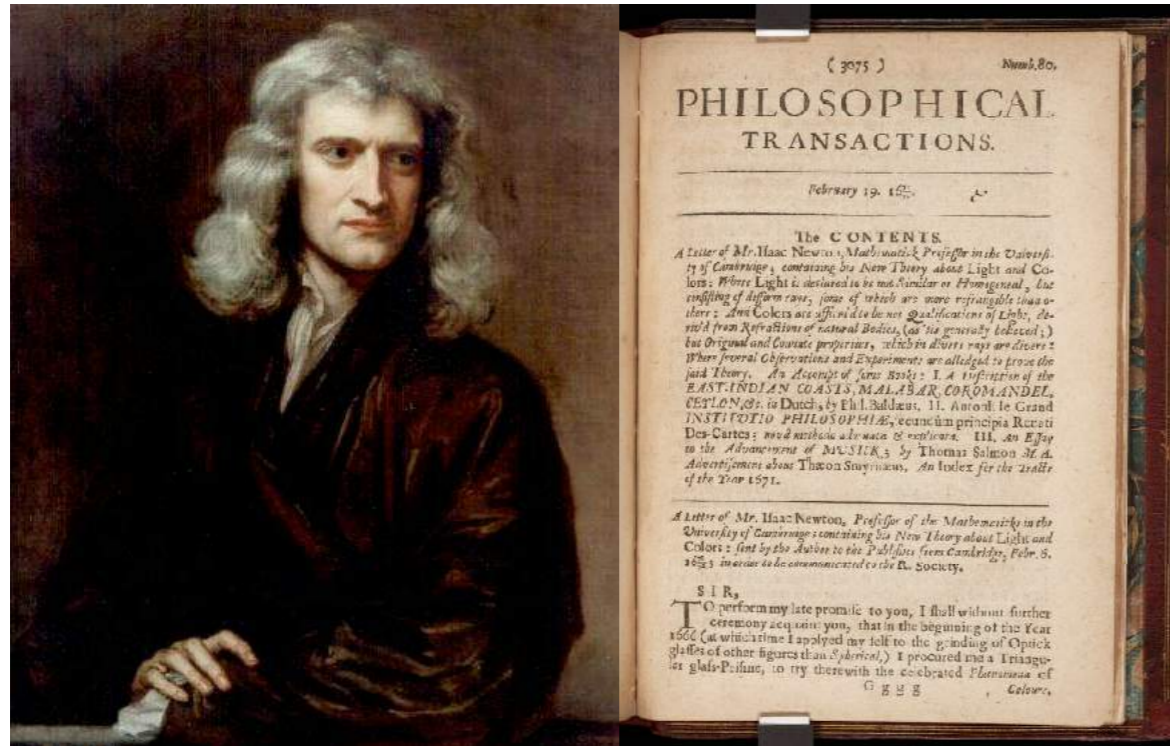
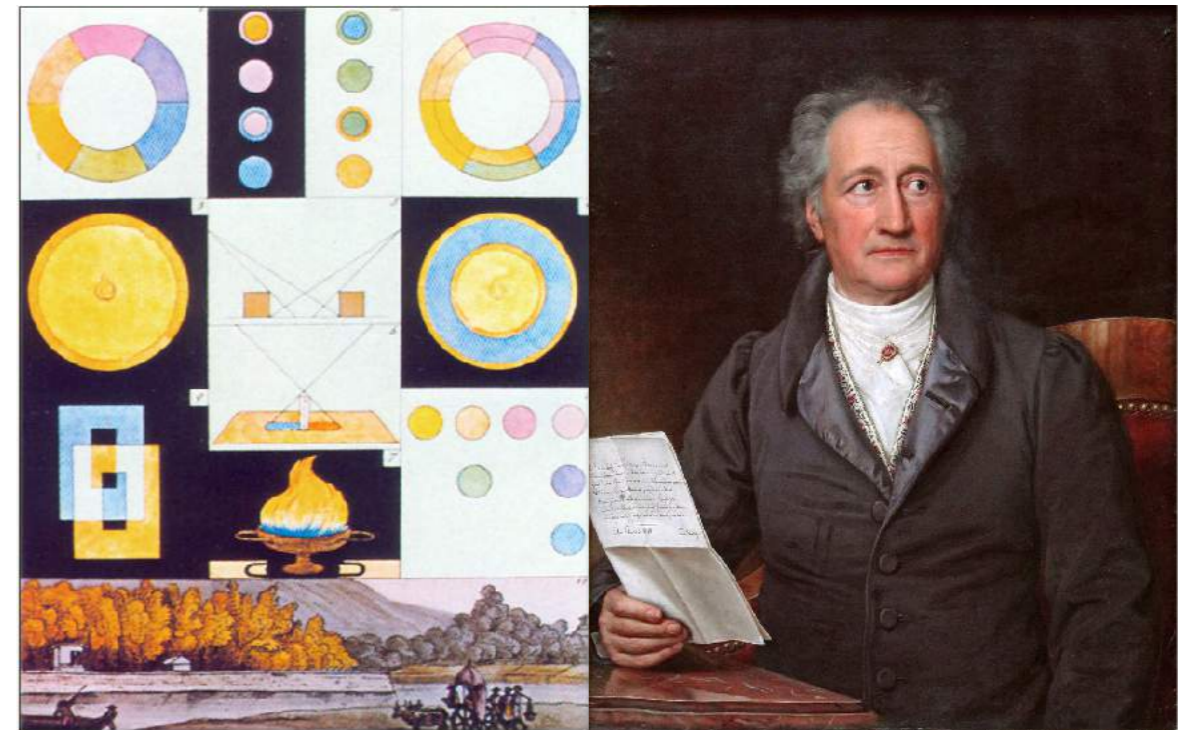


Color y textura



[Newton, 1686]

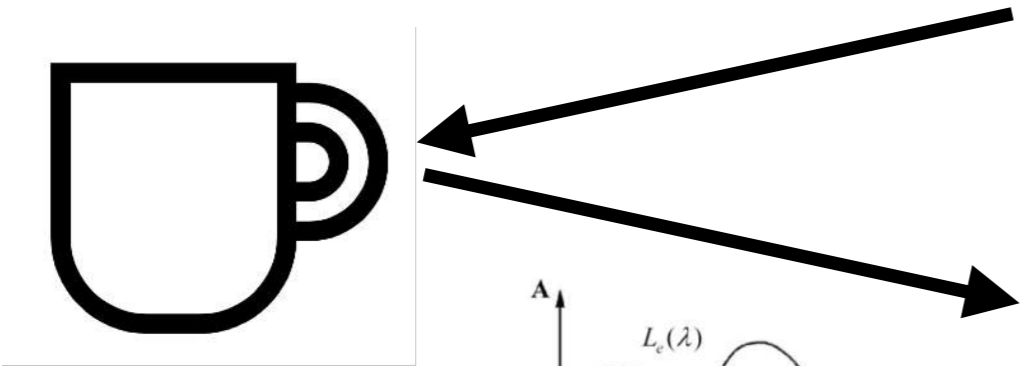
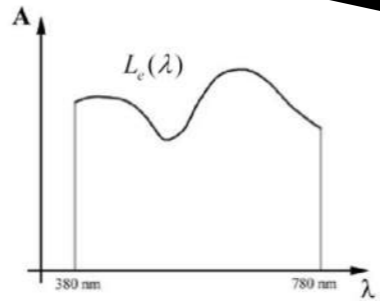
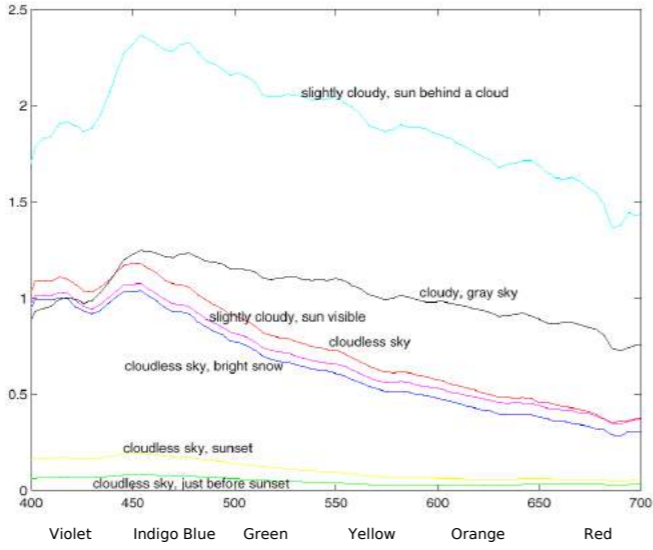
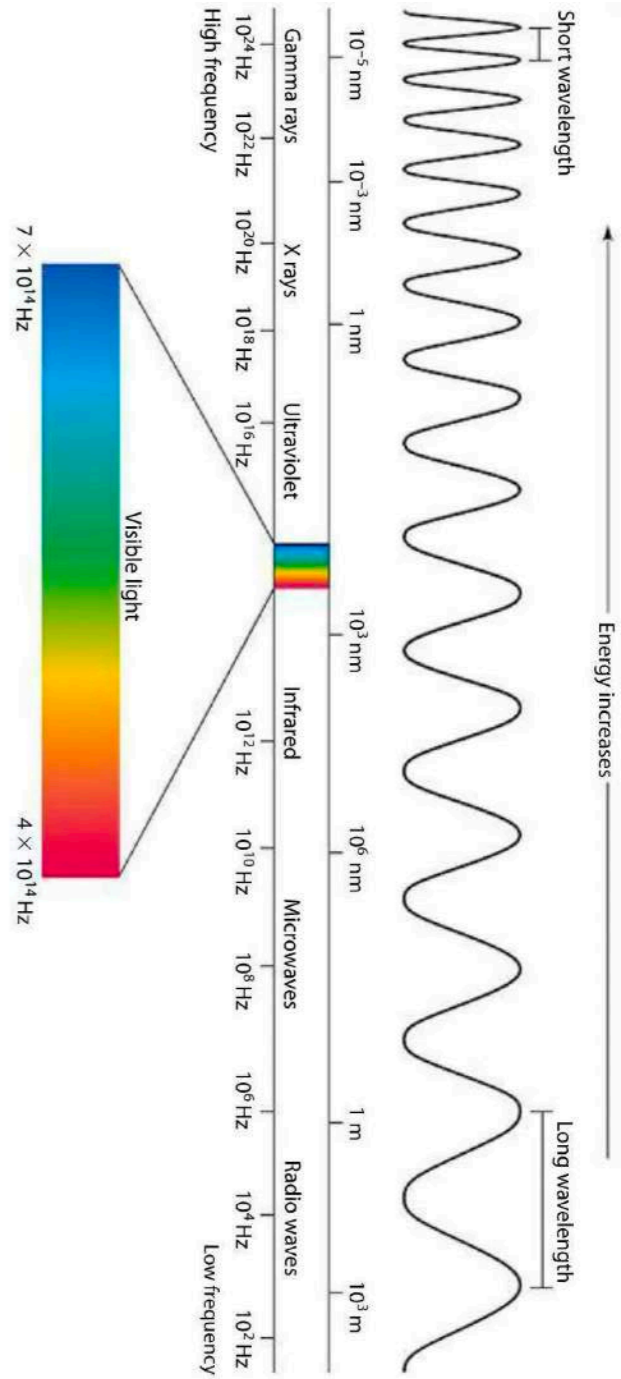
“El color es producto de la luz a ciertas longitudes de onda”



[Goethe, 1810]

“El color es producto de la percepción del observador”

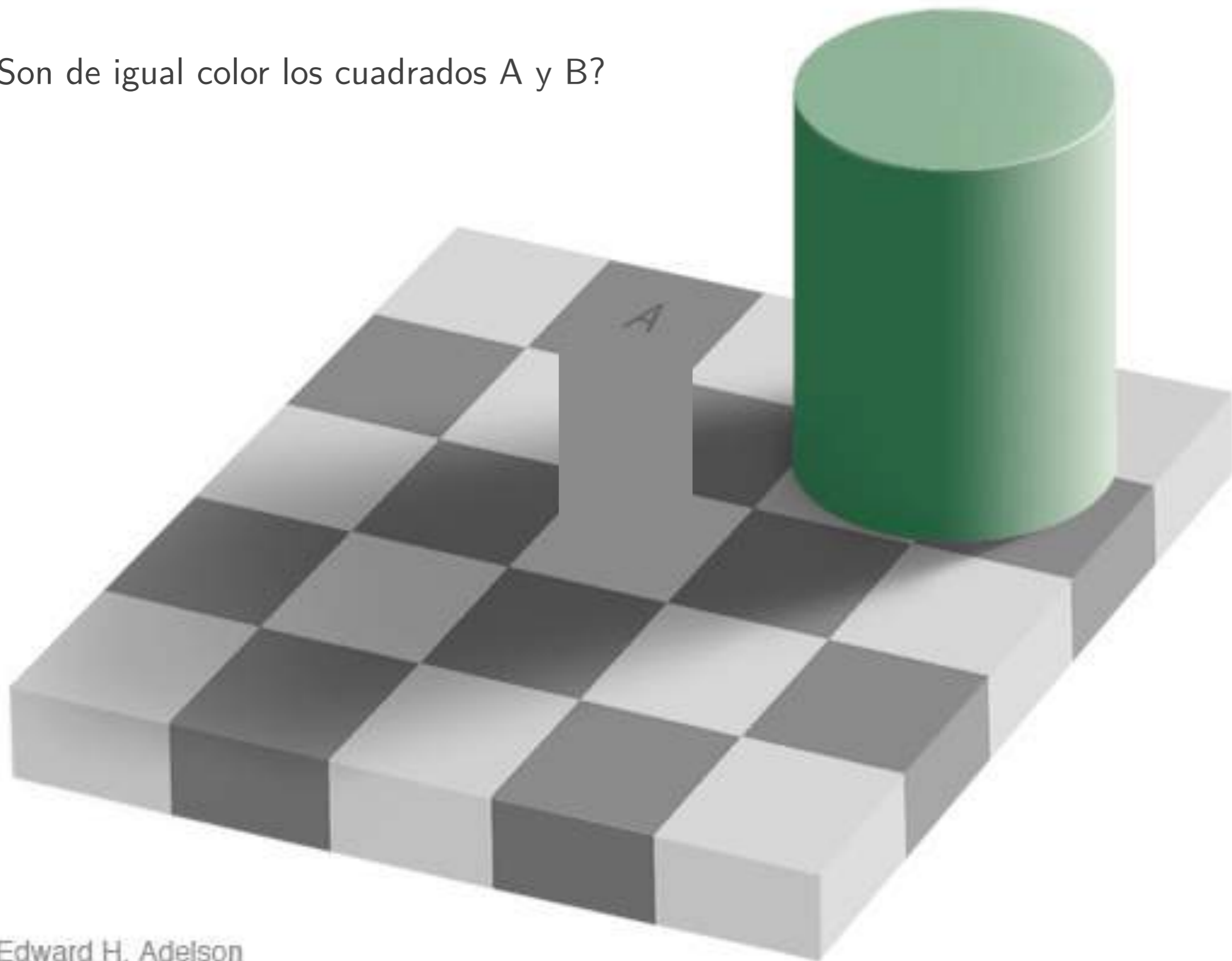
Proceso de visión



¿Son de igual *color* los cuadrados pequeños?

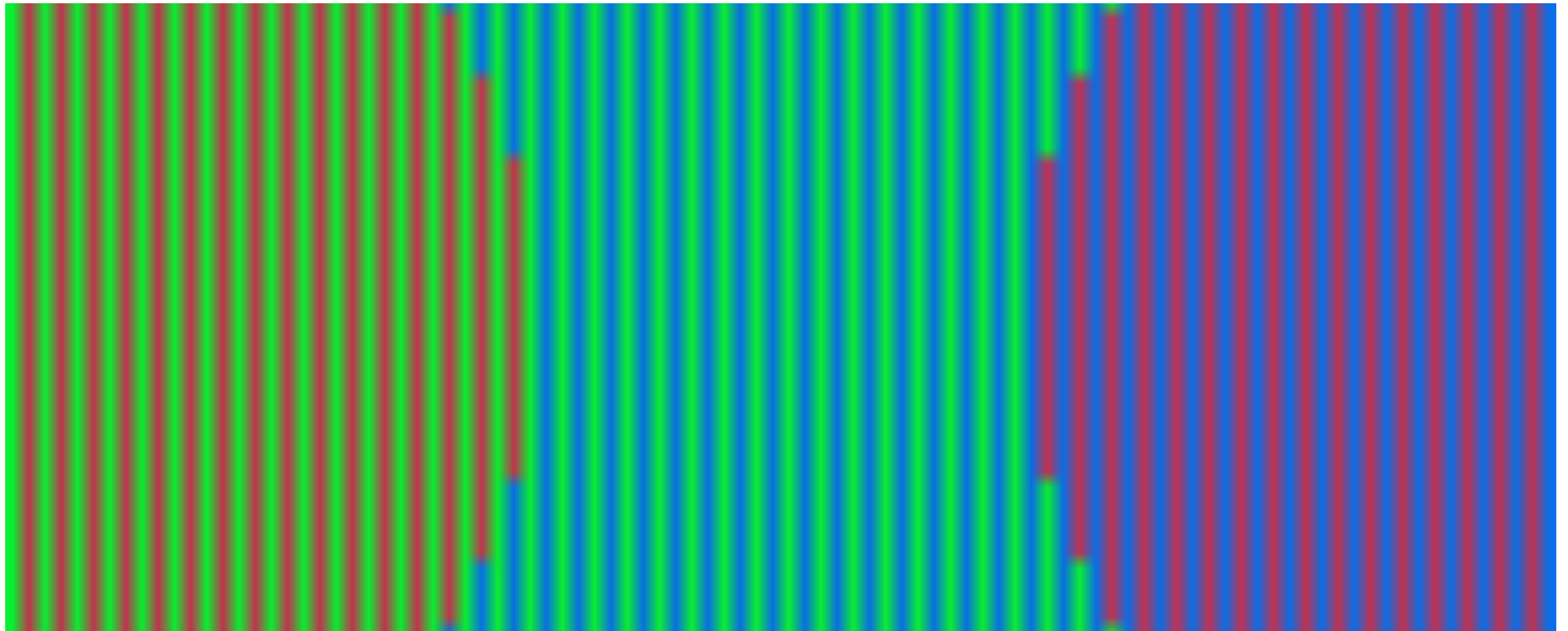


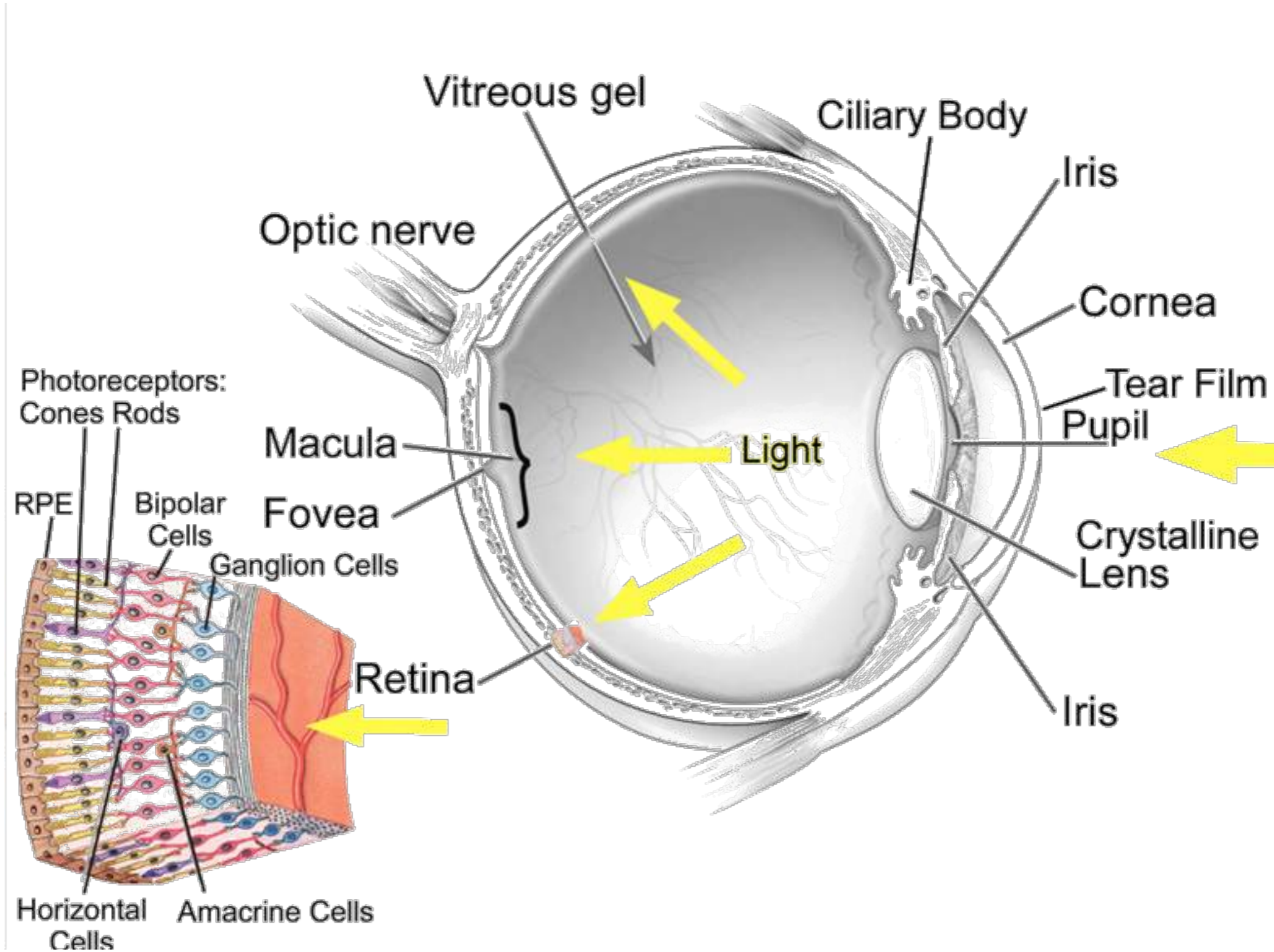
¿Son de igual color los cuadrados A y B?

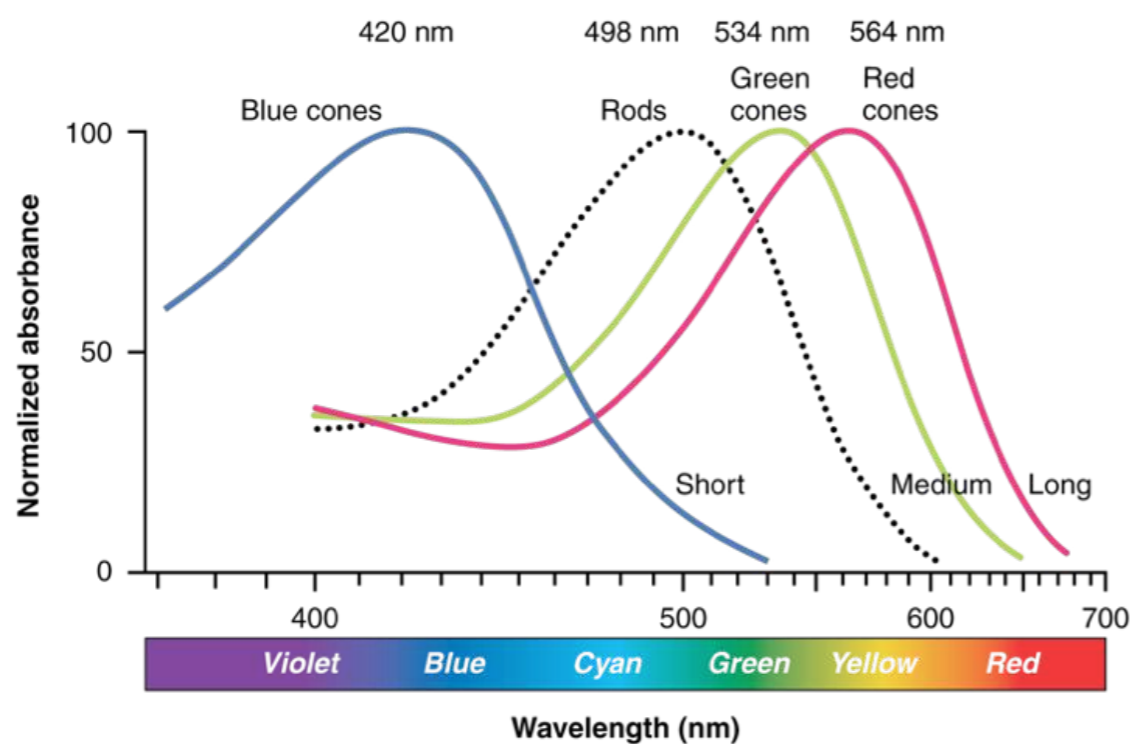
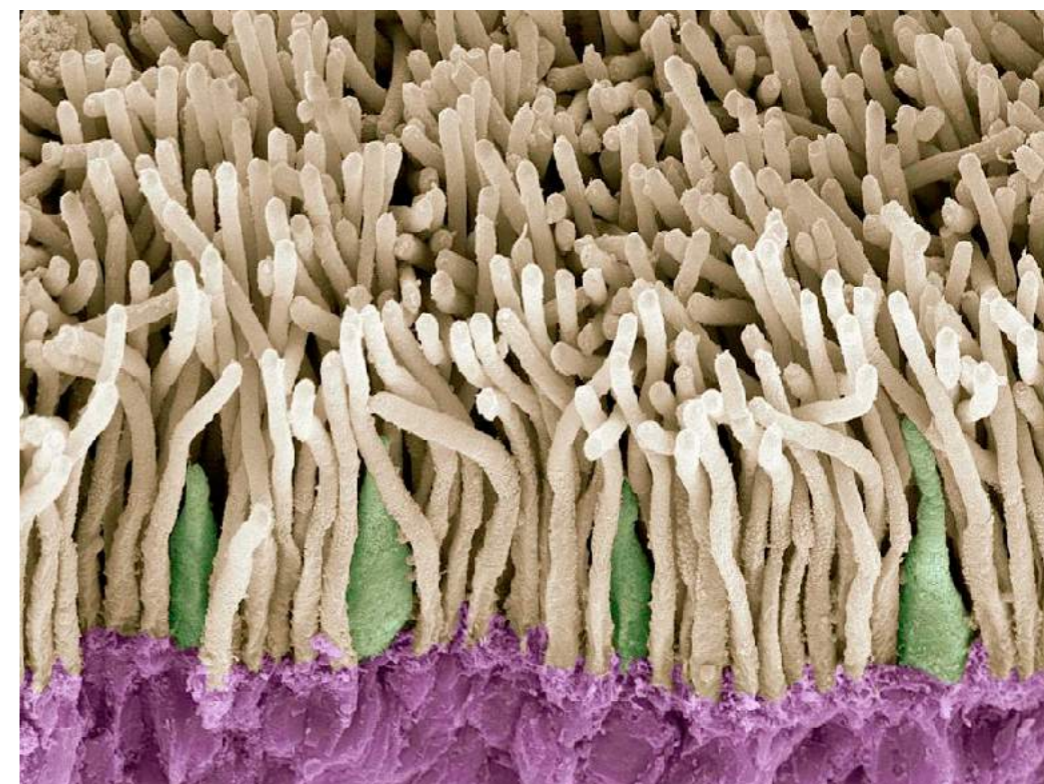
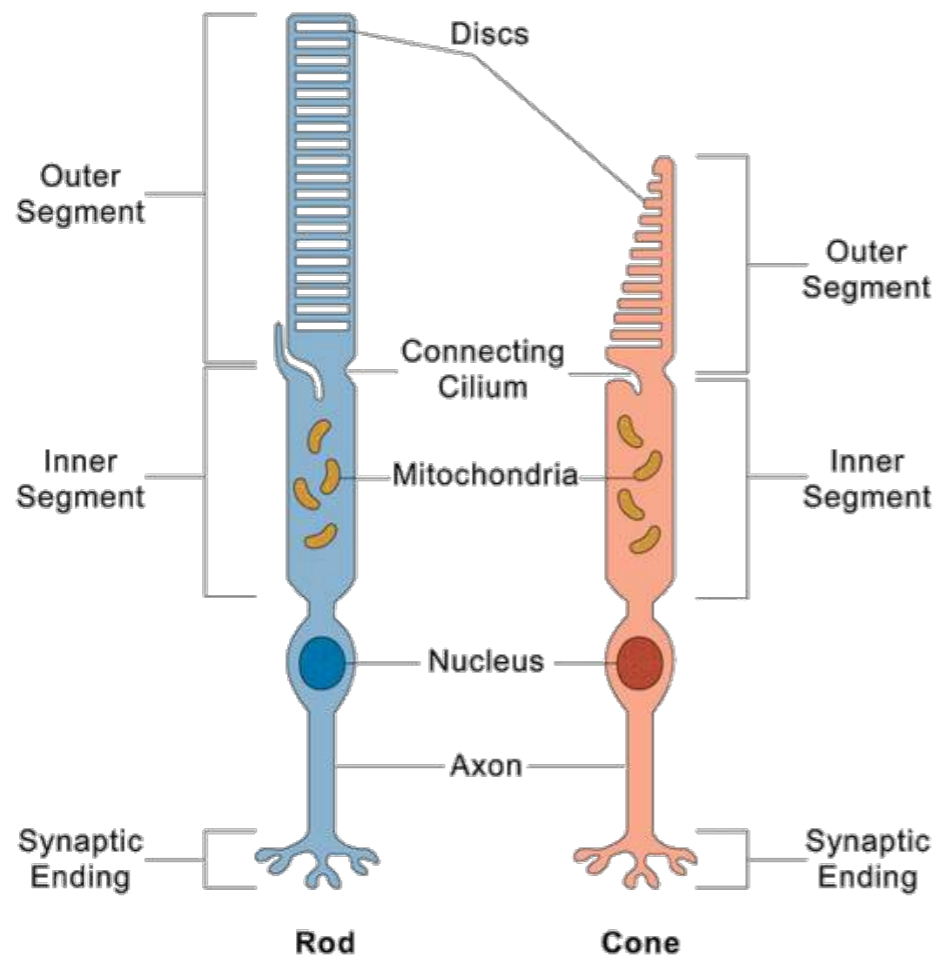


Edward H. Adelson

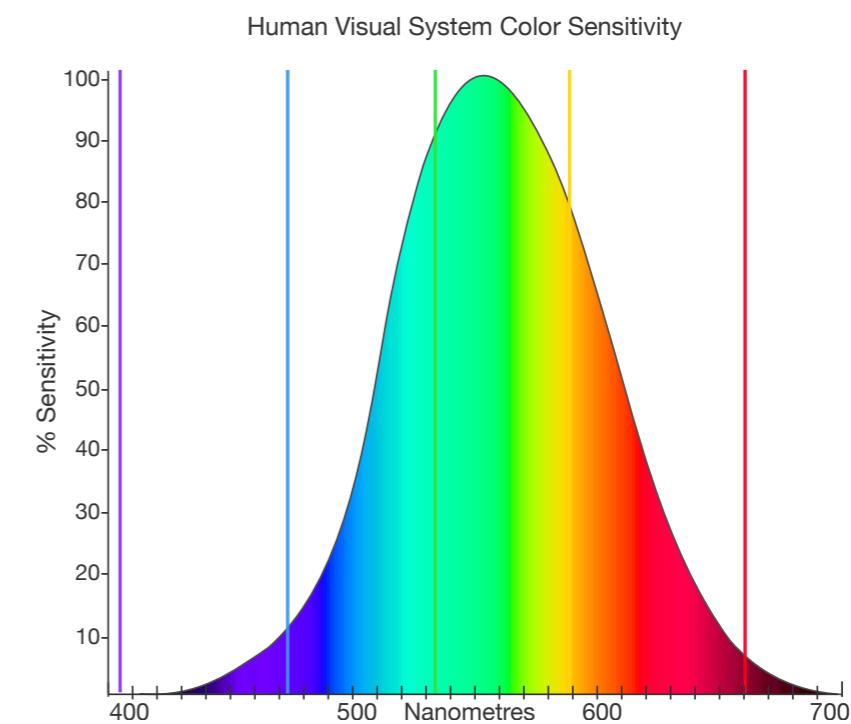
¿De qué *color* son los círculos?



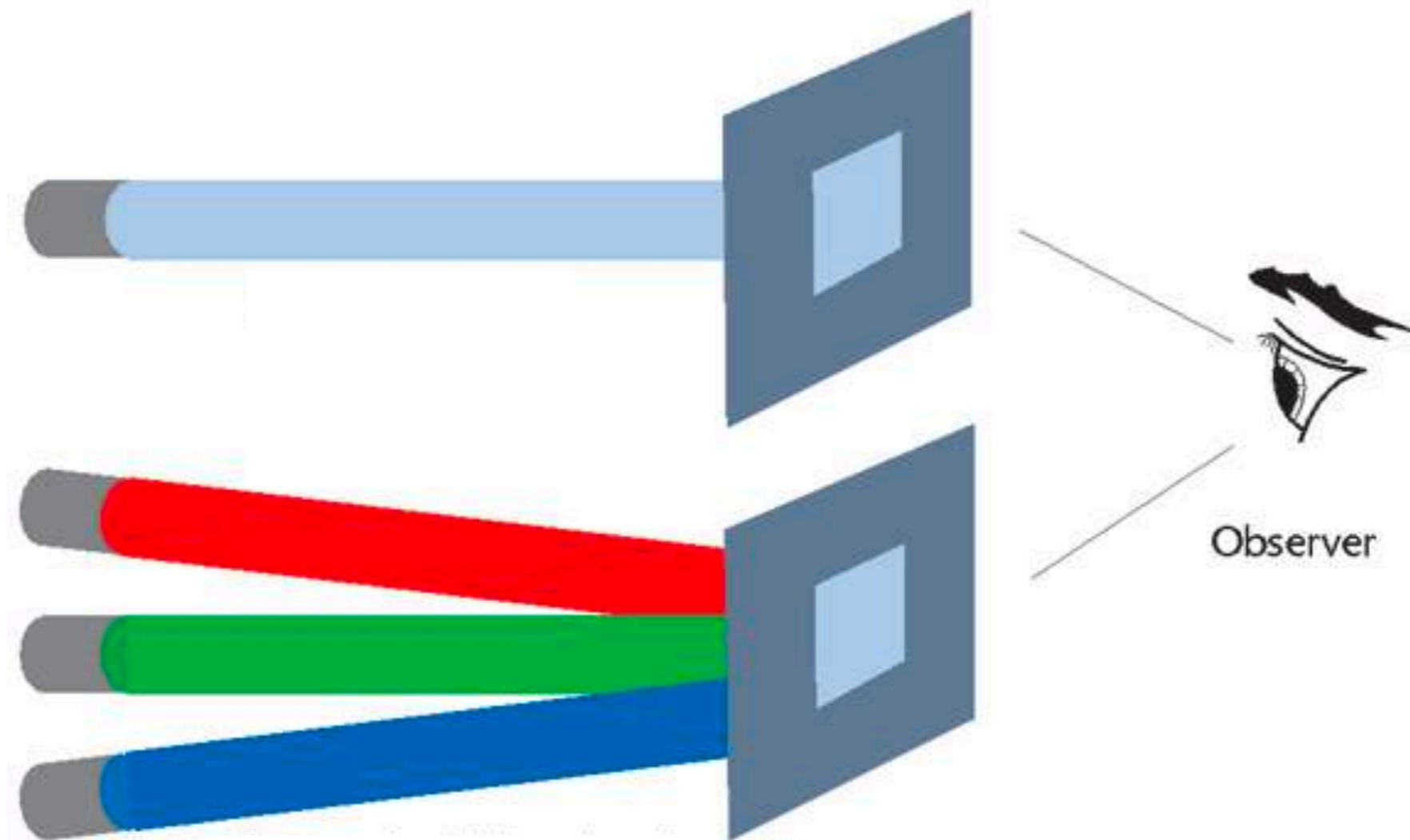




https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/1416_Color_Sensitivity.jpg

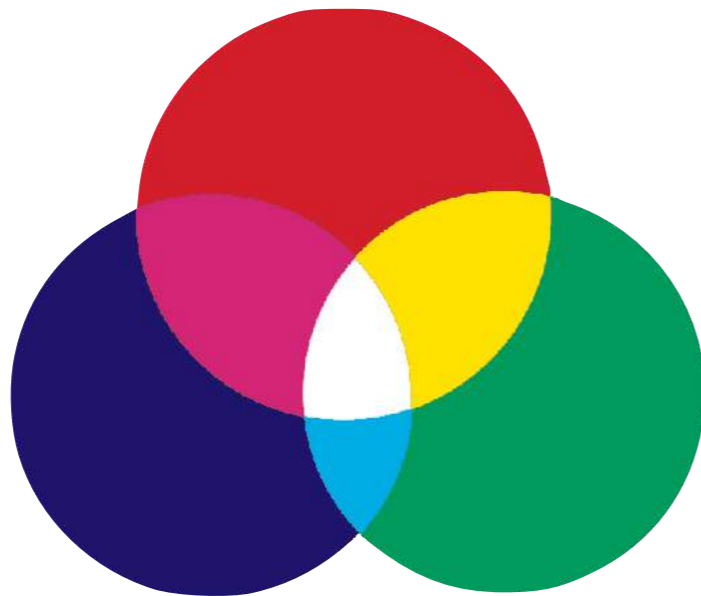


[Adaptado de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c0/Eyesensitivity.svg>]

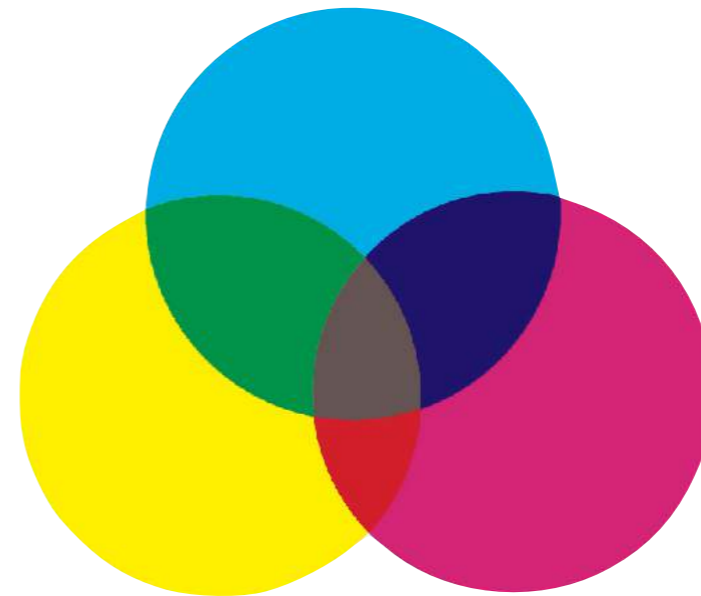


Experimentos de Wright (1928) y Guild (1931).

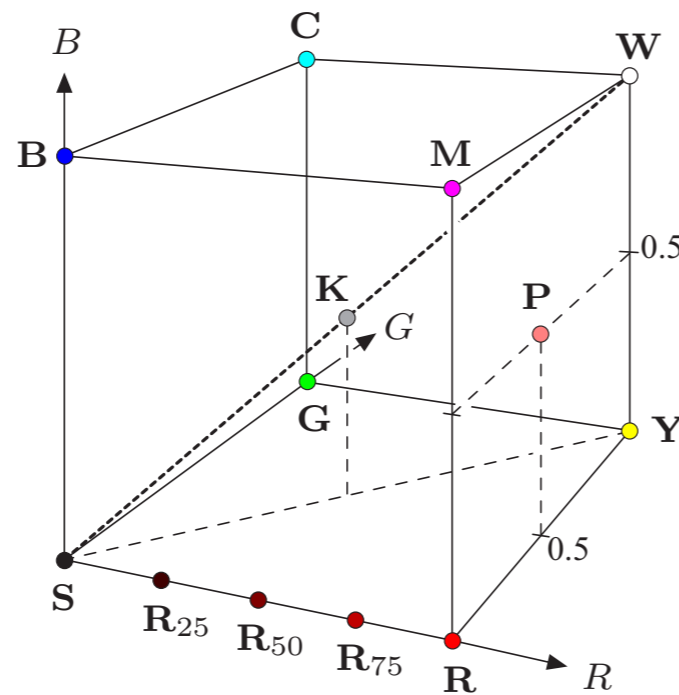
- El color es una característica de tres dimensiones.
- Muchos colores pueden representarse como la mezcla de tres “colores primarios” A , B y C .
 - Adición:
$$D = w_a A + w_b B + w_c C$$
$$D + w_a A = w_b B + w_c C \Rightarrow D = -w_a A + w_b B + w_c C$$
- Principio de tricromacia: con tres colores primarios se pueden generar otros colores (para la mayoría de las personas).



RGB (aditivo, luz)



CMY(K) (sustractivo, pigmentos)

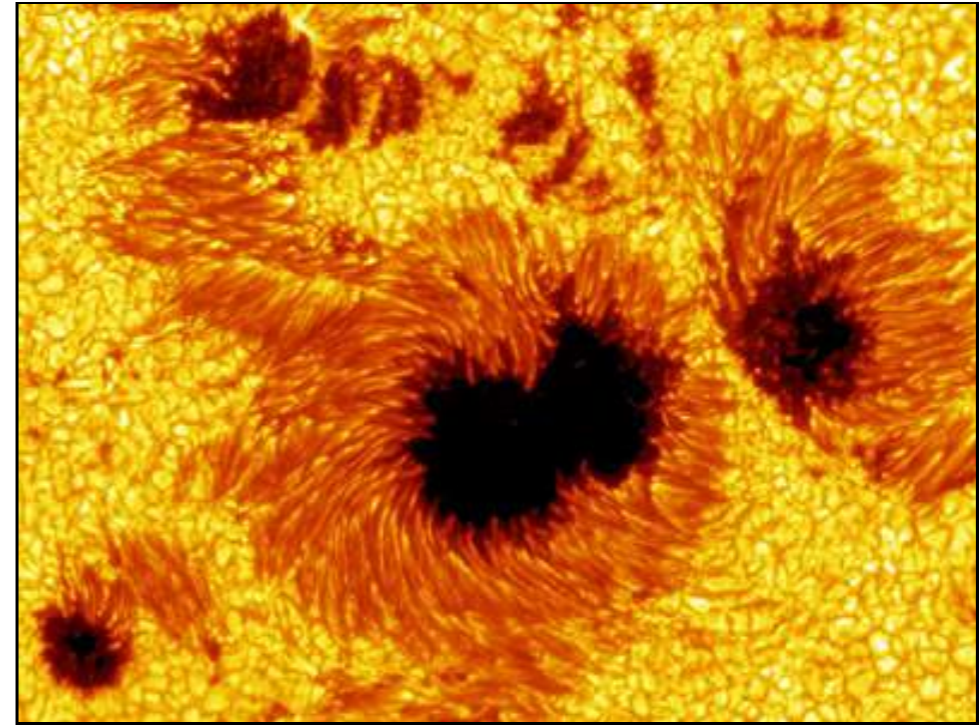


| | | RGB Value | | |
|-----------------|----------|-----------|------|------|
| Point | Color | R | G | B |
| S | Black | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| R | Red | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| Y | Yellow | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| G | Green | 0.00 | 1.00 | 0.00 |
| C | Cyan | 0.00 | 1.00 | 1.00 |
| B | Blue | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| M | Magenta | 1.00 | 0.00 | 1.00 |
| W | White | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| K | 50% Gray | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| R ₇₅ | 75% Red | 0.75 | 0.00 | 0.00 |
| R ₅₀ | 50% Red | 0.50 | 0.00 | 0.00 |
| R ₂₅ | 25% Red | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| P | Pink | 1.00 | 0.50 | 0.50 |

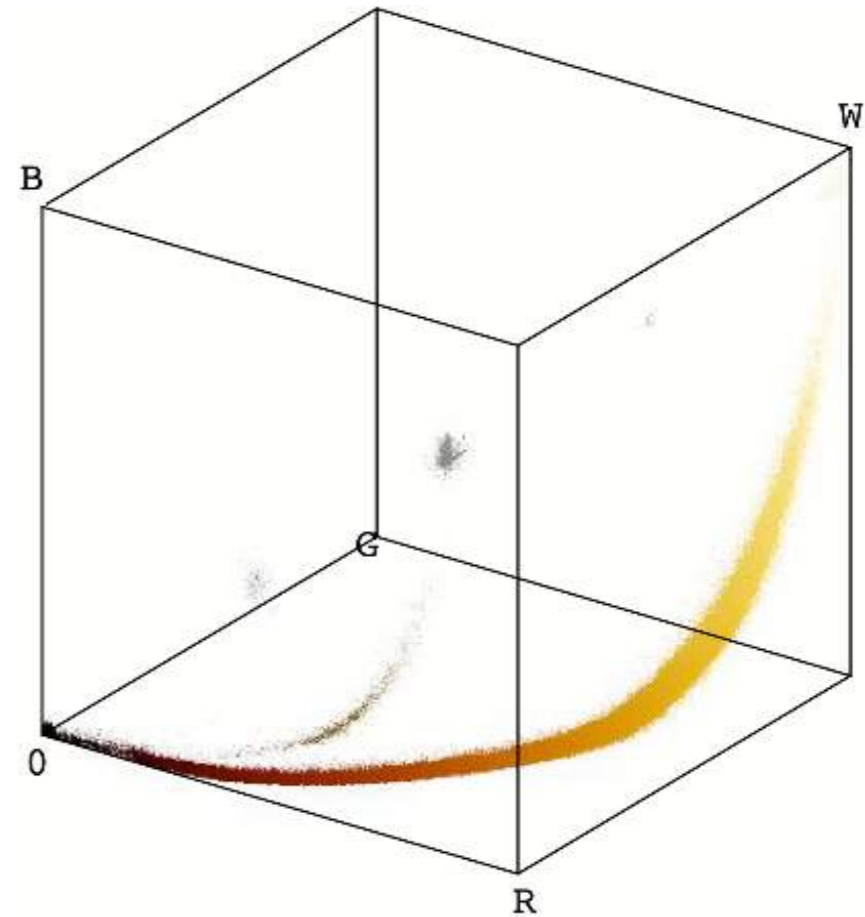
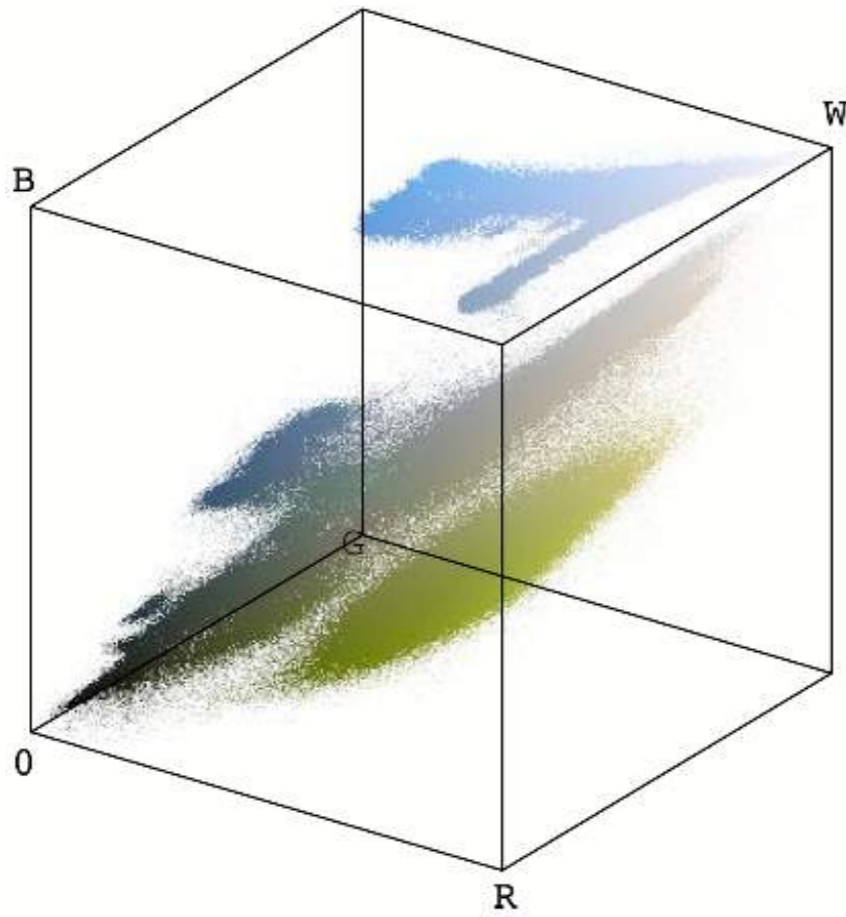
$$C_i = (R_i, G_i, B_i)$$

- Aditivo
- Suma de tres luces sobre un papel.
- Muy simple. Usado en computadoras, monitores, cámaras, scanners, teléfonos, ...
 - Calibración para colorimetría.
- No es ajustado para operaciones con colores (p.e. promedio colores).

(a)



(b)
RGB



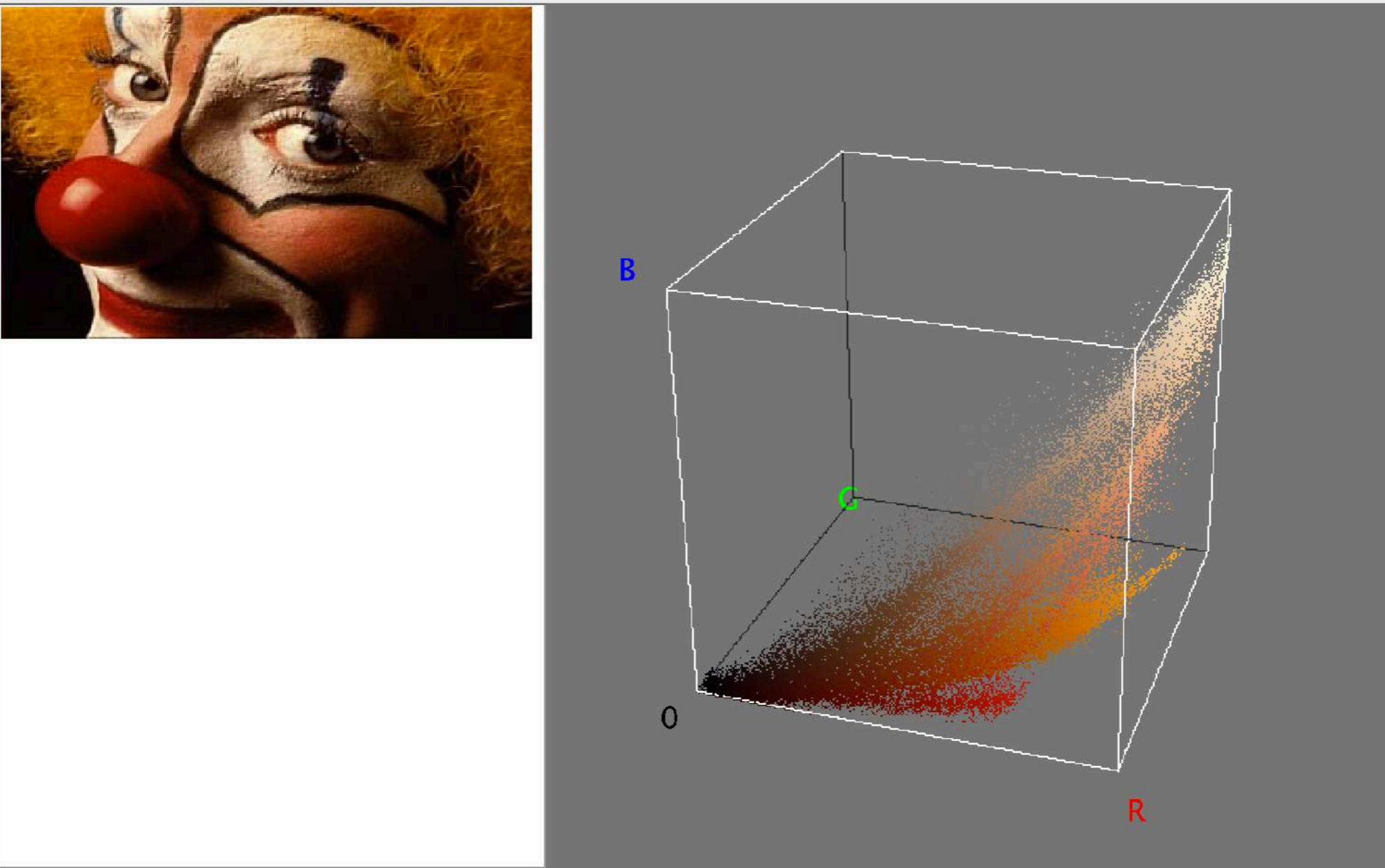
[Plugins > Color Inspector 3D]

Color Inspector 3D (v2.3) clown.jpg

File Options Segmentation Help

Color Space: Display Mode:

64000 Pixels, 32959 Colors



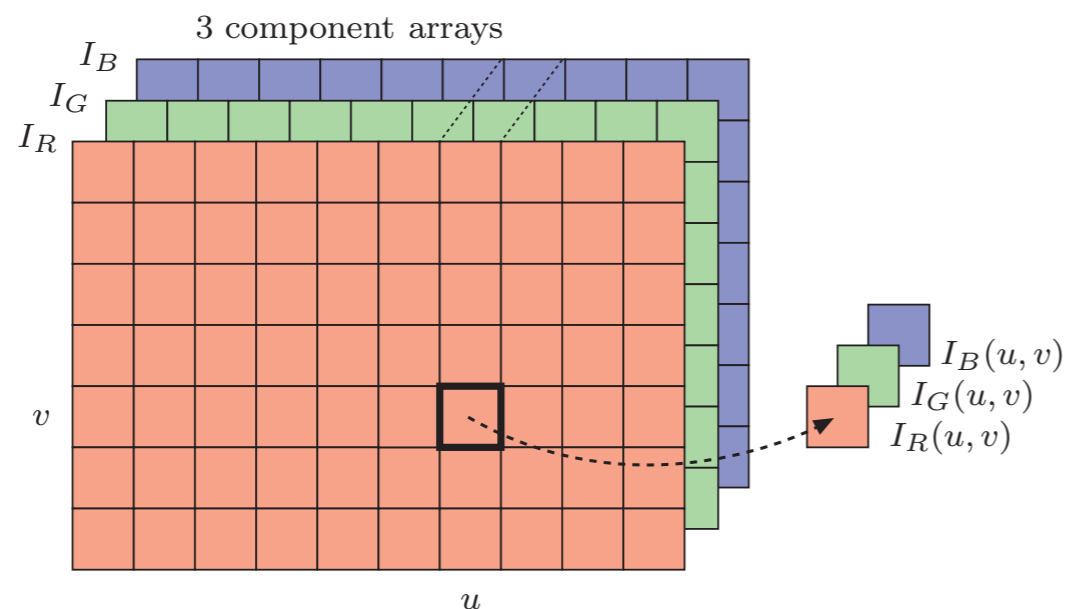
Depth

Perspect...

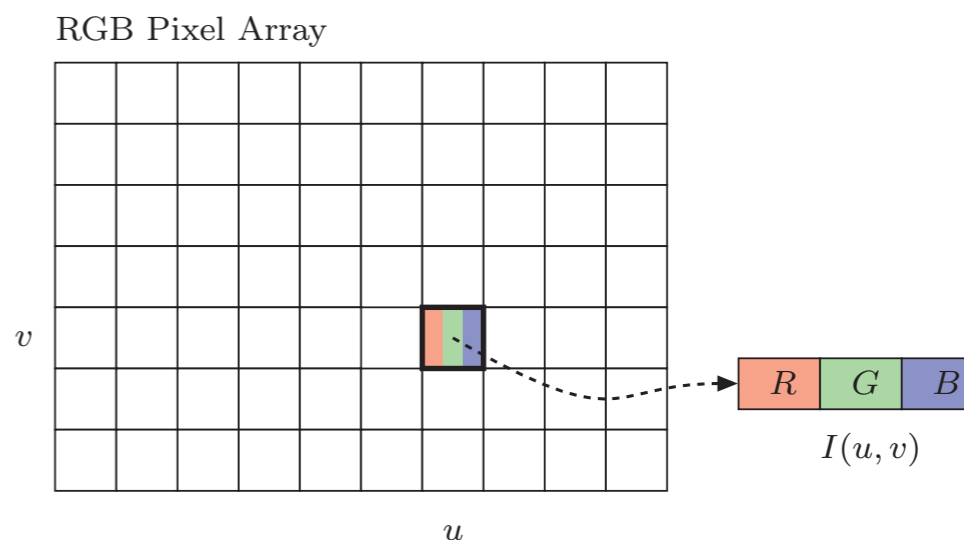
Scale

R (x 1.0) G (x 1.0) B (x 1.0) Brightness (+0) Contrast (x 1.0) Saturation (x 1.0) Color Rotation (0°)

True Color

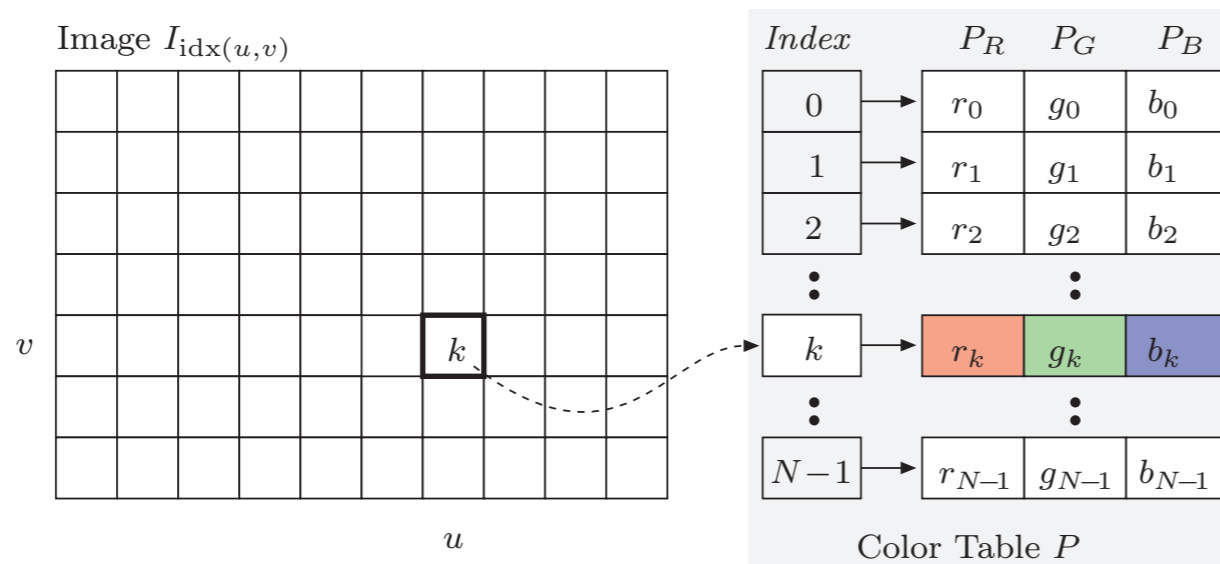


Component ordering $I = (I_R, I_G, I_B)$



Packed ordering $I(u,v) = (R_{u,v}, G_{u,v}, B_{u,v})$

Indexed images



$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \leftarrow \begin{pmatrix} P_R(k) \\ P_G(k) \\ P_B(k) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_k \\ g_k \\ b_k \end{pmatrix}, \text{ with } k = I_{idx}(u,v).$$

- Imagen con el “equivalente” en grises o la “luminancia” Y .
- No hay una única forma

- La más simple (pero mala) $Y = \frac{R+G+B}{3}$

- La percepción de los canales no es la misma

- Promedios ponderados

$$Y = w_R R + w_G G + w_B B$$

$$w_R = 0.299 ,$$

$$w_G = 0.587 ,$$

$$w_B = 0.114 .$$

$$w_R = 0.2125 ,$$

$$w_G = 0.7154 ,$$

$$w_B = 0.072 .$$



Original RGB



8 bits



Lab



RGB

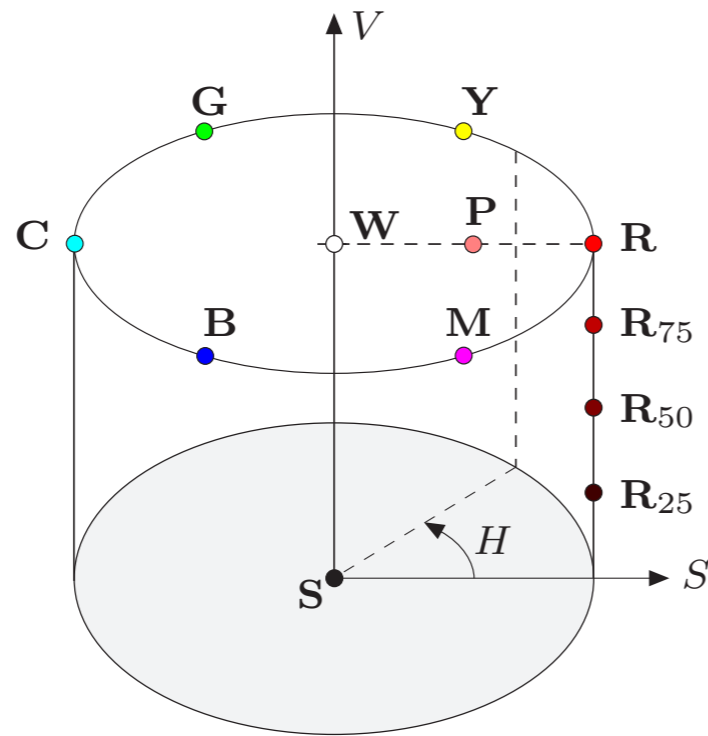


$\frac{R+G+B}{3}$



Luminance

HSB (Hue, Saturation, Brightness)

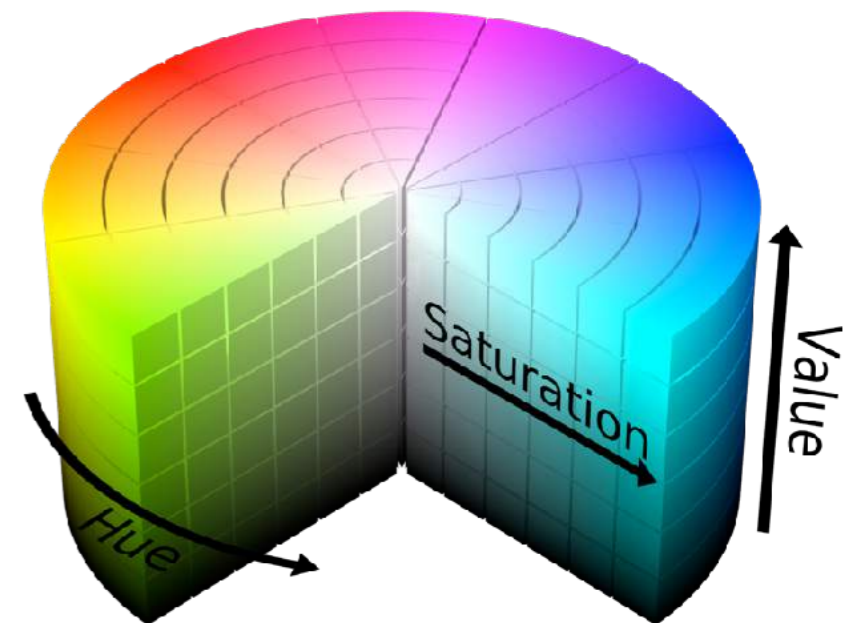
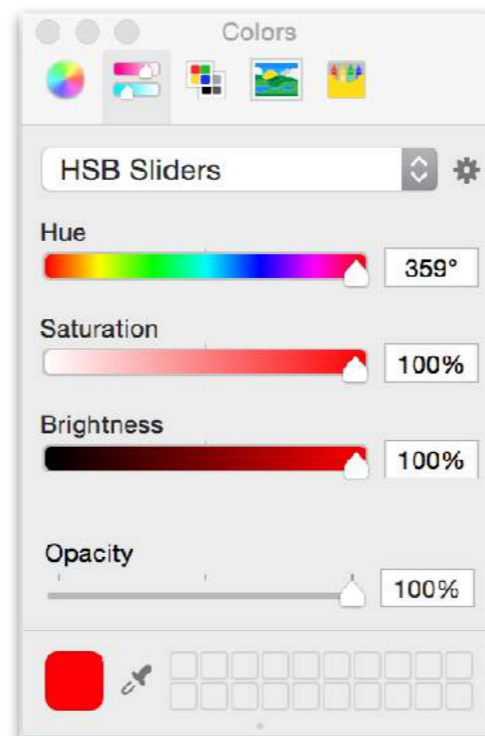


RGB/HSV Values

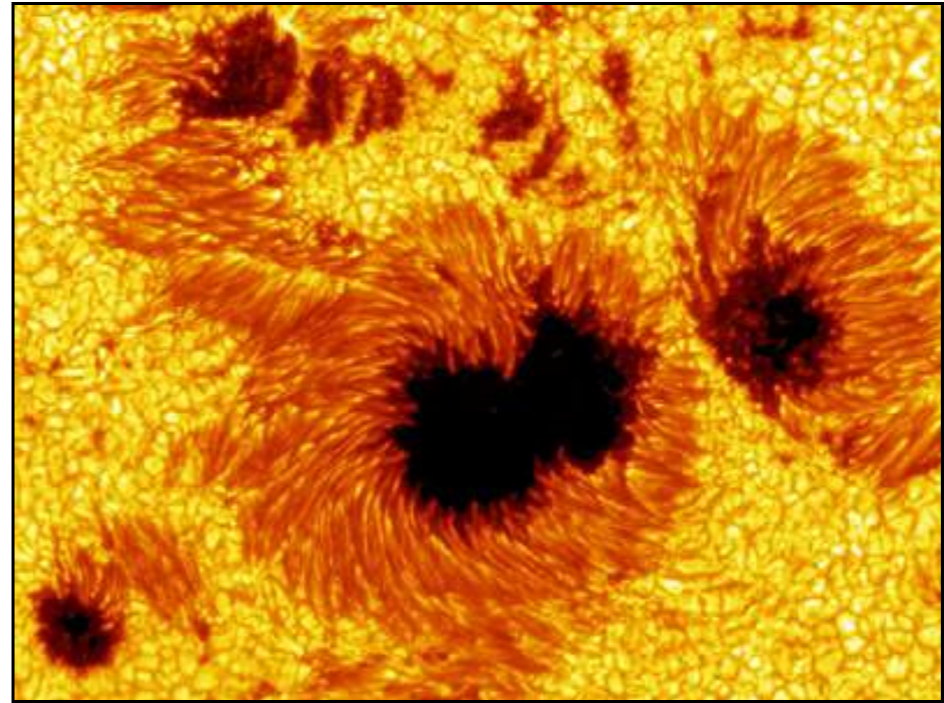
| Pt. | Color | R | G | B | H | S | V |
|-----------------|---------|------|------|------|-----|------|------|
| S | Black | 0.00 | 0.00 | 0.00 | — | 0.00 | 0.00 |
| R | Red | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 1.00 | 1.00 |
| Y | Yellow | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1/6 | 1.00 | 1.00 |
| G | Green | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 2/6 | 1.00 | 1.00 |
| C | Cyan | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 3/6 | 1.00 | 1.00 |
| B | Blue | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 4/6 | 1.00 | 1.00 |
| M | Magenta | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 5/6 | 1.00 | 1.00 |
| W | White | 1.00 | 1.00 | 1.00 | — | 0.00 | 1.00 |
| R ₇₅ | 75% Red | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0 | 1.00 | 0.75 |
| R ₅₀ | 50% Red | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | 1.00 | 0.50 |
| R ₂₅ | 25% Red | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0 | 1.00 | 0.25 |
| P | Pink | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 0 | 0.5 | 1.00 |

- RGB \leftrightarrow HSB (HSV, HSI)

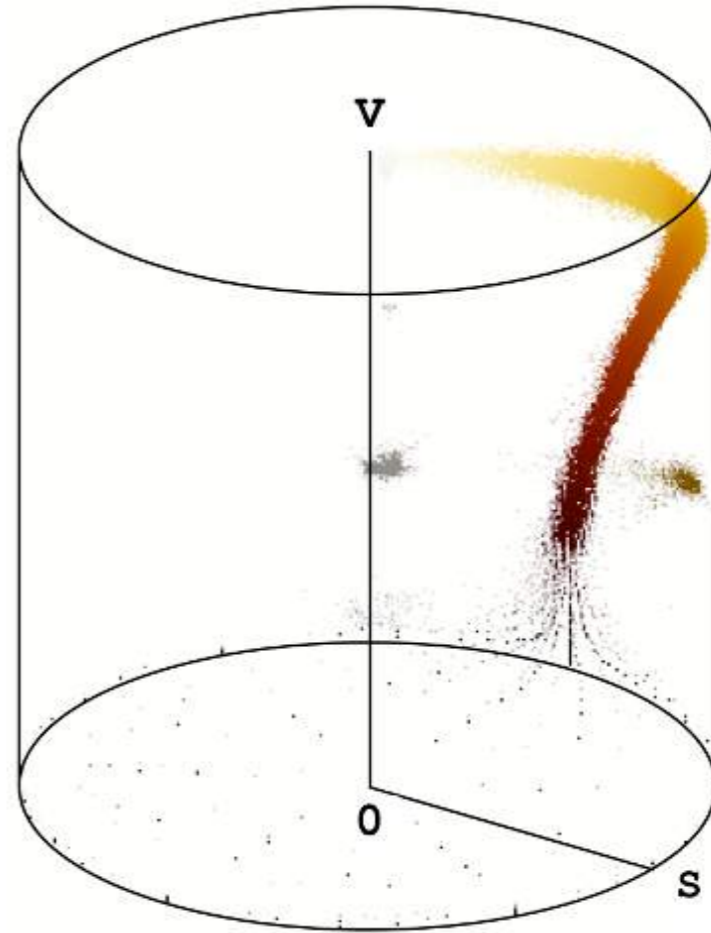
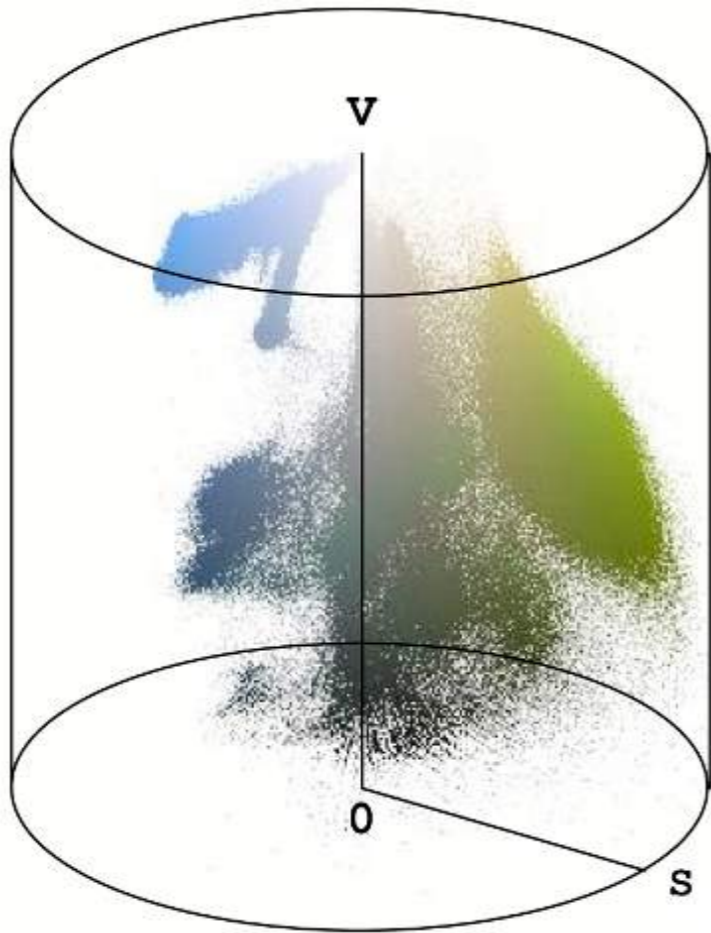
- No lineal



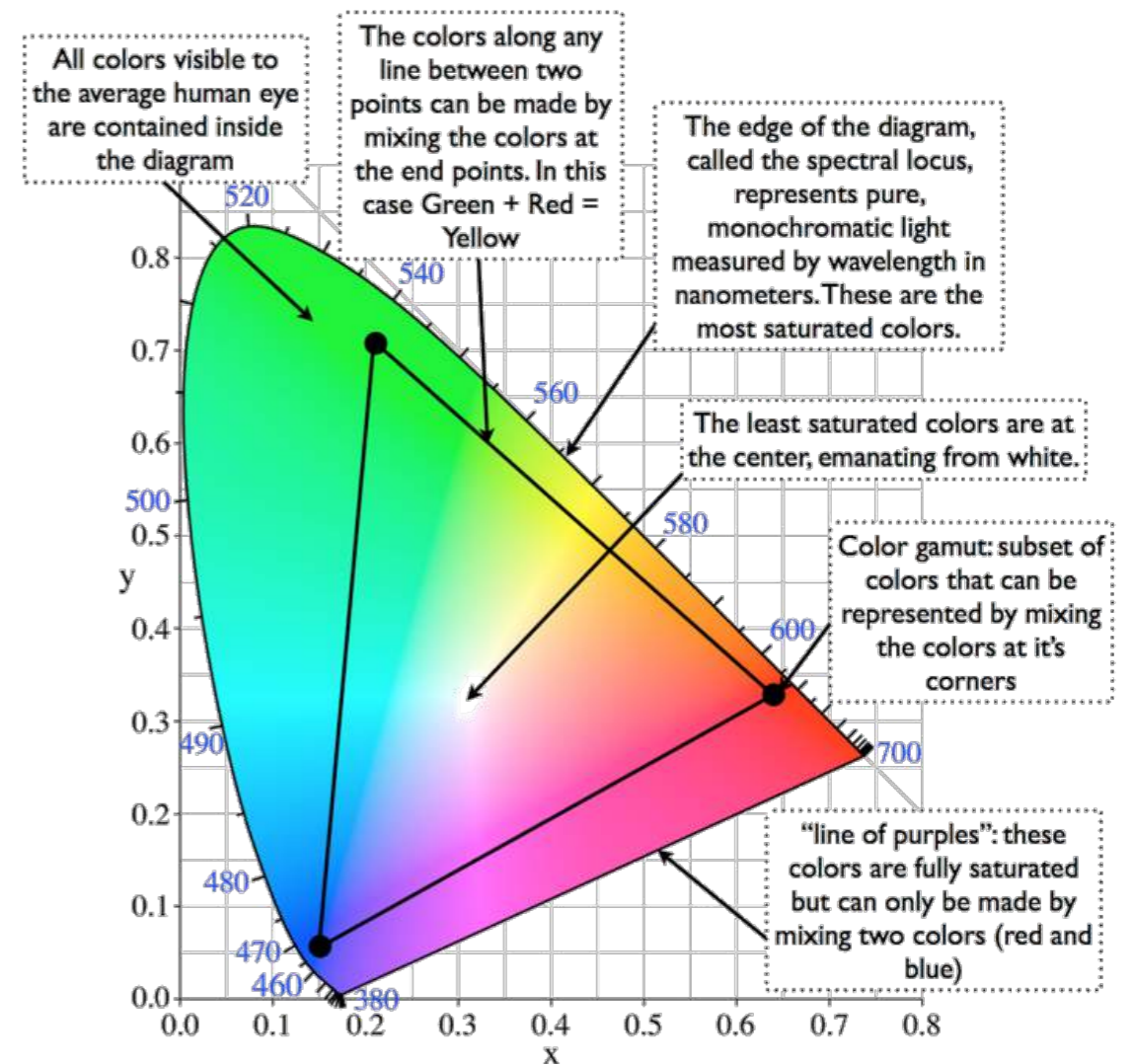
(a)



(b)
HSV

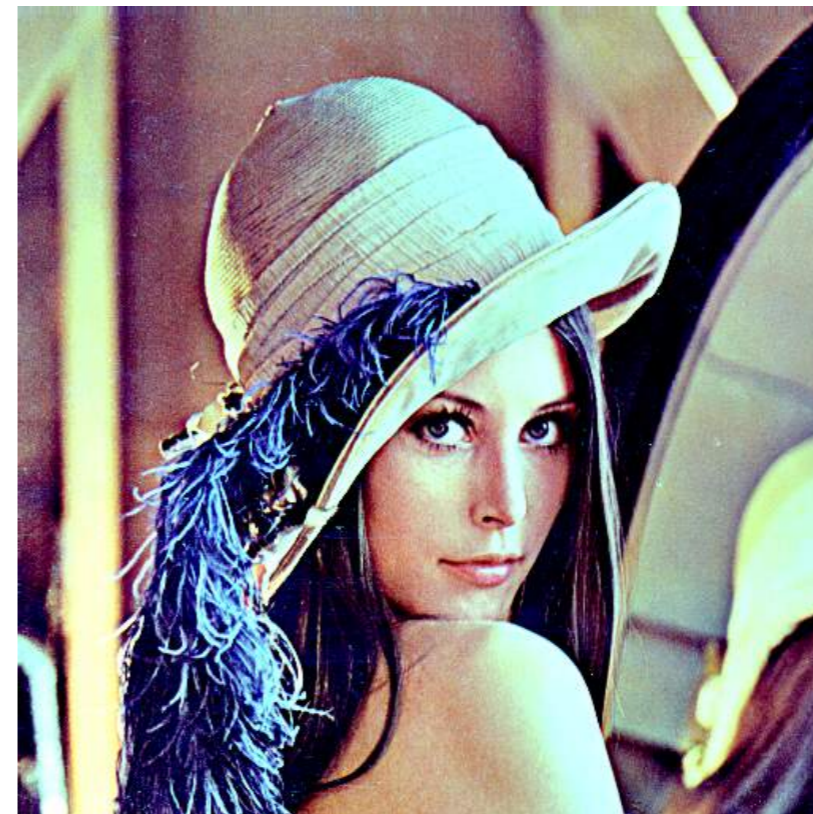


- Basado en un conjunto de colores base (imaginarios) CIE XYZ creados en 1931.
- Uniformidad cercana a la percepción visual humana.
- La distancia Euclidea entre dos colores es similar a la diferencia percibida entre ellos.
- L^* corresponde a la luminosidad, a^* corresponde a la variación de tono-saturación en el eje verde-rojo, y b^* en el eje azul-amarillo.



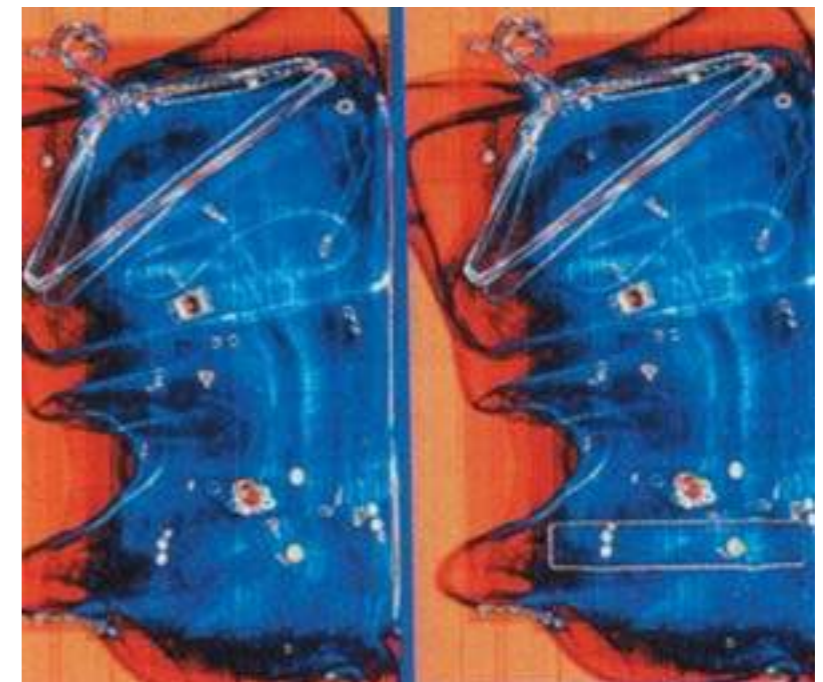
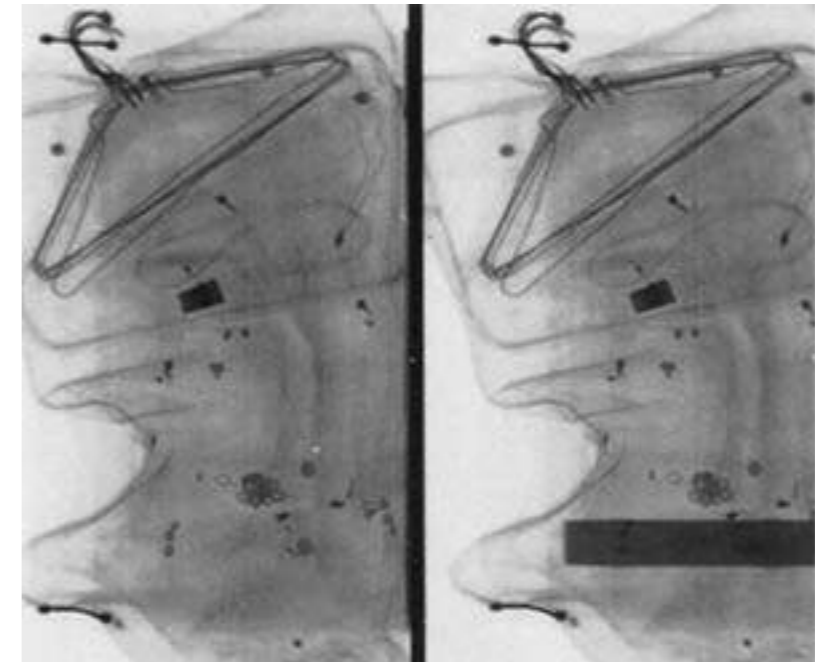
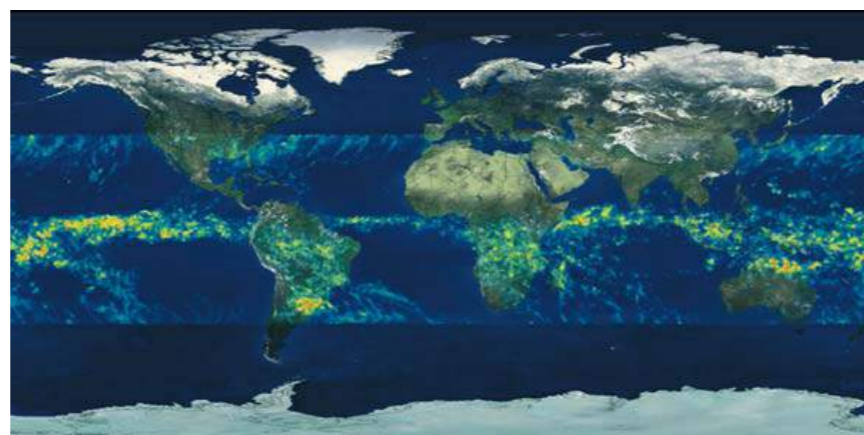
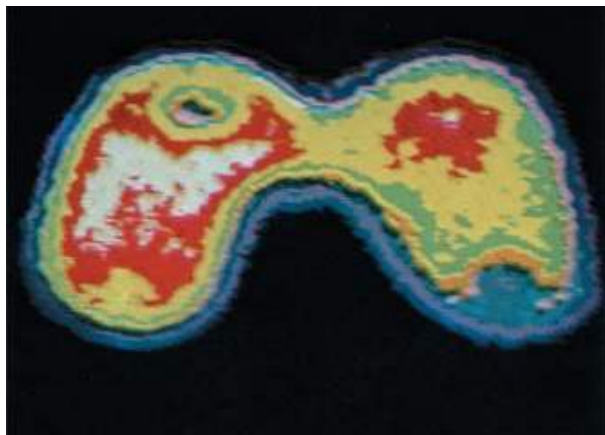
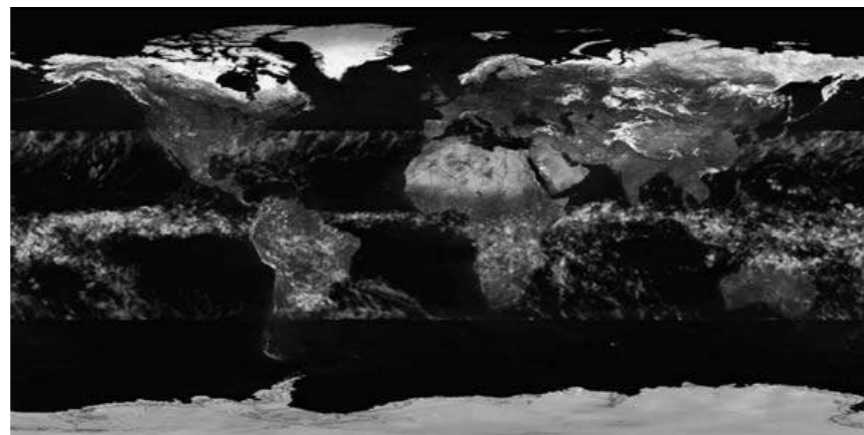
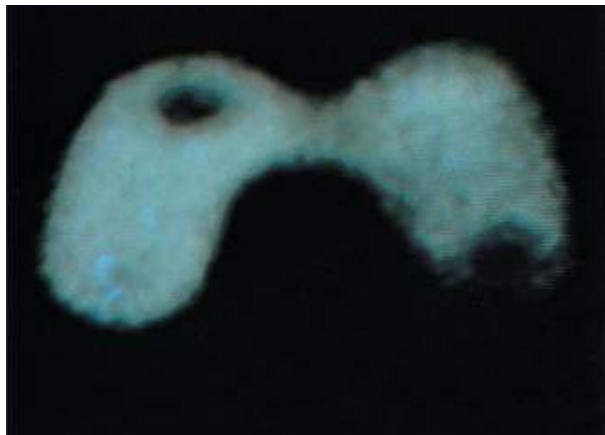
Chromaticity Diagram

- Primera generación: colores físicos
 - RGB, XYZ, ...
- Segunda generación: psicovisión
 - CIE Lab, Munsell, ...
- Tercera generación: apariencia espacial del color
 - CAM, Retinex, ACE, ...



[Image > Color > Retinex]

- Uso de un mapa de colores (LUT) para la visualización de imágenes monocromáticas.
- Mejor discernimiento de colores.

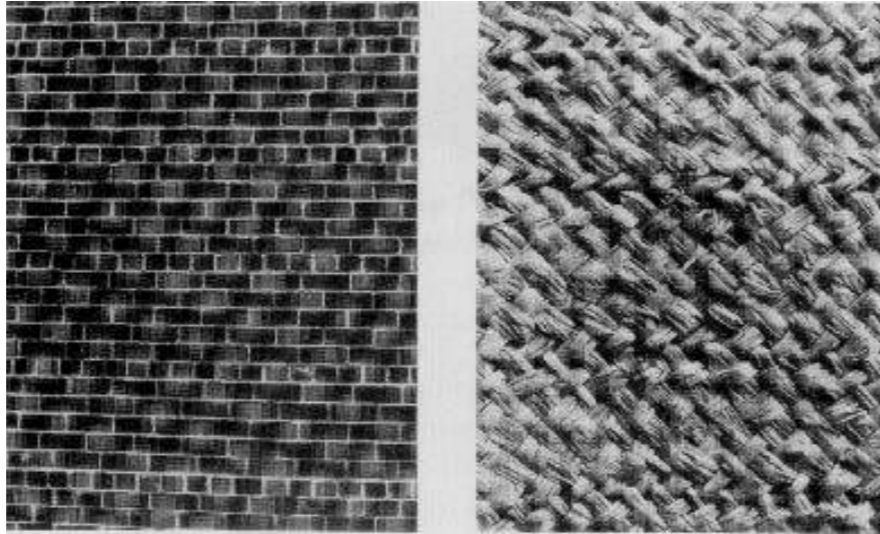


Textura

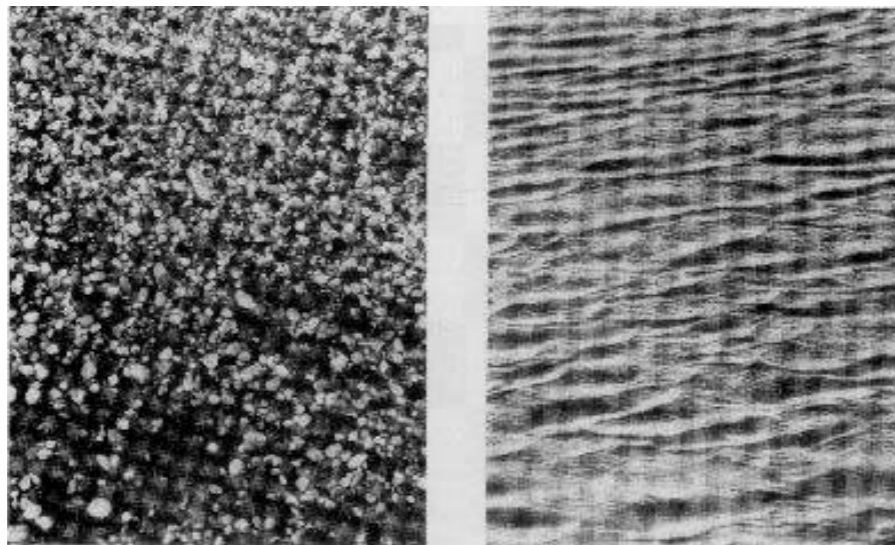


- Concepto “alto nivel”.
 - Suavidad, áspero, regularidad, patrón repetitivo, ...
- Análisis basado en descriptores o características (features).
 - Estructural
 - Estadístico
 - Espectral

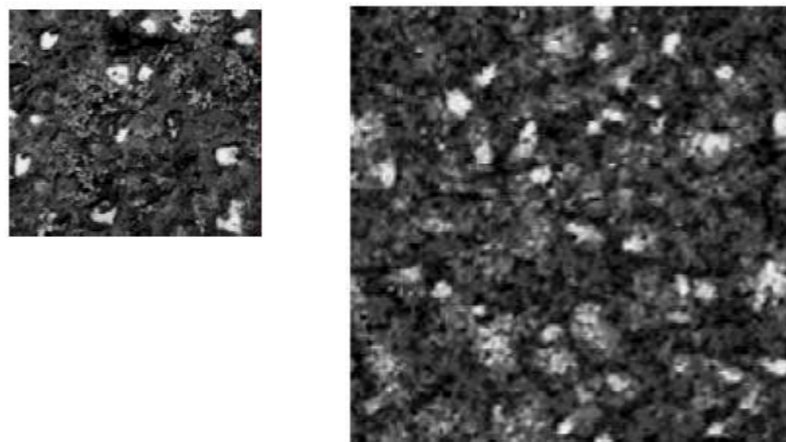
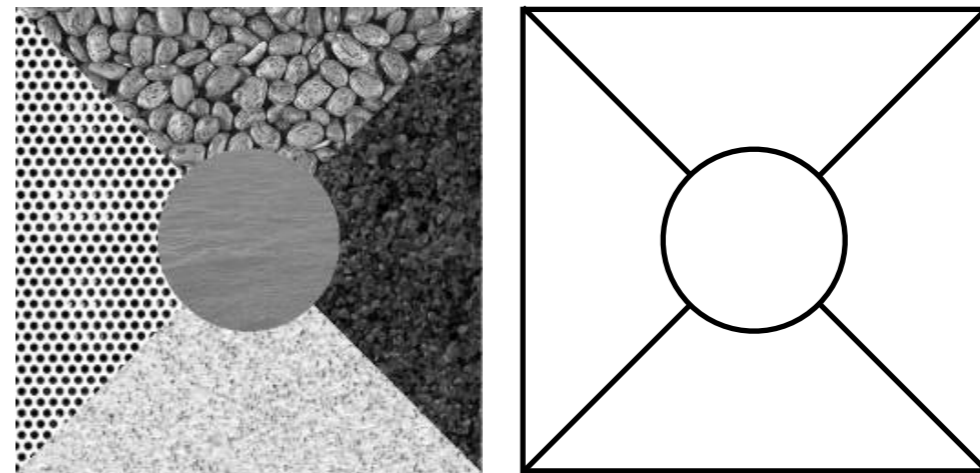
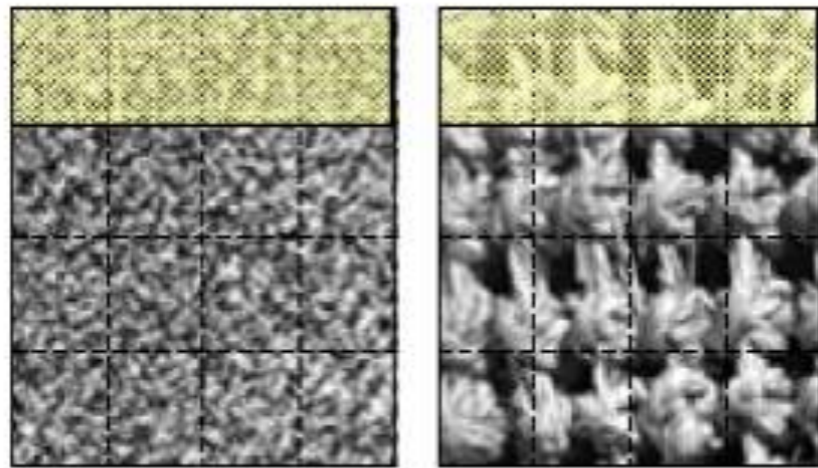
- Elementos de textura (texels) repetitivos.
 - Texel: el elemento gráfico más pequeño que crea la impresión de una superficie texturada.

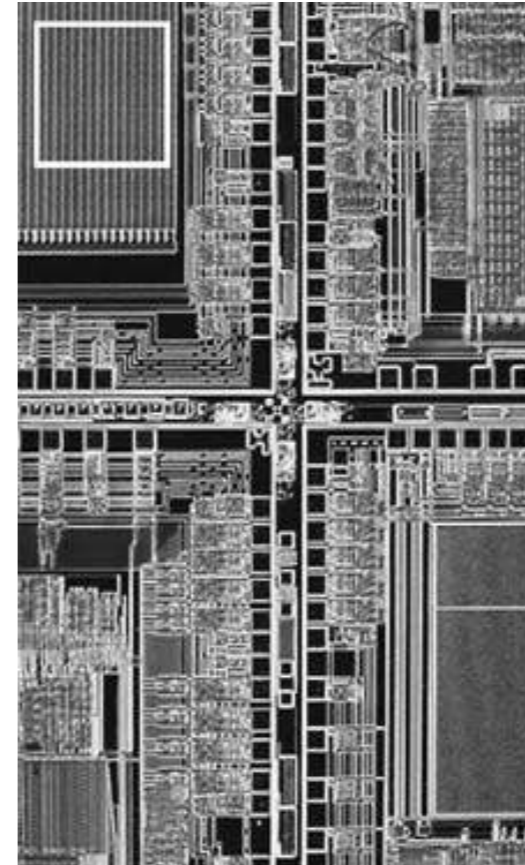
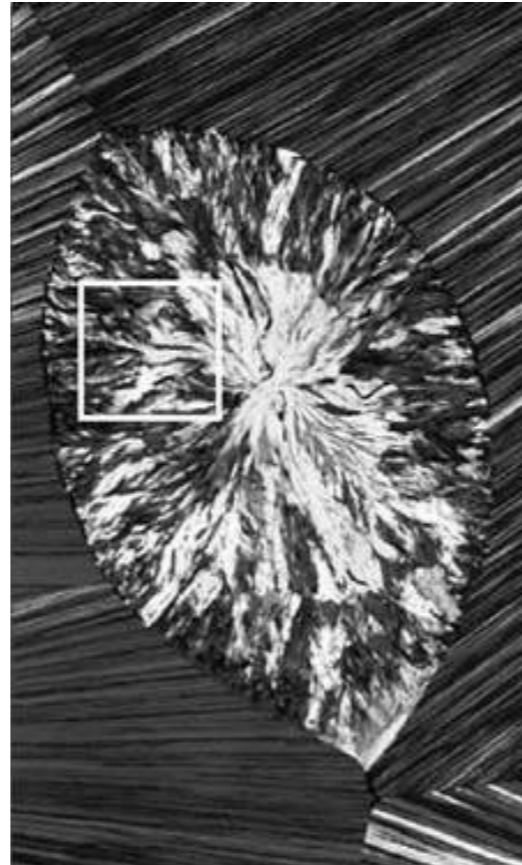
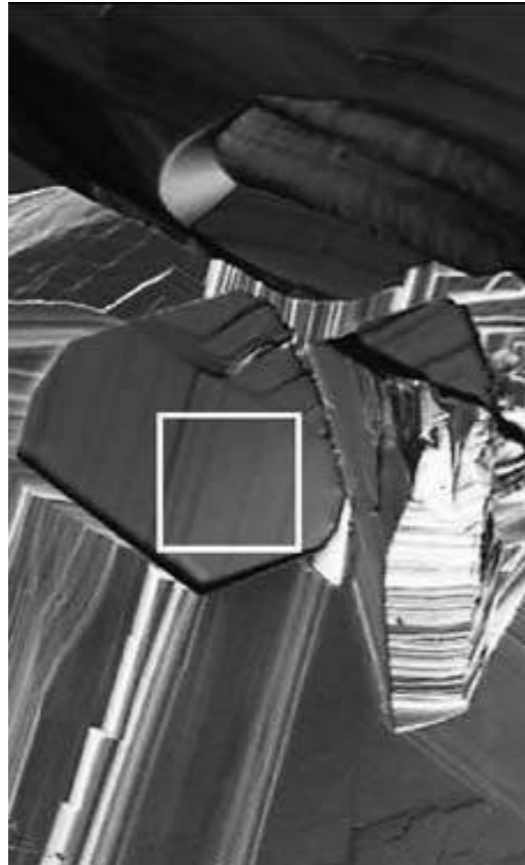


- Propiedades estadísticas homogéneas



- Clasificación: determinar el tipo (clase) a una nueva muestra
- Segmentación: partir en regiones de textura similar
- Síntesis: dada una muestra, generar otras de apariencia similar
- Recuperación de pose y estructura





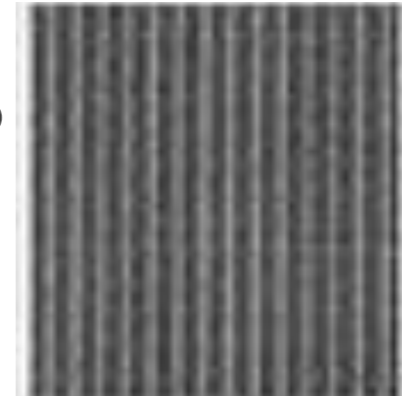
Smooth



Coarse

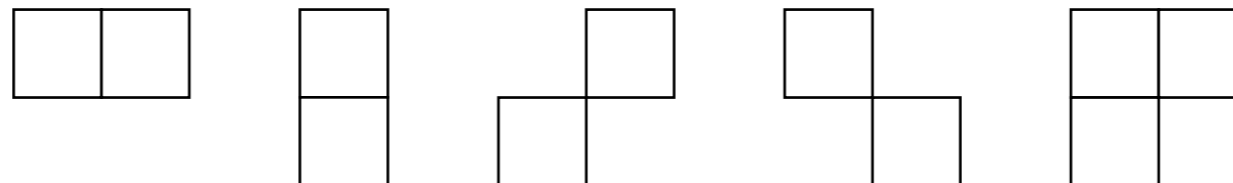
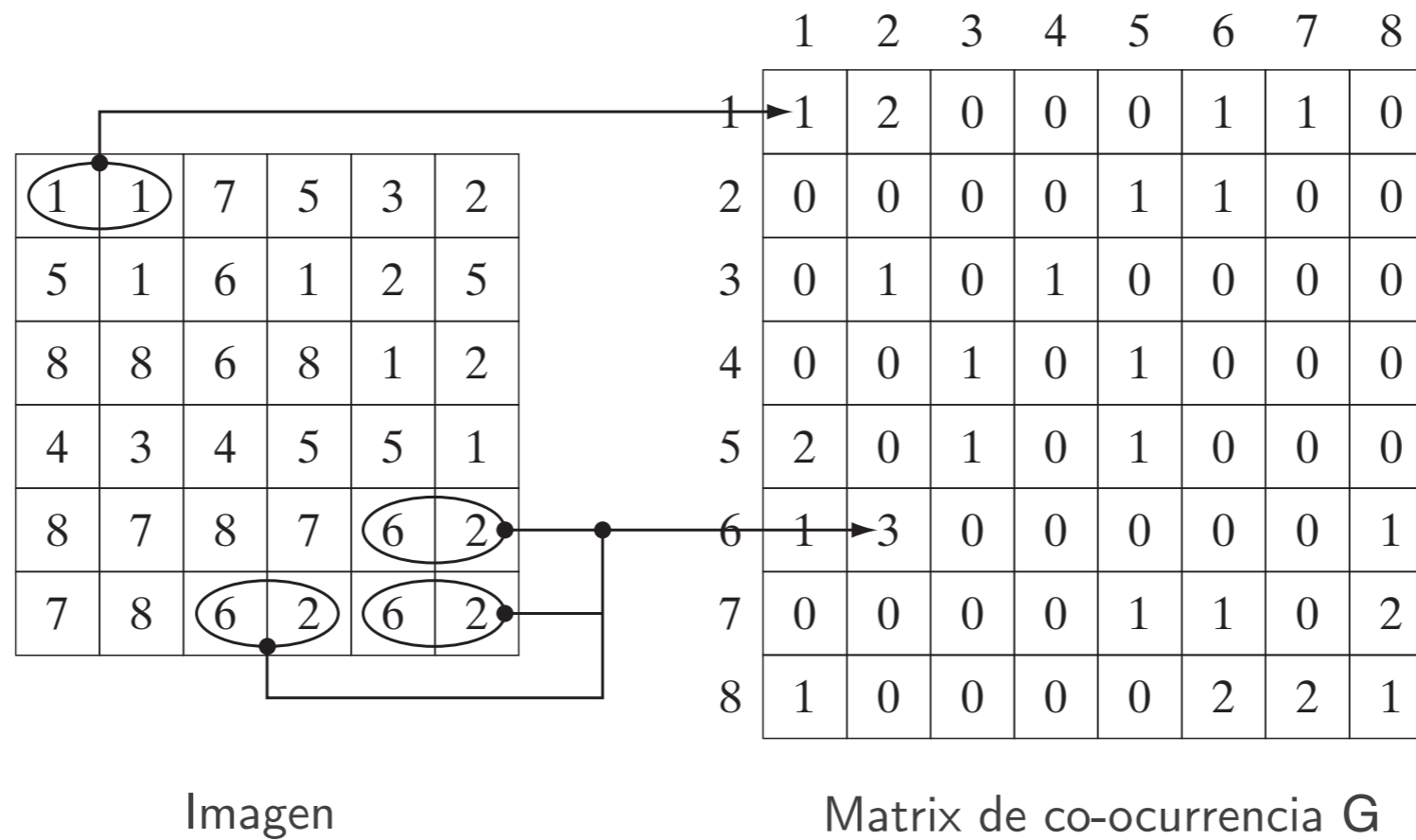


Regular

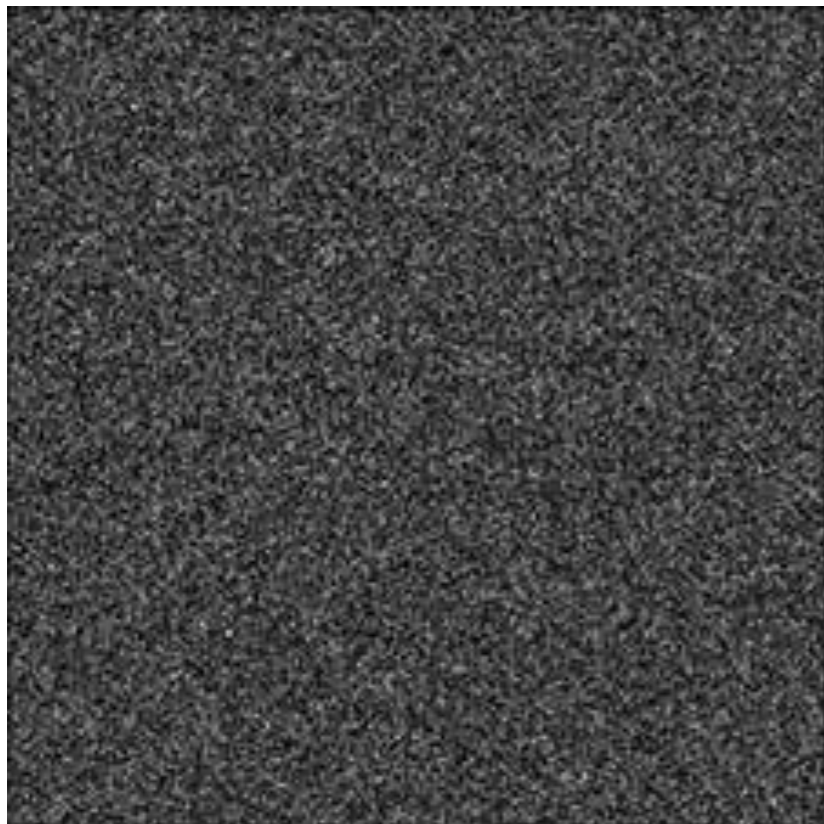
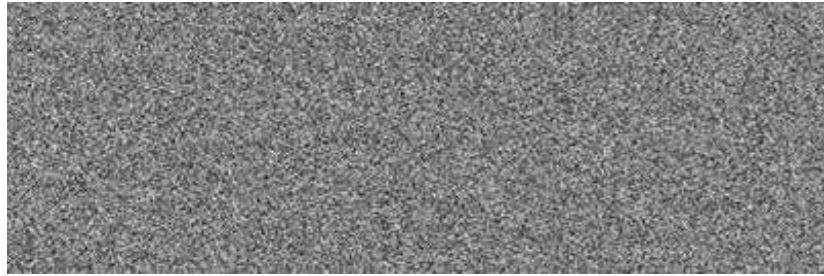


| Texture | Mean | Standard deviation | R (normalized) | Third moment | Uniformity | Entropy |
|---------|--------|--------------------|------------------|--------------|------------|---------|
| Smooth | 82.64 | 11.79 | 0.002 | -0.105 | 0.026 | 5.434 |
| Coarse | 143.56 | 74.63 | 0.079 | -0.151 | 0.005 | 7.783 |
| Regular | 99.72 | 33.73 | 0.017 | 0.750 | 0.013 | 6.674 |

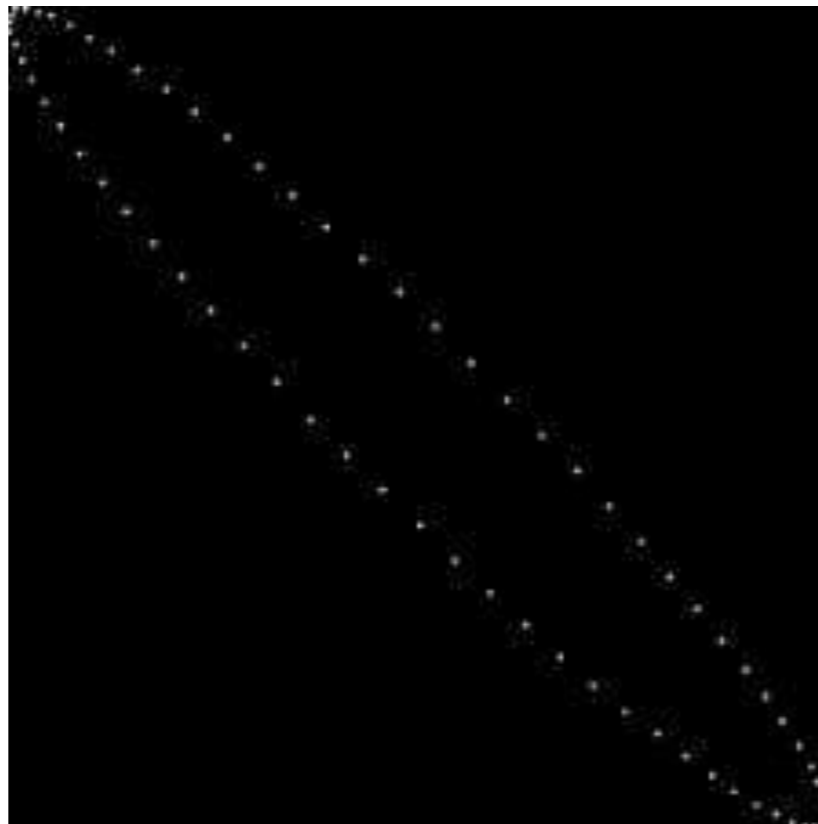
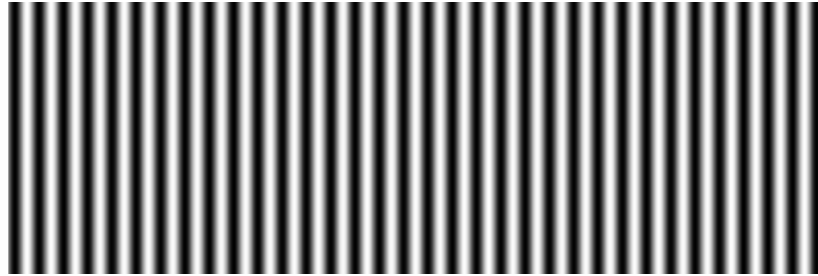
- Los histogramas no tiene información de la posición de las intensidades, que es un aspecto clave para la textura.
- Matriz de co-ocurrencia



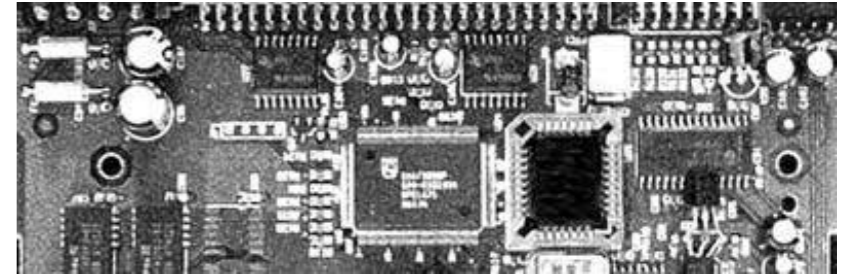
1



2



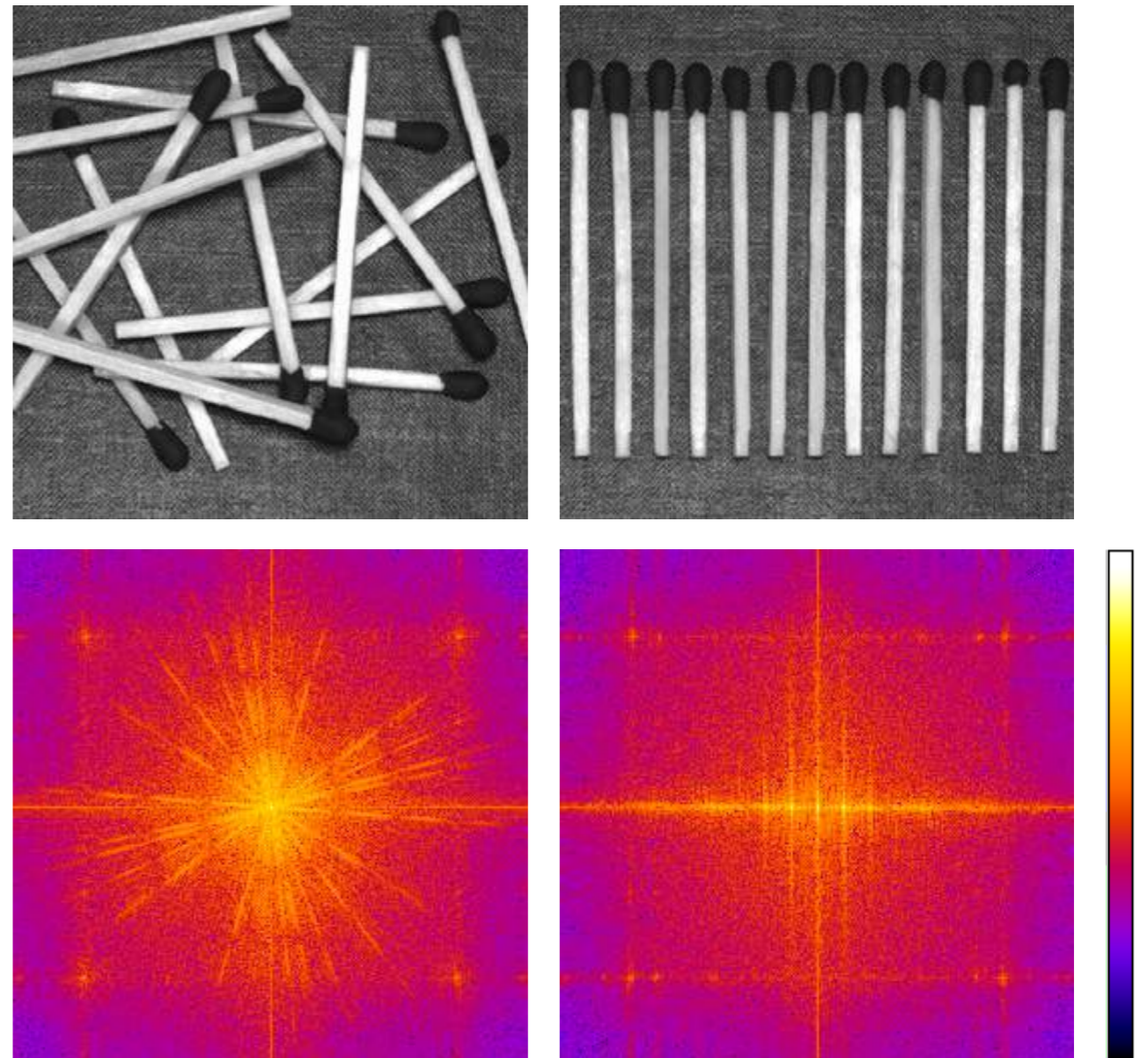
3



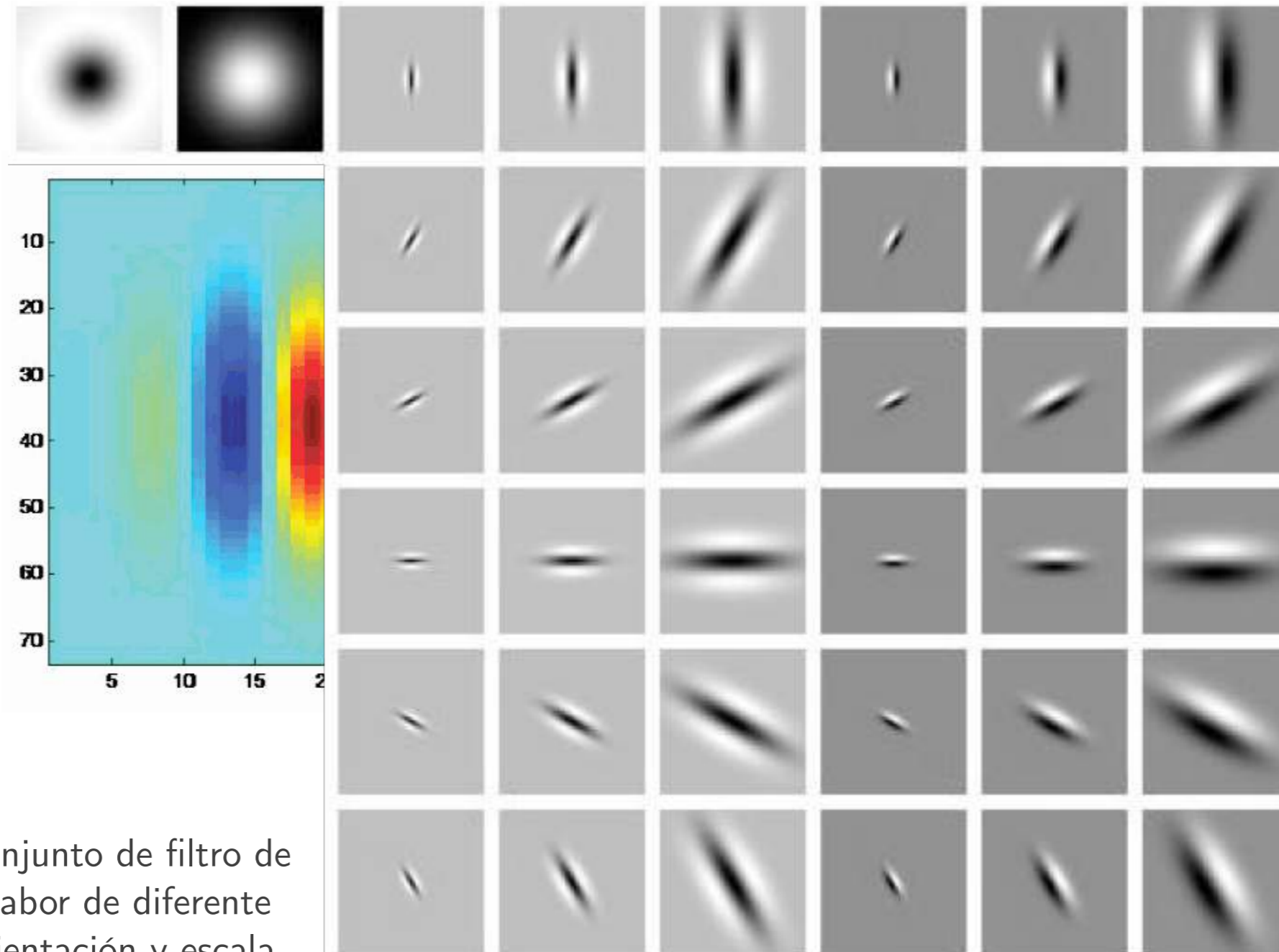
- Descriptores de la matriz de co-ocurrencia G

| Normalized Co-occurrence Matrix | Descriptor | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|-------------|----------|------------|-------------|---------|
| | Max Probability | Correlation | Contrast | Uniformity | Homogeneity | Entropy |
| G_1/n_1 | 0.00006 | -0.0005 | 10838 | 0.00002 | 0.0366 | 15.75 |
| G_2/n_2 | 0.01500 | 0.9650 | 570 | 0.01230 | 0.0824 | 6.43 |
| G_3/n_3 | 0.06860 | 0.8798 | 1356 | 0.00480 | 0.2048 | 13.58 |

- Basadas en la Transformada de Fourier o variantes como la DCT.
 - Ajustada para distinguir patrones repetitivos o periódicos.
 - Patrones globales.
- Con la TF se detectan:
 - Picos dominantes asociados a direcciones principales de textura.
 - Tamaño (frecuencia) de las repeticiones espaciales.
 - Eliminando (filtrando) esas componentes dominantes queda la información no periódica que puede describirse con métricas estadísticas.

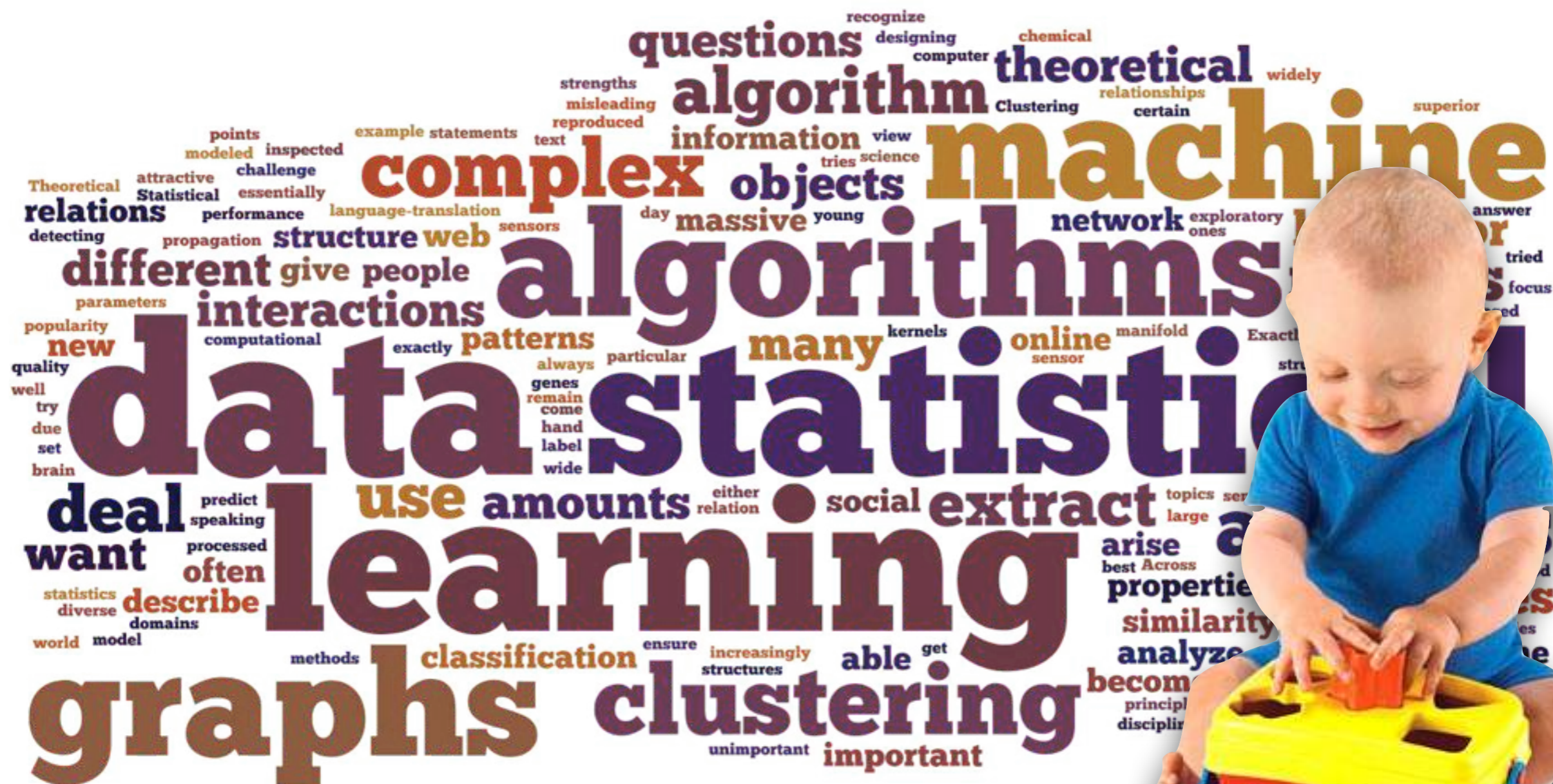


- Representan la imagen a partir de la respuesta a un conjunto de filtros

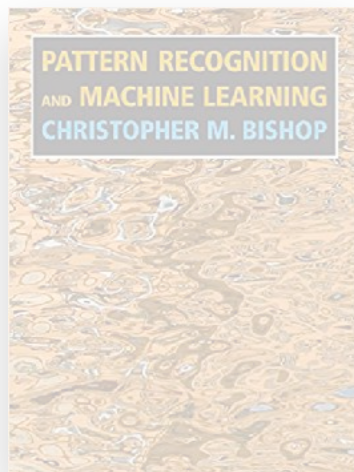


Conjunto de filtro de Gabor de diferente orientación y escala.

Reconocimiento de Patrones / Aprendizaje Automático

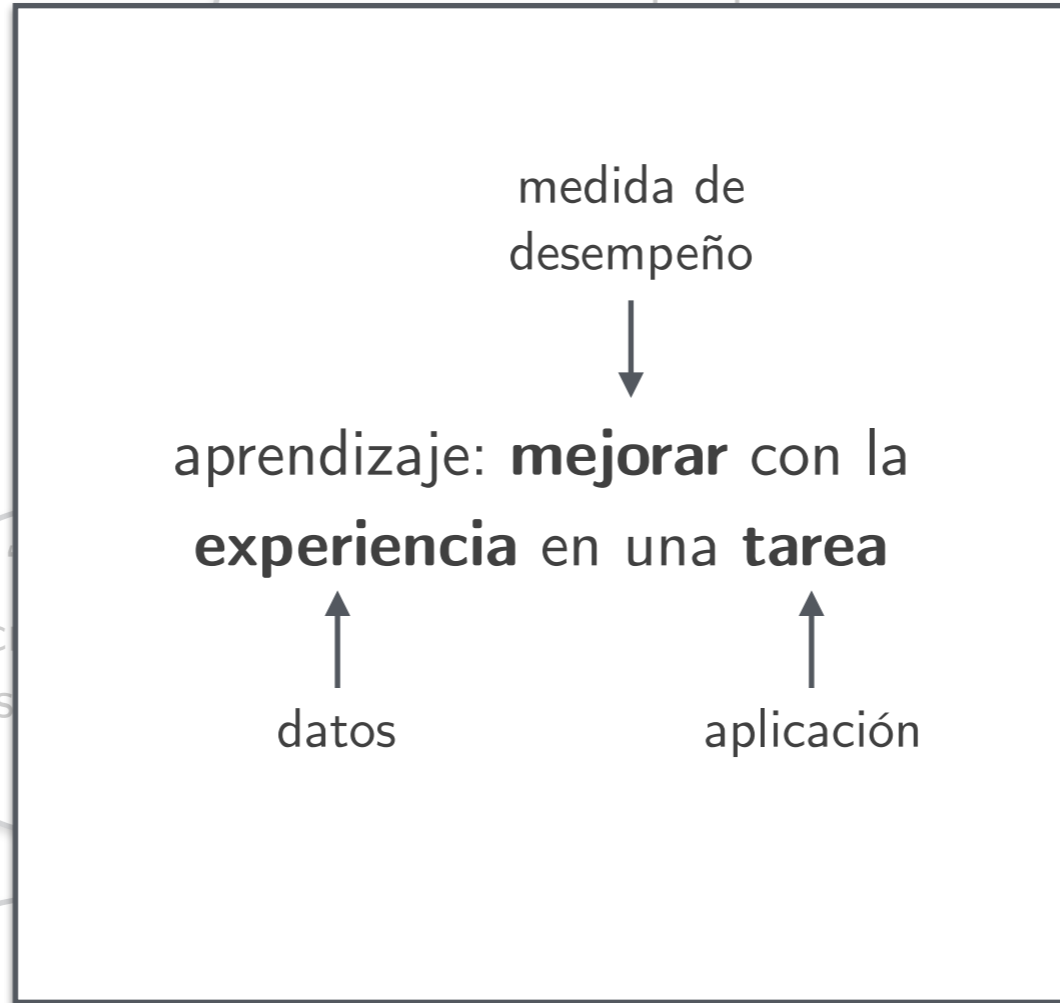


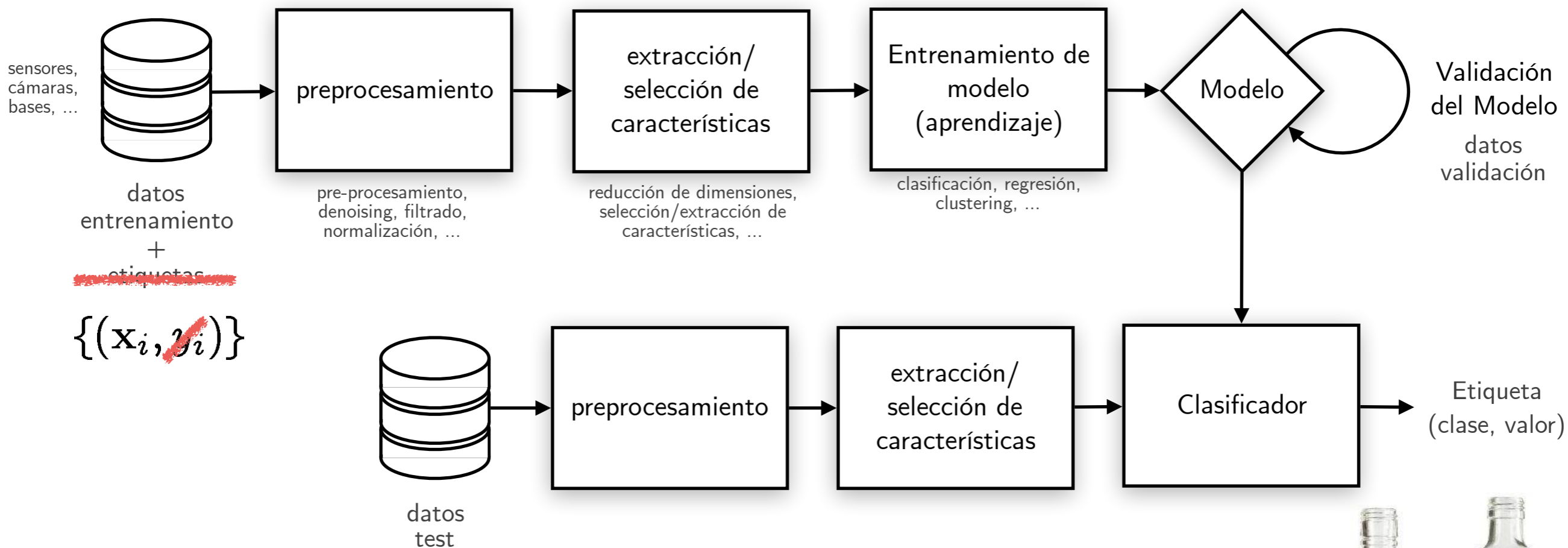
“El estudio de cómo las máquinas pueden, observando el ambiente, aprender a distinguir patrones de interés de un fondo y realizar decisiones razonables sobre las categorías de los mismos.”



“Descubrir automáticamente regularidades en los datos usando algoritmos en computadora y a partir de esas regularidades tomar acciones.”

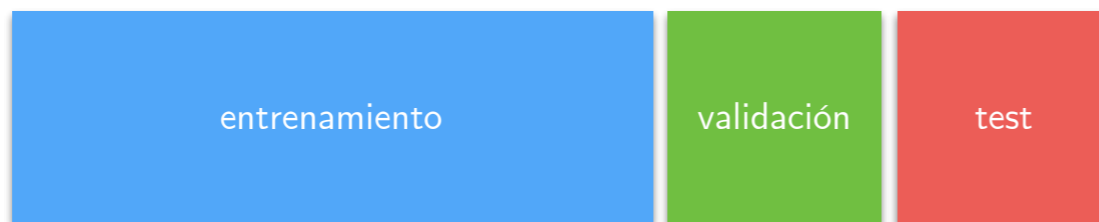
El Reconocimiento de Patrones es una disciplina que estudia métodos que permiten identificar





$\{(x_i, y_i)\}$

Datos



semi-supervisado

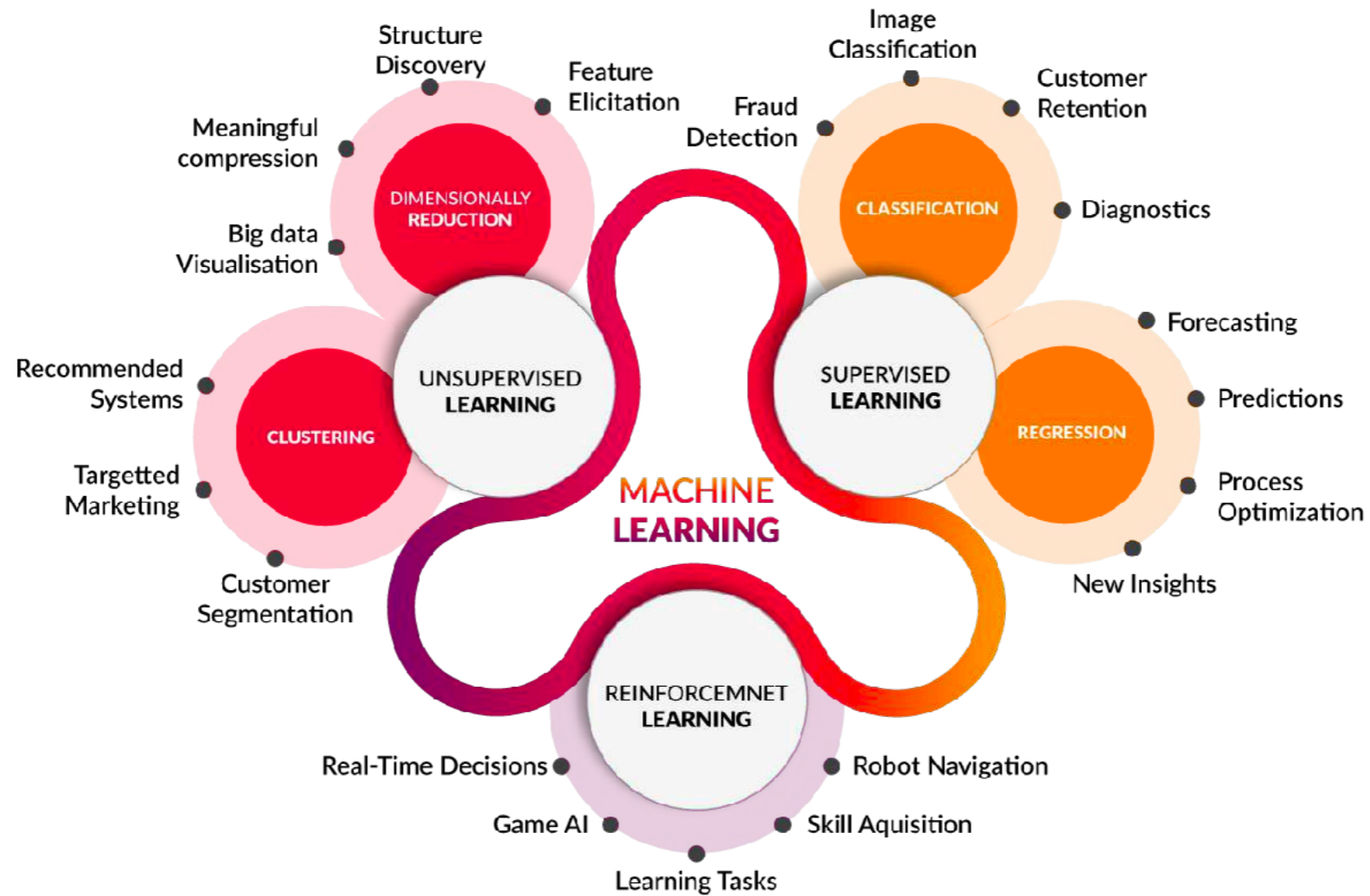
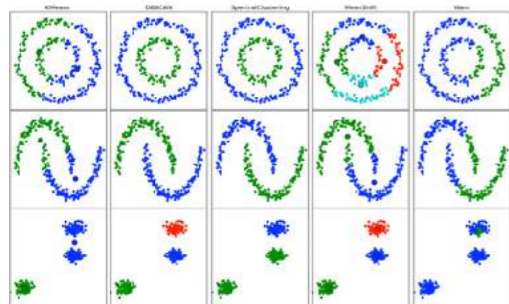
se conocen las etiquetas (clases) de algunos datos

no supervisado

no se conocen las etiquetas (clases) de los datos, se organizan a partir de las características.

- identificación de patrones/ estructura
- evaluación indirecta o cualitativa
- organiza/agrupa clustering
- paramétrico o no
- # clases conocida o no

k-means, Fuzzy C-means, Hierarchical Clustering, Spectral Clustering, Gaussian Mixtures, Hidden Markov Model, Neural Networks, (Generalized/Robust) PCA, Isomap, MDS, Diffusion Maps, ...



supervisado

datos de entrenamiento con etiquetas (clases) o valores de salida correctos para predecir datos nuevos

- clasificación y regresión
- aprendizaje explícito
- evaluación directa
- predicción clase/valor
- paramétrico o no

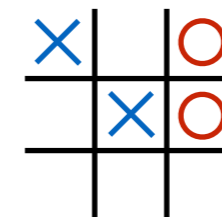
Nearest Neighbor, Support Vector Machines (SVM), Decision Trees, Random Forest, Discriminant Analysis, Naive Bayes, Neural Networks, Linear Regression, SVR, ...

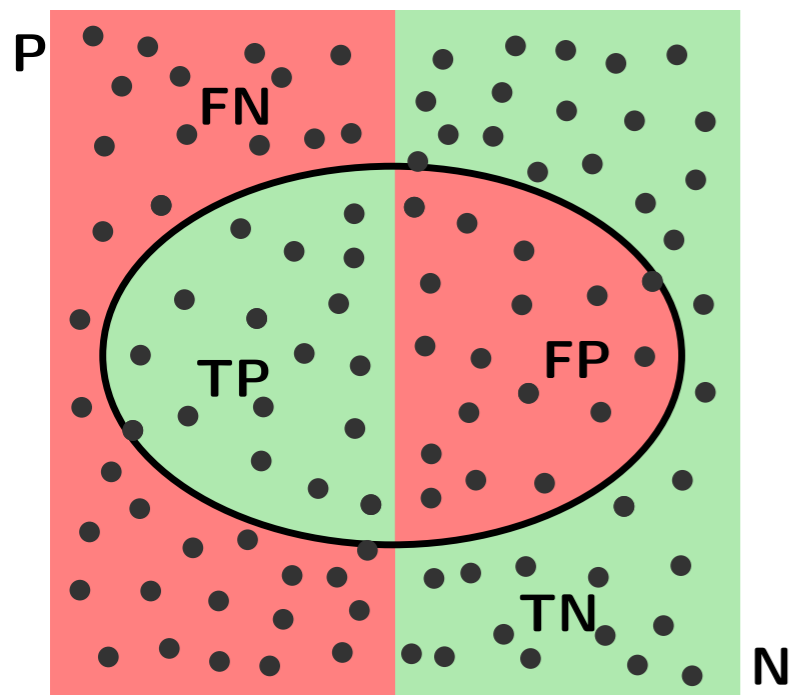


reinforcement learning

realimentación del resultado de la tarea: recompensa o penalización

- aproximación a IA
- definir estrategias ante eventos
- maximizar recompensa





acierto

rechazo correcto

falsa alarma (error I)

desacierto (error II)

TP: true positives, TN: true negatives, FP: false positives, FN: false negatives.

login

enfermedad

Accuracy (exactitud): ¿cuánto se acerca a los valores reales?

Sensitivity/Recall (sensibilidad): ¿cuántos enfermos son correctamente detectados?

Specificity (especificidad): ¿cuántos sanos no son seleccionados?

Precision (presición): ¿cuántos son los enfermos de los seleccionados?

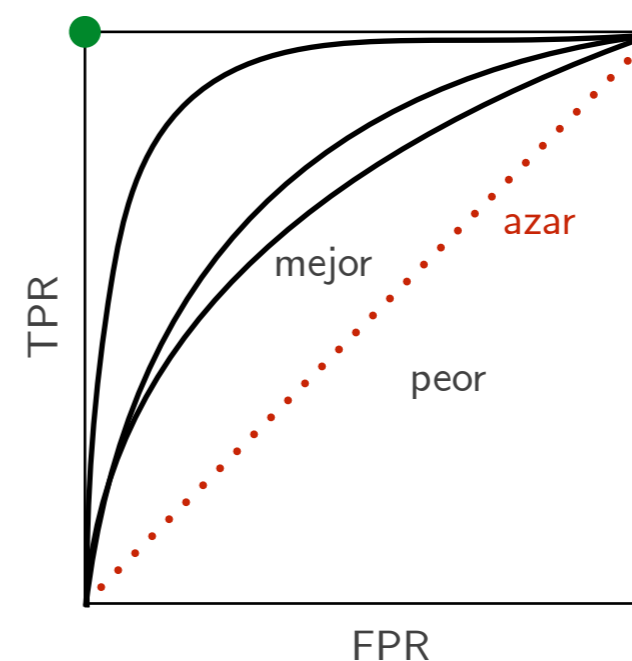
False Positive Rate: ¿cuántos sanos son seleccionados?

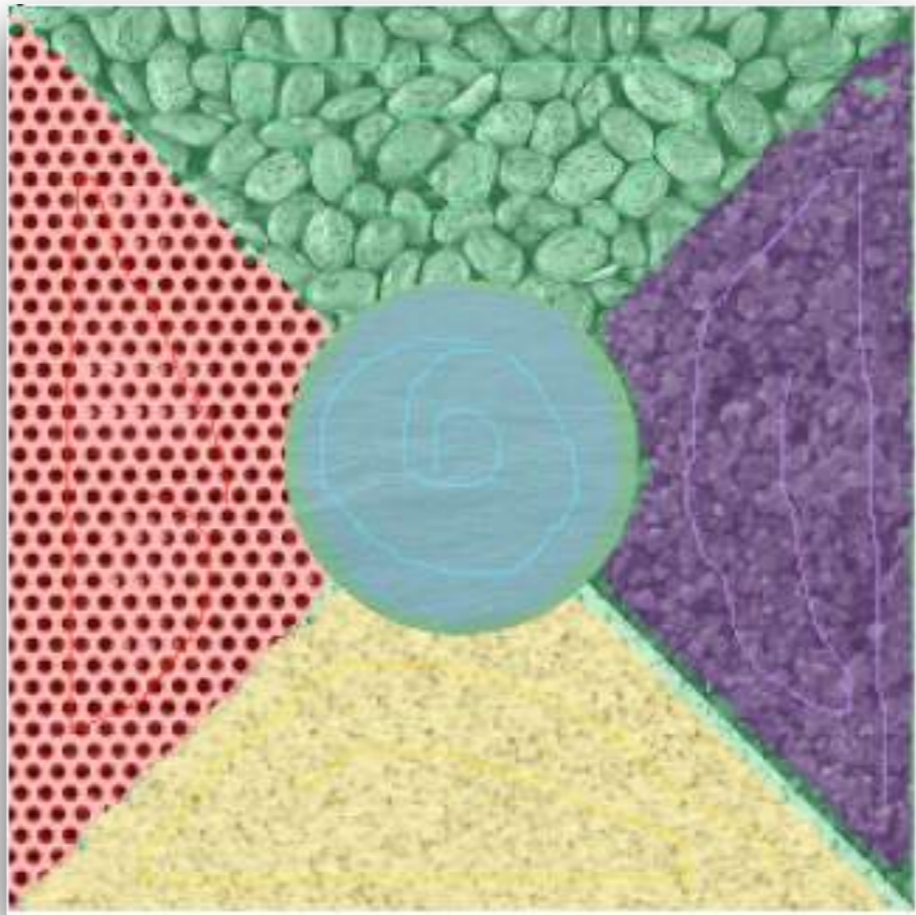
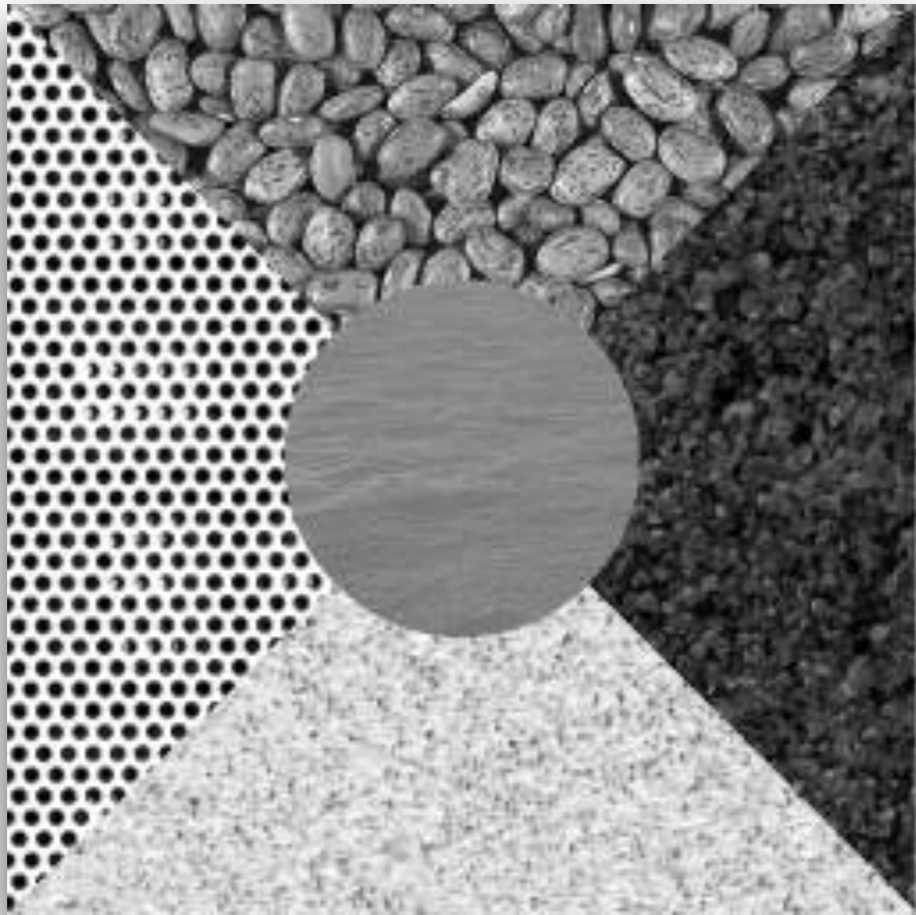
F1 score: Media armónica entre TPR y PPV.

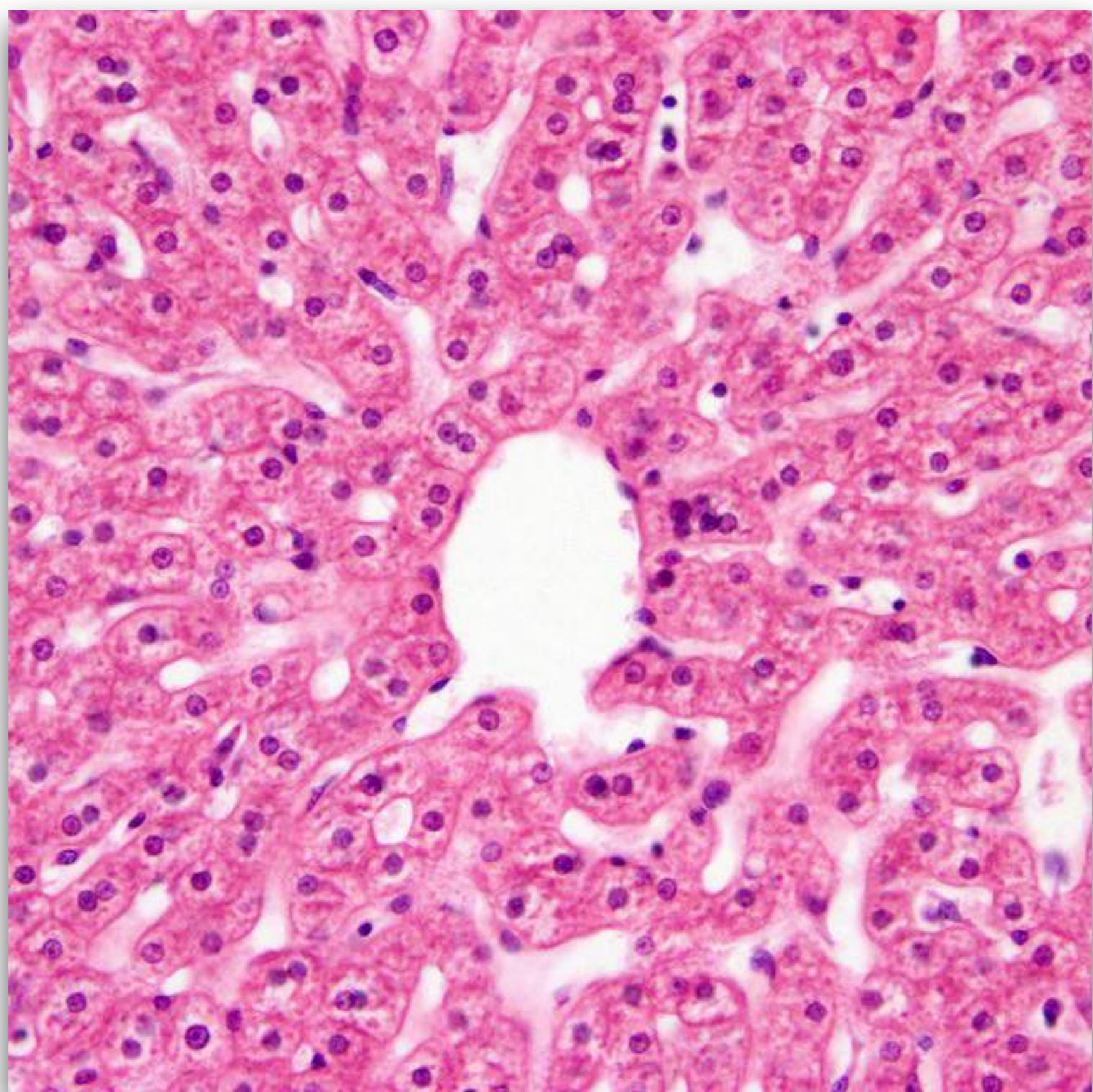
Matriz de confusión

| | | Valores reales | |
|-------------------|----------|----------------|-------|
| | | enfermos | sanos |
| Valores predichos | enfermos | TP | FP |
| | sanos | FN | TN |

Receiver Operating Curve (ROC)







Trainable Weka Segmentation v2.1.0-SNAPSHOT

640x640 pixels: RGB: 1.6MB

Training

Train classifier

Toggle overlay

Create result

Get probability

Plot result

Options

Apply classifier

Load classifier


Save classifier

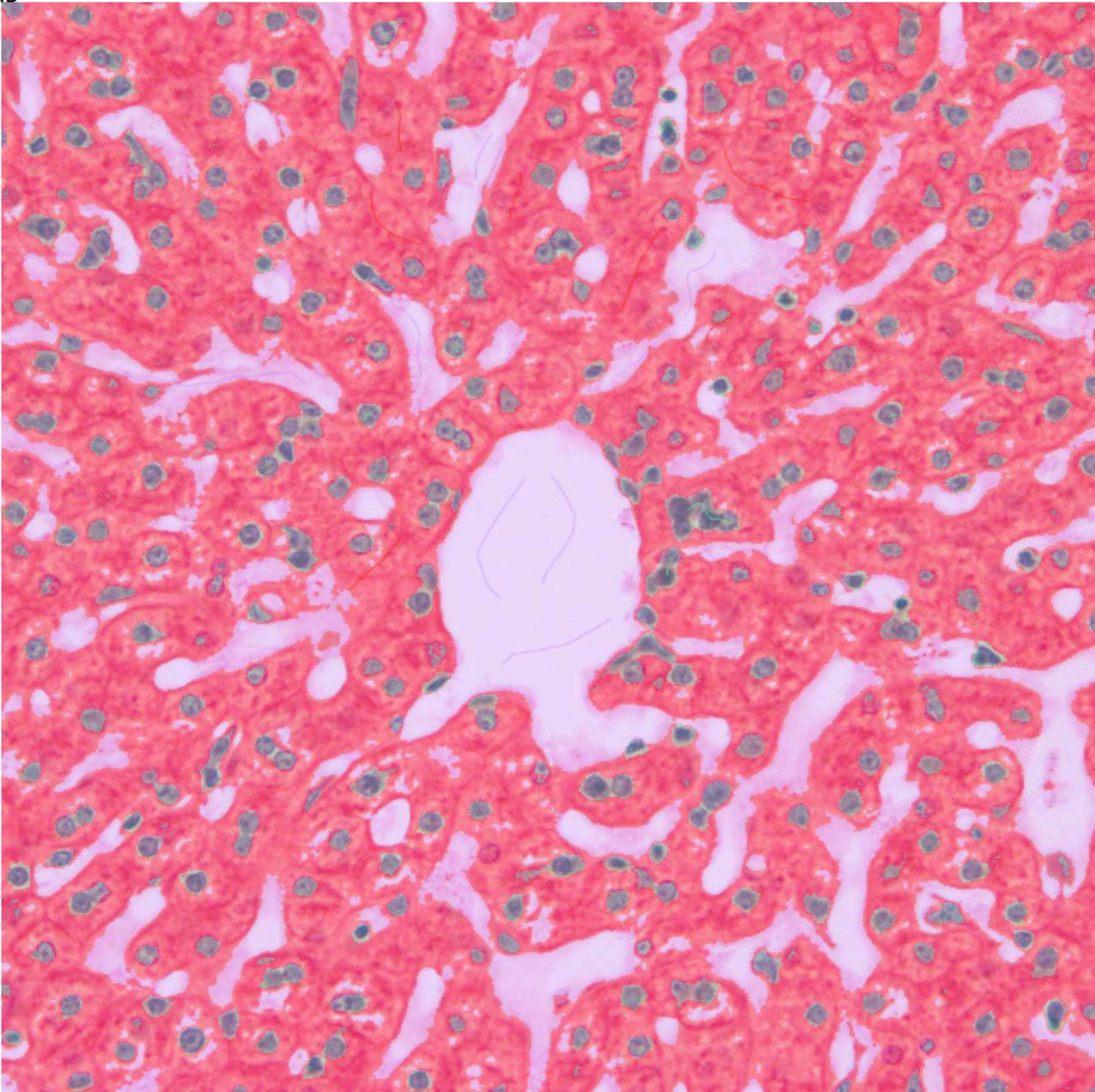
Load data

Save data

Create new class

Settings





Labels

Add to class 1

trace 0 (Z=1)

trace 1 (Z=1)

trace 2 (Z=1)

trace 3 (Z=1)

trace 4 (Z=1)

Add to class 2

trace 0 (Z=1)

trace 1 (Z=1)

trace 2 (Z=1)

trace 3 (Z=1)

trace 4 (Z=1)

Add to class 3

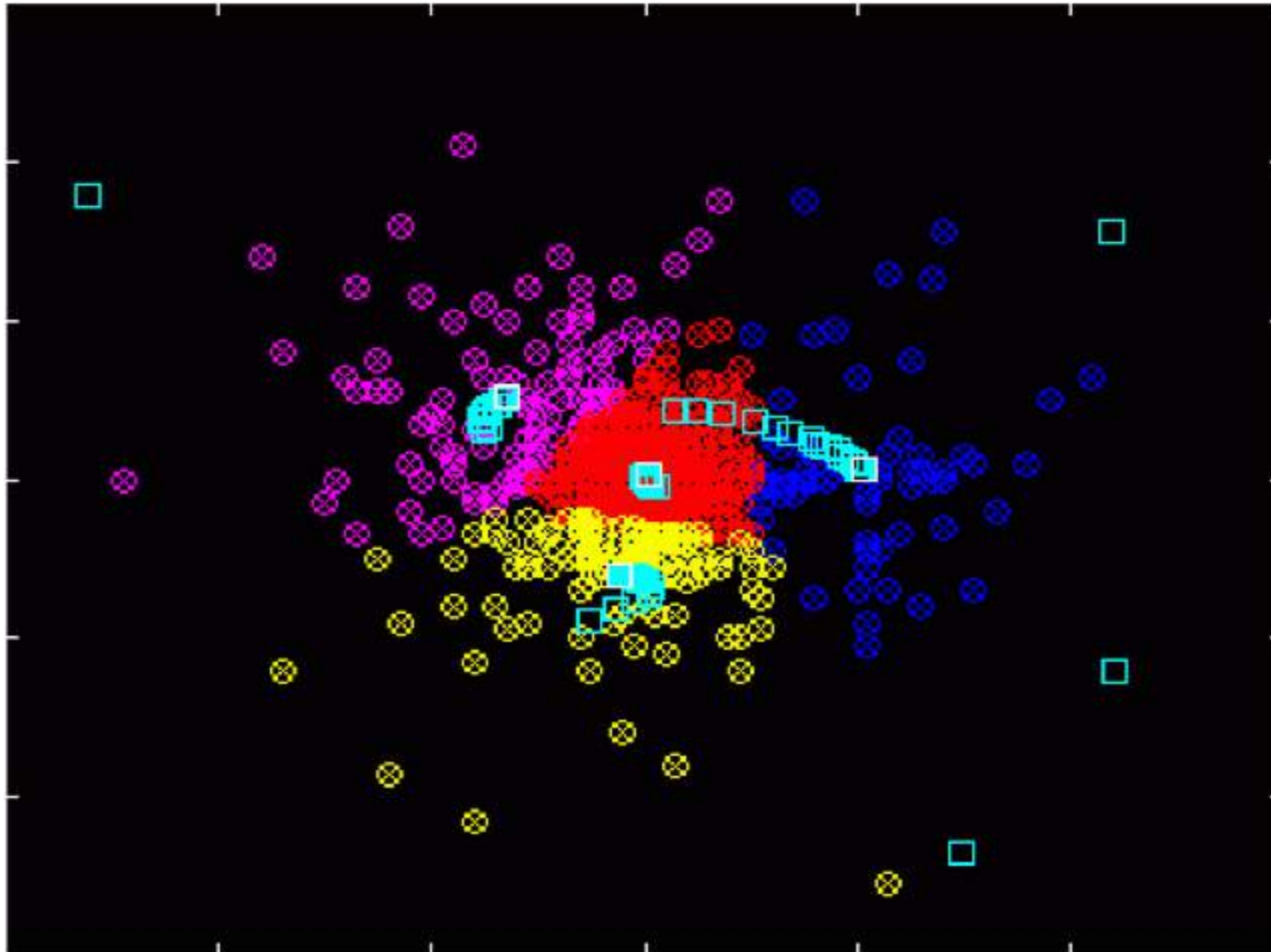
trace 0 (Z=1)

trace 1 (Z=1)

trace 2 (Z=1)

trace 3 (Z=1)

trace 4 (Z=1)



- Digital Image Processing, An Algorithm Introduction to Java. Wilhelm Burger & Mark J. Burge. Springer, ISBN 978-1-84628-379-6
 - Las diapositivas usan material del libro disponible en <http://www.imagingbook.com/>
- Digital Image Processing, Gonzalez & Woods.
 - Las diapositivas usan material del libro <http://www.imageprocessingplace.com/>
- Szeliski, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer, 2010 (<http://szeliski.org/Book>)
- Bishop, C. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2006.