Universidad de Valparaíso
CHILE

Definiciones y herramientas básicas

Unidad 1

BME423 · Procesamiento de imágenes médicas

Alejandro Veloz

Ingeniería Biomédica

¿Qué es una imagen?

¿Qué es una imagen?

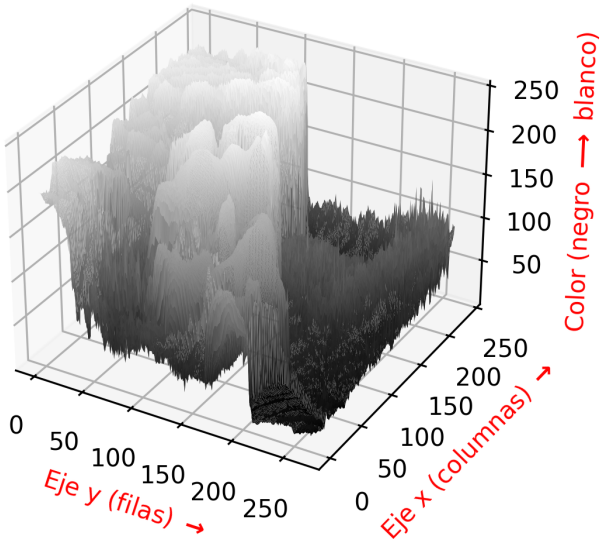
Es una función $f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^d}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}^c}_{\text{color, intensidad}}$

- $d = 2$, en caso de una imagen 2D típica
- $d = 3$, para una imagen volumétrica (por ejemplo, MRI, CT)
- $c = 1$, para una imagen en escala de grises
- $c = 3$, para una imagen RGB

¿Qué es una imagen?

Es una función

$$f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^d}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}^c}_{\text{color, intensidad}}$$

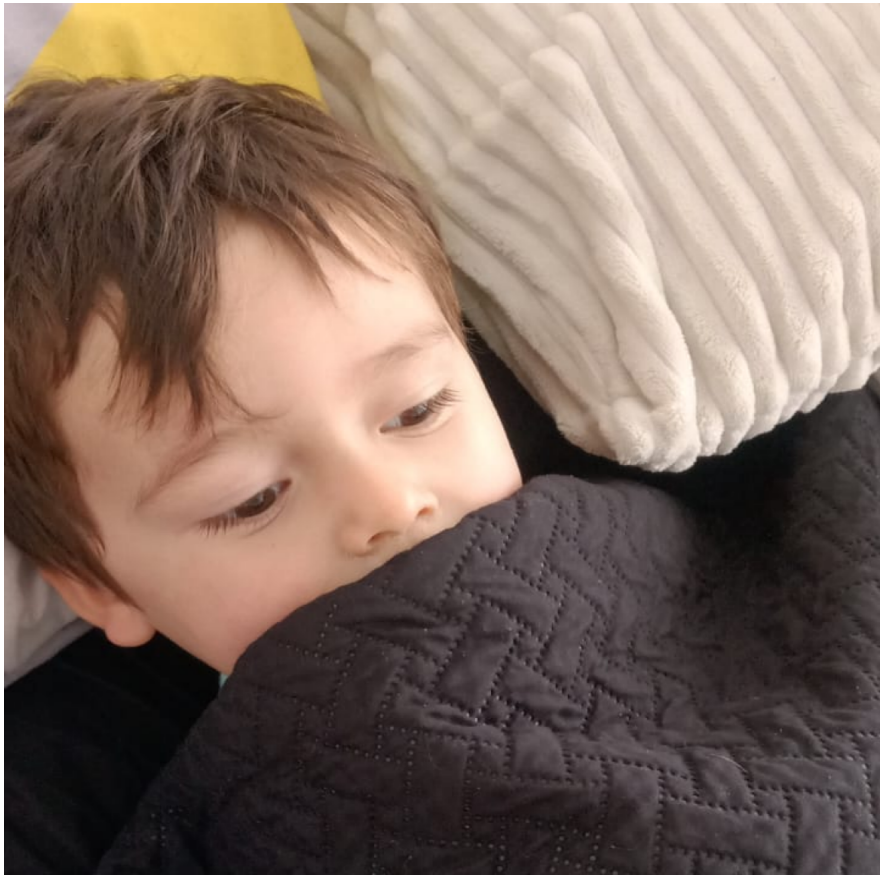


- $d = 2$, en caso de una imagen 2D típica
- $d = 3$, para una imagen volumétrica (por ejemplo, MRI, CT)
- $c = 1$, para una imagen en escala de grises
- $c = 3$, para una imagen RGB

¿Qué es una imagen?

Imagen RGB (Red-Green-Blue)

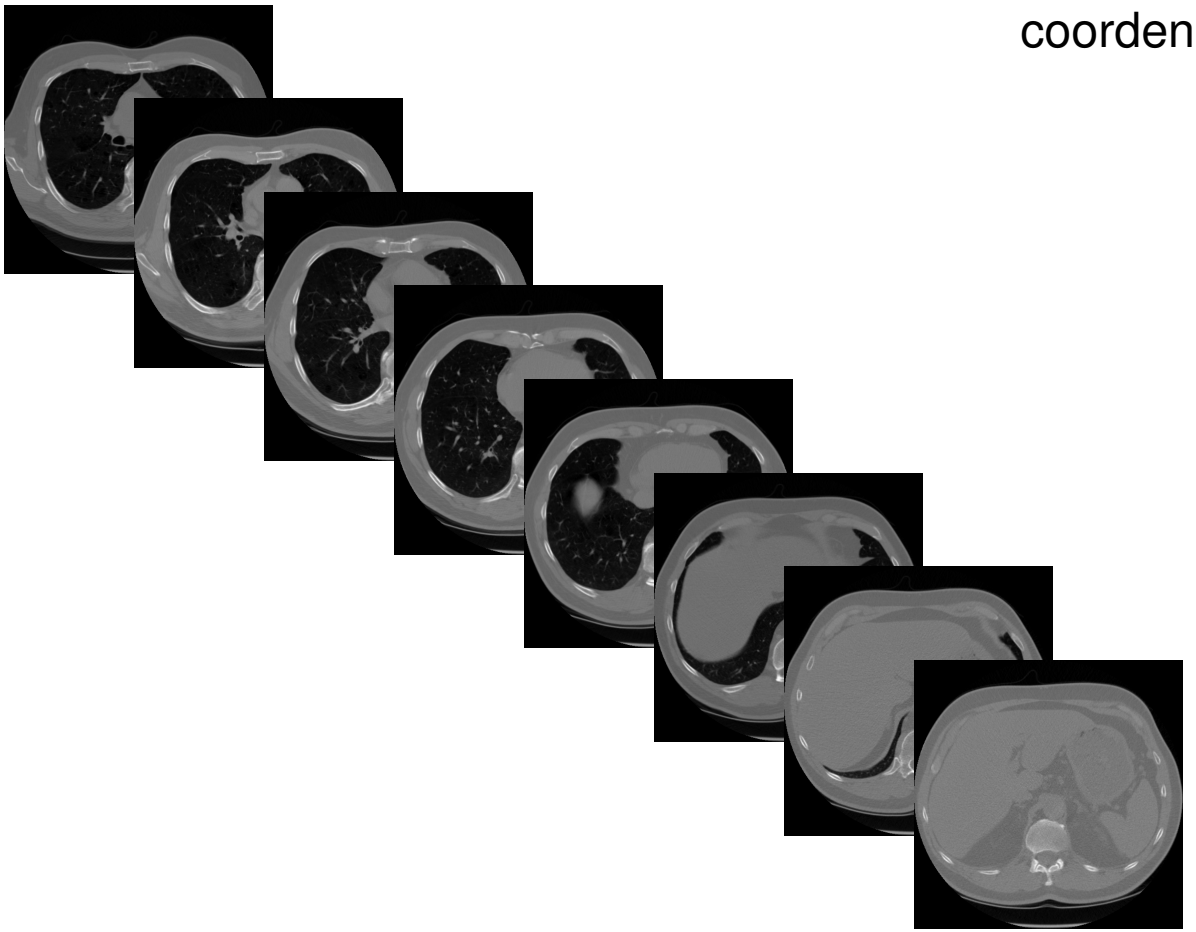
$$f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^2}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}^3}_{\text{color}}$$



¿Qué es una imagen?

Volumen CT

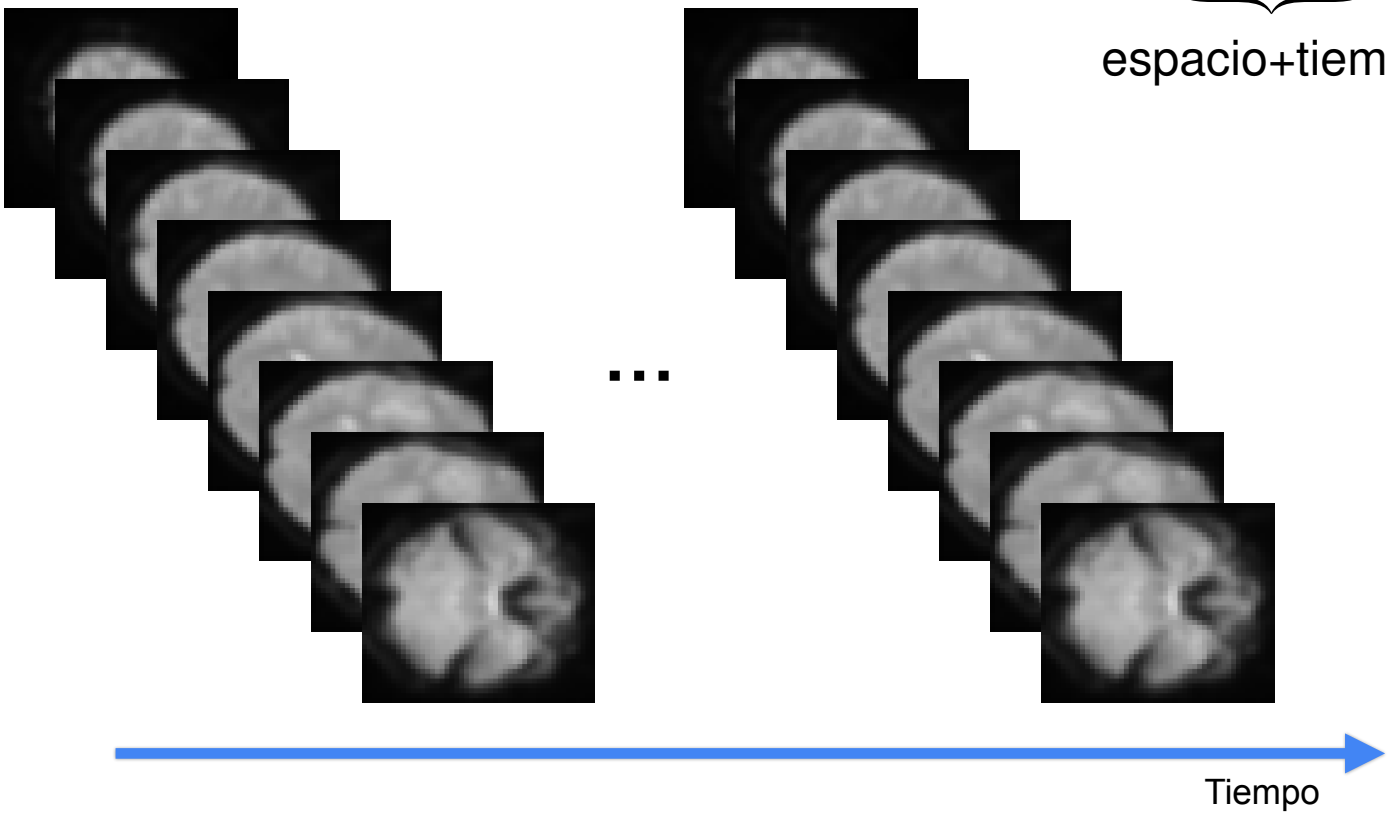
$$f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^3}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}}_{\text{intensidad}}$$



¿Qué es una imagen?

Resonancia Magnética Funcional

$$f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^4}_{\text{espacio+tiempo}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}}_{\text{intensidad}}$$

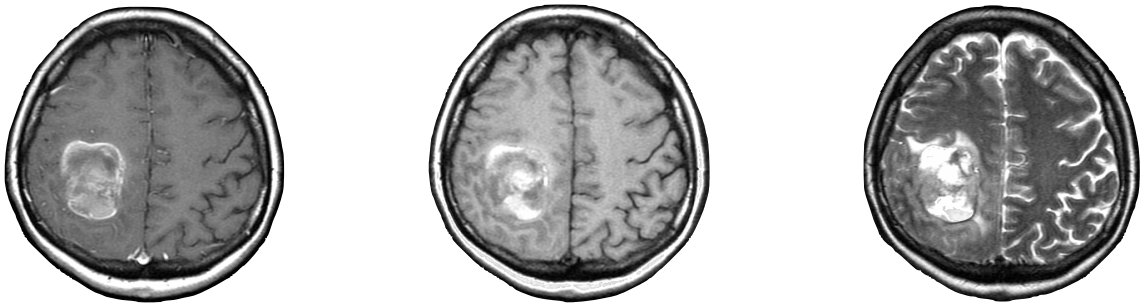


¿Qué es una imagen?

Imágenes multiespectrales, multimodales, etc.

Ej. MRI (T1, T2, T1+contraste)

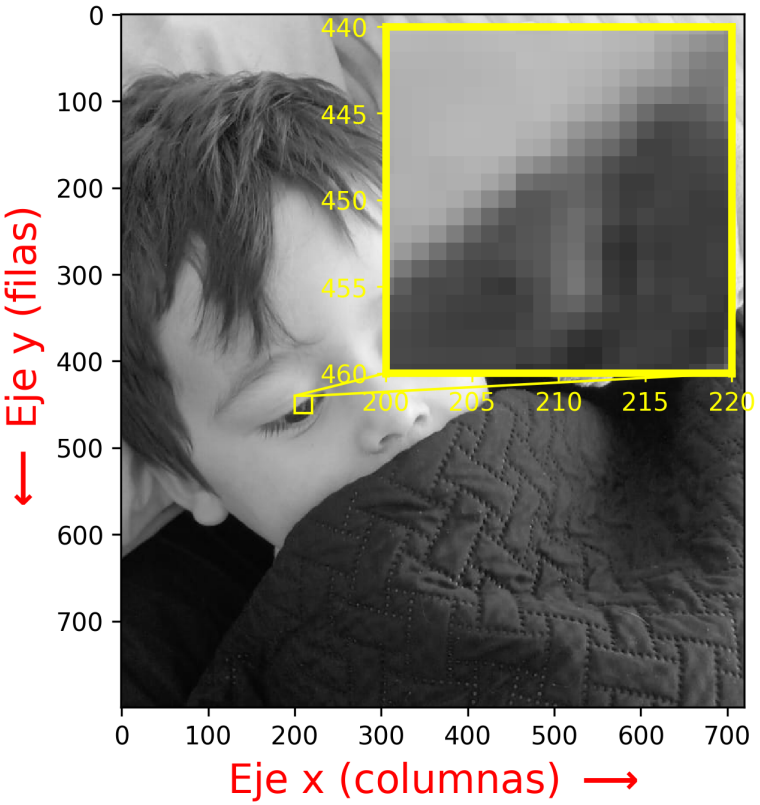
$$f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^2}_{\text{espacio}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}^3}_{\text{intensidades en cada espectro}}$$



Pixel / Voxel

Una imagen 2D tiene una representación matricial

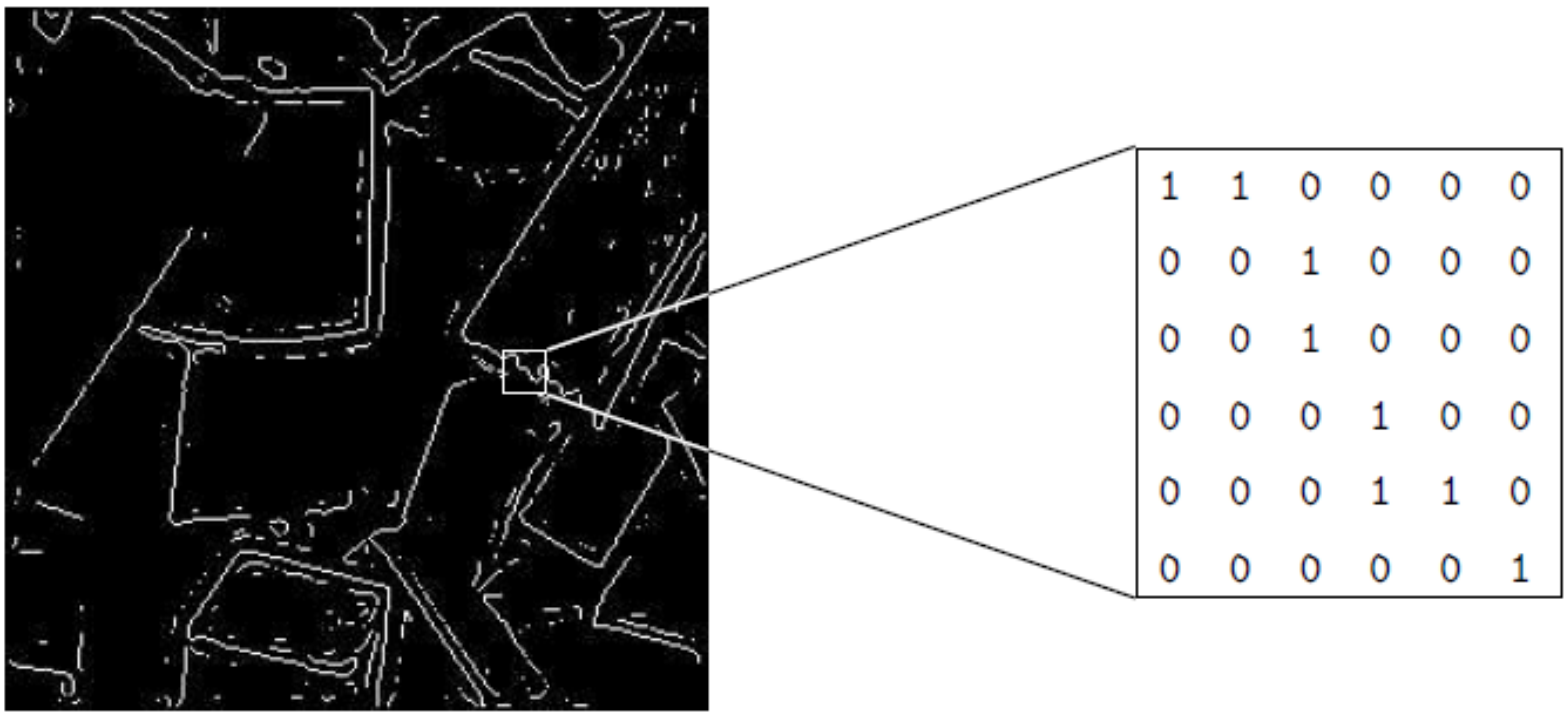
$$\mathbf{I} = [I_{ij}] \in \mathbb{R}^{m \times n},\ i = \{1, \ldots, m\},\ j = \{1, \ldots, n\}$$



- A cada I_{ij} se le llama **Picture element (Pixel)**
- **Convención:** El punto $(0, 0)$ (aunque no siempre) está en la parte superior izquierda
- En algunas modalidades de imagen (MRI, CT) el Pixel tiene cierto "ancho de corte", dando como resultado un "Pixel 3D" denominado **Voxel (Volume element)**

Imagen binaria

$$f: \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^d}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \{0\,1\}}_{\text{V ó F}}$$



Escala de grises

$$f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^d}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}}_{\text{intensidad}}$$

230	229	232	234	235	232	148
237	236	236	234	233	234	152
255	255	255	251	230	236	161
99	90	67	37	94	247	130
222	152	255	129	129	246	132
154	199	255	150	189	241	147
216	132	162	163	170	239	122

Imagen RGB

$$f: \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^d}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}^3}_{\text{color RGB}}$$

49	55	56	57	52	53
58	60	60	58	55	57
58	58	54	53	55	56
83	78	72	69	68	69
88	91	91	84	83	82
69	76	83	78	76	75
61	69	73	78	76	76

Red

64	76	82	79	78	78
93	93	91	91	86	86
88	82	88	90	88	89
125	119	113	108	111	110
137	136	132	128	126	120
105	108	114	114	118	113
96	103	112	108	111	107

Green

66	80	77	80	87	77
81	93	96	99	86	85
83	83	91	94	92	88
135	128	126	112	107	106
141	129	129	117	115	101
95	99	109	108	112	109
84	93	107	101	105	102

Blue

Espacio RGB

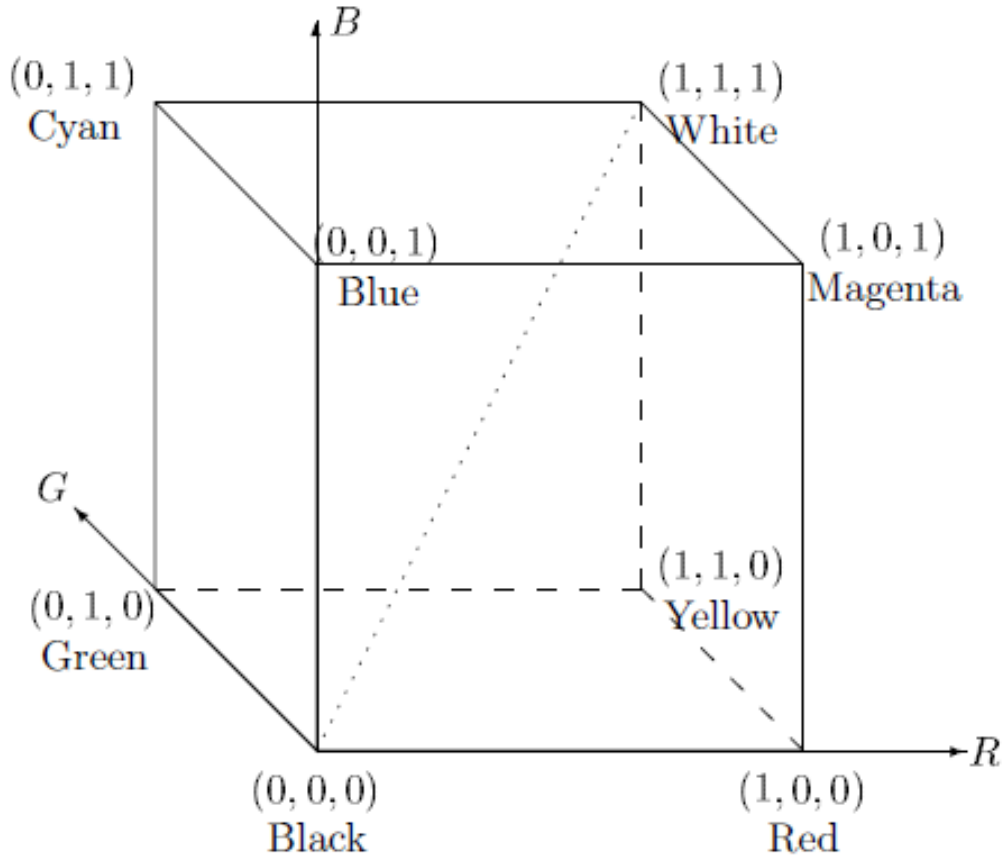

B
(0, 1, 1)
Cyan
(1, 1, 1)
White
(0, 0, 1)
Blue
(1, 0, 1)
Magenta
G
(1, 1, 0)
Yellow
(0, 1, 0)
Green
R
(0, 0, 0)
Black
(1, 0, 0)
Red

Imagen indexada

$$f : \underbrace{E \subseteq \mathbb{R}^d}_{\text{coordenadas}} \rightarrow \underbrace{I \subseteq \mathbb{R}^3}_{\text{color RGB}}$$

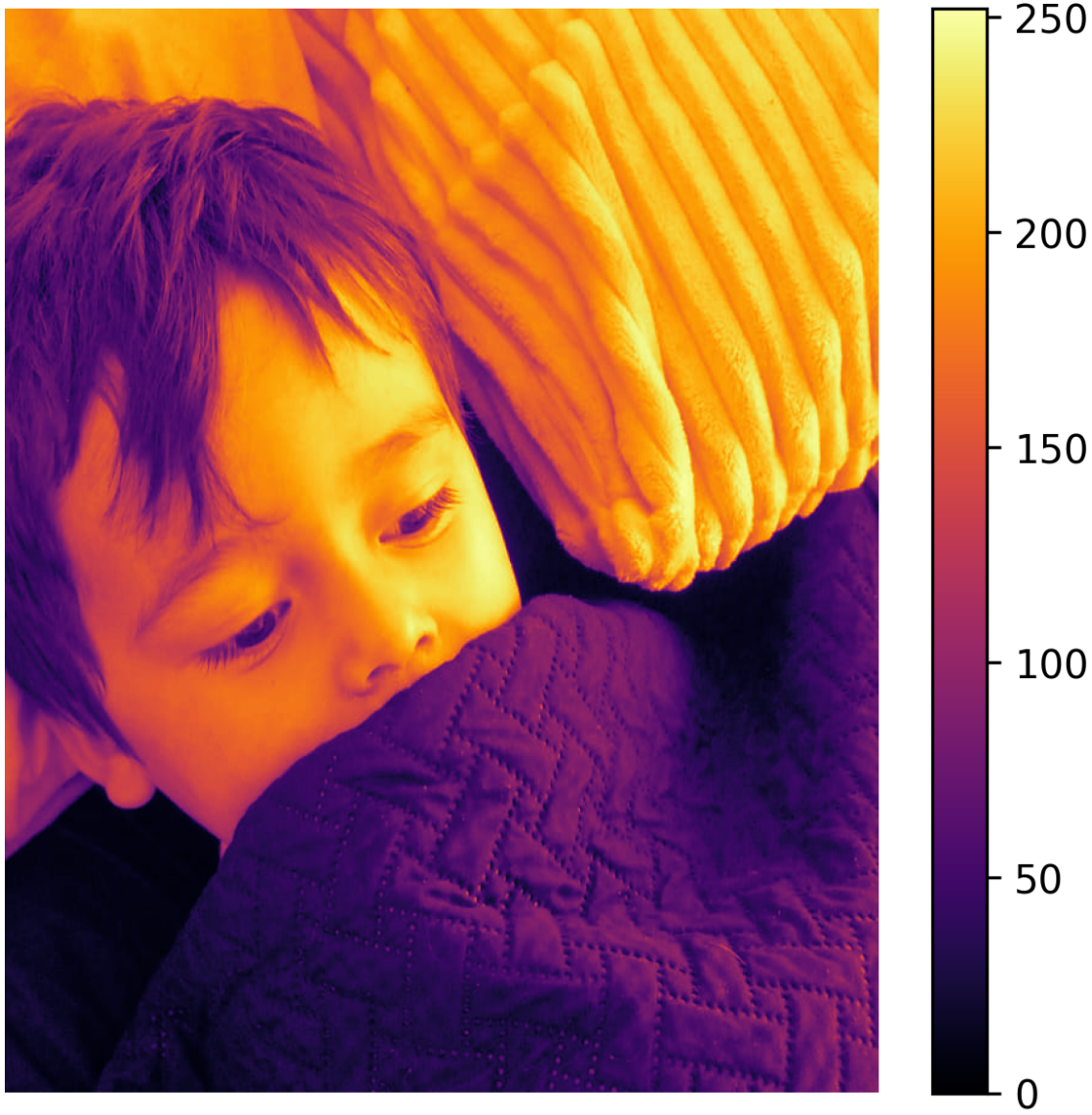
4	5	5	5	5	5
5	4	5	5	6	6
5	5	5	0	8	9
5	5	5	5	11	11
5	5	5	8	16	20
8	11	11	26	33	20
11	20	33	33	58	37

Indices

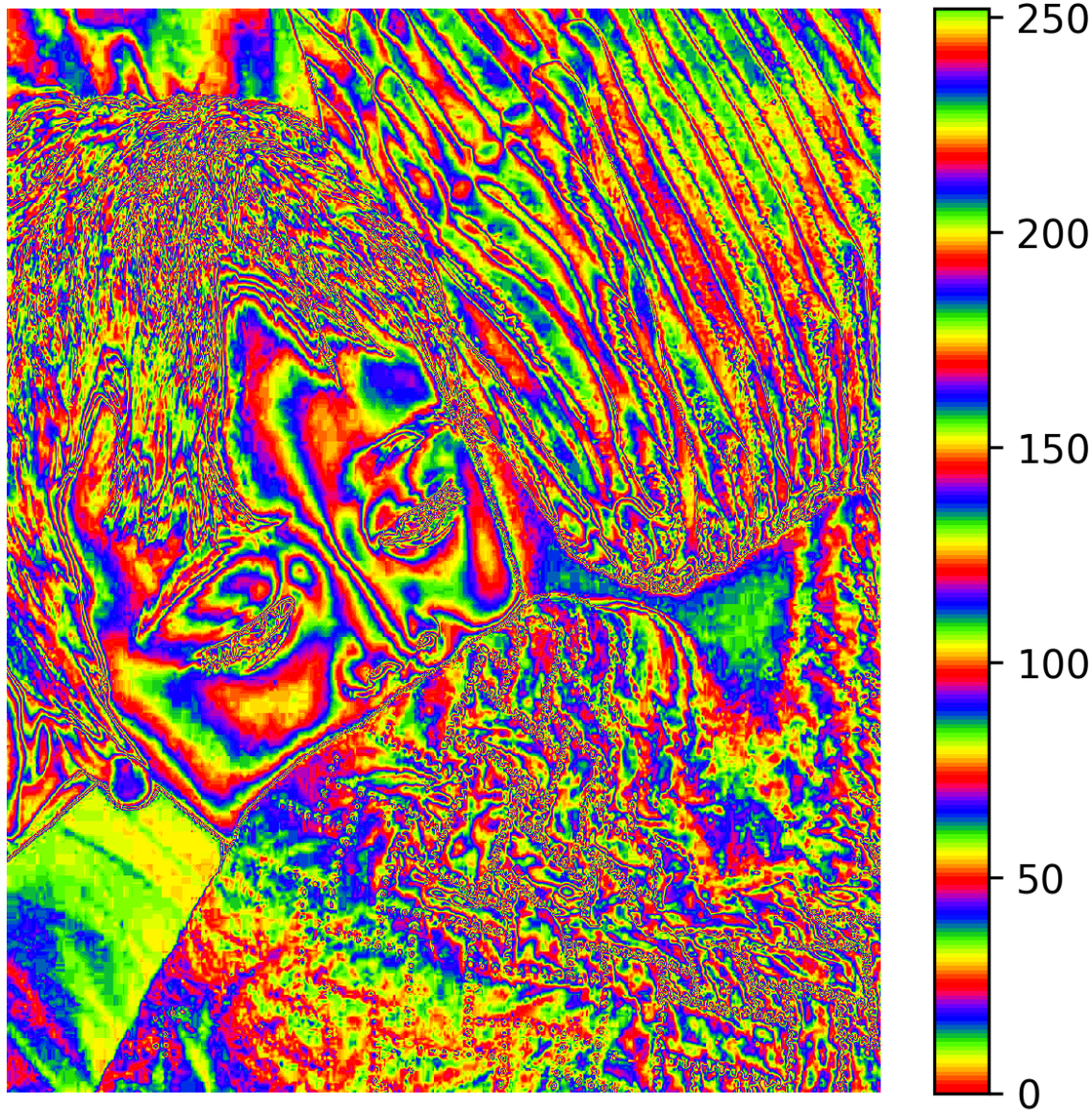
0.1211	0.1211	0.1416
0.1807	0.2549	0.1729
0.2197	0.3447	0.1807
0.1611	0.1768	0.1924
0.2432	0.2471	0.1924
0.2119	0.1963	0.2002
0.2627	0.2588	0.2549
0.2197	0.2432	0.2588
⋮	⋮	⋮

Colour map

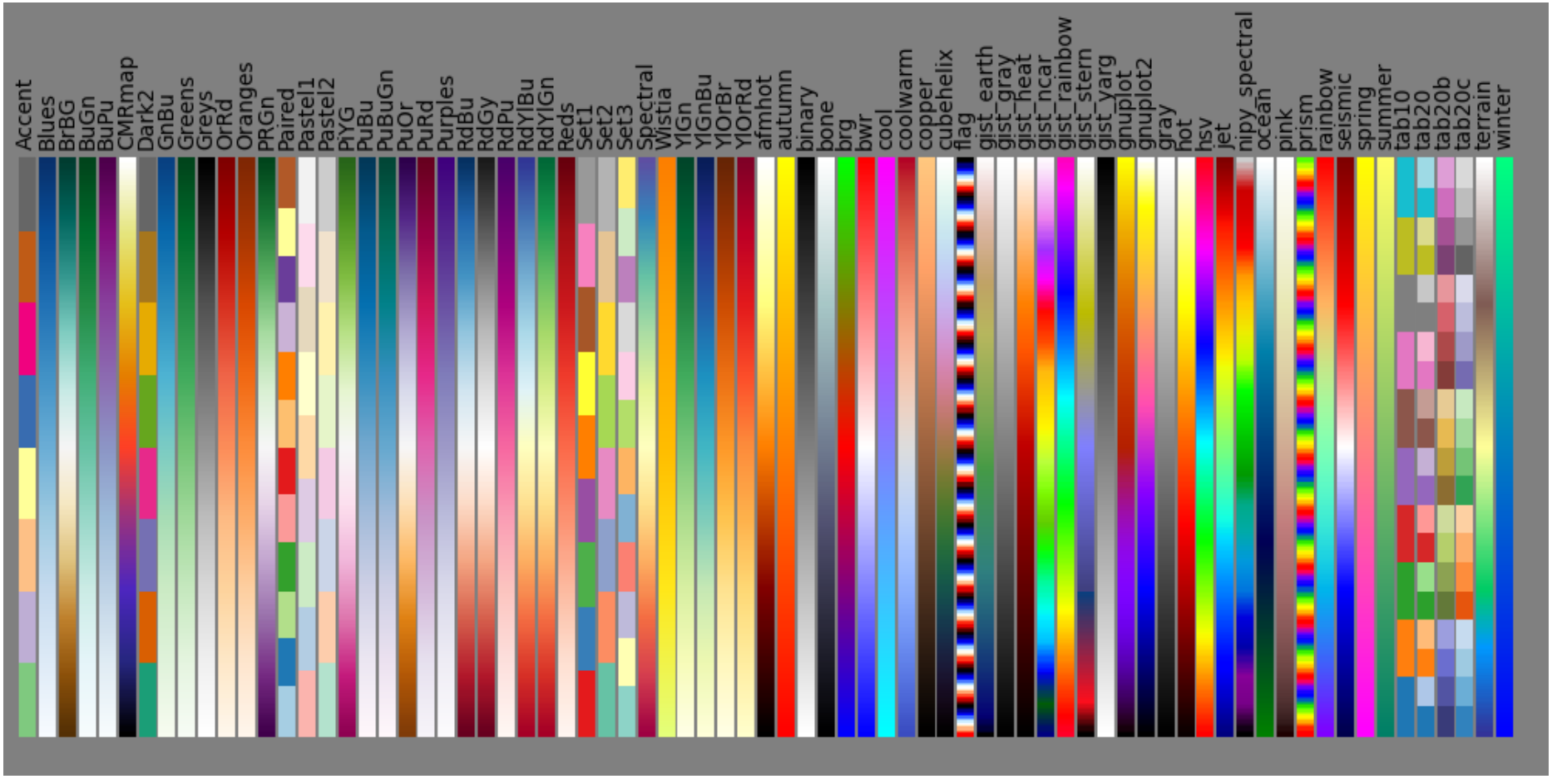
Colormap *Inferno*



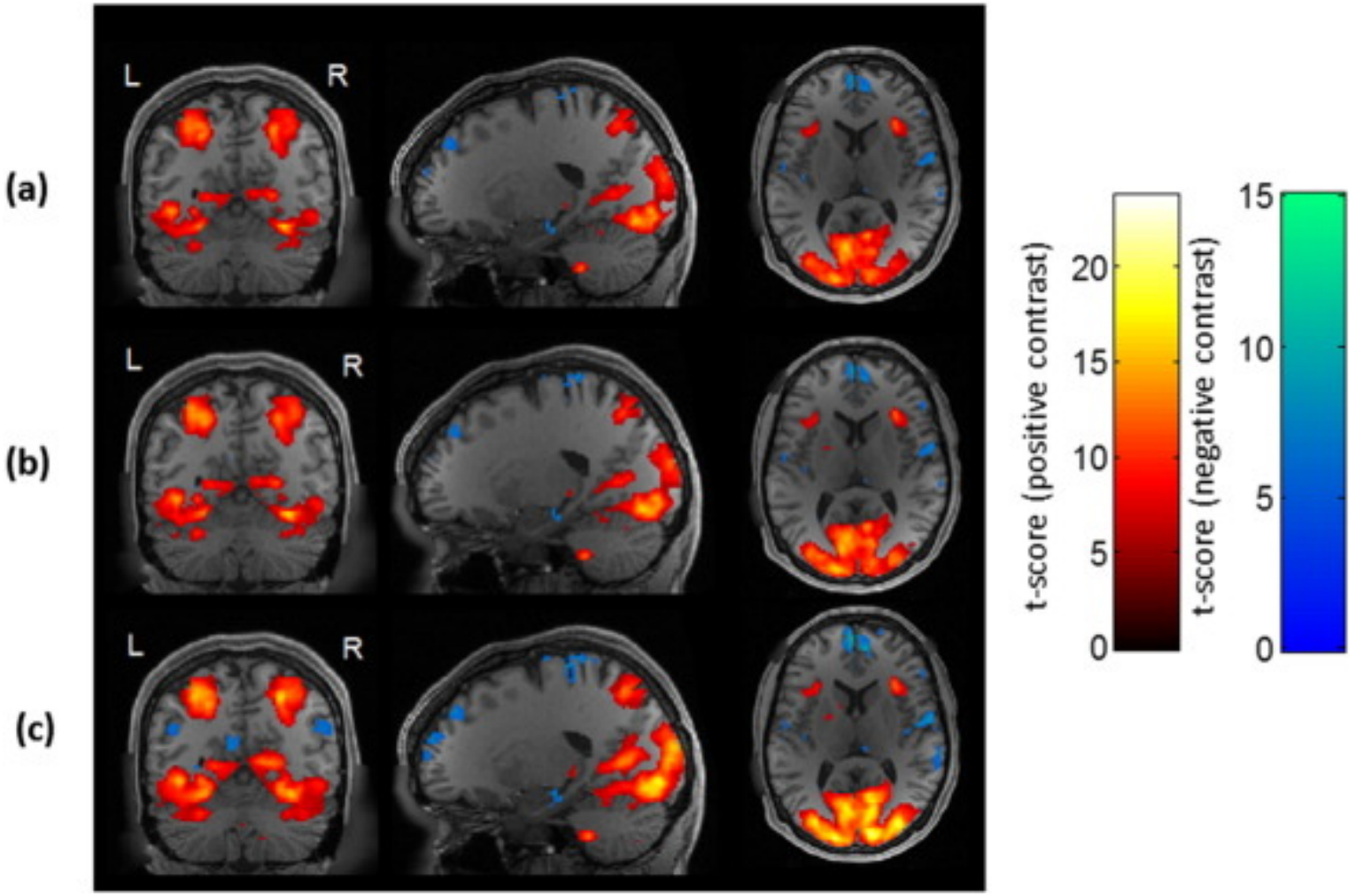
Colormap *Prism*



Colormaps


Accent
Blues
BrBG
BuGn
BuPu
CMRmap
Dark2
GnBu
Greens
Greys
OrRd
Oranges
PRGn
Paired
Pastel1
Pastel2
PiYG
PuBu
PuBuGn
PuOr
PuRd
Purples
RdBu
RdGy
RdPu
RdYlBu
RdYlGn
Reds
Set1
Set2
Set3
Spectral
Wistia
YlGn
YlGnBu
YlOrBr
YlOrRd
afmhot
autumn
binary
bone
brg
bwr
cool
coolwarm
copper
cubehelix
flag
gist_earth
gist_gray
gist_heat
gist_ncar
gist_rainbow
gist_stern
gist_yarg
gnuplot
gnuplot2
gray
hot
hsv
jet
nipy_spectral
ocean
pink
prism
rainbow
seismic
spring
summer
tab10
tab20
tab20b
tab20c
terrain
winter

fMRI - mapa activación



Escala de grises

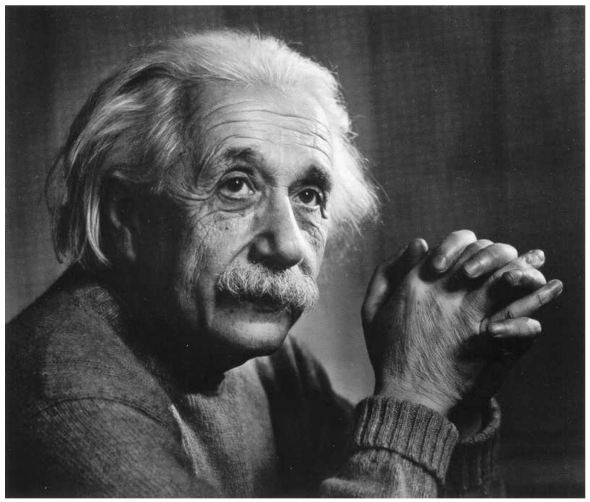
- El nivel de gris de la imagen en la coordenada (x, y) es $\texttt{GL} = f(x0, y0)$, donde:

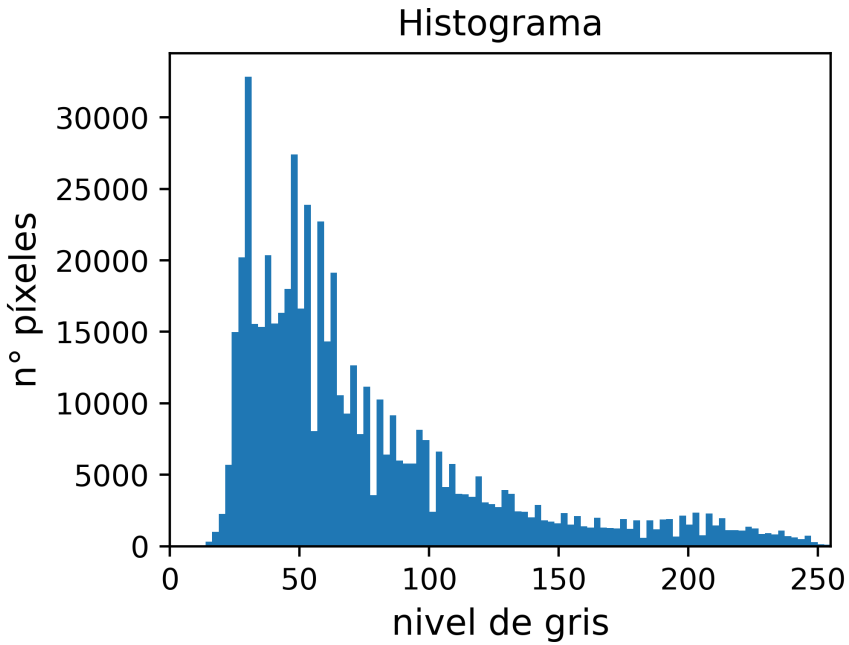
$$L_{\texttt{min}} \leq \underbrace{f(x, y)}_{\text{nivel de gris, } \texttt{GL}} \leq L_{\texttt{max}}$$

- El intervalo $[L_{\text{min}},\ L_{\text{max}}]$ se llama **escala de grises**
- Es común desplazar dicho intervalo a $[0, L-1]$, donde $\texttt{GL} = 0$ es negro y $\texttt{GL} = L-1$ es blanco
- El rango en el que se distribuyen las intensidades en el intervalo $[0, L-1]$ se conoce como **rango dinámico**

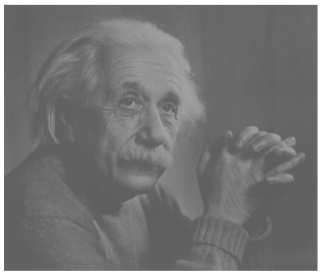
Escala de grises

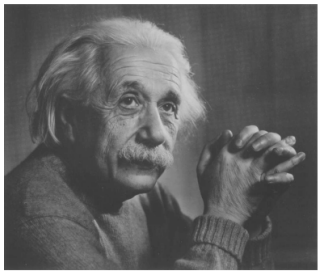
- Una imagen tiene un alto rango dinámico si sus niveles de gris cubren una alta porción de la escala de grises, lo que se traduce en un alto contraste.

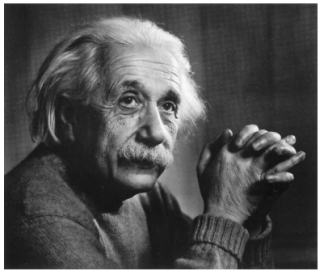


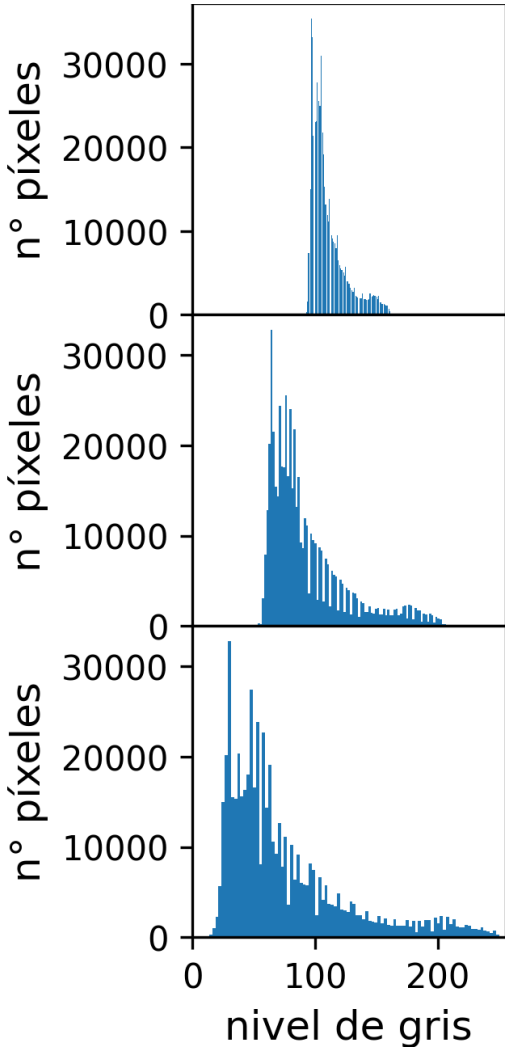


Rango dinámico y contraste









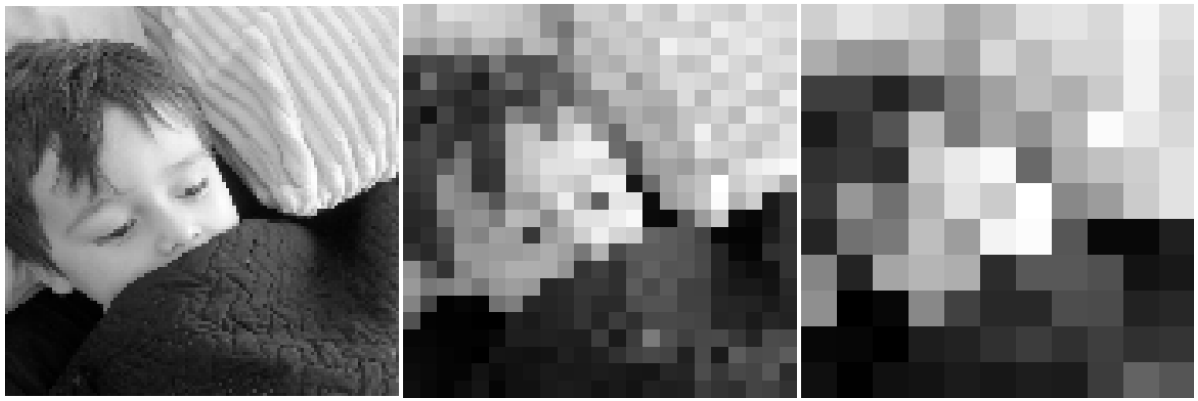
Muestreo y cuantización

- Sampling: Discretización de las coordenadas (x, y). El tamaño de una imagen corresponde a la **resolución espacial**
- Cuantización: Discretización de la amplitud $f(x, y)$. Si codificamos **cada Pixel** con k bits, tenemos 2^k niveles de grises

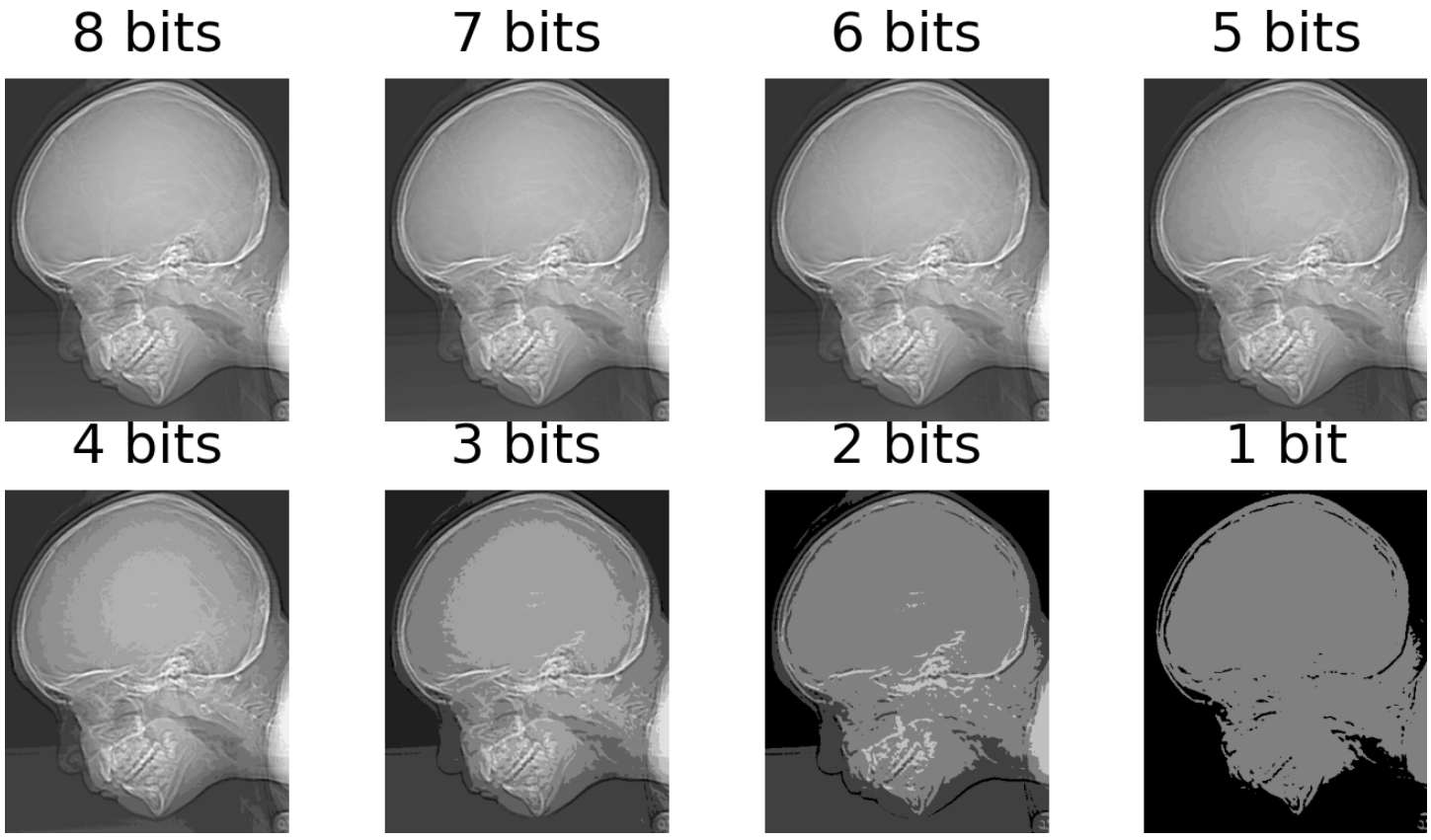
Muestreo

1155×1162 577×581 231×232

115×116 23×23 11×11

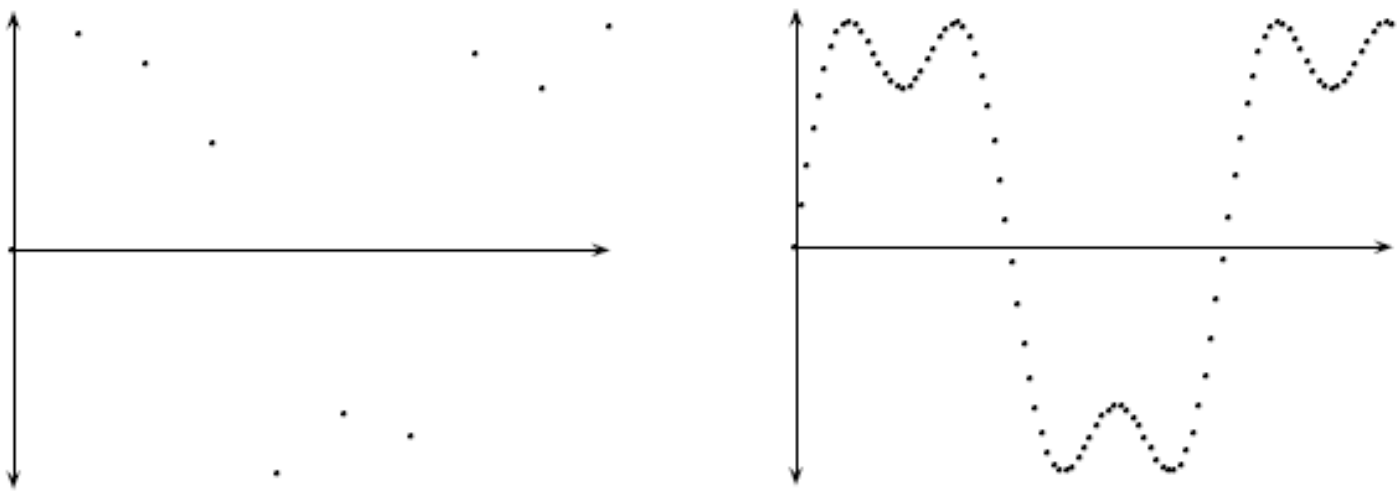


Cuantización



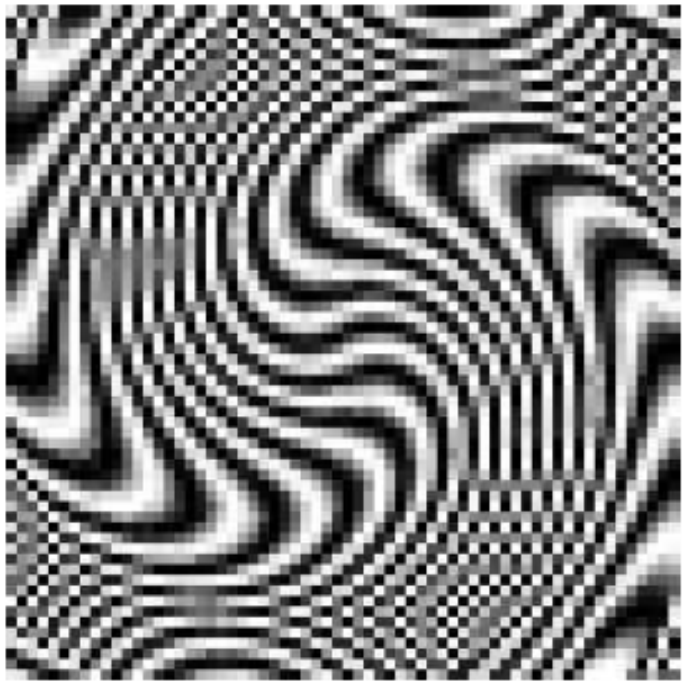
Aliasing

$$y = \sin(x) + \frac{1}{3}\sin(3x)$$



Aliasing

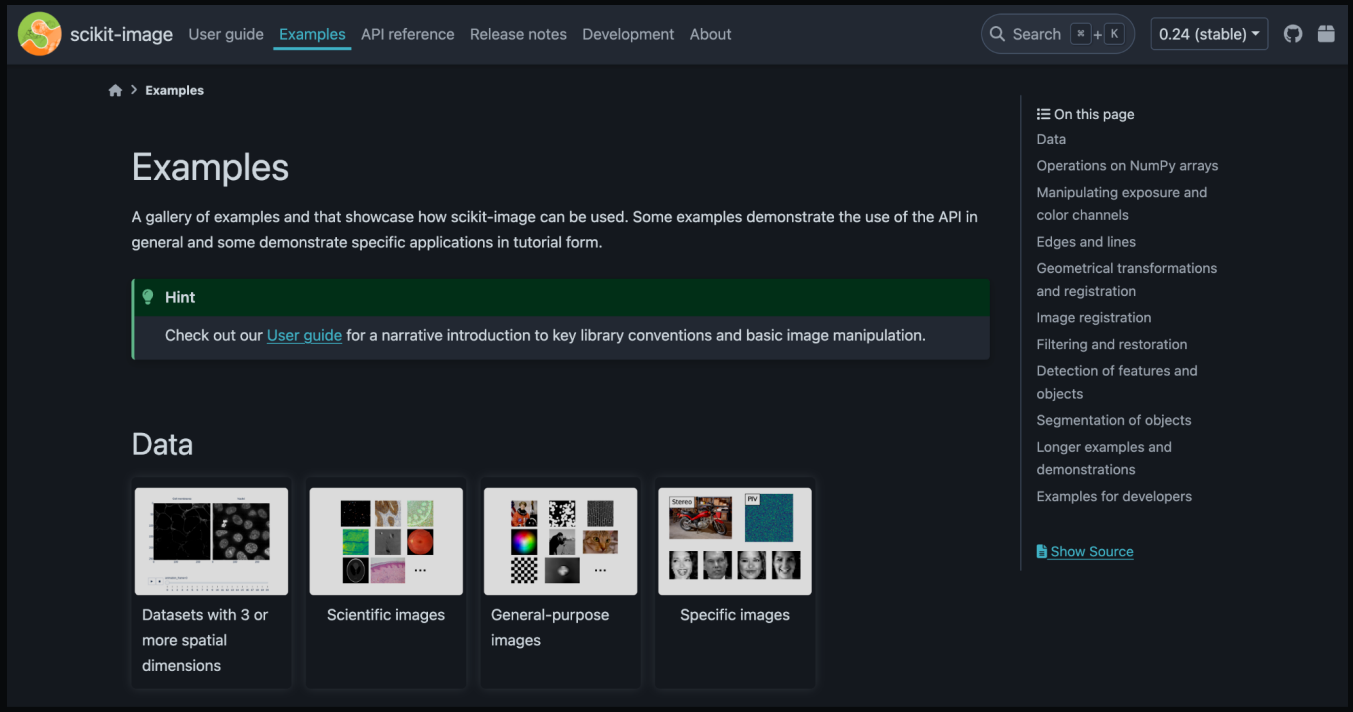
Correct sampling; no aliasing



An undersampled version with aliasing

Algunas herramientas

Algunas herramientas



Algunas herramientas