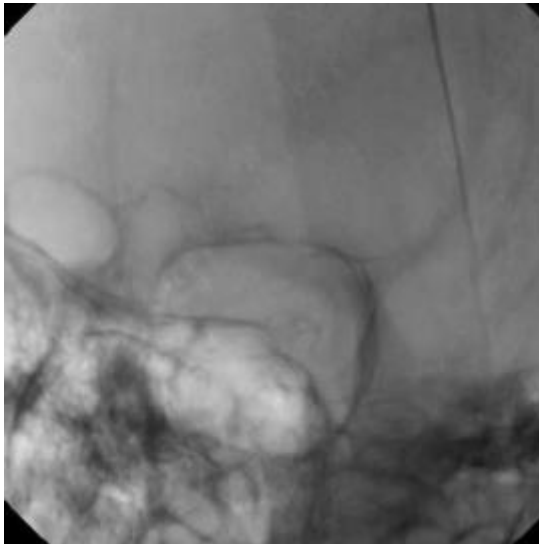


Imagen original de rayos X del paciente,  
llamada máscara

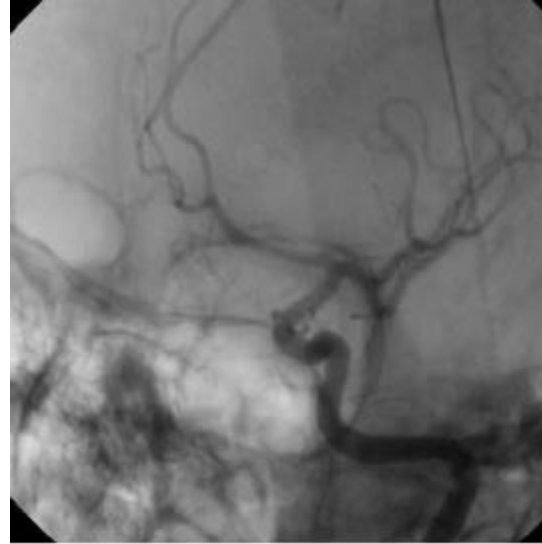


Imagen obtenida inyectando un medio  
yodado al flujo sanguíneo del paciente  
para aumentar el contraste.

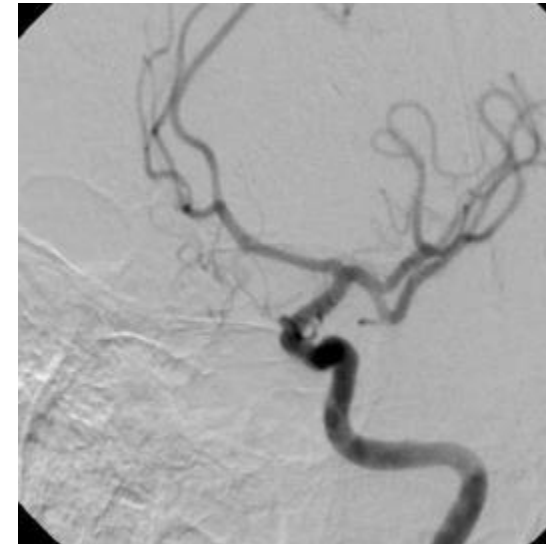


Imagen diferencia entre las anteriores

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- 🎯 La **resta de imágenes** tiene uno de sus mayores usos en la segmentación para eliminar (o corregir) el background de una escena:



Imagen original

-



Estimación del Background

=

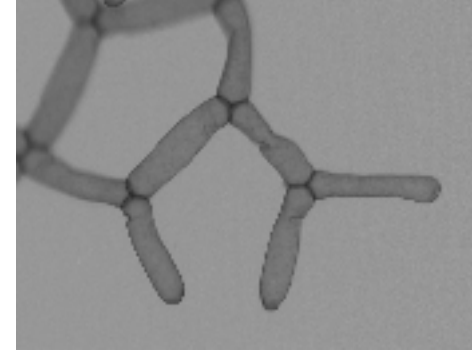
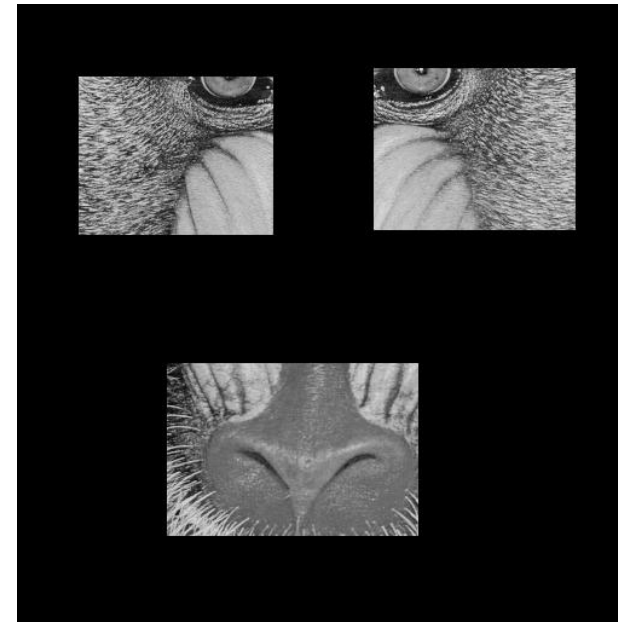
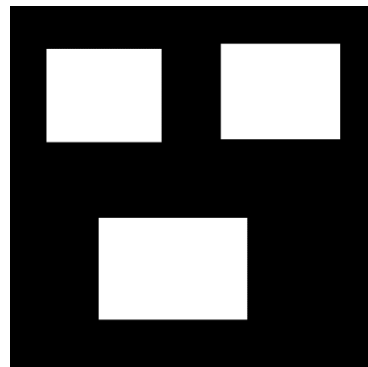
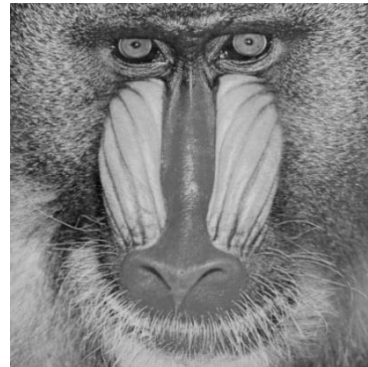


Imagen Corregida

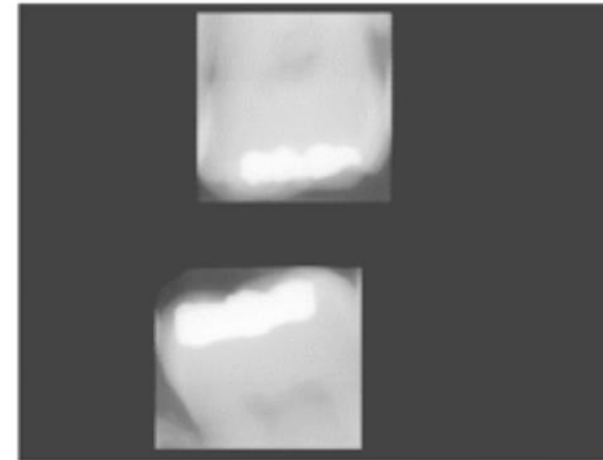
## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- La **multiplicación de imágenes** puede ser usada para extraer regiones de interés usando una mascara (aunque esto se hace con operaciones booleanas):



## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

### La multiplicación de imágenes



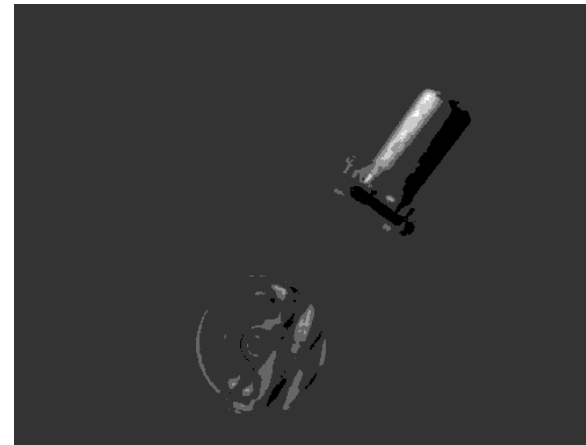
## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS: DIVISIÓN



Imágenes Originales



Resta



División

## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

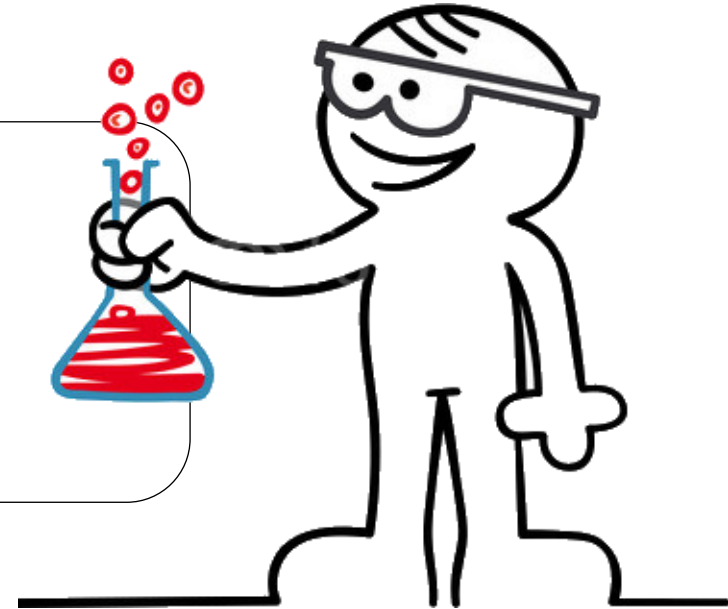
### Ejercicio – Filtros Artísticos:

Una aplicación interesante de las operaciones aritméticas es la obtención de imágenes con retoque artístico. Un ejemplo es el *filtro emboss*, cuyo efecto logra un realce de bordes, los cuales se ven en relieve sobre un fondo gris neutro (similar a un repujado sobre una placa metálica).

El principio de operación es el siguiente: si a una imagen se le suma su negativo se obtiene una imagen negra (grises=0 en toda posición), pero si el negativo se desplaza unos pocos pixeles en alguna dirección, el efecto obtenido es el de repujado.


Implemente el filtro teniendo en cuenta que el tamaño de la imagen de salida será truncado según el desplazamiento considerado. El efecto obtenido será diferente (relieve exterior o interior) según qué imagen de entrada es “negativizada”.


## OPERACIONES BOOLEANAS







## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

 Las **Operaciones Booleanas** en la mayoría de los casos solo tienen sentido cuando una de las imágenes es binaria. A esta imagen binaria se le suele denominar máscara:

  $C(x, y) := A(x, y) \text{ AND } B(x, y)$

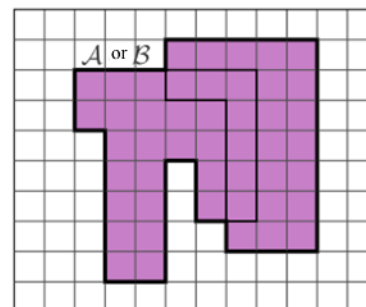
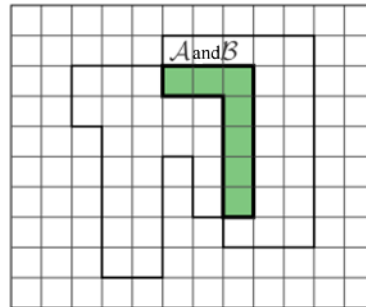
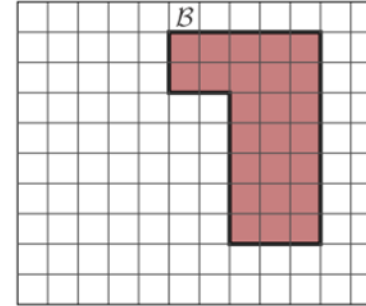
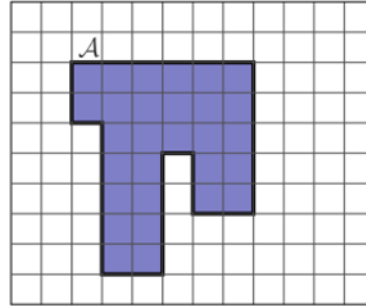
  $C(x, y) := A(x, y) \text{ OR } B(x, y)$

  $C(x, y) := A(x, y) \text{ XOR } B(x, y)$

  $C(x, y) := \text{NOT } A(x, y) \text{ AND } B(x, y)$

Negro (0) = False  
Blanco (1 ó 255) = True

## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

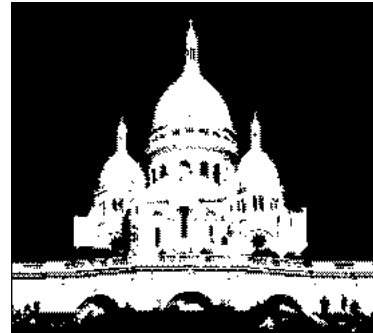


Negro (0) = False  
Blanco (1 ó 255) = True

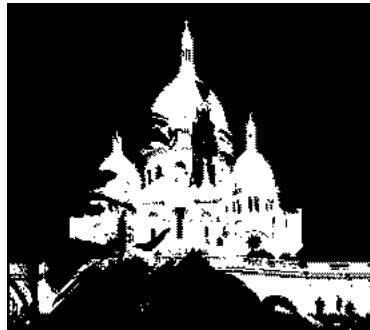
**OJO:** en algunos libros esta notación puede cambiar.

## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

### Operaciones Booleanas



A AND B



A OR B



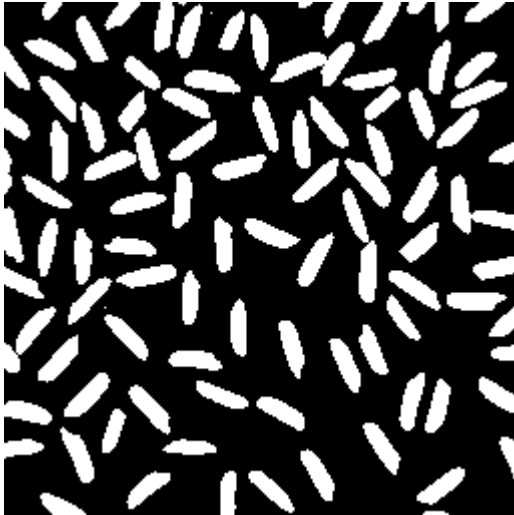
A XOR B





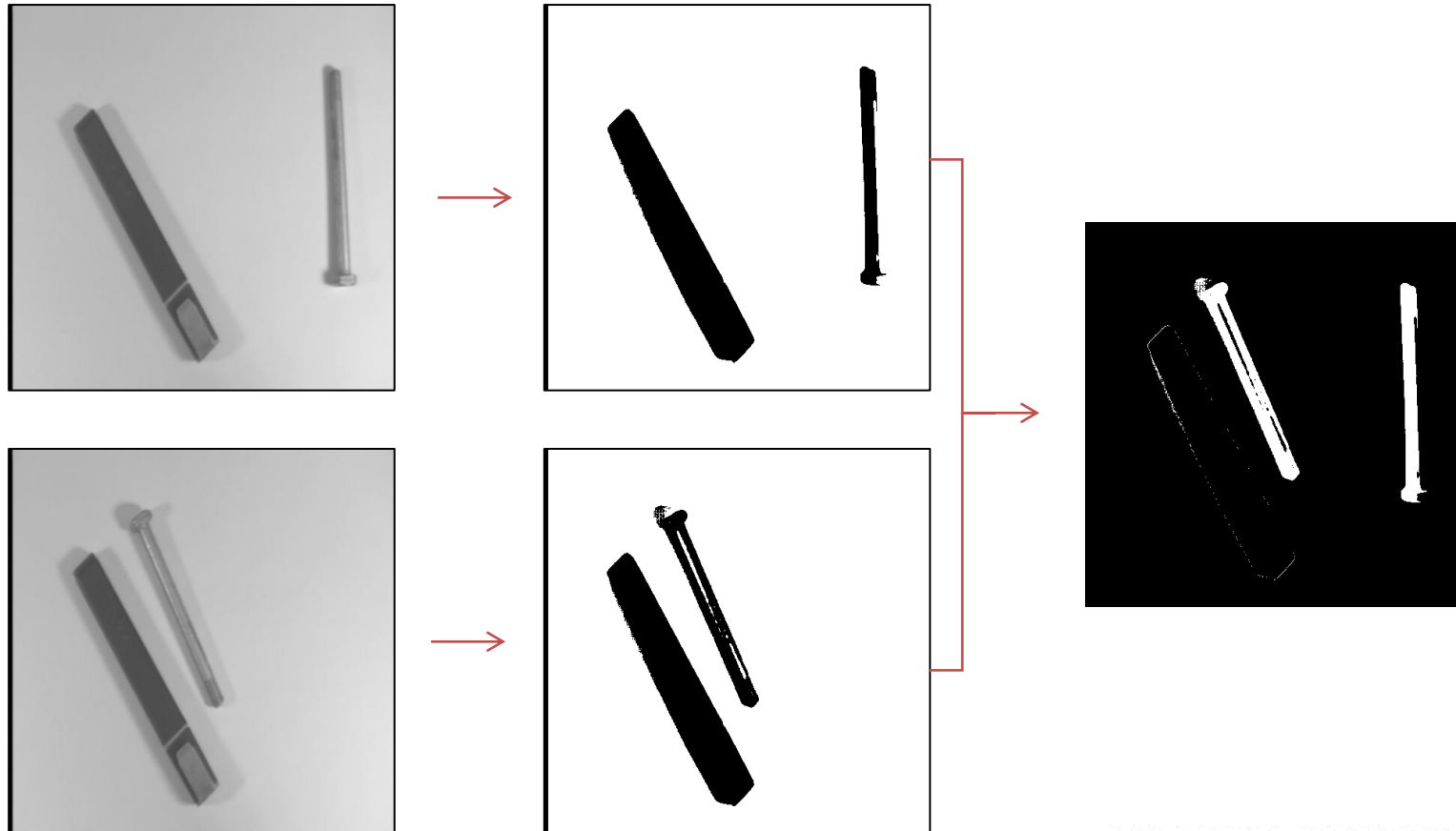
## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

- 🕒 Dadas las dos primeras imágenes que operador **booleano** debe usarse para generar la tercera imagen ?

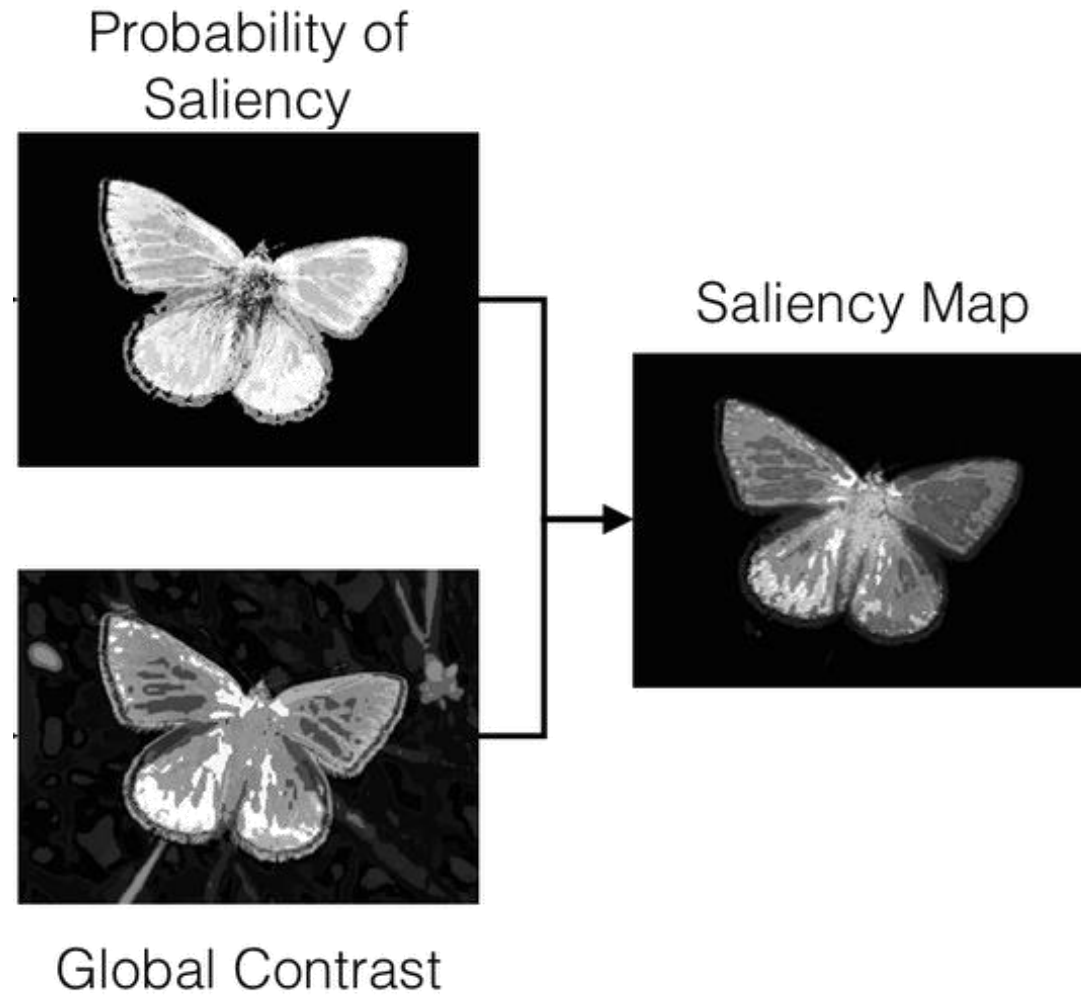


## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

¿Qué operación **booleana** se usó para unir las siguientes imágenes?



## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS







Institución  
**Universitaria**  
Reacreditada en Alta Calidad

¡Gracias!

Hacia una era de  
**Universidad y**  
*Humanidad*



Alcaldía de Medellín