

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# VISIÓN ARTIFICIAL

JOHN W. BRANCH

PROF. TITULAR

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE COMPUTACIÓN Y DE LA DECISIÓN

DIRECTOR DEL GRUPO GIDIA

ALBERTO M. CEBALLOS

ASISTENTE DE DOCENCIA

**Nota:** Este material se ha adaptado con base en el material de los profesores Domingo Mery (U. de Chile), María Patricia Trujillo (Univalle), Ginés García (U. de Murcia) y Nicolas Fernández (U. de Córdoba)

# EN LA CLASE DE HOY ...

## 🦋 PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

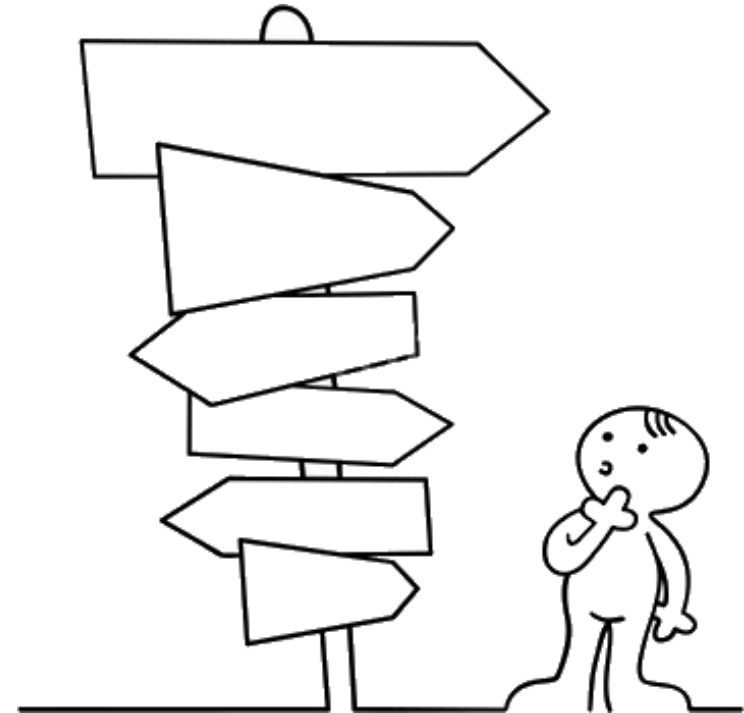
### 🌀 Procesamiento Básico de Imágenes Digitales

#### 🌀 Operaciones Elementales con Píxeles:

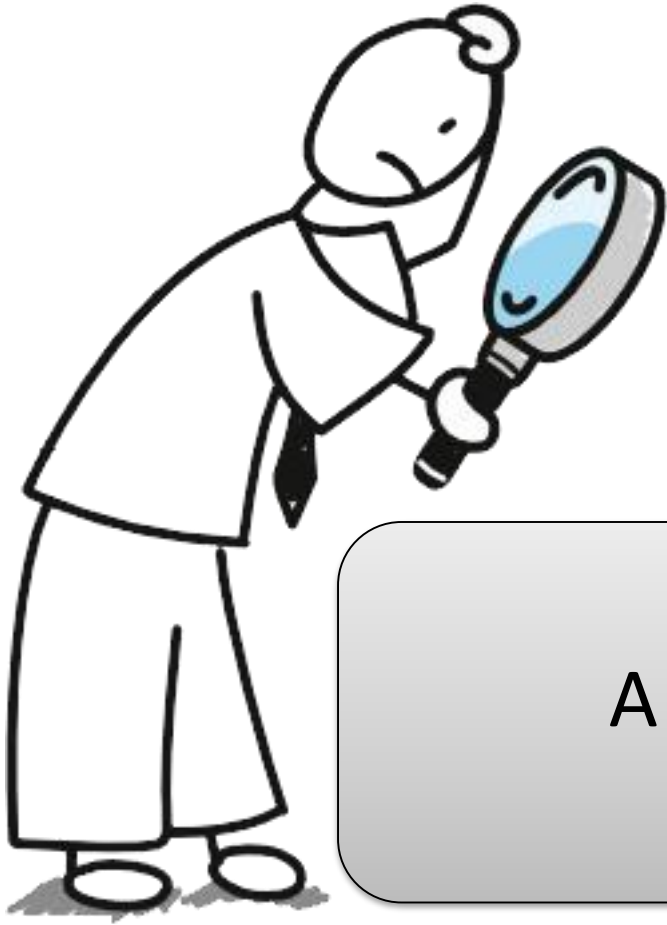
- ✓ Operadores Binarios

#### 🌀 Transformaciones geométricas

- ✓ Traslación.
- ✓ Rotación.
- ✓ Inclinación.
- ✓ Escala.

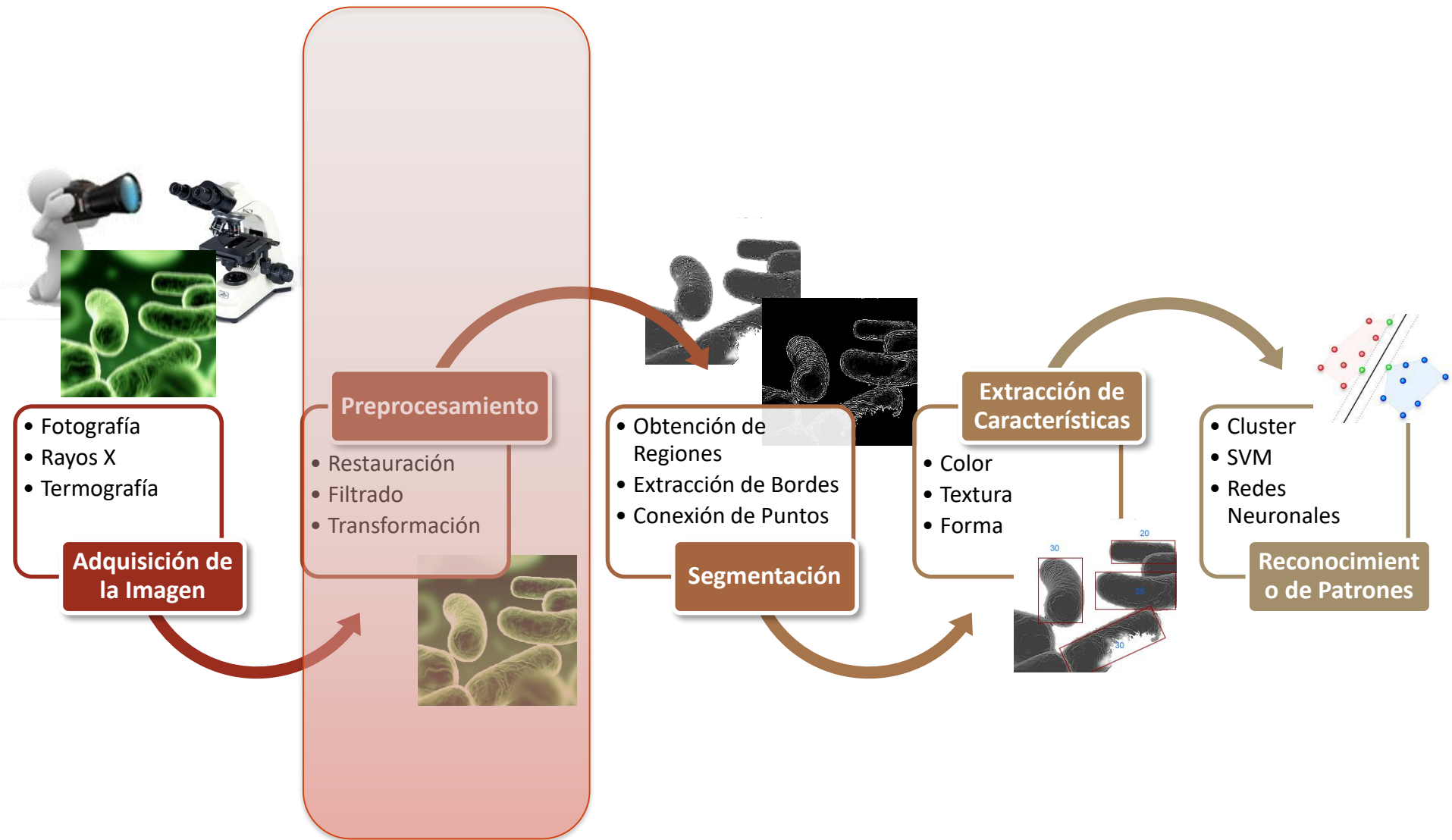


# FORMACIÓN Y ADQUISICIÓN DE IMÁGENES



A MODO DE RESUMEN ...

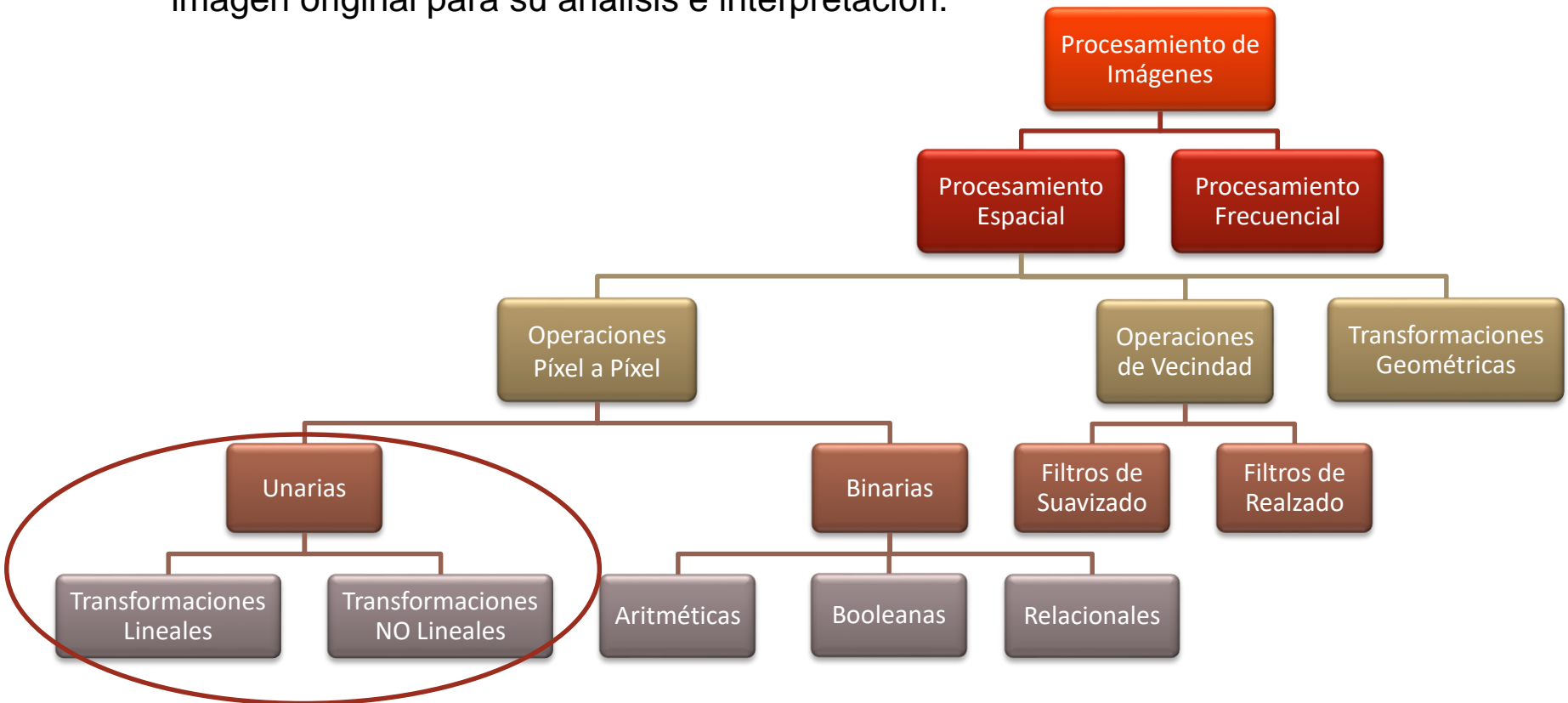
# ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 EL PREPROCESAMIENTO

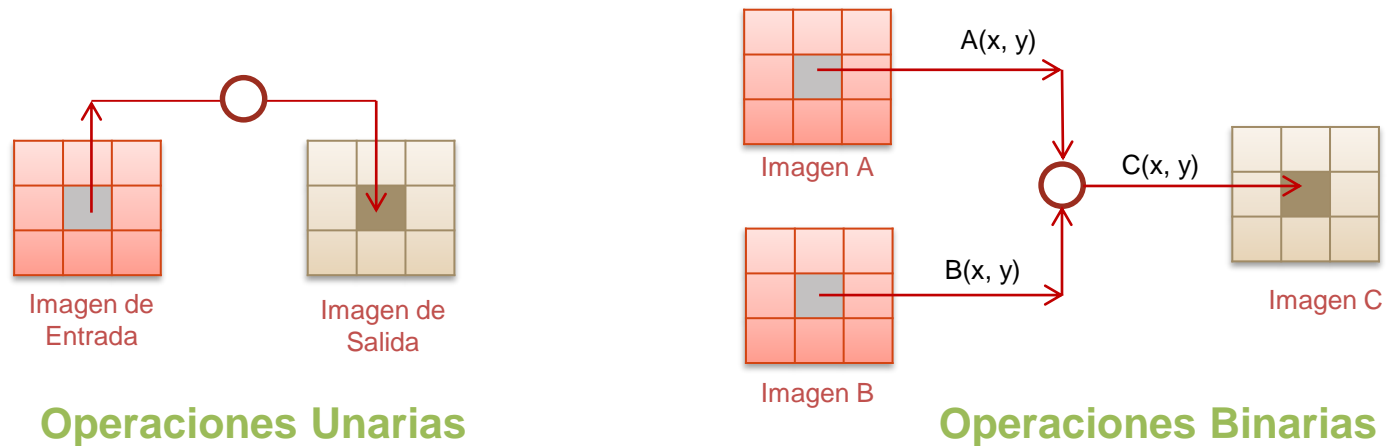
- 🎯 El objetivo del Preprocesamiento es **mejorar la calidad** y/o la apariencia de la imagen original para su análisis e interpretación.



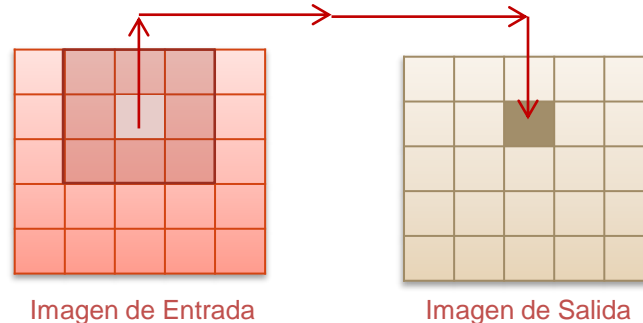
# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 EL PREPROCESAMIENTO

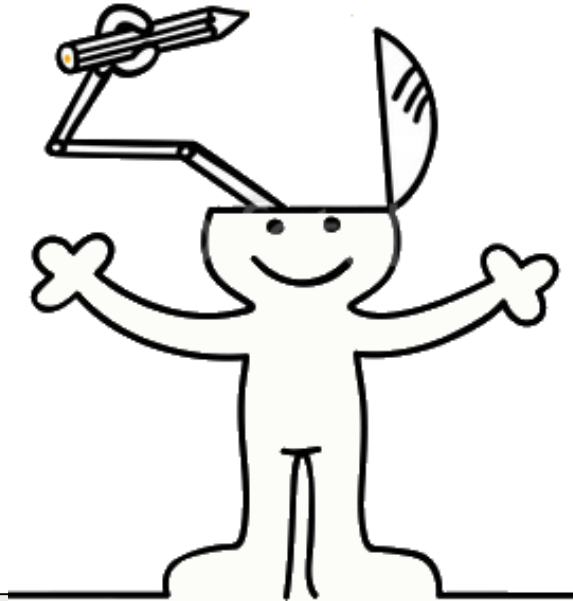
- 🌐 Alteración **píxel a píxel** de la imagen (**Operaciones Puntuales**)



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



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



TRANSFORMACIONES LINEALES EN  
OPERACIONES PUNTUALES UNITARIAS

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



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

🌐 La forma general de una transformación lineal es la siguiente:

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

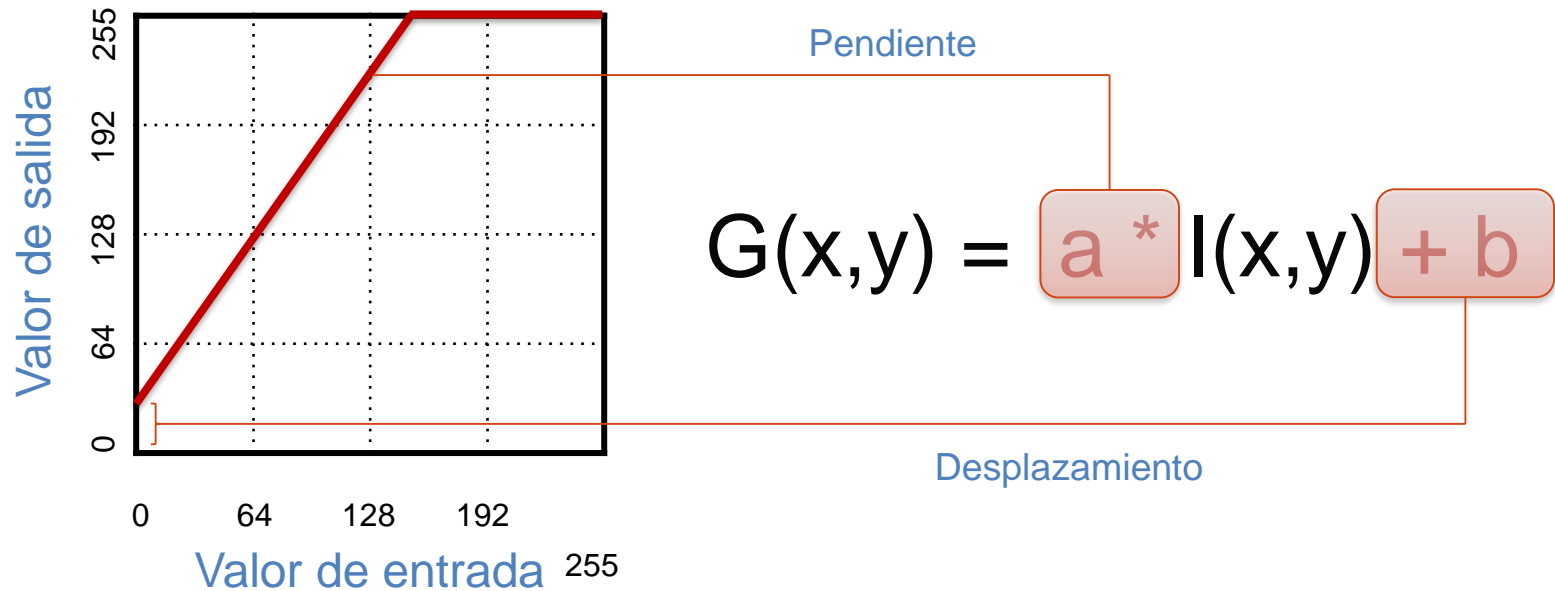
Con base en esta ecuación tenemos que:

- 🌀 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 (Multiplicación)
- 🌀 Si  $0 < a < 1$ , se reduce el contraste (División)

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

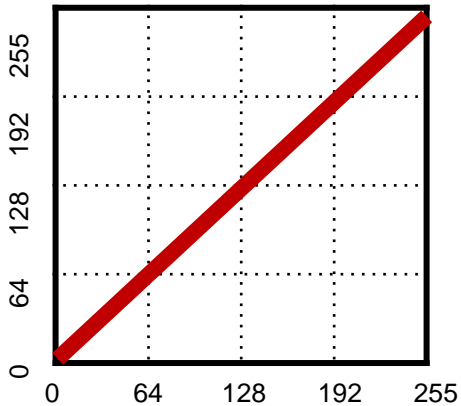
## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

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

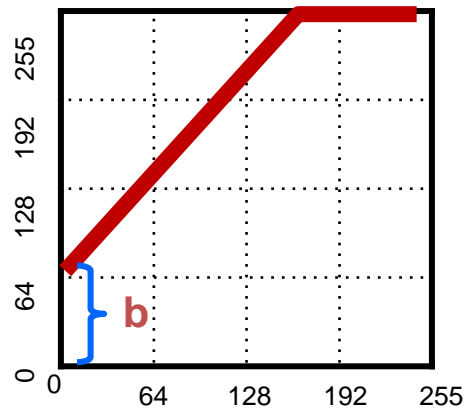


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

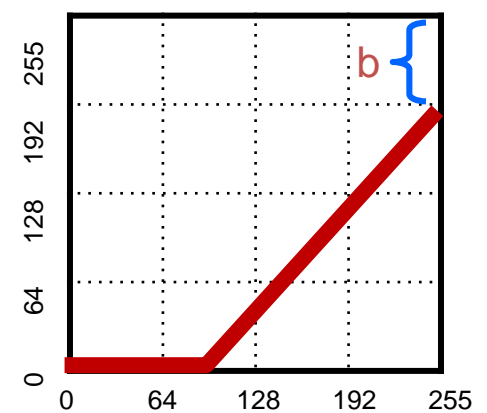
**Identidad:**  $f(x) := x$



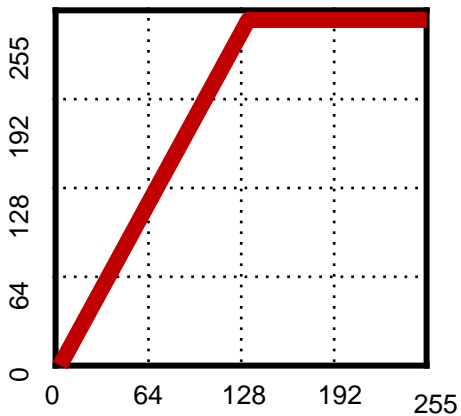
**Suma:**  $f(x) := x + b$



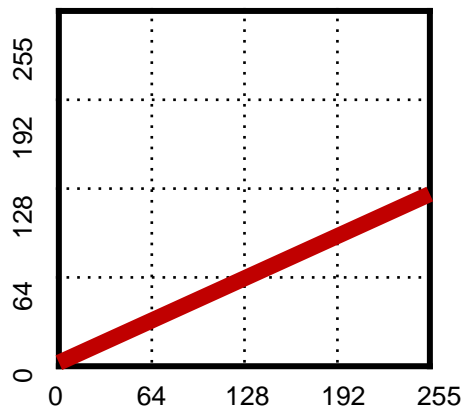
**Resta:**  $f(x) := x - b$



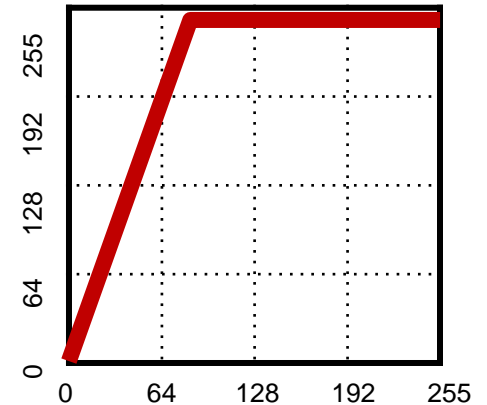
**Multiplicar 2:**  $f(x) := 2x$



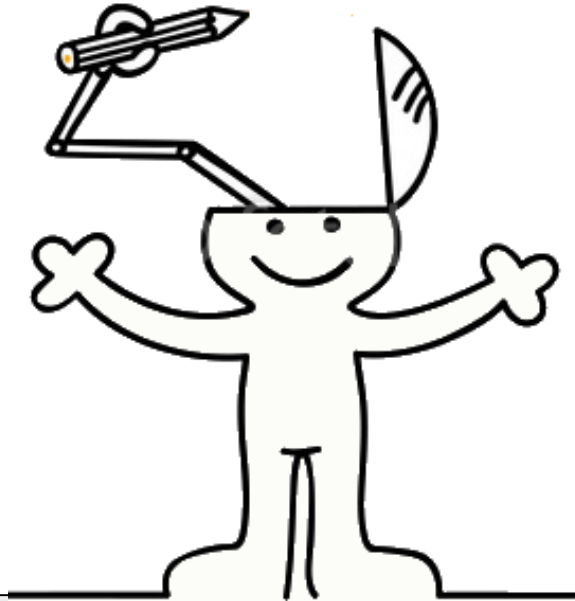
**Dividir 2:**  $f(x) := x/2$



**Multiplicar 3:**  $f(x) := 3x$



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

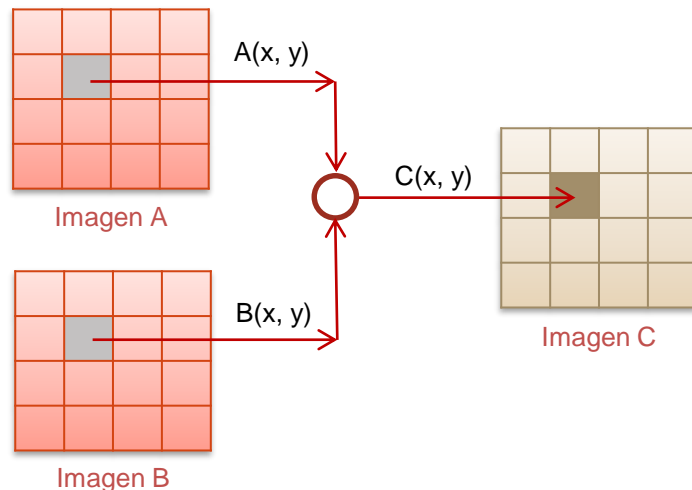


OPERACIONES PÍXEL A PÍXEL BINARIAS

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 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:



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

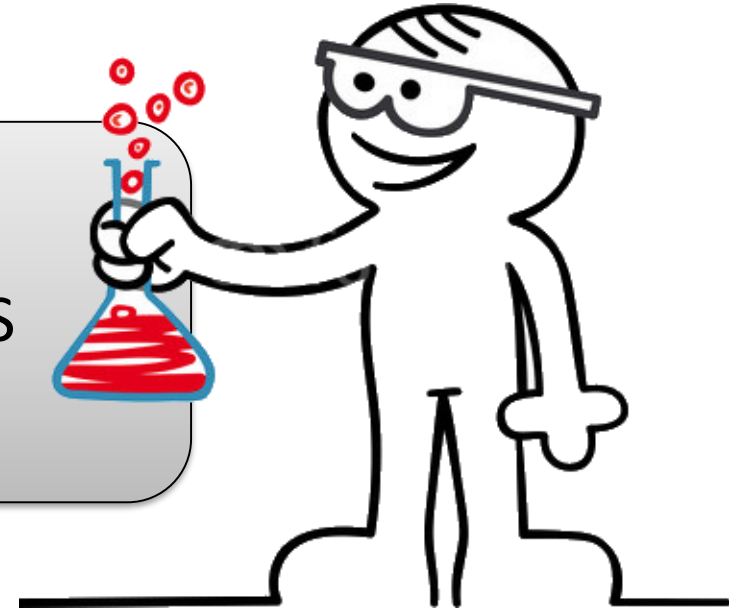


- ✓ **Aritméticas:** Suma, Resta, Multiplicación y División
- ✓ **Booleanas:** AND, OR, XOR, NOT
- ✓ **Relacionales:**  $>$ ,  $<$ , max, min

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


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

OPERACIONES ARITMÉTICAS



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES


## OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

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

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

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

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

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

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🎨 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

$B(x,y)$

=


$C(x,y)$

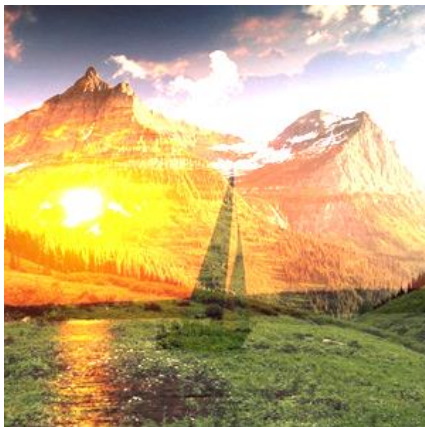


# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚩 OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS



$A + B$



$A - B$



$A * B$



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

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



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 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%

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 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:



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

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



Cross dissolve



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

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 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:

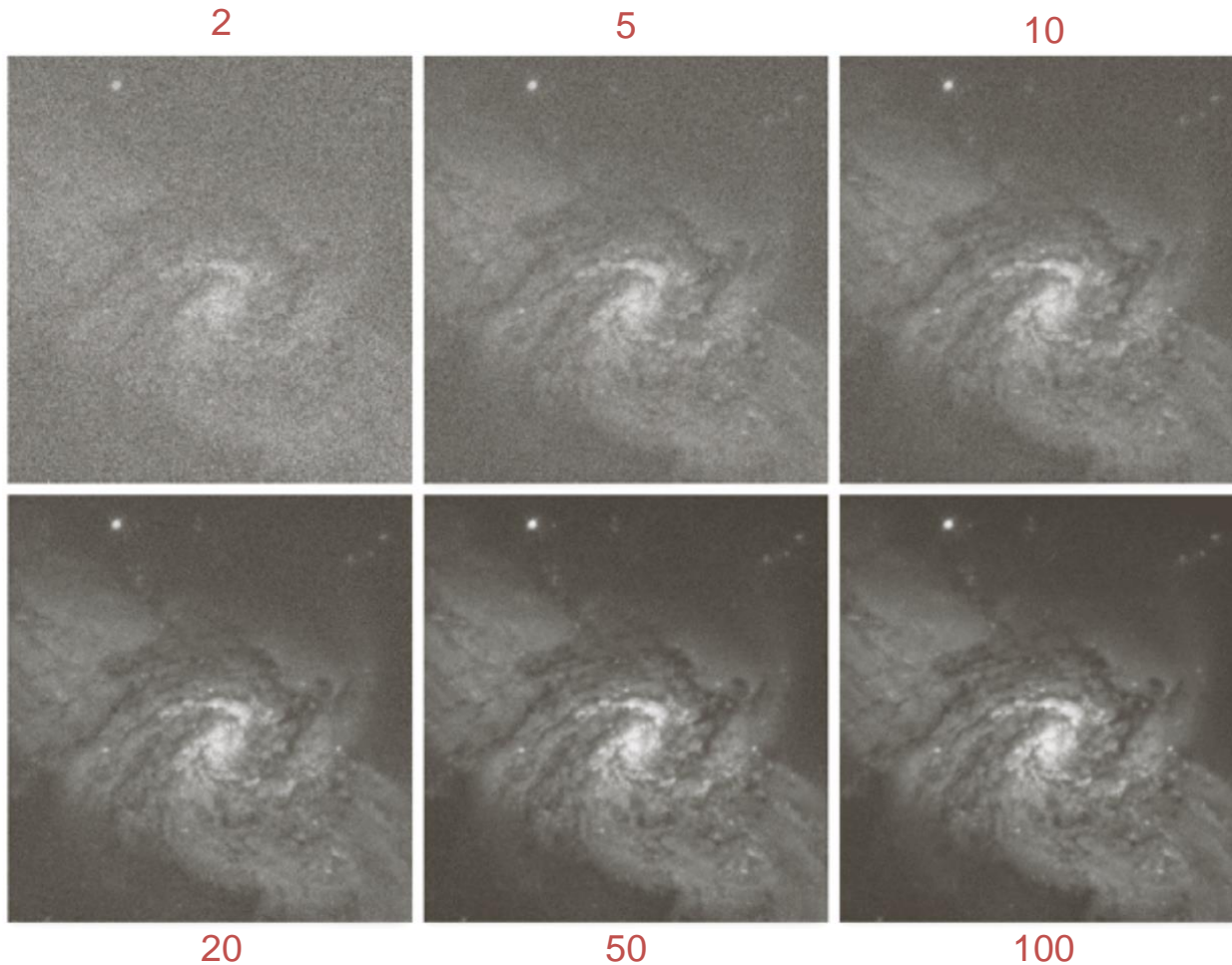
$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)$$

¿Bajo qué condiciones esto funciona bien?



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

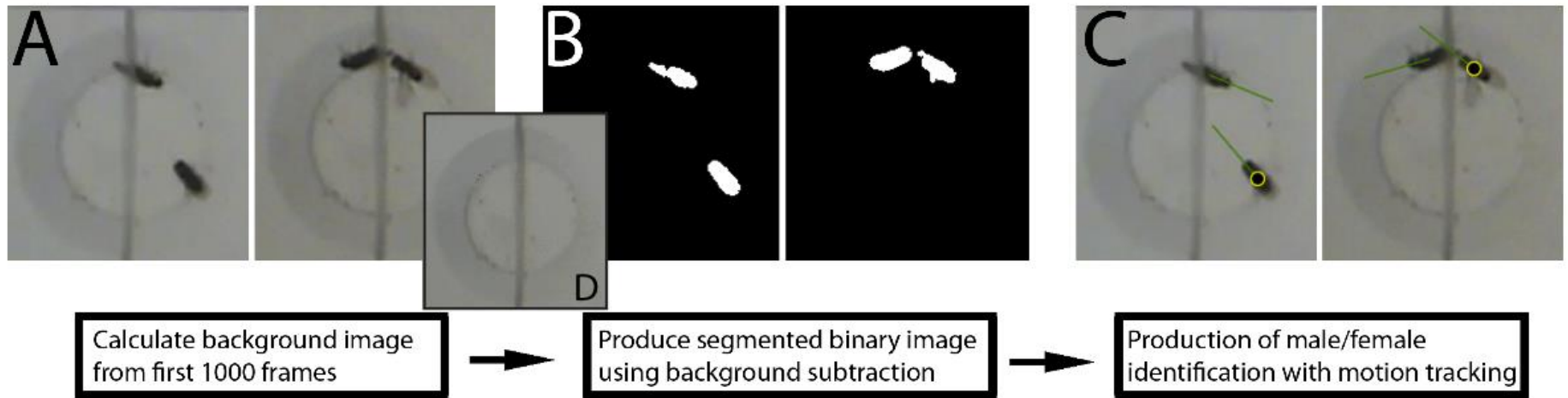
## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS



Promedio de Imágenes  
[Woods]

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

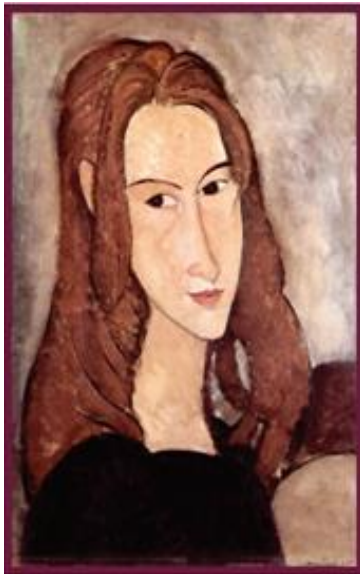
## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

🌀 La **resta** pixel a pixel ...



-



=

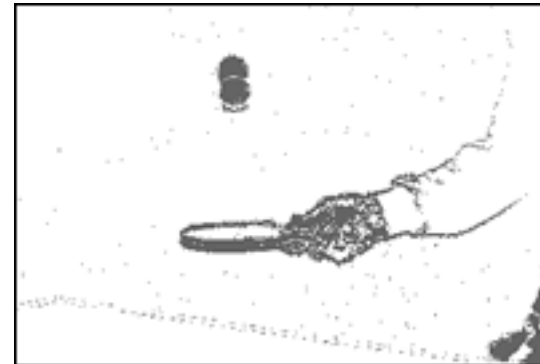




# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 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.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🌟 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.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

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

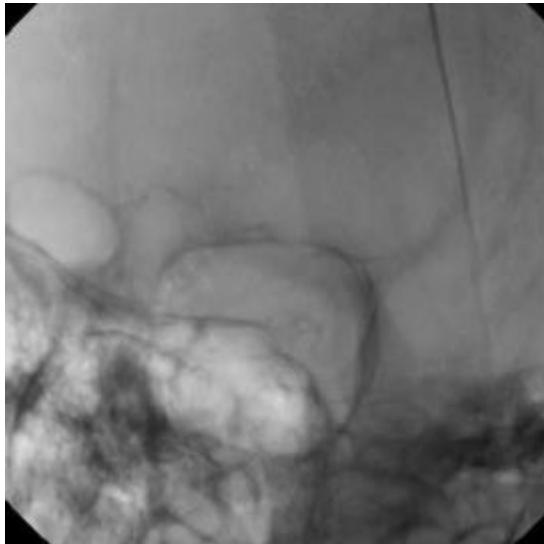


Imagen original de rayos X del paciente, llamada máscara

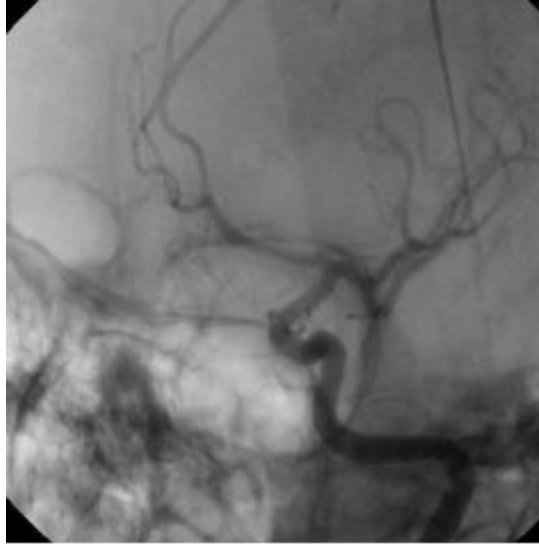


Imagen obtenida inyectando un medio yodado al flujo sanguíneo del paciente para aumentar el contraste.

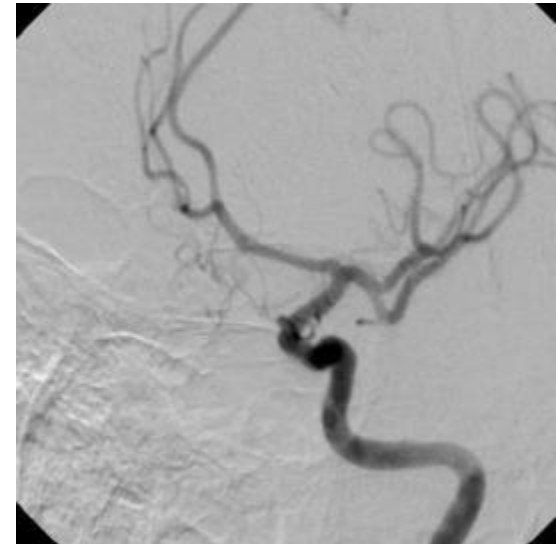


Imagen diferencia entre las anteriores

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 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:

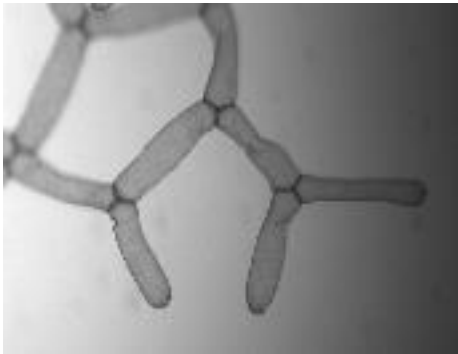
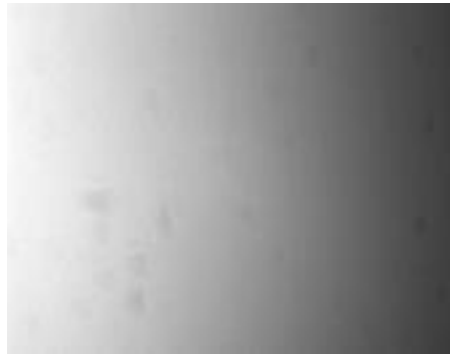


Imagen original

-



Estimación del Background

=

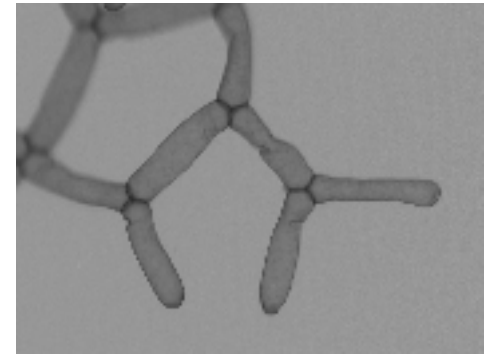


Imagen Corregida

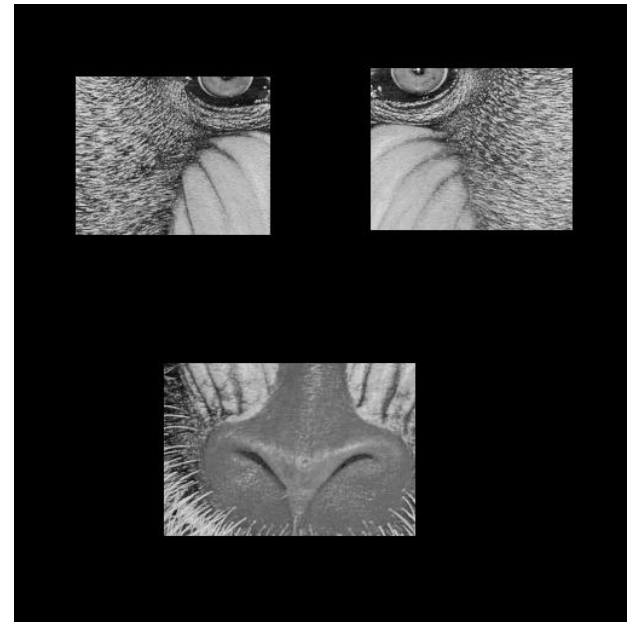
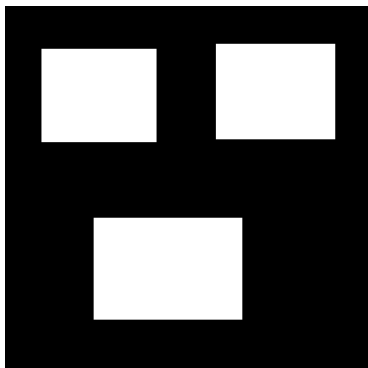
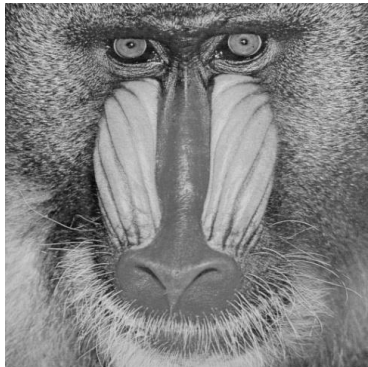


Shading correction

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

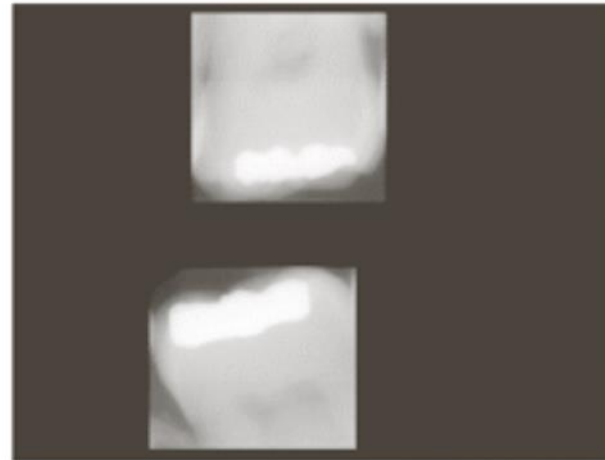
- 🌀 La **multiplicación de imágenes** puede ser usada para extraer regiones de interés usando una mascara (aunque esto se hace con operaciones booleanas):



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

### 🌀 La multiplicación de imágenes



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚧 OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS: DIVISIÓN



Imágenes Originales



Resta



División

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 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 resta ella misma, se obtiene una imagen negra (grises=0 en toda posición), pero si una de la imágenes 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”.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS

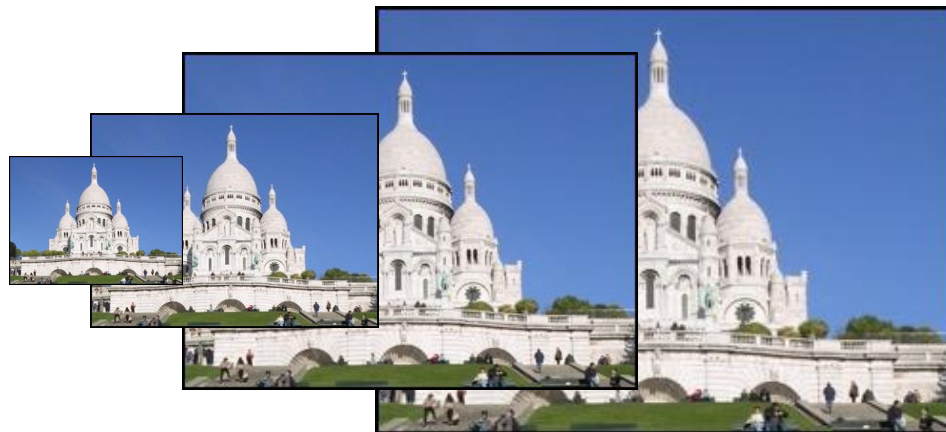
- 🌀 Las **Transformaciones Geométricas** mantienen el valor de los píxeles, sin embargo, modifican la relación espacial entre ellos.
- 🌀 Para realizar una transformación geométrica se deben realizar dos pasos:
  - 🌀 Definir el mapeo espacial de coordenadas entre la imagen de origen y la imagen de salida (rotación, escala, traslación, ...)
  - 🌀 Aplicar un **algoritmo de interpolación** para definir el valor de los píxeles que por la transformación han quedado sin valor.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Traslación



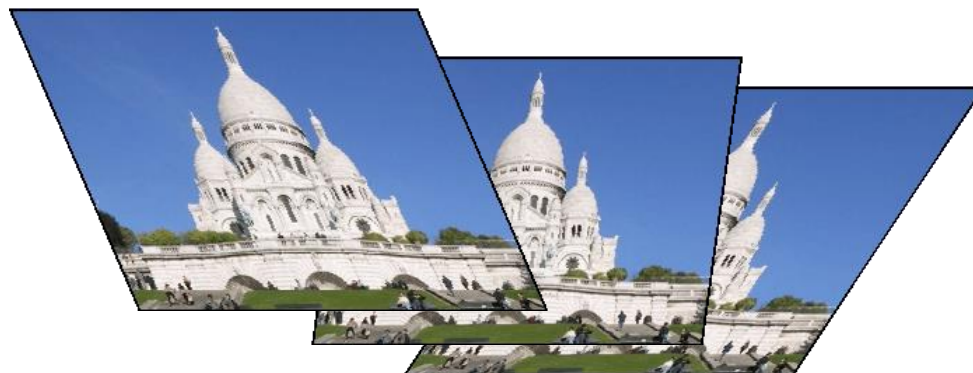
Escala



Rotación



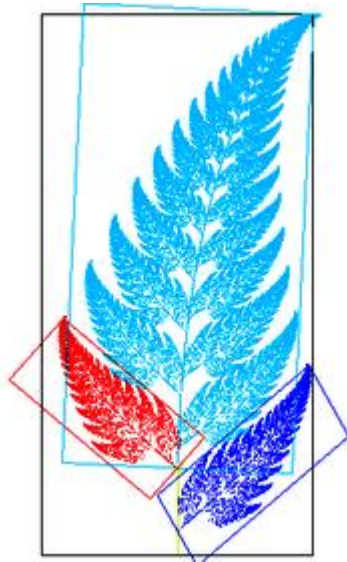
Inclinación



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS

- Las **Transformaciones Afines** son un grupo de transformaciones geométricas que preservan ciertas propiedades de las imágenes. Un primer caso de este tipo de transformación consiste en la familia de transformaciones geométricas básicas resultantes de rotaciones, escalamientos y traslaciones.



$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Diagram illustrating the affine transformation equation:

- $\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix}$  points to: **Coordenadas finales (coordenada homogénea)**
- $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix}$  points to: **Matriz de transformación (homografía)**
- $\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$  points to: **Coordenadas originales**

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Traslación** es un mapeo en el que cada píxel de la imagen de entrada es movido a una nueva posición en la imagen de salida.



$$x_2 = x_1 + b_x$$

$$y_2 = x_2 + b_y$$

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & e \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- Una aplicación especial de la **Traslación** es la reflexión de la imagen:



Imagen Original



Reflexión Horizontal



Reflexión Vertical

• Num. fils o cols  
-1

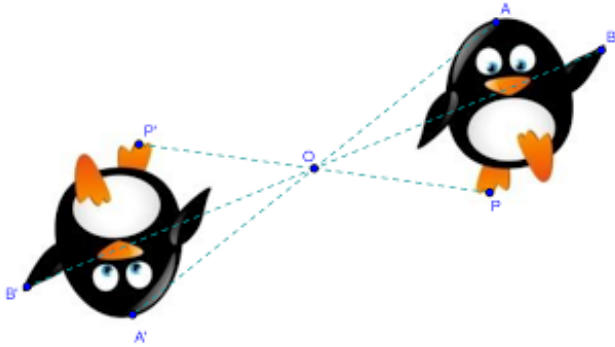
$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Diagram illustrating the transformation matrix for reflection. Red arrows point from the text "Num. fils o cols" and "-1" to the elements  $c$  and  $f$  in the transformation matrix, indicating their relationship to the image dimensions.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen.



$$x_2 = (x_1 - x_0) \cos \theta - (y_1 - y_0) \sin \theta + x_0$$
$$y_2 = (x_1 - x_0) \sin \theta + (y_1 - y_0) \cos \theta + y_0$$

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

El punto  $(x_0, y_0)$  son las coordenadas del centro de rotación y  $\theta$  el ángulo de rotación.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen.



Imagen de entrada



Rotar  $-10^{\circ}$



Rotar  $10^{\circ}$



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen. Un caso especial que se debe considerar es si la imagen de salida debe cambiar para cubrir toda la imagen de entrada.



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🌀 La **Rotación** es un mapeo en que se produce un cambio de orientación de la imagen: Ahora cambiando el punto de rotación ( $x_0, y_0$ )



Rotar  $10^\circ$



Rotar  $-10^\circ$

Trasladar el punto de rotación al origen, rotar y deshacer la traslación tiene el mismo efecto.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🦋 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Inclinación** transforma una región rectangular en un rombo. Sirve para “simular” una perspectiva. La inclinación se puede dar en el eje X, en e Y o en ambos:

Imagen de entrada



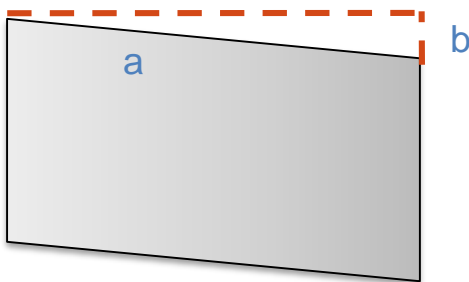
Inclinación en X de  $b/a$



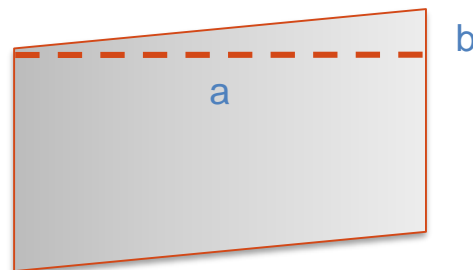
Inclinación en X de  $-b/a$



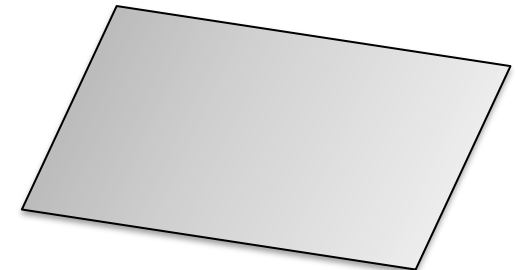
Inclinación en Y de  $b/a$



Inclinación en Y de  $-b/a$



Inclinación en X e Y



El valor de inclinación es la tangente del ángulo.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Inclinación** en X una cantidad  $I_x$ :

$$R(x, y) := A(x - i_x * y, y)$$

- La **Inclinación** en Y una cantidad  $I_y$ :

$$R(x, y) := A(x, y - i_y * x)$$

- La **Inclinación** X en  $I_x$  e inclinación Y en  $I_y$

$$R(x, y) := A(x - i_x * y, y - i_y * x)$$

Inclinación en x

$$\begin{bmatrix} wx' \\ wy' \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

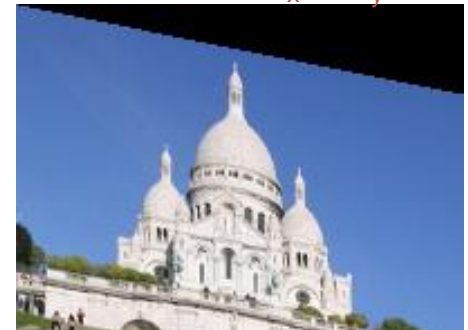
Inclinación en y



Inclinación  $i_x = -0,4$ ;  $i_y = 0$



Inclinación  $i_x = 0$ ;  $i_y = 0,2$



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## 🚀 TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Escala** permite cambiar el tamaño de las imágenes:



Imagen  
original 25x26



Imagen  
ampliada  
250x260

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

 Como hacer la escala:



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

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

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

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

-  La **Interpolación** puede considerarse como el cálculo del valor de intensidad de un píxel, en una posición cualquiera, como una función de los píxeles que la rodean.
-  Existen diferentes tipos de interpolación:
  - Vecino más cercano
  - Bilineal
  - Bicúbica
  - Supermuestreo

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- La **Interpolación del vecino más cercano**:  $B(x,y) = A(\lfloor x/10 \rfloor, \lfloor y/10 \rfloor)$ , donde 10 es el factor de escala.



Imagen  
original 25x26

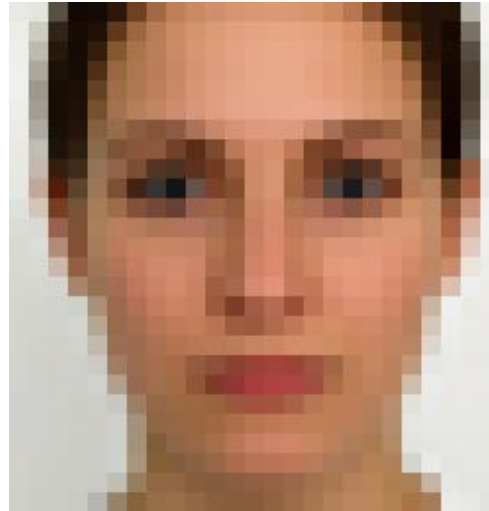


Imagen  
ampliada  
250x260

### Ventajas:

- Es muy sencilla y rápida de calcular

### Inconvenientes:

- El efecto de cuadriculado es evidente, y da lugar imágenes de poca calidad
- A medida que el factor de escala aumenta, la imagen se hace más y más borrosa



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

 La **Interpolación** del vecino más cercano :

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

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

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Interpolación Lineal** promedia los dos vecinos más cercanos para encontrar el valor del píxel.

### **Ventajas:**

- 🕒 Es muy rápida de calcular y mejora un poco los resultados con respecto a la interpolación por vecino más cercano

### **Inconvenientes:**

- 🕒 Da lugar imágenes de poca calidad

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

 La Interpolación Lineal:

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

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

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

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

## TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS AFINES

- 🕒 La **Interpolación** Bilineal es una mejora de la anterior, promediando en este caso 4 píxeles adyacentes. Sin embargo, los factores de ponderación vienen dados por la distancia de los 4 píxeles se que usaran para la interpolación

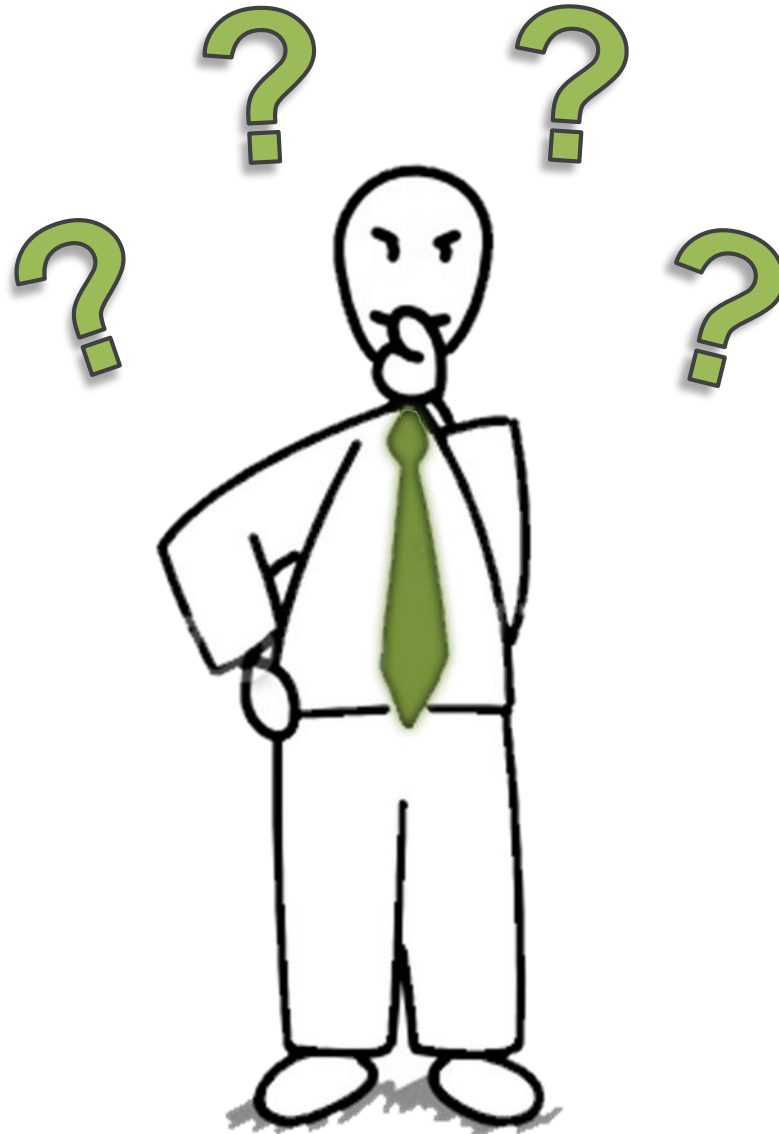
### **Ventajas:**

- 🕒 Mejora los resultados de la interpolación haciendo los cambios más suaves

### **Inconvenientes:**

- 🕒 Es más costosa computacionalmente

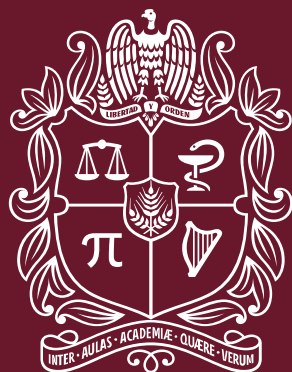
# PREGUNTAS



DIEGO PATIÑO CORTÉS, MSc.

CARLOS ANDRÉS MERA BANGUERO, MSc.

ALBEIRO ESPINOSA BEDOYA, Ph.D.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA