



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# VISIÓN ARTIFICIAL

2024 – 1S

[https://drive.google.com/drive/folders/1q3O-swigCxaKn30FTEjjc7VPjWkk0eKO?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1q3O-swigCxaKn30FTEjjc7VPjWkk0eKO?usp=drive_link)

**JOHN W. BRANCH**

Profesor Titular

Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión

Director del Grupo de I+D en Inteligencia Artificial – GIDIA

[jwbranch@unal.edu.co](mailto:jwbranch@unal.edu.co)

Oficina: Bloque M8A- 307






**SANTIAGO SALAZAR**

Monitor

[sasalazarr@unal.edu.co](mailto:sasalazarr@unal.edu.co)

# PRESENTACIÓN DEL CURSO

## OBJETIVOS DEL CURSO

-  El **Objetivo General** de este curso es proporcionar al estudiante los fundamentos de la visión artificial y sus aplicaciones de tal manera que pueda diseñar y desarrollar **soluciones a problemas de la vida** real con base en la información de imágenes.
-  Los **Objetivos Específicos** son:
  -  Describir las etapas de un sistema de visión artificial
  -  Estudiar las técnicas fundamentales de las diferentes etapas de un sistema de visión artificial
  -  Aplicar los conceptos, técnicas y tecnologías, desarrolladas en el curso a un caso de uso en un dominio de aplicación específico.

# METODOLOGÍA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

**Hibrida: Sesiones Presenciales y Remotas**

# CONTENIDO DEL CURSO

## **Adquisición de Imágenes.**

1. Imagen digital. 2. Características de una imagen digital. 3. Repositorios de datos.

## **Procesamiento de Imágenes.**

1. Operadores en el dominio espacial. 2. Operadores en el dominio de la frecuencia.

## **Segmentación de Imágenes.**

1. Segmentación usando umbralización. 2. Segmentación basada en detección de bordes. 3. Segmentación basada en regiones.

## **Transformaciones Morfológicas.**

1. Operaciones morfológicas. 2. Morfología en imágenes en niveles de gris.

## **Extracción y Selección de Características.**

1. Introducción. 2. Extracción de características. 3. Selección de características.

## **Reconocimiento de Patrones.**

1. Introducción. 2. Clasificación supervisada. 3. Clasificación no supervisada. 4. Evaluación de desempeño.

# EVALUACIÓN



## Curso de Coursera: Procesamiento Digital de Imágenes

Universidad Católica de Chile

<https://www.coursera.org/programs/coursera-para-la-universidad-nacional-de-colombia-ji3sj/learn/procesamiento-de-imagenes>

**Fecha límite del certificado: 1 de abril de 2024**

20%

**Cuatro (4) Evaluaciones Parciales .**

**Marzo 4, Abril 1, Abril 29, Mayo 27.**

80% (cada una del 20%)

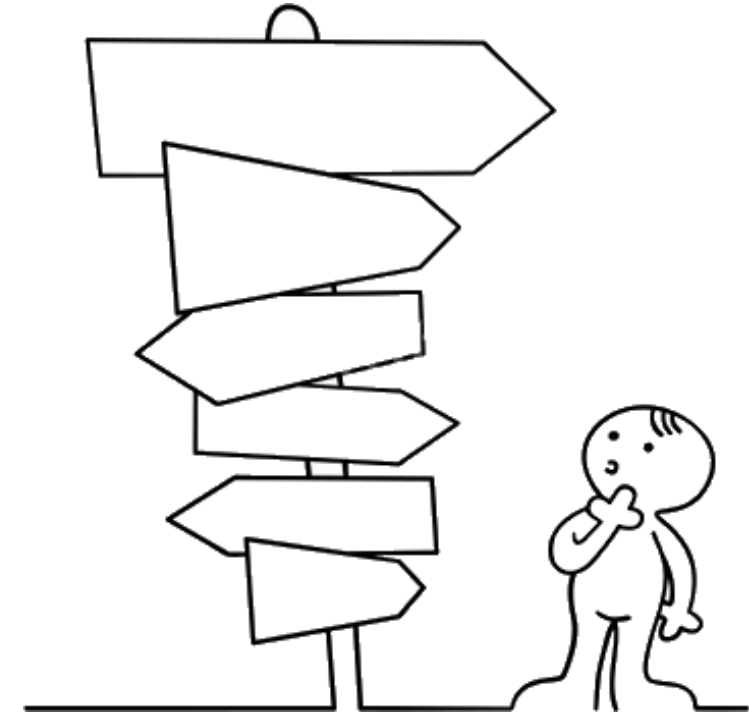
# CRITERIOS DE EVALUACIÓN

CRITERIO	VALOR
<b>Descripción del dataset:</b> Detalla el origen de los datos, describe su contexto, su composición, cantidad, distribución, limitantes.	10%
<b>Metodología:</b> Describe los métodos usados, argumentan la selección de los mismos. La estructura del código fuente es coherente con los métodos, hay orden lógico y comentarios que permiten tener una idea clara de la función de los bloques de código.	35%
<b>Presentación de resultados y uso de métricas:</b> Hay un cuadro comparativo de las diferentes métricas empleadas, en los métodos elegidos. Hay un orden lógico en la presentación de las métricas, y se explican sus resultados, se eligieron métricas coherentes con los métodos empleados, hay gráficos explicativos de las métricas.	20%
<b>Análisis y conclusiones:</b> Hay una explicación del proceso llevado a cabo, se analizan los resultados obtenidos en las métricas y el porqué de sus diferencias, se concluye de manera clara, cuales son las mejoras posibles y los inconvenientes presentados durante el proceso.	35%

# EN LA CLASE DE HOY ...

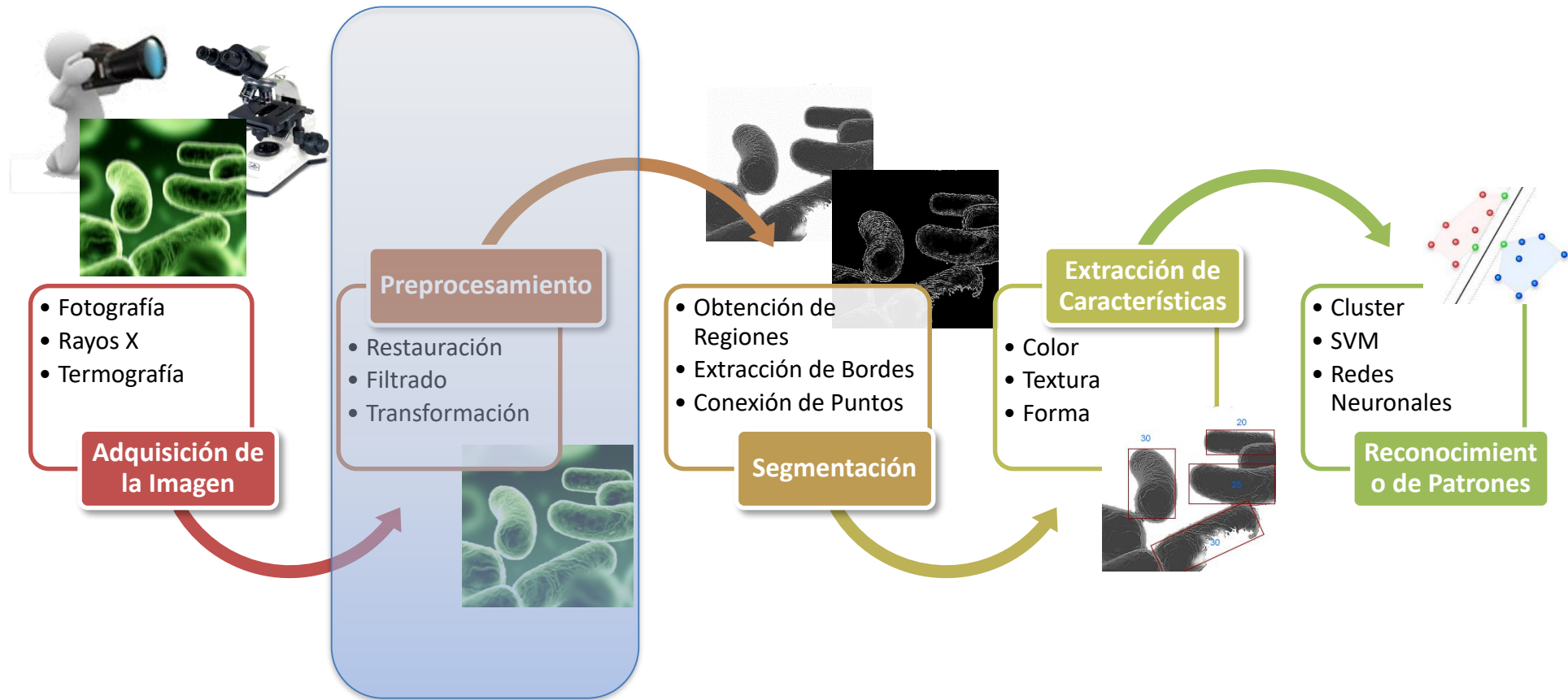
## 🦋 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES

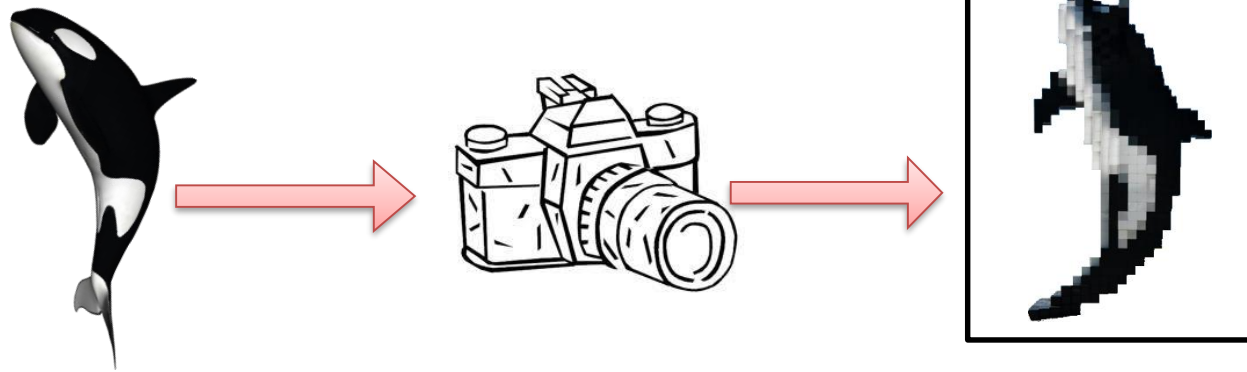
- 🌀 Operaciones Pixel a Pixel – Unarias
- 🌀 Operaciones Pixel a Pixel - Binarias
- 🌀 Operaciones de Vecindad



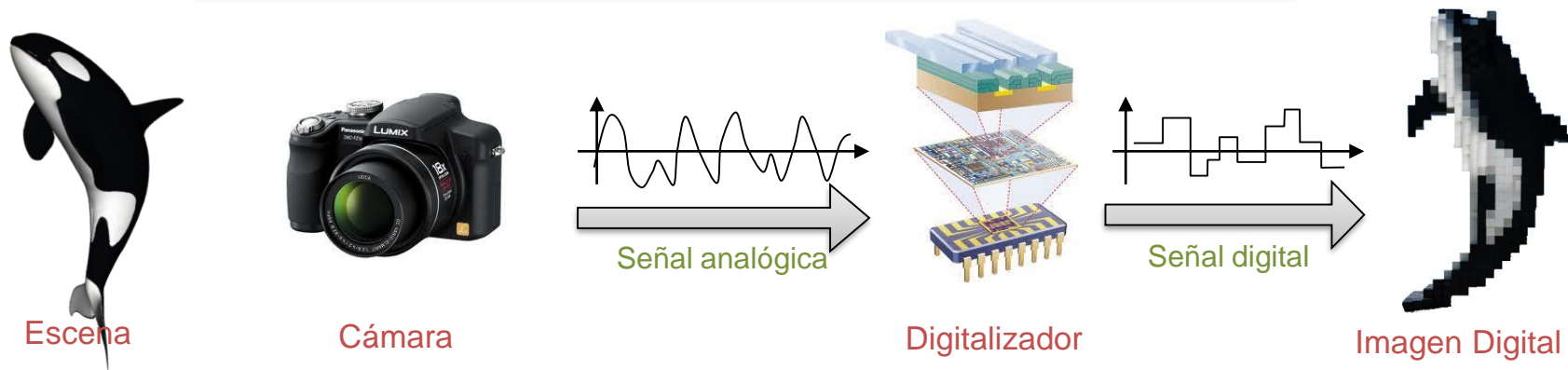


# ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL





## LA IMAGEN DIGITAL



## 🏆 EL PREPROCESAMIENTO

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

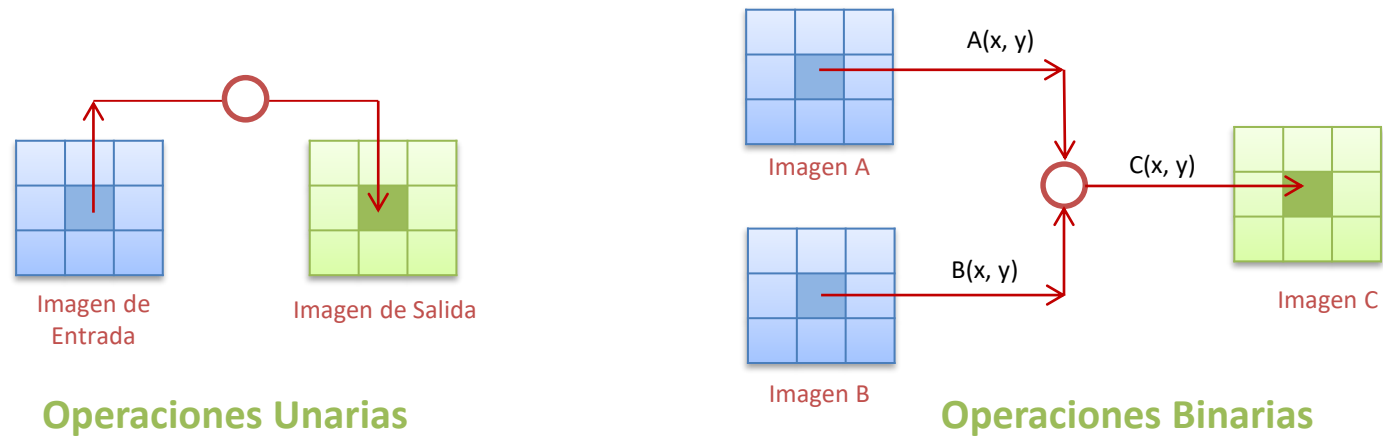


- 🌀 Se **resaltan ciertas características** de la imagen (bordes, contraste, ...) y se ocultan o eliminan otras (por ejemplo, el ruido)
- 🌀 El preprocesamiento es una etapa previa que es necesaria para otras fases posteriores del proceso de visión artificial (segmentación, extracción de características, reconocimiento e interpretación).

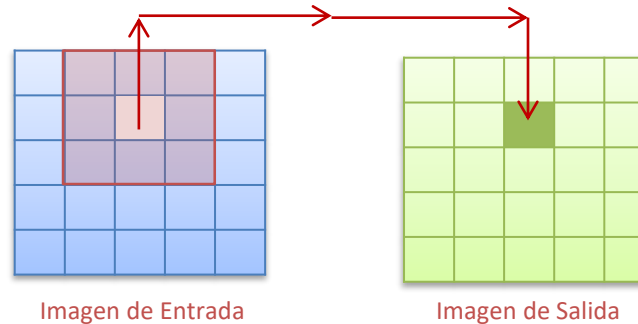
# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 EL PREPROCESAMIENTO

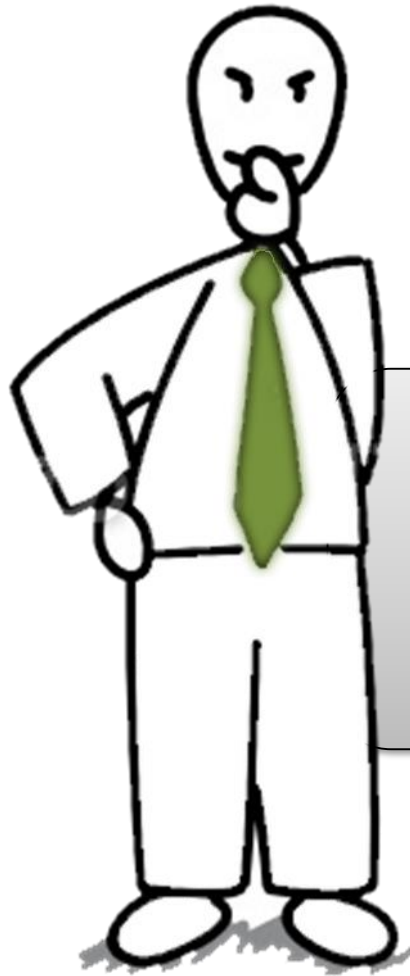
🌀 Alteración **píxel a píxel** de la imagen (**Operaciones Puntuales**)



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



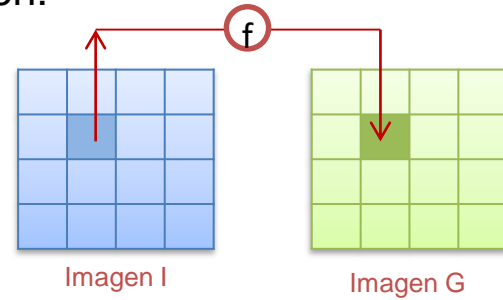
# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



OPERACIONES PIXEL A PIXEL

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - UNARIAS

- Las operaciones puntuales u **operaciones píxel a píxel** son aquellas que alteran la imagen aplicando a cada píxel de la imagen una transformación que solo depende de ese píxel en esa imagen:



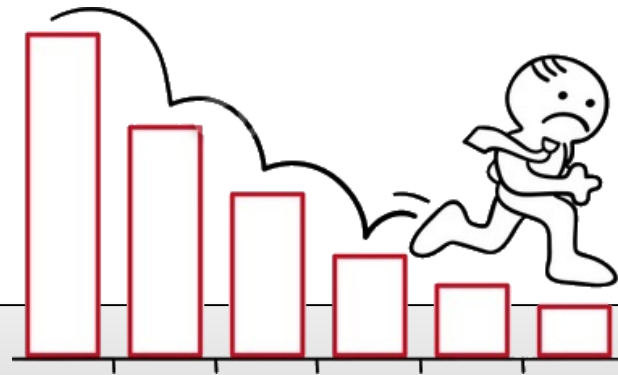
$$G(x,y) = f[I(x,y)]$$



- Transformaciones del Histograma
- Transformaciones Lineales
- Transformaciones NO Lineales

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES





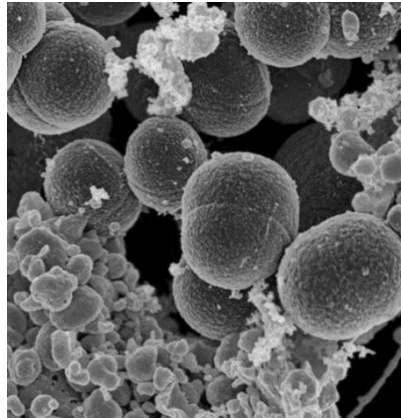
## EL HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN



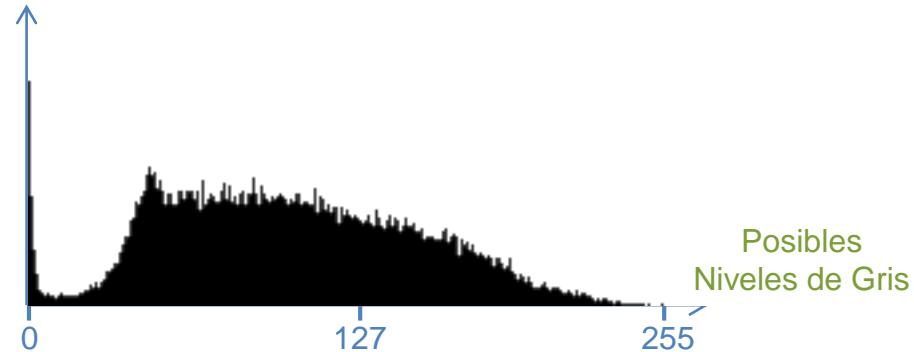
# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 EL PREPROCESAMIENTO – HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN

- 🌀 El **histograma** de una imagen presenta **la frecuencia de ocurrencia** de los niveles de gris en la imagen, es decir, determina la distribución de frecuencias de los niveles de gris en la imagen.

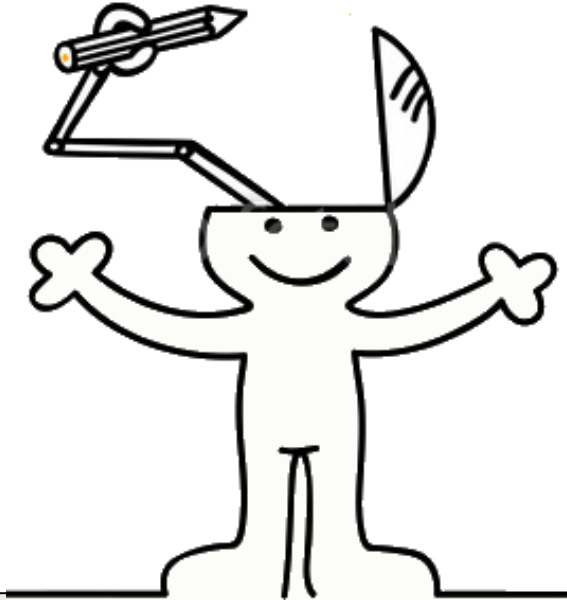


# de píxeles con un determinado nivel de gris



- 🌀 Son un elemento importante en la etapa de **Pre-procesamiento** pues este nos ayuda a comprender y a determinar qué **transformaciones** usar para mejorar la calidad de una imagen.

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES



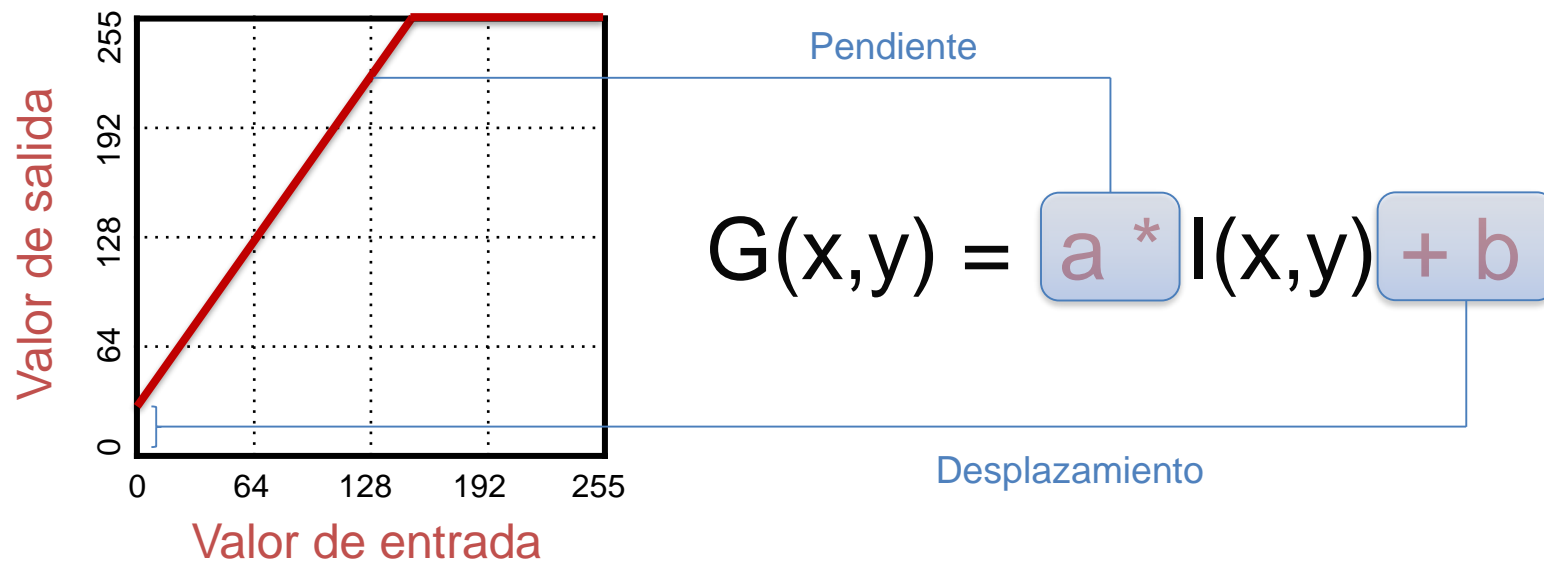
## TRANSFORMACIONES LINEALES EN OPERACIONES PUNTUALES UNARIAS

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

# 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

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

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

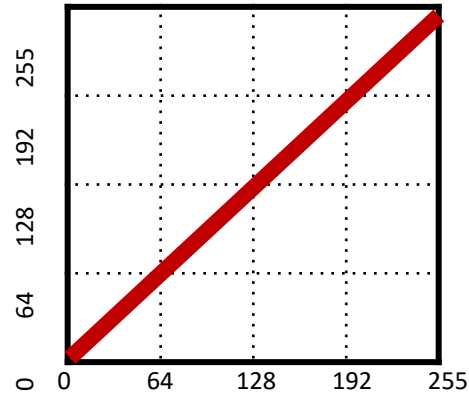
$$G(x,y) = a * I(x,y) + b$$

Con base en esta ecuación tenemos que:

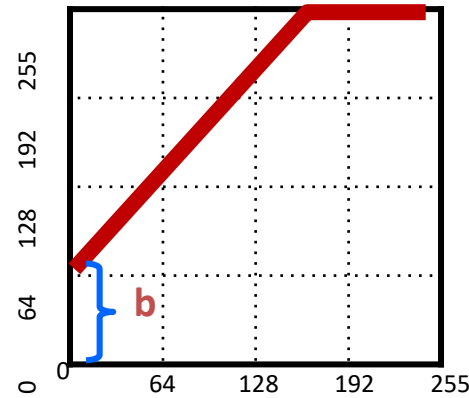
- 🌀 Si  $a = 1$  y  $b = 0$  entonces  $g(x, y) = f(x, y)$  (**Identidad**)
- 🌀 Si  $a = 1$  y  $b > 0$ , el nivel de gris se aumenta en  $b$  unidades (**Suma**)
- 🌀 Si  $a = 1$  y  $b < 0$ , el nivel de gris se disminuye en  $b$  unidades (**Resta**)
- 🌀 Si  $a > 1$ , se produce un incremento del contraste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

# Pre-procesamiento de Imágenes

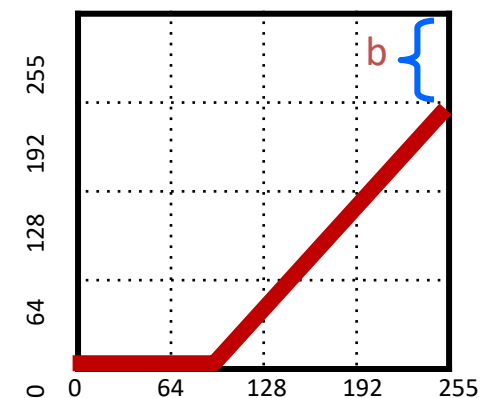
Identidad:  $f(x) := x$



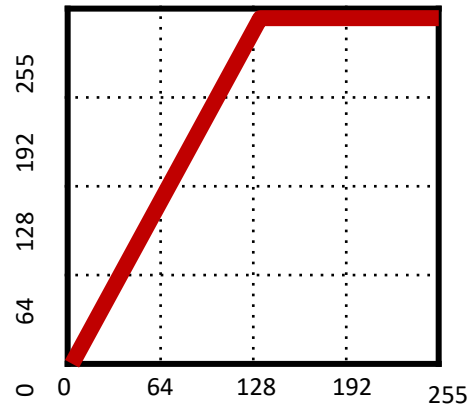
Suma:  $f(x) := x + b$



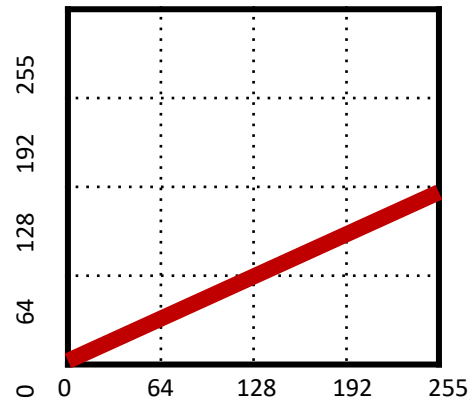
Resta:  $f(x) := x - b$



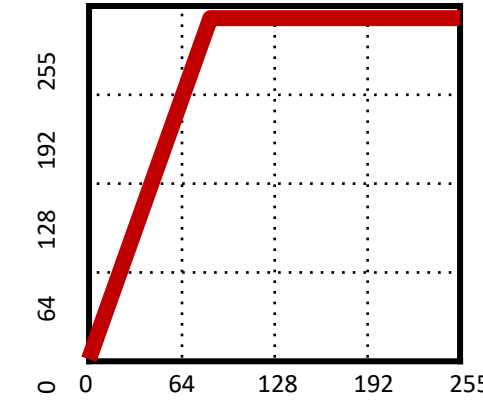
Multiplicar 2:  $f(x) := 2x$



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



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



## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🌐 La **Suma** aumenta el brillo de las imágenes, ya que histograma de la imagen se desplaza **b** valores a la derecha.

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

90	67	68	39
92	87	73	78
63	102	89	76
45	83	109	80

$I(x,y)$

$+ 25 =$


$G(x,y)$

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🌻 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🌀 La **Suma** aumenta el brillo de las imágenes:

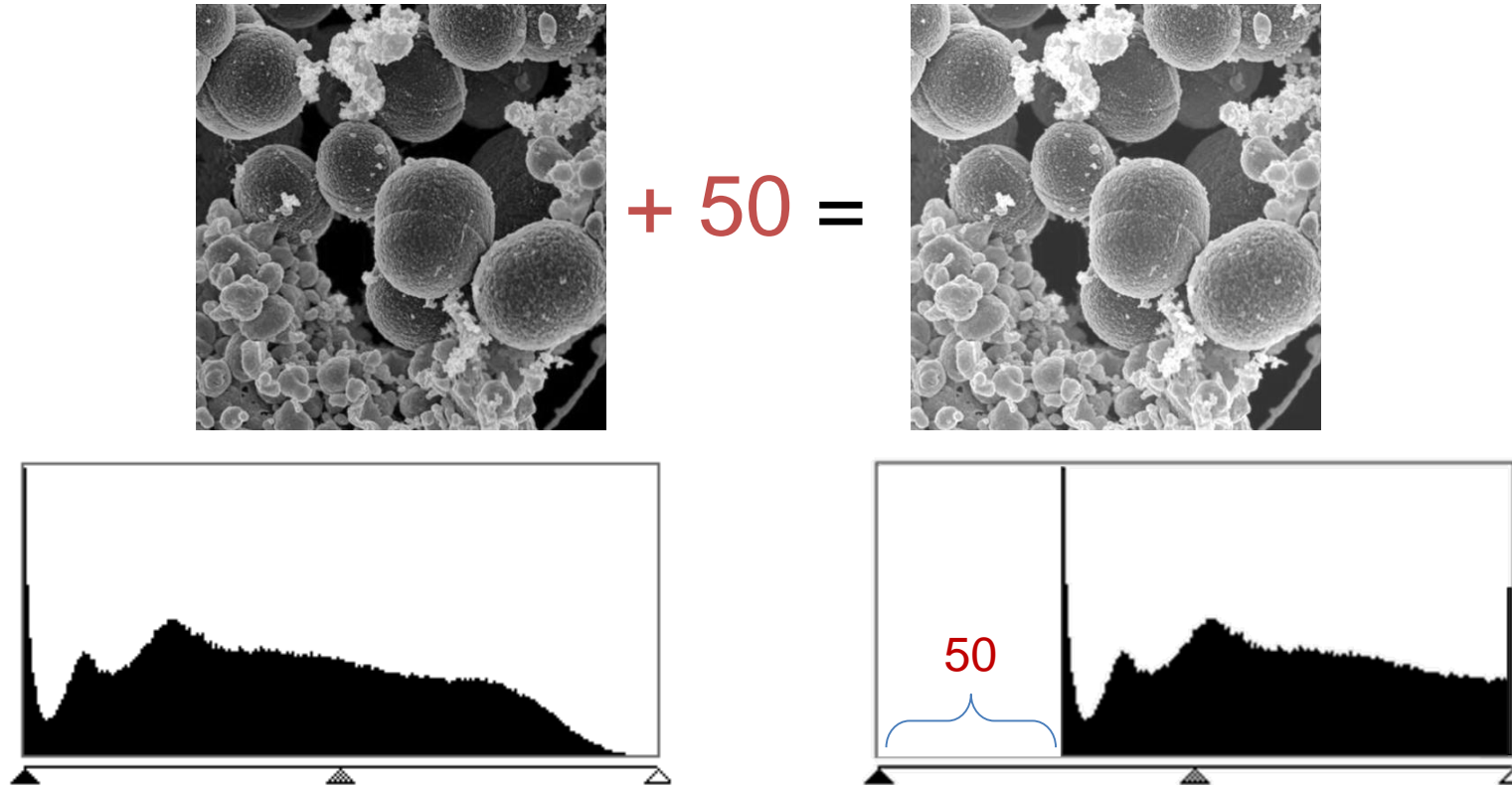


+ 80 =



## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

🌀 La **Suma** desplaza el histograma de la imagen a la derecha:





## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

🌀 Dado que la **Suma** aumenta el valor de cada píxel en un valor **b** ..

✅ ¿Qué pasa si la suma excede el valor de 255?

✅ **Solución:** se debe validar el resultado de la operación:

$$G(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{si } I(x, y) + b > 255 \\ I(x, y) + b & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Si el valor de un píxel está por encima de 255 se dice que el píxel está **Saturado**. Se debe tener cuidado con esta operación ya que cuando se produce una saturación hay pérdida de información en la imagen.



## 👤 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🕒 La **Resta** disminuye el brillo de las imágenes, y se da cuando el valor de  $b$  es menor a cero. Cuando se produce una resta, el histograma de la imagen se desplaza  $b$  valores a la izquierda.

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

90	67	68	39
10	87	73	78
11	102	89	76
10	10	109	80

$I(x,y)$

$+ (-25) =$


$G(x,y)$

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

🌀 La **Resta** disminuye el brillo de las imágenes.



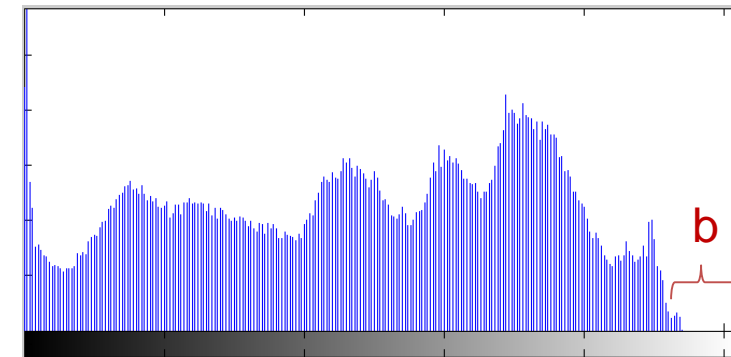
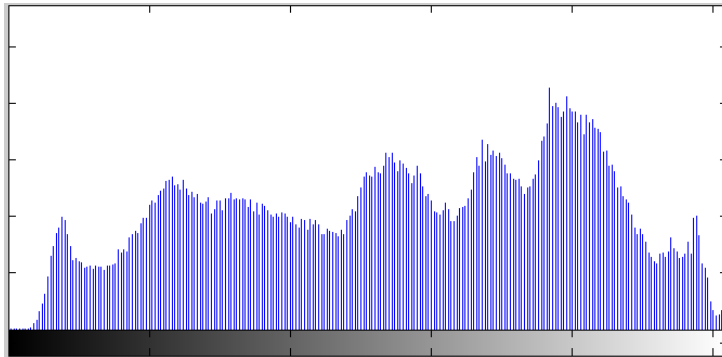
$$+ (-30)$$
$$=$$



La Resta



$$+ (-20) =$$



## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🌀 El **Negativo** de una imagen es considerado un caso particular de la resta en el que se resta el mayor valor de intensidad posible de la imagen, de acuerdo a su resolución en amplitud,

$$G(x,y) = |b - I(x,y)|$$

255 -

90	67	68	39
10	87	73	78
11	102	89	76
10	10	109	80

$I(x,y)$

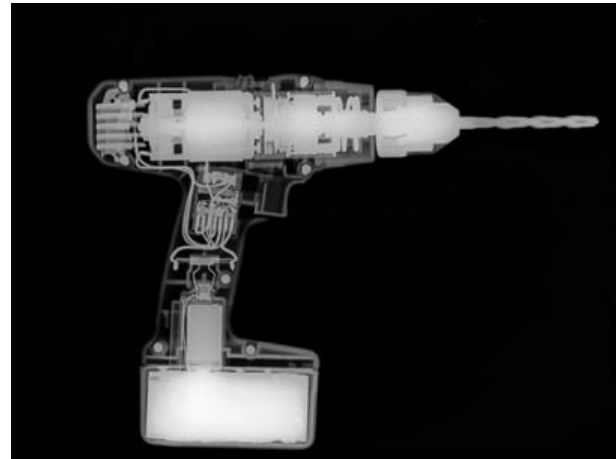
=


$G(x,y)$

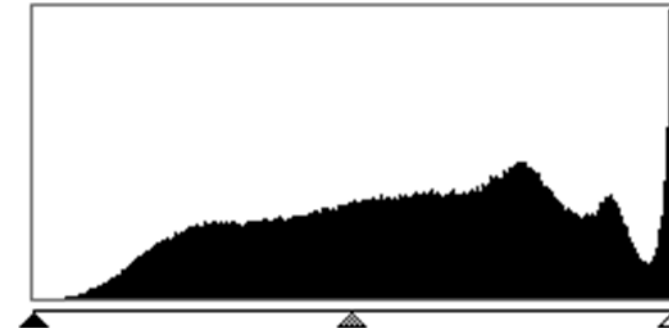
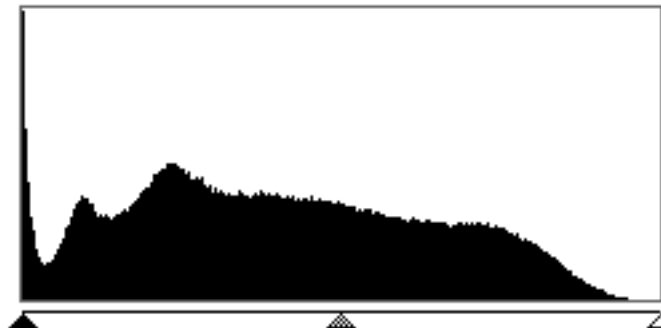
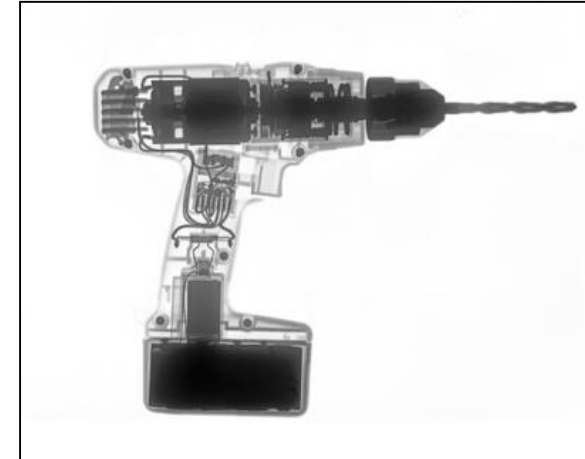
## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🌀 El **Negativo** de una imagen es considerado un caso particular de la resta en el que se resta a toda la imagen el mayor valor de intensidad posible de la imagen

255 -

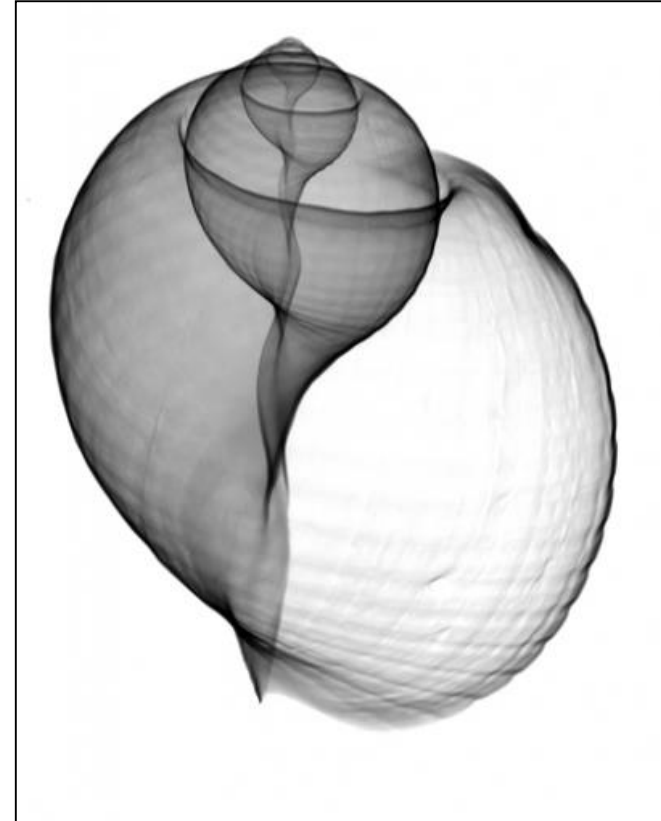
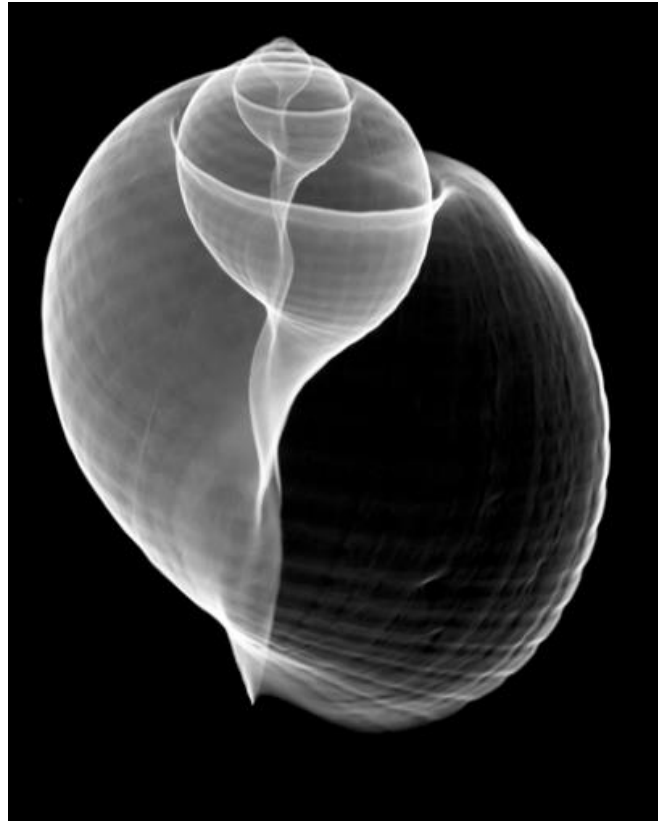


=



## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🕒 Una de las ventajas del **Negativo** de una imagen es que este mejora los detalles de color blanco o gris en regiones predominantemente oscuras.





# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

🕒 Dado que la “**Resta**” disminuye el valor de cada píxel en un valor **b** ...

✓ ¿Qué pasa si el valor de cada pixel después de la resta es  $< 0$ ?

✓ **Solución:** se debe validar el resultado de la operación:

$$G(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{si } I(x, y) + b > 255 \\ 0 & \text{si } I(x, y) + b < 0 \\ I(x, y) + b & \text{en otro caso} \end{cases}$$





## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🌀 La **Multipliación** es una operación que permite “**estirar**” el histograma de una imagen.

$$G(x,y) = a * I(x,y) \quad \text{para } a > 1$$

90	67	68	39
10	87	73	78
11	102	89	76
10	10	109	80

$I(x,y)$

$* 2 =$

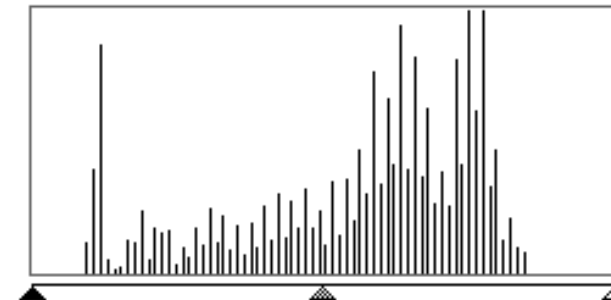
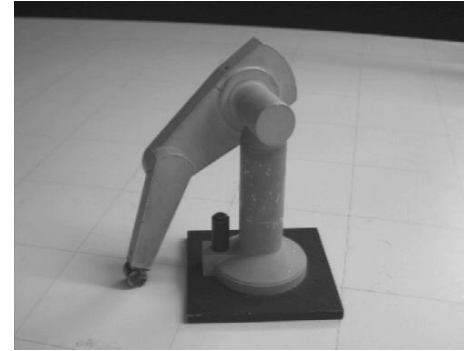
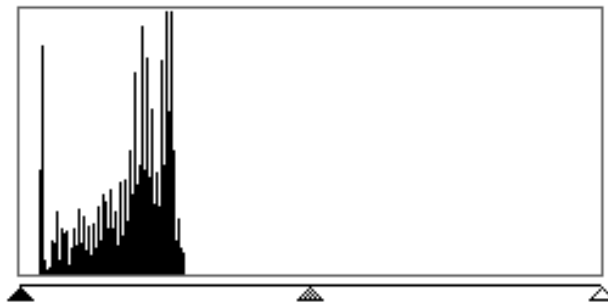

$G(x,y)$

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

- 🌀 La **Multipliación** es una operación que permite “**estirar**” el histograma de una imagen.

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

$$* 3 =$$

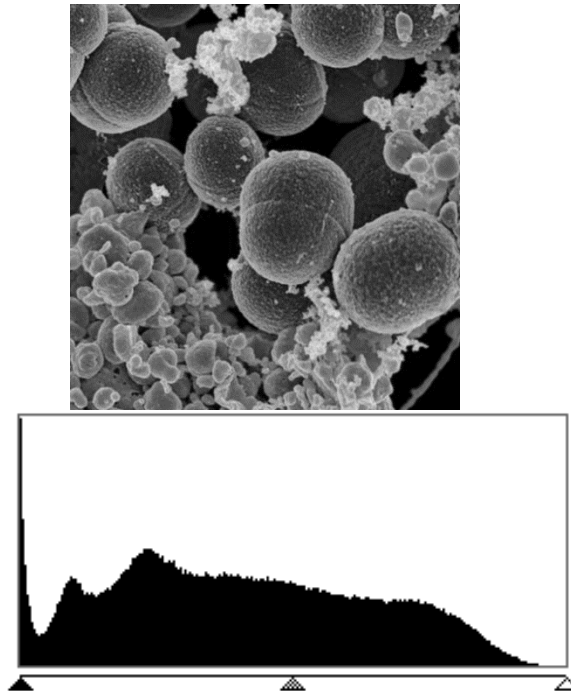


# Pre-procesamiento de Imágenes

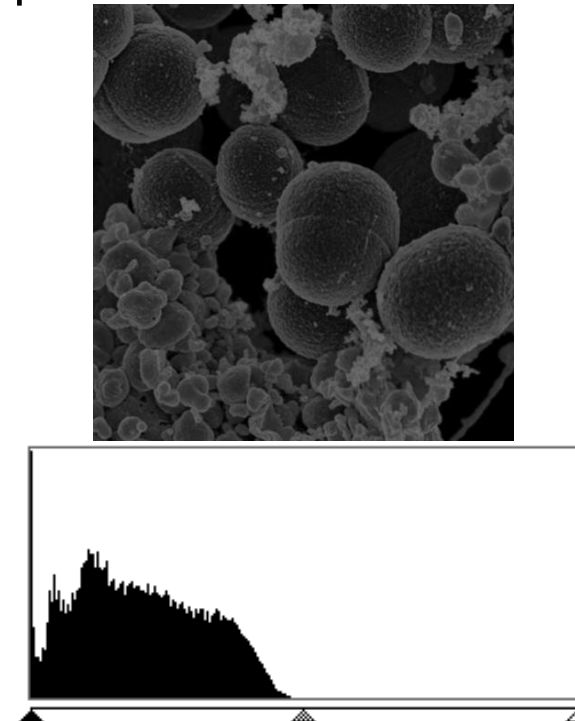
## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES LINEALES

🌐 La **División** es una operación que permite “**encoger**” el histograma de una imagen.

$$G(x,y) = a * I(x,y) \quad \text{para } 0 < a < 1$$



$$* \frac{1}{2} =$$



# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

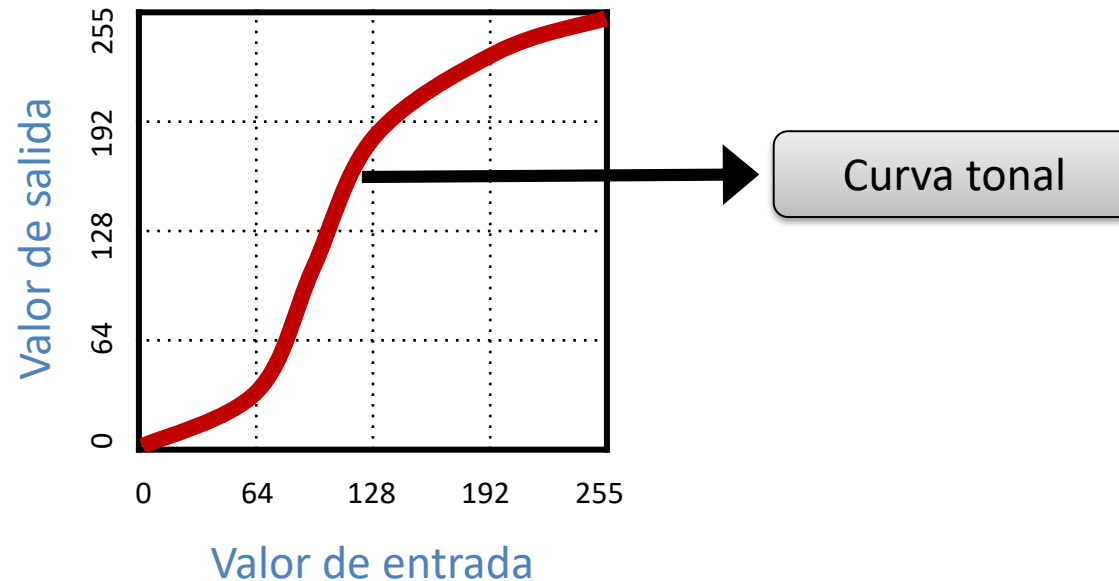


TRANSFORMACIONES NO LINEALES EN  
OPERACIONES PUNTUALES UNARIAS

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 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  $f: N \rightarrow N$

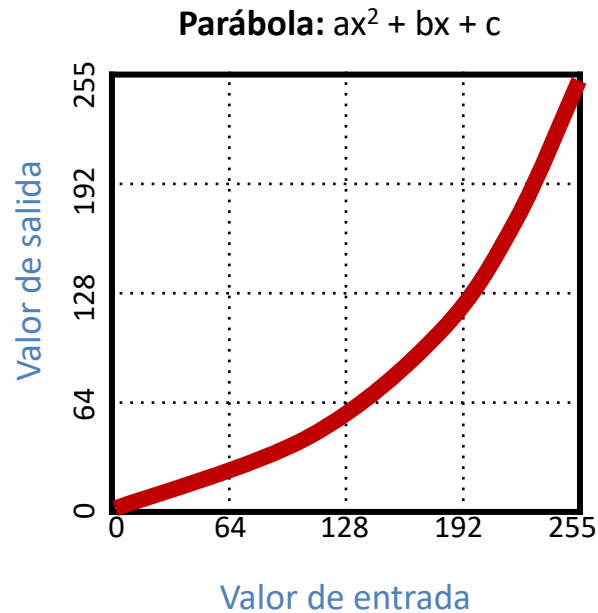


Se puede usar cualquier función con estas características para modificar el histograma

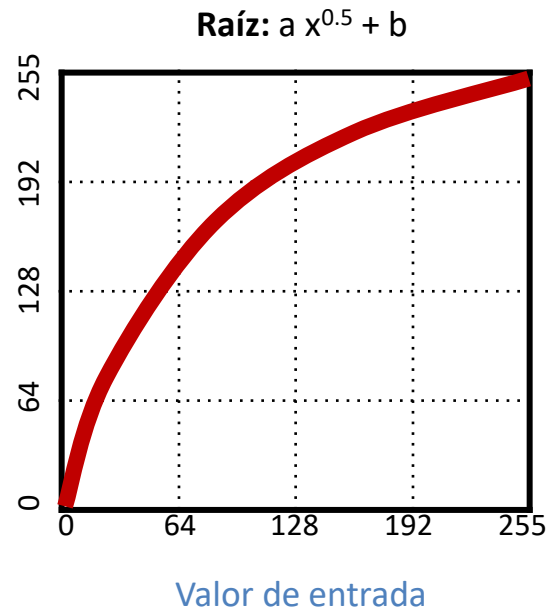
# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🌟 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

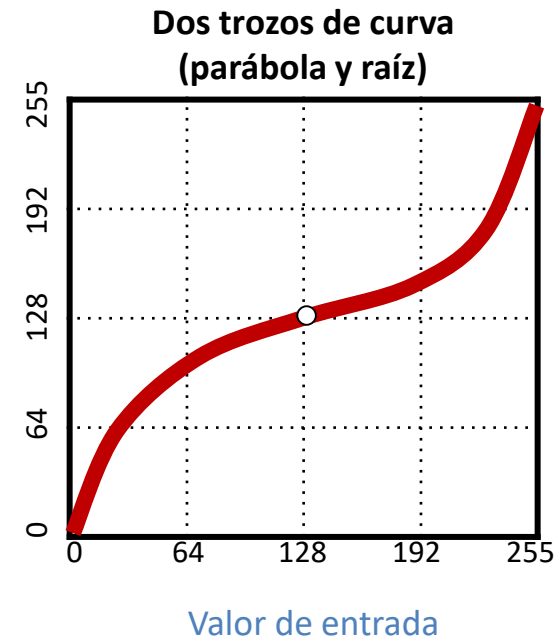
### 🌀 Ejemplos de Transformaciones NO Lineales:



**Resultado:** oscurecer los medios tonos



**Resultado:** aclarar los medios tonos

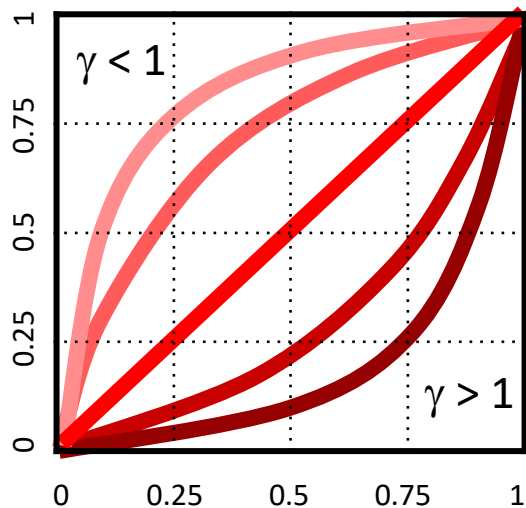


**Resultado:** aclarar tonos oscuros y oscurecer los claros

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

- 🌀 **Transformación Gamma (Gamma Correction):** 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 oscuros

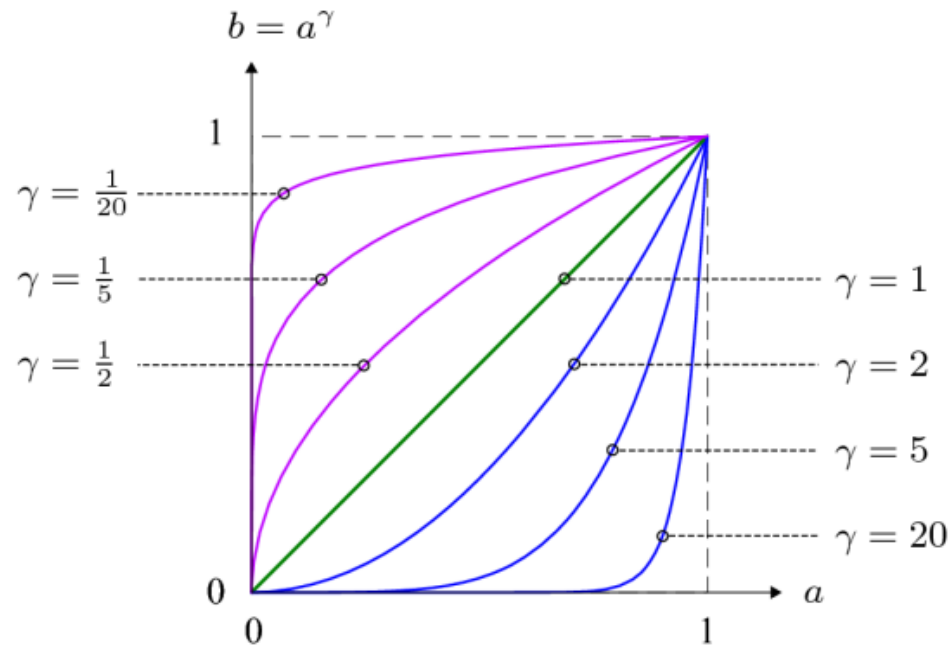
En el caso de que  $\gamma < 1$  se obtendrán tonos más claros

**NOTA:** Si los niveles de gris se tratan como valores reales entre 0 y 255, la descripción anterior se invierte.

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

- 🌀 **Transformación Gamma (Gamma correction):** se usa para manipular el contraste y realizar 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

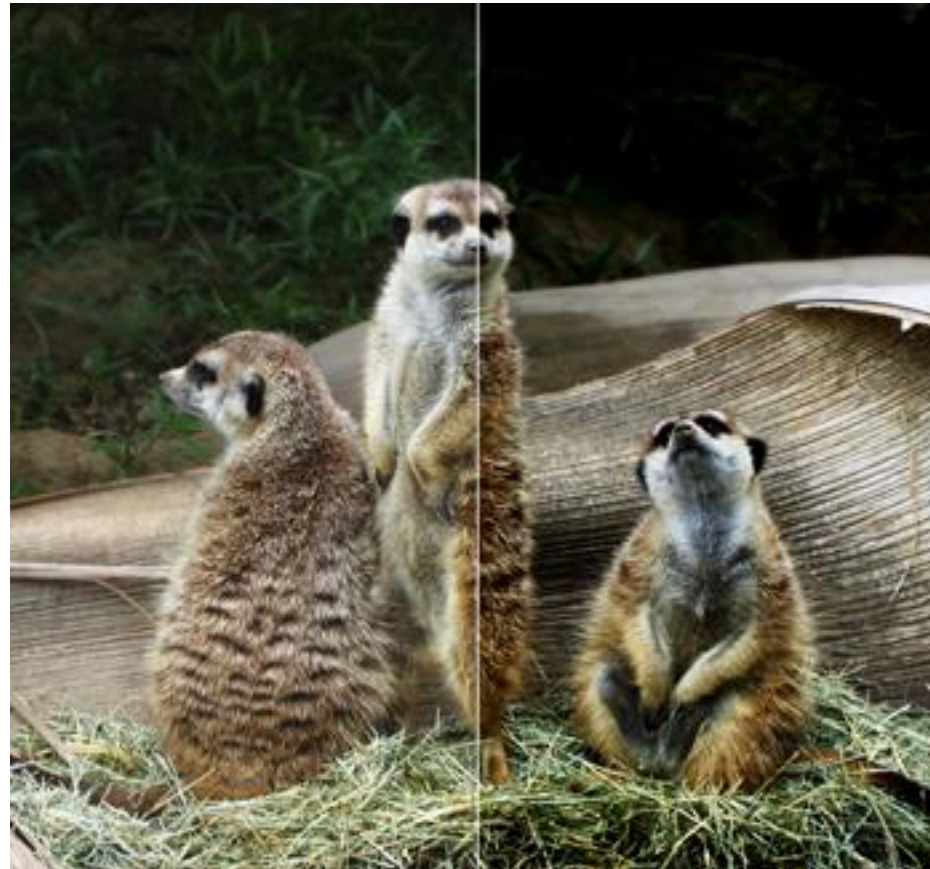
En el caso de que  $\gamma > 1$  se obtendrán tonos más oscuros



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

### 🌀 Transformación Gamma - Ejemplos



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

### 🌀 Transformación Gamma - Ejemplos





# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

### 🌀 Transformación Gamma - Ejemplos



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

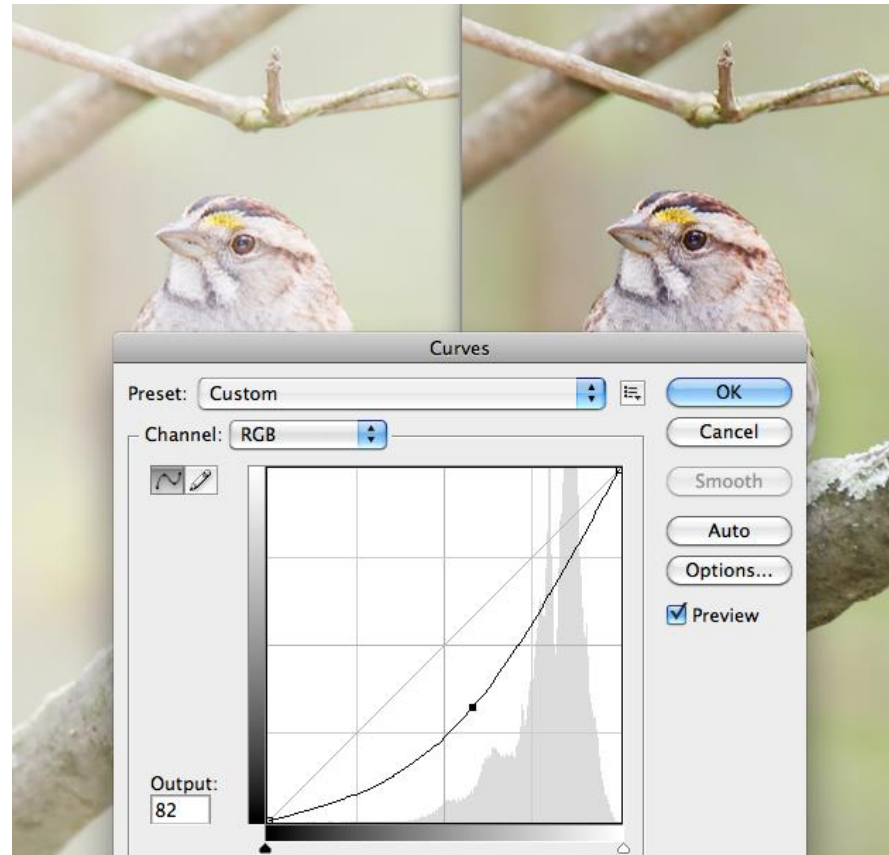
### 🌀 Transformación Gamma - Ejemplos



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – TRANSFORMACIONES NO LINEALES

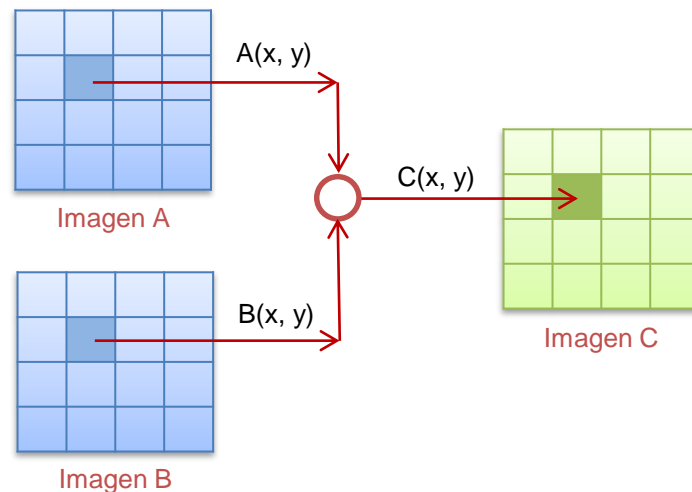
### 🌀 Transformación Gamma - Ejemplos



# 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:



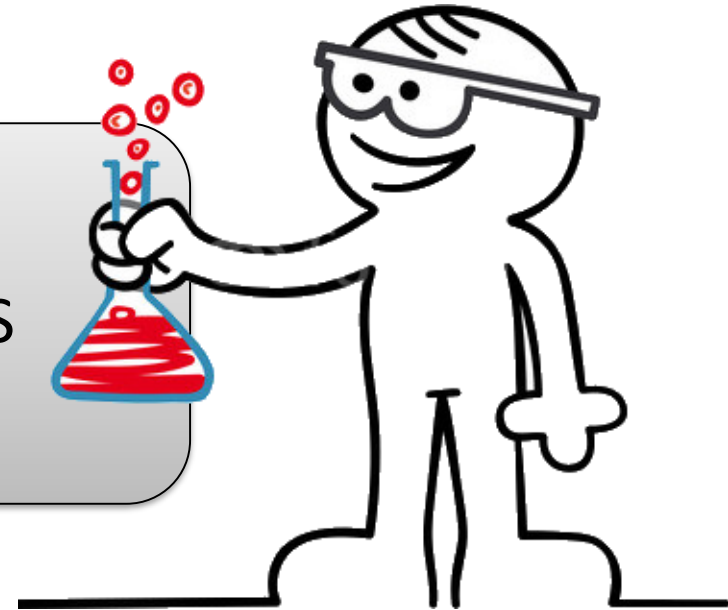
$$C(x,y) = f[A(x,y) , B(x,y)]$$

- ✓ **Aritméticas:** Suma, Resta, Multiplicación y División
- ✓ **Booleanas:** AND, OR, XOR, NOT

¿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

$B(x,y)$

=


$C(x,y)$

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS

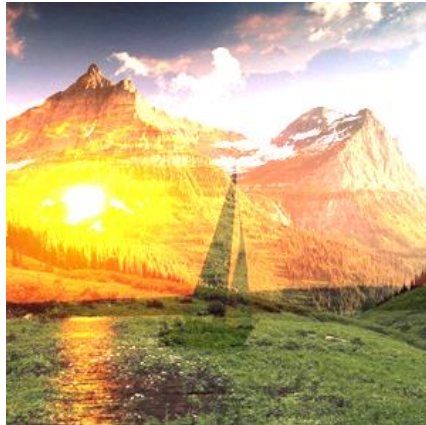


$A + B$



$A - B$

$A * B$



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

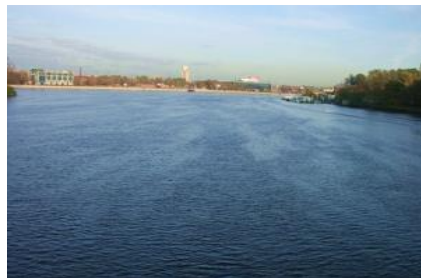
- 🕒 La **Suma de Imágenes** es usada, por ejemplo, para resaltar los bordes de los objetos:



# 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

- 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:

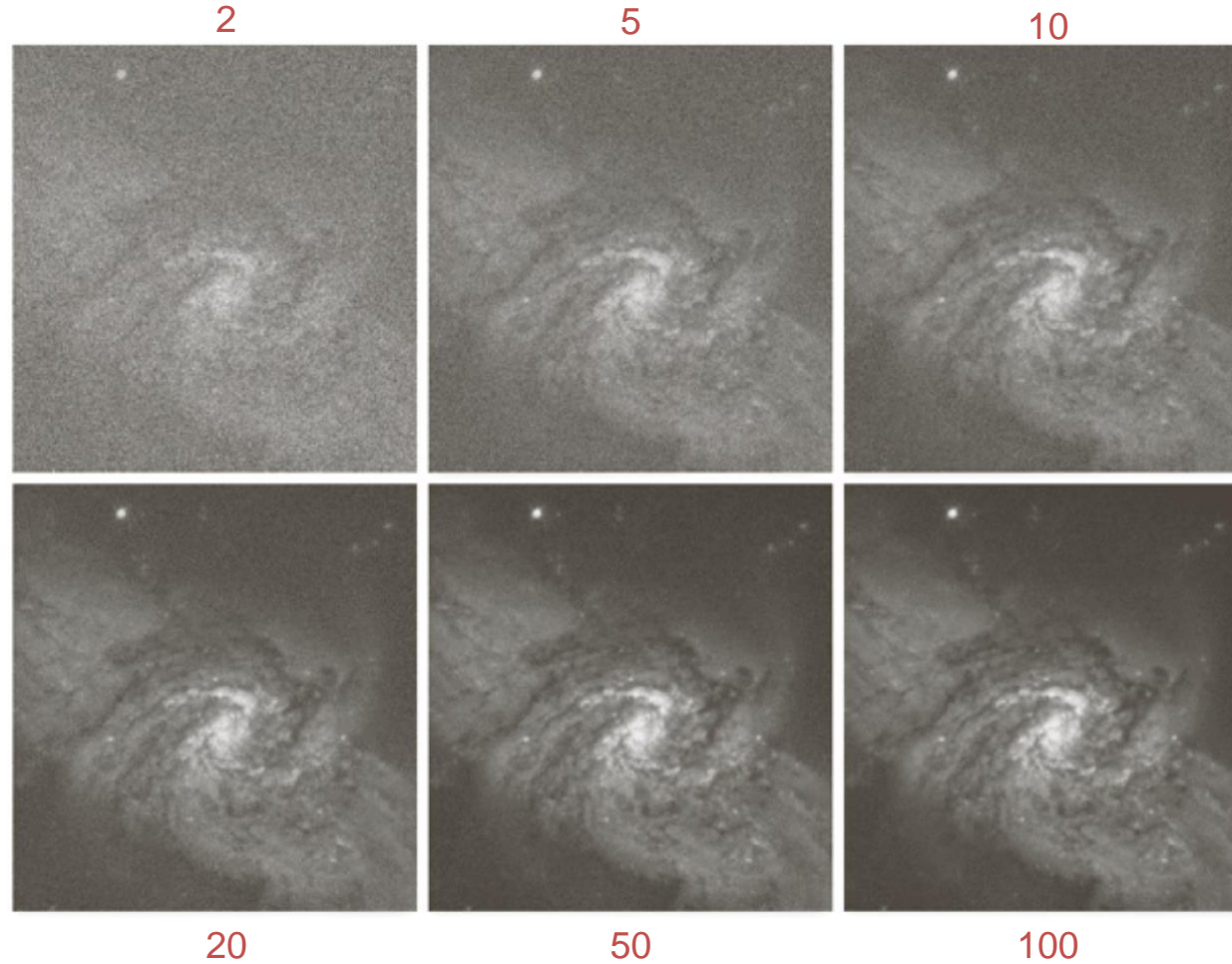
$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)$$

¿Bajo qué condiciones esto funciona bien?



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🌟 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

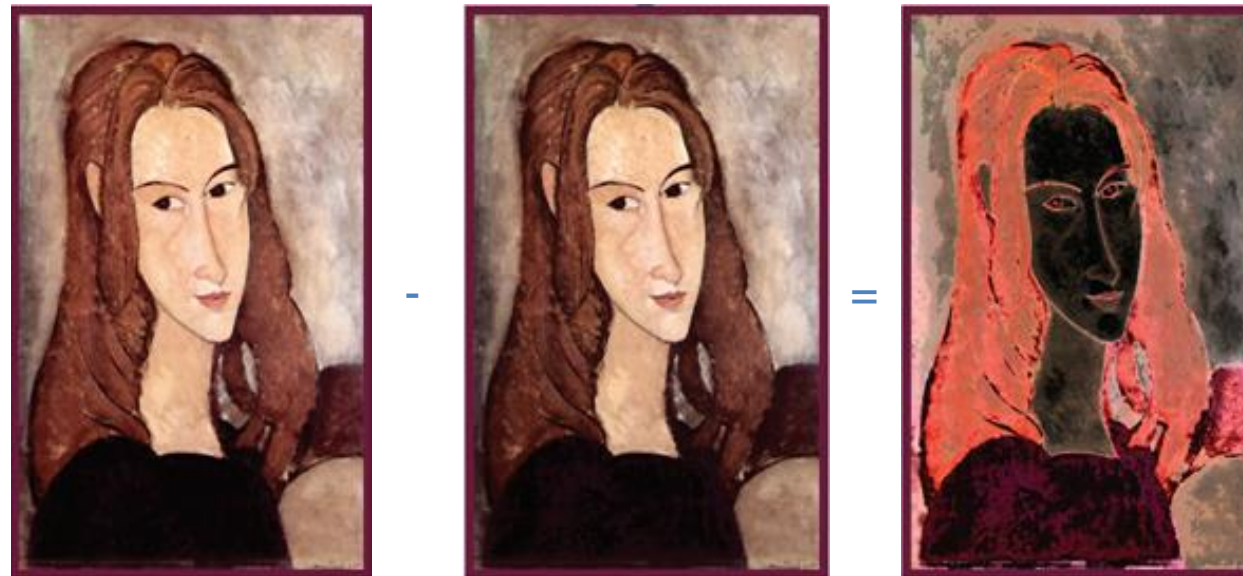


Promedio de Imágenes  
[Woods]

# Pre-procesamiento de Imágenes

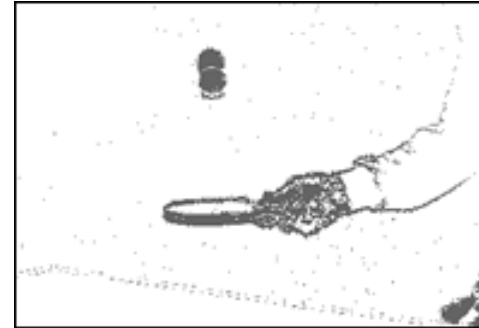
## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

🌀 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.





# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

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

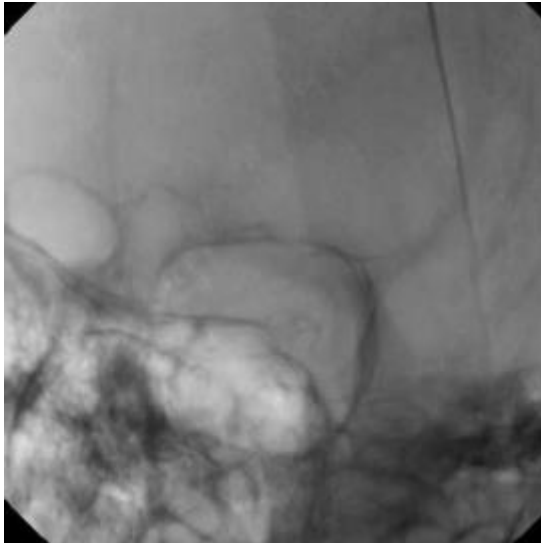


Imagen original de rayos X del paciente, llamada máscara

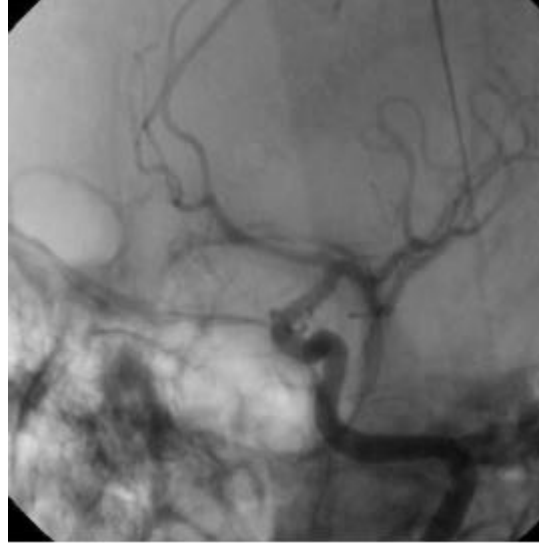


Imagen obtenida inyectando un medio yodado al flujo sanguíneo del paciente para aumentar el contraste.

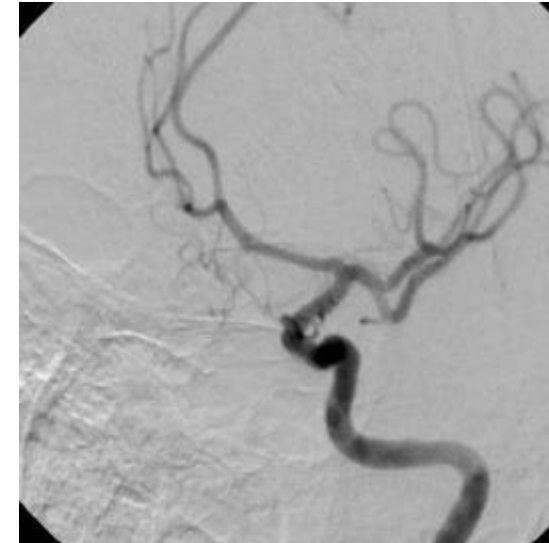


Imagen diferencia entre las anteriores

# 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:

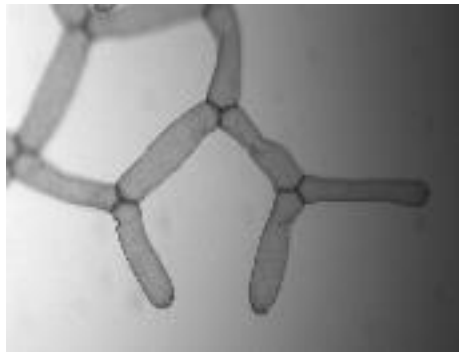


Imagen original

-



Estimación del Background

=

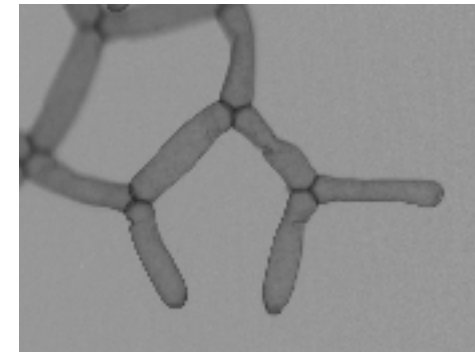
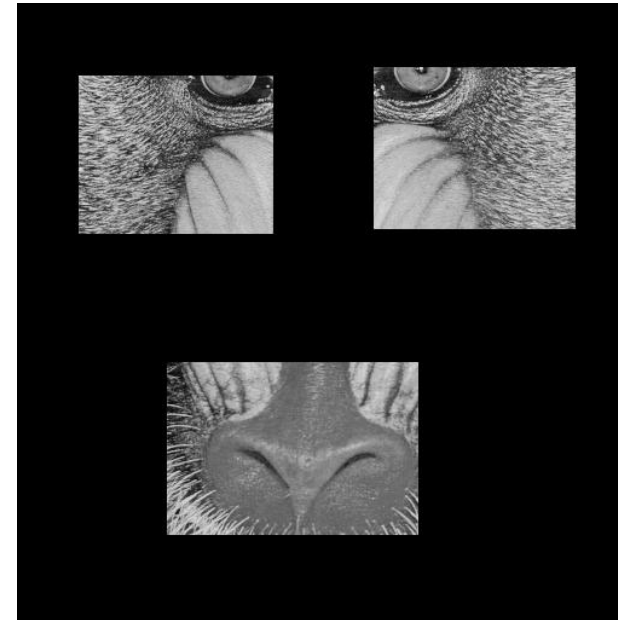
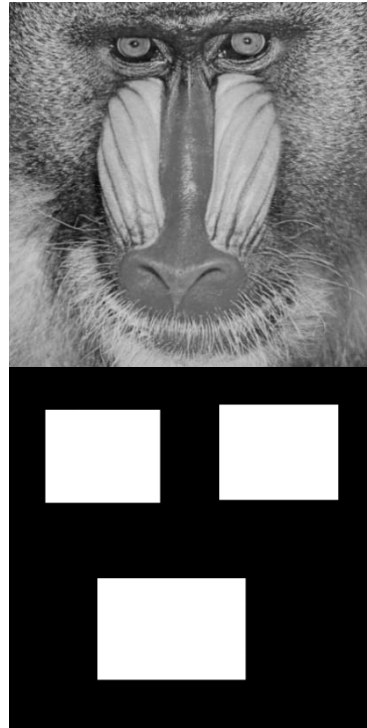


Imagen Corregida

Shading correction

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

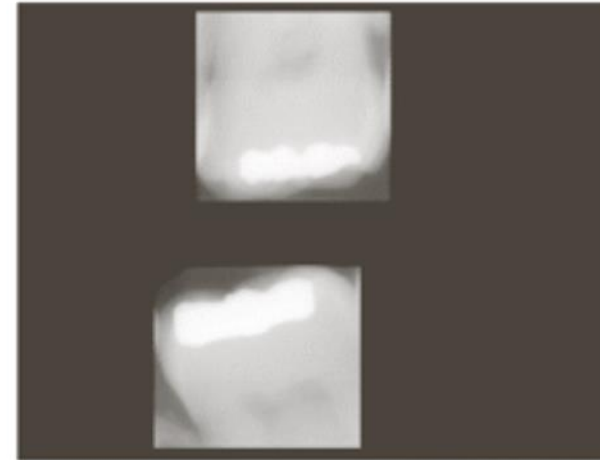
- 🌀 La **multiplicación de imágenes** puede ser usada para extraer regiones de interés usando una mascara (aunque esto se hace con operaciones booleanas):



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

### 🌀 La multiplicación de imágenes



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 OPERACIONES PUNTUALES – BINARIAS: DIVISIÓN



Imágenes Originales



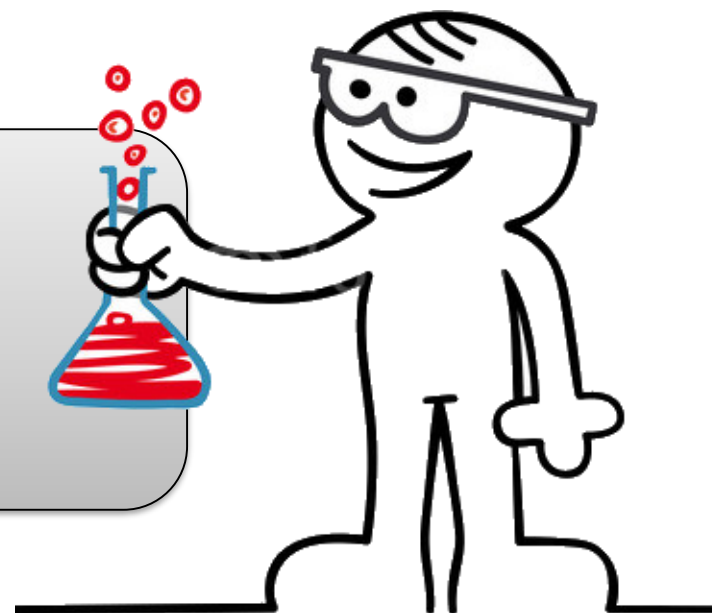
Resta



División

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

OPERACIONES BOOLEANAS



# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🦋 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:

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

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

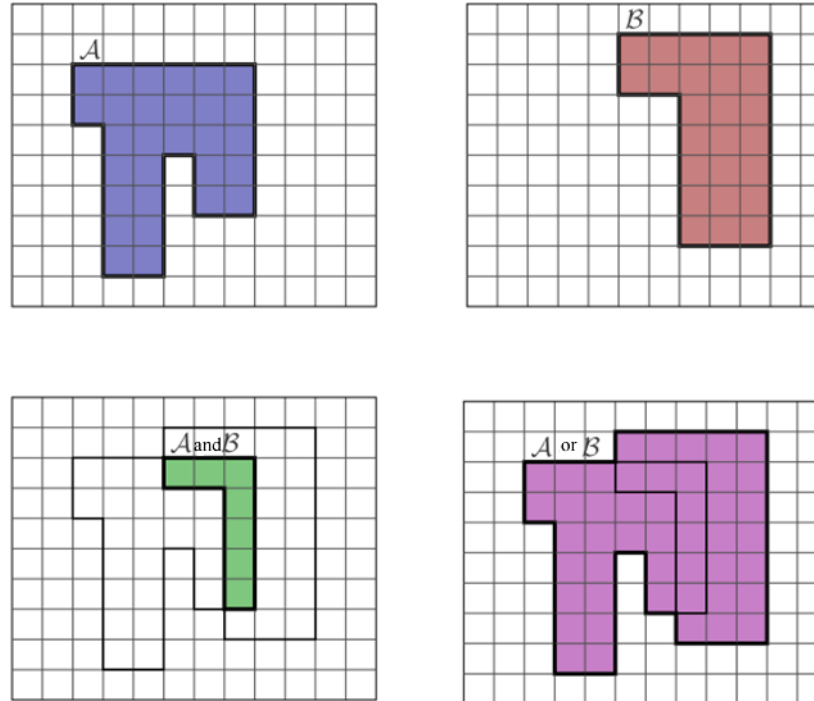
🌀  $C(x, y) := A(x, y) \text{ XOR } B(x, y)$

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

Negro (0) = FALSE  
Blanco (1 ó 255) = TRUE

# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🚀 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS



Negro (0) = FALSE  
Blanco (1 ó 255) = TRUE

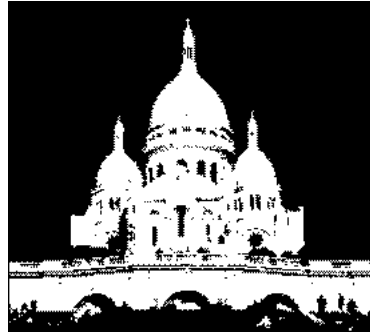
**OJO:** en algunos libros esta notación puede cambiar.



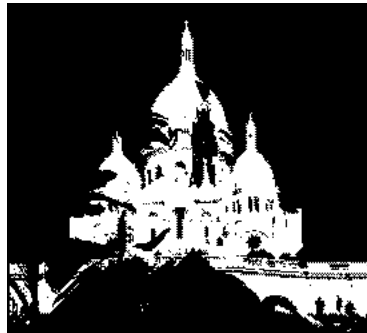
# Pre-procesamiento de Imágenes

## 🌟 OPERACIONES PUNTUALES - BINARIAS

### 🌀 Operaciones Booleanas



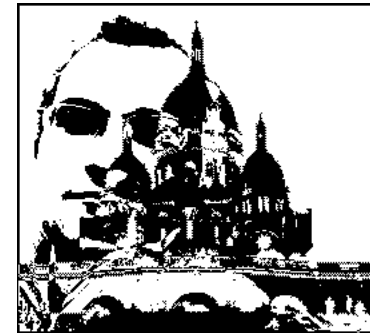
A AND B



A OR B

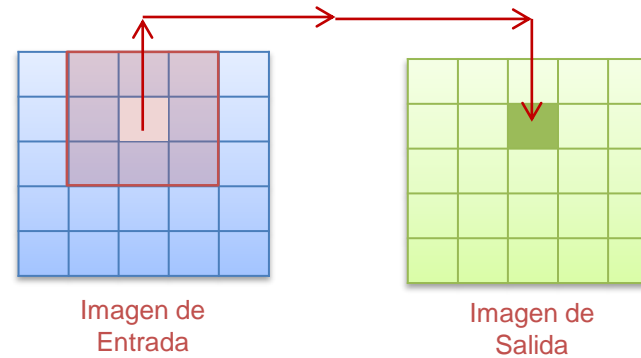


A XOR B



# Pre-procesamiento de Imágenes

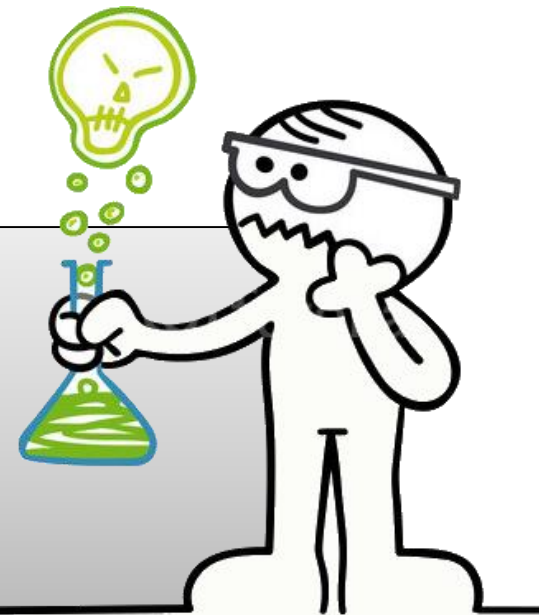
## Operaciones basadas en **Vecindad**



Se cambia el nivel de gris de un píxel teniendo en cuenta su nivel de gris y el de sus vecinos

# PRE-PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

CONVOLUCIÓN



# Preguntas





UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA