




## 8. Segmentación de Imágenes

### Bootcamp **Visión Artificial para los ODS**

 MSc. Edwin Salcedo

 4 de Mayo 2022

 Zoom



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ



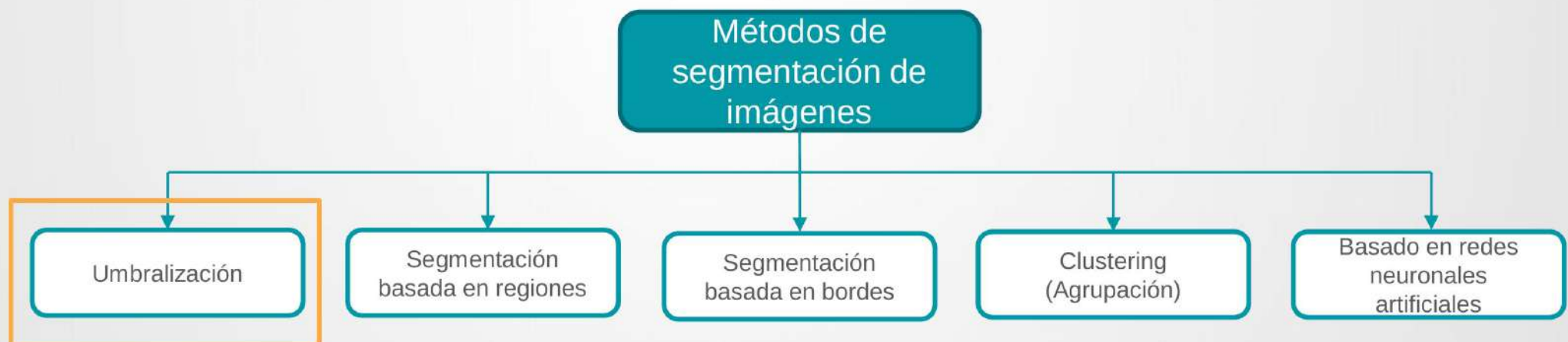
# Segmentación de Imágenes



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

La **segmentación de imágenes** se refiere a la clase de algoritmos que dividen la imagen en diferentes segmentos o grupos de píxeles.

- En ese sentido, la **umbralización de una imagen** es el tipo más simple de segmentación de imágenes porque divide la imagen en dos grupos de píxeles: blanco para el primer plano y negro para el fondo.



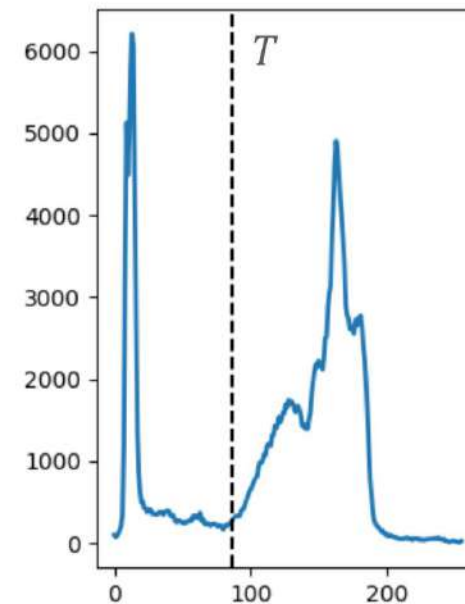
MSc. Edwin Salcedo

# Binarización (Umbralización Simple)



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

La **binarización** es el proceso que convierte una imagen multitono en una imagen bitonal comparando cada píxel con un umbral  $T$ . En el caso de imágenes de documentos, es típico asignar píxeles de texto de primer plano a negro y el resto de la imagen (fondo) a blanco.



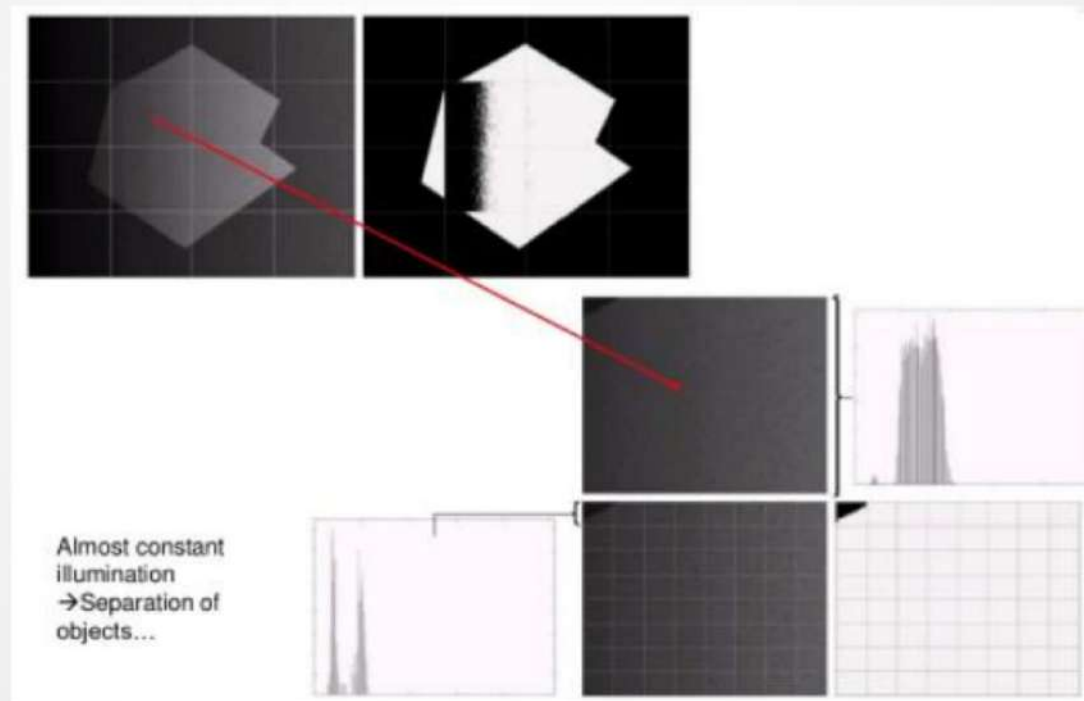
MSc. Edwin Salcedo

# Umbralizado adaptativo



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

**La umbralizacion adaptativa** extiende la estrategia de binarización para considerar separaciones/histogramas locales en lugar de un histograma general. Entonces, el método requiere una cuadrícula similar a AHE.



MSc. Edwin Salcedo



# Método de Otsu



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

El método de Otsu es uno de los mejores enfoques para seleccionar el umbral  $T$  automáticamente.



Nobuyuki Otsu  
The University of Tokio  
**1979**

- Opera directamente en el histograma de nivel de gris de una imagen  $f(x,y)$ .
- Propone encontrar el umbral  $T$  que minimiza la varianza intraclase ponderada.
- Esto resulta ser lo mismo que maximizar la varianza entre clases.
- Es relativamente rápido, una vez que se calcula el histograma.
- Supone que una imagen es bimodal, pero aún puede procesar distribuciones de histogramas complejas.

MSc. Edwin Salcedo

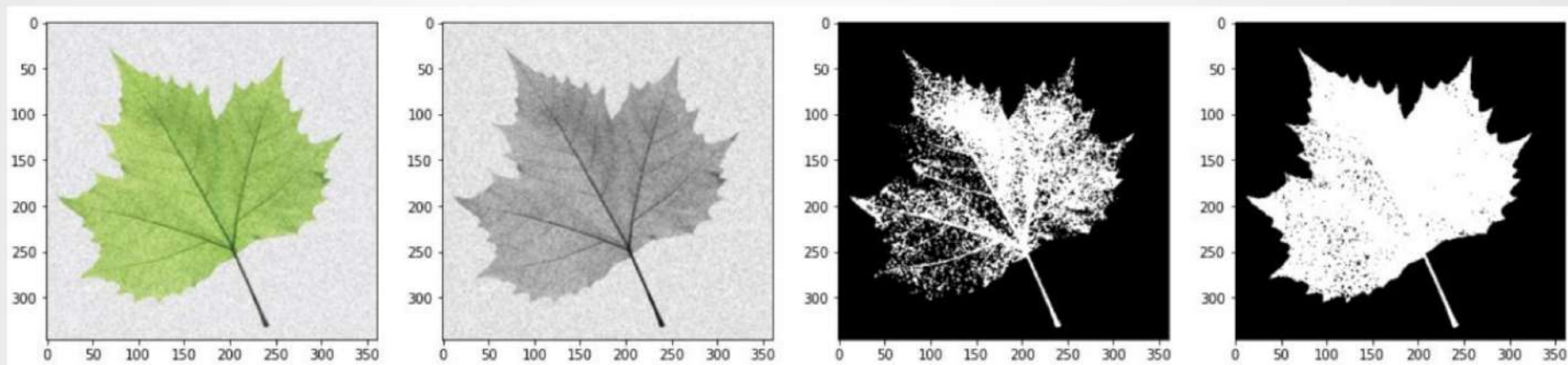
Nobuyuki Otsu (1979). "A threshold selection method from gray-level histograms". *IEEE Trans. Sys. Man. Cyber.* **9** (1): 62–66.

# Método de Otsu



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

El método de Otsu es uno de los mejores enfoques para seleccionar el umbral  $T$  automáticamente.



Original (Ruido)

Escala de Grises

Umbralización Manual

Metodo de Otsu

## Implementación con OpenCV

```
# Otsu's thresholding  
ret2, thresh2 = cv2.threshold(image,0,255,cv2.THRESH_OTSU)
```

MSc. Edwin Salcedo

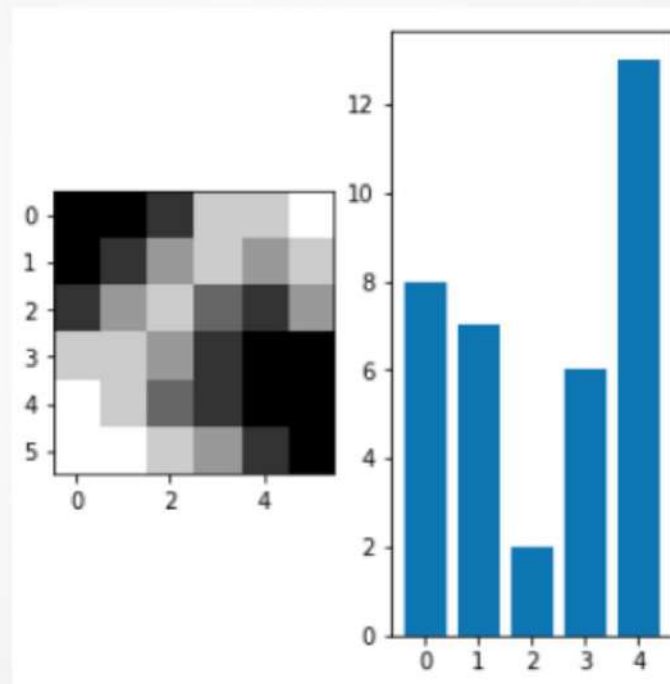
Nobuyuki Otsu (1979). "A threshold selection method from gray-level histograms". *IEEE Trans. Sys. Man. Cyber.* 9 (1): 62–66.

# Metodo de Otsu



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

**Paso 1.** Calcular el histograma de cada nivel de intensidad.



MSc. Edwin Salcedo

Nobuyuki Otsu (1979). "A threshold selection method from gray-level histograms". *IEEE Trans. Sys. Man. Cyber.* 9 (1): 62–66.

# Método de Otsu

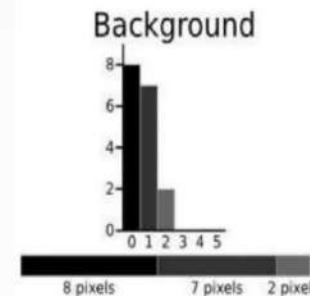


UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

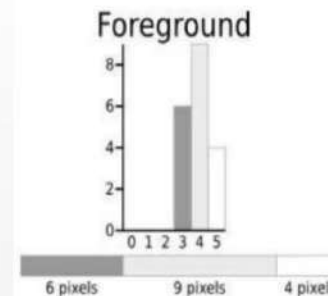
**Paso 2.** Calcula las varianzas de clase de diferentes umbrales  $T$ .

Esto se puede implementar con los siguientes pasos:

1. Configuración inicial  $w_i$  y  $u_i$  como 0 y 0, respectivamente.
2. Sube a través de todos los umbrales posibles  $T$ , donde  $T \in [1, N]$  y  $N$  es el valor máximo de intensidad de gris.
  1. Todos los valores por debajo del umbral  $T$  se pueden considerar parte de la clase de fondo, mientras que los demás píxeles serán parte de la clase de primer plano.
  2. Actualizar  $w_i$  y  $u_i$
  3. Calcular  $\sigma_b^2(T)$



$$\begin{aligned}\text{Weight } W_b &= \frac{8 + 7 + 2}{36} = 0.4722 \\ \text{Mean } \mu_b &= \frac{(0 \times 8) + (1 \times 7) + (2 \times 2)}{17} = 0.6471 \\ \text{Variance } \sigma_b^2 &= \frac{((0 - 0.6471)^2 \times 8) + ((1 - 0.6471)^2 \times 7) + ((2 - 0.6471)^2 \times 2)}{17} \\ &= \frac{(0.4187 \times 8) + (0.1246 \times 7) + (1.8304 \times 2)}{17} \\ &= 0.4637\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Weight } W_f &= \frac{6 + 9 + 4}{36} = 0.5278 \\ \text{Mean } \mu_f &= \frac{(3 \times 6) + (4 \times 9) + (5 \times 4)}{19} = 3.8947 \\ \text{Variance } \sigma_f^2 &= \frac{((3 - 3.8947)^2 \times 6) + ((4 - 3.8947)^2 \times 9) + ((5 - 3.8947)^2 \times 4)}{19} \\ &= \frac{(4.8033 \times 6) + (0.0997 \times 9) + (4.8864 \times 4)}{19} \\ &= 0.5152\end{aligned}$$

MSc. Edwin Salcedo

Nobuyuki Otsu (1979). "A threshold selection method from gray-level histograms". *IEEE Trans. Sys. Man. Cyber.* 9 (1): 62–66.



# Metodo de Otsu



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

**Paso 3.** Minimizar la variación dentro de la clase.

Variación dentro de la clase

$$\sigma_w^2 = W_b \sigma_b^2 + W_f \sigma_f^2$$

Threshold	T=0	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5
Weight, Background	$W_b = 0$	$W_b = 0.222$	$W_b = 0.4167$	$W_b = 0.4722$	$W_b = 0.6389$	$W_b = 0.8889$
Mean, Background	$M_b = 0$	$M_b = 0$	$M_b = 0.4667$	$M_b = 0.6471$	$M_b = 1.2609$	$M_b = 2.0313$
Variance, Background	$\sigma_b^2 = 0$	$\sigma_b^2 = 0$	$\sigma_b^2 = 0.2489$	$\sigma_b^2 = 0.4637$	$\sigma_b^2 = 1.4102$	$\sigma_b^2 = 2.5303$
Weight, Foreground	$W_f = 1$	$W_f = 0.7778$	$W_f = 0.5833$	$W_f = 0.5278$	$W_f = 0.3611$	$W_f = 0.1111$
Mean, Foreground	$M_f = 2.3611$	$M_f = 3.0357$	$M_f = 3.7143$	$M_f = 3.8947$	$M_f = 4.3077$	$M_f = 5.000$
Variance, Foreground	$\sigma_f^2 = 3.1196$	$\sigma_f^2 = 1.9639$	$\sigma_f^2 = 0.7755$	$\sigma_f^2 = 0.5152$	$\sigma_f^2 = 0.2130$	$\sigma_f^2 = 0$
Within Class Variance	$\sigma_w^2 = 3.1196$	$\sigma_w^2 = 1.5268$	$\sigma_w^2 = 0.5561$	$\sigma_w^2 = 0.4909$	$\sigma_w^2 = 0.9779$	$\sigma_w^2 = 2.2491$

MSc. Edwin Salcedo

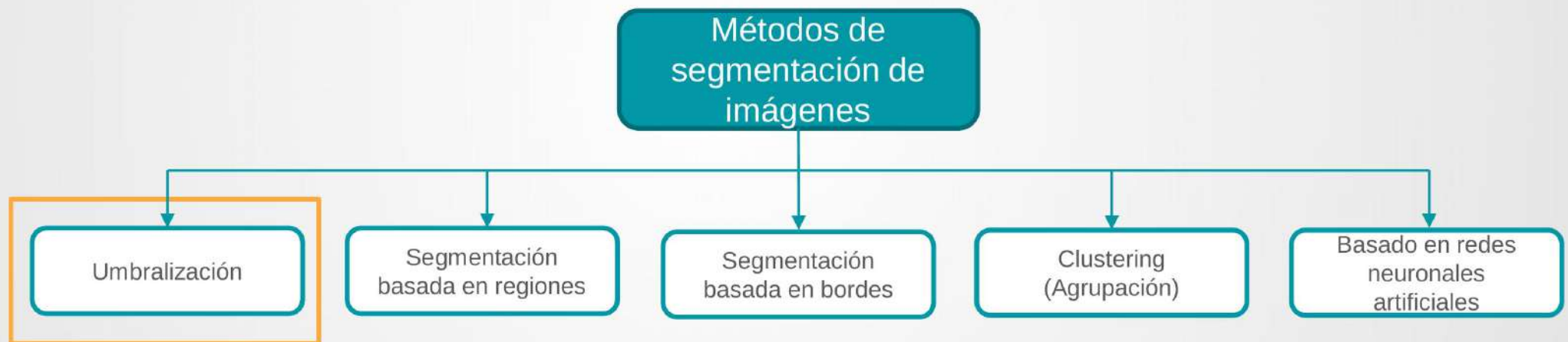
Nobuyuki Otsu (1979). "A threshold selection method from gray-level histograms". *IEEE Trans. Sys. Man. Cyber.* 9 (1): 62–66.

# Segmentación de Imágenes



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

La **segmentación de imágenes** se refiere a la clase de algoritmos que dividen la imagen en diferentes segmentos o grupos de píxeles.



MSc. Edwin Salcedo

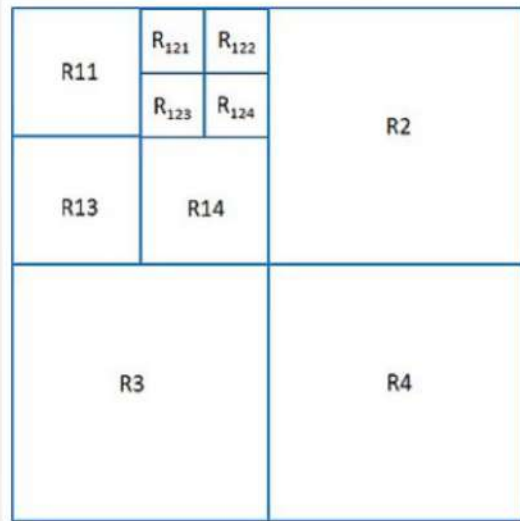
# Enfoque de división y fusión



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

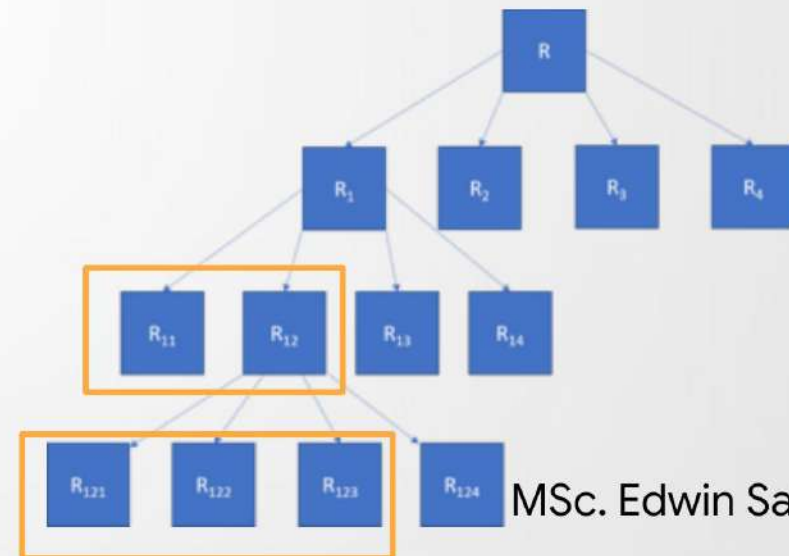
## PRIMER PASO

- **Top-down:** Divida la imagen en regiones de cuadrante homogéneo (4x4).
- Vuelva a dividir las subregiones si no son homogéneas.



## SEGUNDO PASO

- **Bottom-up:** Combinar regiones adyacentes similares u homogéneas (según la intensidad o la textura)
- Iterar hasta que no sea posible realizar más fusiones.



MSc. Edwin Salcedo

# Enfoque de división y fusión



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

## ¿Cómo comprobar si una región es homogénea?

Si el nivel de escala de grises de los píxeles está en un rango o contraste determinado, o si todos son iguales, la región es homogénea.

- Si la varianza de la región es inferior a un umbral determinado, la región es homogénea. Donde la varianza de la región es:

$$\sigma^2 = \left( \frac{1}{N-1} \right) * \sum_{r \in R} [I - \bar{I}]^2$$

Con:

$$\bar{I} = \left( \frac{1}{N} \right) \sum_{r \in R} I$$

- También podemos comparar la varianza o el contraste de dos regiones usando las variables anteriores.

MSc. Edwin Salcedo





# Enfoque de división y fusión



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

1	1	1	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	1	1	0
3	1	4	9	9	8	1	0
1	1	8	8	8	4	1	0
1	1	6	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	2	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0

Original image

1	1	1	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	1	1	0
3	1	4	9	9	8	1	0
1	1	8	8	8	4	1	0
1	1	6	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	2	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0

Primera división

1	1	1	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	1	1	0
3	1	4	9	9	8	1	0
1	1	8	8	8	4	1	0
1	1	6	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	2	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0

Segunda división

1	1	1	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	1	1	0
3	1	4	9	9	8	1	0
1	1	8	8	8	4	1	0
1	1	6	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	2	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0

Tercera división

1	1	1	1	1	1	1	2
1	1	1	1	1	1	1	0
3	1	4	9	9	8	1	0
1	1	8	8	8	4	1	0
1	1	6	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	3	1	0
1	1	5	6	6	2	1	0
1	1	1	1	1	1	0	0

Fusión Bottom-Up

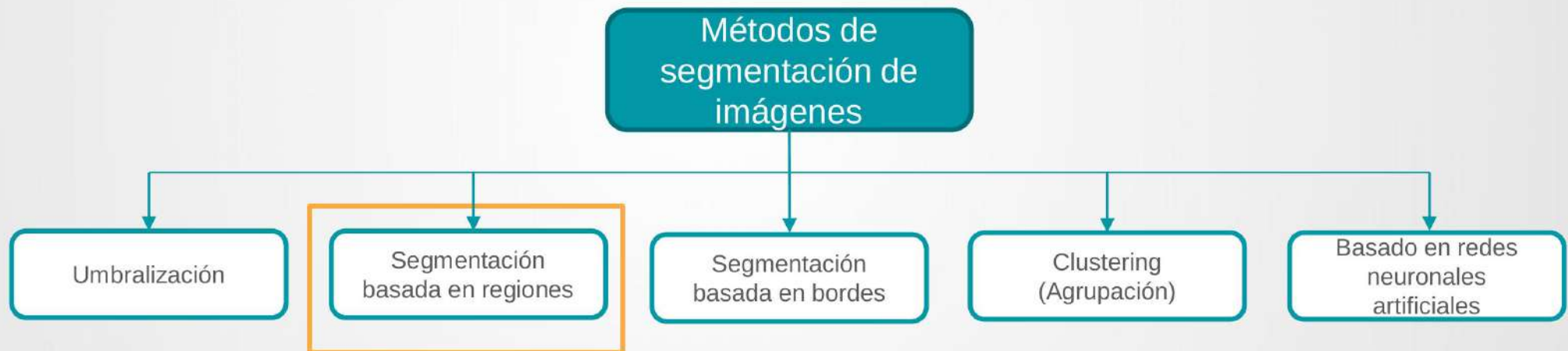
MSc. Edwin Salcedo

# Image Segmentation



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

La **segmentación de imágenes** se refiere a la clase de algoritmos que dividen la imagen en diferentes segmentos o grupos de píxeles.



MSc. Edwin Salcedo

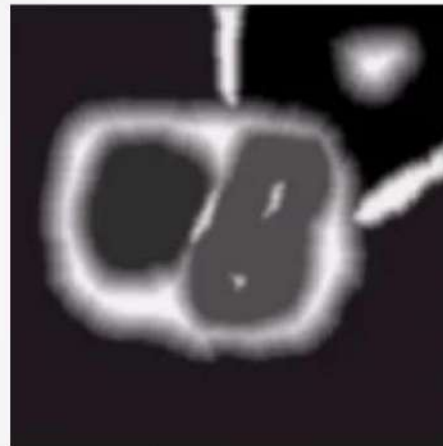
# Watershed Segmentation (Segmentación de cuencas hidrográficas)



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

Cualquier imagen en escala de grises se puede considerar como una superficie topológica...

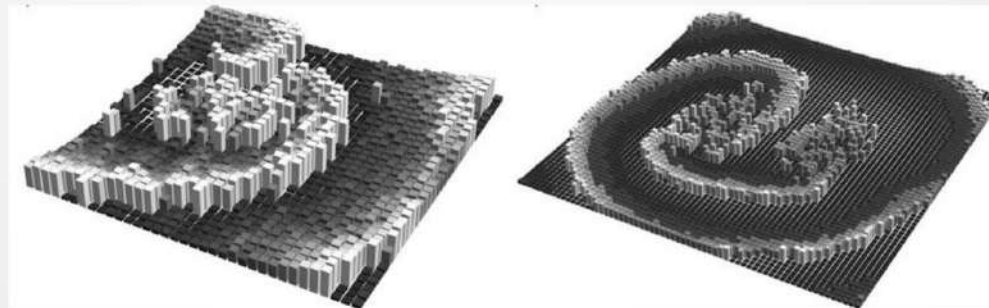
Imagen Inicial



Representación topológica



Representación 3D



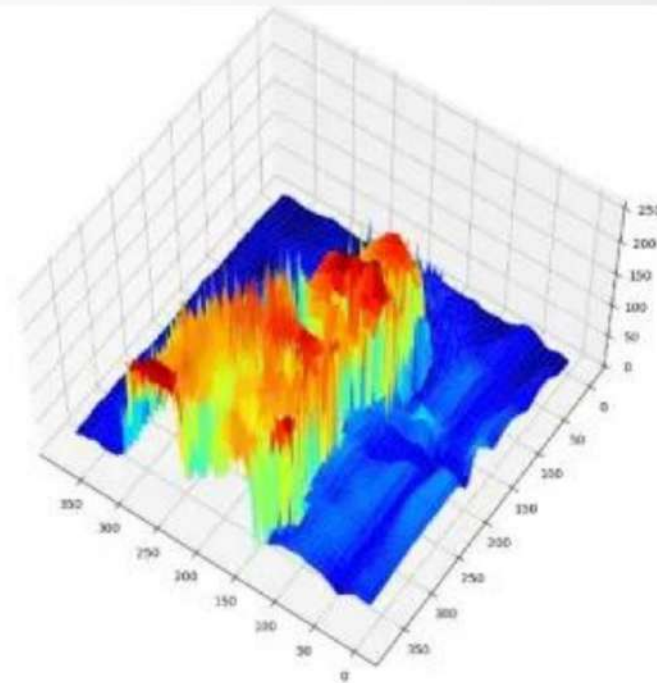
MSc. Edwin Salcedo

# Watershed Segmentation



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

Cualquier imagen en escala de grises se puede considerar como una superficie topológica...



MSc. Edwin Salcedo



# Watershed Segmentation

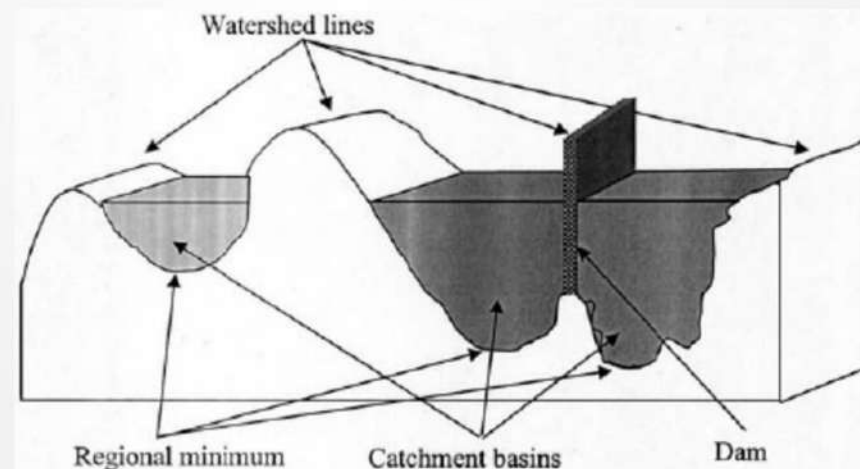


UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

Watershed Segmentation propone clasificar cada píxel como:

- Puntos pertenecientes al mínimo regional (mínimo local)
- Base de captación o cuenca hidrográfica
- Línea divisoria o línea divisoria de aguas o presa

El objetivo principal de este algoritmo es encontrar líneas divisorias de aguas.



MSc. Edwin Salcedo

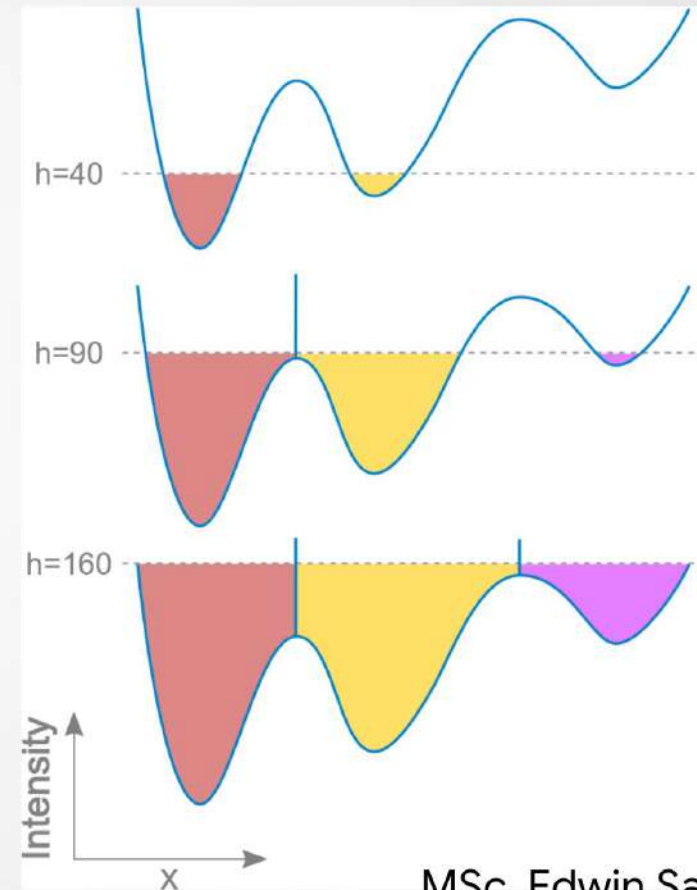
# Watershed Segmentation



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

## Algorithm

1. Comience con todos los píxeles con el valor más bajo posible.
  - Estos forman la base para la cuenca hidrográfica inicial.
2. Para cada nivel de intensidad  $k$ :
  - Para cada grupo de píxeles de intensidad  $k$
  - Si está adyacente a exactamente una región existente, agregue estos píxeles a esa región.
  - De lo contrario, si es adyacente a más de una región existente, márquelo como límite
  - De lo contrario, comience una nueva región.



MSc. Edwin Salcedo

# Watershed Segmentation



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

La segmentación de cuenca hidrográfica puede usarse en una imagen degradada en lugar de la imagen original.



Imagen Original



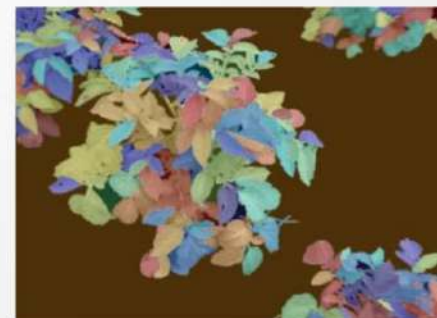
Binarización



Magnitud del gradiente



Encuentrar los mínimos locales  
con erosiones



Watershed

MSc. Edwin Salcedo

H. Guio; A. Villamizar, "Application of the Watershed Segmentation Method in the Separation and Identification of Individual Leaves in Potato Crops", LACAR 2020

# Watershed Segmentation



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

## Implementación de Watershed Segmentation con OpenCV

```
## Import the image
image = cv2.imread("coins.jpeg")
image = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGB)
base_image = np.copy(image)
grayscale = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

# Obtain the binarized version of the image
ret, thresh = cv2.threshold(grayscale, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV+cv2.THRESH_OTSU)
# Noise removal with Opening
kernel = np.ones((3,3), np.uint8)
opening = cv2.morphologyEx(thresh, cv2.MORPH_OPEN, kernel, iterations = 2)

## Find background area
sure_bg = cv2.dilate(opening, kernel, iterations=3)
## Find foreground area
# the value of each pixel is replaced by its distance to the nearest background pixel
dist_transform = cv2.distanceTransform(opening, cv2.DIST_L2, 5)
ret, sure_fg = cv2.threshold(dist_transform, 0.7*dist_transform.max(), 255, 0)
## Find unknown region
sure_fg = np.uint8(sure_fg)
unknown = cv2.subtract(sure_bg, sure_fg)
```

[https://docs.opencv.org/4.x/d3/db4/tutorial\\_py\\_watershed.html](https://docs.opencv.org/4.x/d3/db4/tutorial_py_watershed.html)

MSc. Edwin Salcedo



# Watershed Segmentation



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

## Implementación de Watershed Segmentation con OpenCV

```
# Marker labelling
ret, markers = cv2.connectedComponents(sure_fg)
# Add one to all labels so that sure background is not 0, but 1
markers = markers+1
# Now, mark the region of unknown with zero
markers[unknown==255] = 0

# Apply Watershed Segmentation
markers = cv2.watershed(image,markers)
image[markers == -1] = [255,0,0]

#show the images
plt.rcParams["figure.figsize"] = (20,10)

fig, (ax0, ax1, ax2) = plt.subplots(1, 3)
ax0.imshow(base_image)
ax1.imshow(markers, cmap = "gray")
ax2.imshow(base_image)
ax2.imshow(markers, cmap = "winter", alpha=0.3)
```

[https://docs.opencv.org/4.x/d3/db4/tutorial\\_py\\_watershed.html](https://docs.opencv.org/4.x/d3/db4/tutorial_py_watershed.html)

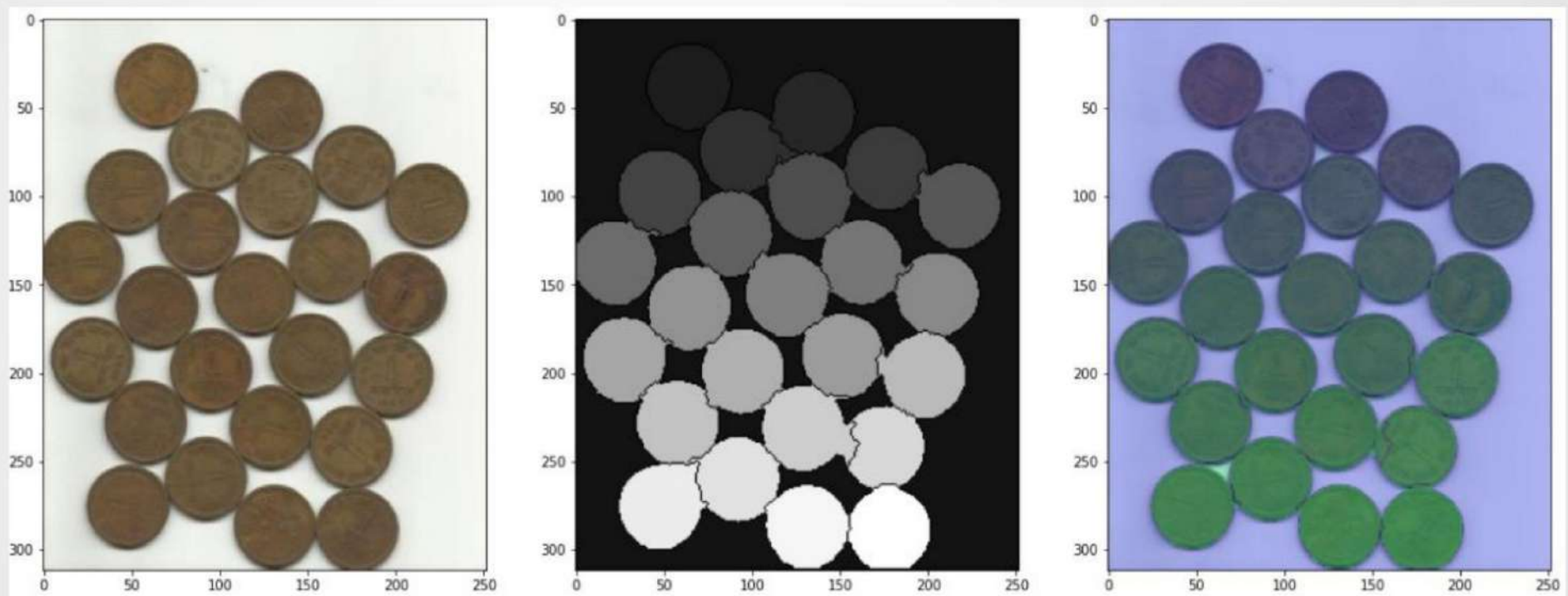
MSc. Edwin Salcedo

# Watershed Segmentation



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
BOLIVIANA  
LA PAZ

Implementación de Watershed Segmentation con OpenCV



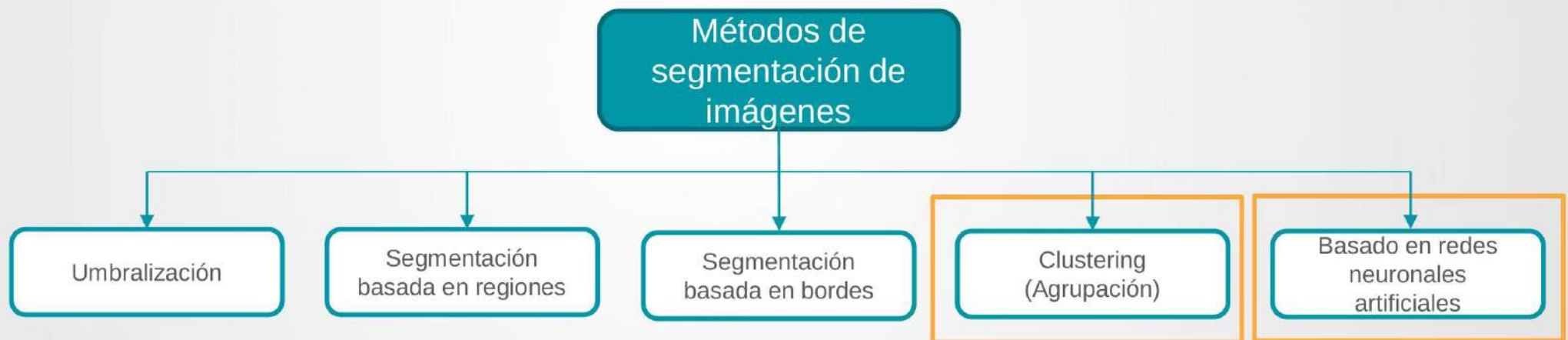
MSc. Edwin Salcedo

# Image Segmentation



UNIVERSIDAD  
**CATÓLICA**  
BOLIVIANA  
LA PAZ

La **segmentación de imágenes** se refiere a la clase de algoritmos que dividen la imagen en diferentes segmentos o grupos de píxeles.



AI Based

MSc. Edwin Salcedo