

# De los datos a las imágenes

## Parte II

Dr. Luis Miguel de la Cruz Salas



# Visualizando para la mente

Alberto Cairo, *The functional art: an introduction to information graphics and visualization*, New Riders 2013. Part II: Cognition, Chapter 6.

Preattentive Visual Properties and How to use them in InfoVis. [\(link\)](#)

Jeremy M Wolfe & Igor S Utochkin, What is a preattentive feature?, *Current Opinion in Psychology*, Volume 29, October 2019, Pages 19-26.

Christopher G. Healey & James T. Enns, Attention and Visual Memory in Visualization and Computer Graphics, *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics*, Vol. 18, No. 7, July 2012



© Dreamworks Animation & Paramount Pictures.



"Perception is a fantasy that coincides with reality."

-Christ Firth, from *Making up the mind: How the brain creates our mental world*



Forma



Contraste



Color



¿Cuál figura es más difícil de analizar?

El cerebro detecta más fácilmente las diferencias en contraste y color, que las formas.





# ¿Cuántos tres (3) hay en la figura?

4	2	5	6	8	9	2	5	1	4
7	2	3	5	6	1	2	2	3	9
2	5	9	8	6	1	3	1	0	9
3	4	1	6	2	7	8	1	3	5
1	4	7	3	7	9	2	6	4	7
1	5	7	9	1	7	0	9	2	4
5	6	8	8	9	0	2	3	1	6
5	7	6	0	8	9	1	5	5	6

4	2	5	6	8	9	2	5	1	4
7	2	3	5	6	1	2	2	3	9
2	5	9	8	6	1	3	1	0	9
3	4	1	6	2	7	8	1	3	5
1	4	7	3	7	9	2	6	4	7
1	5	7	9	1	7	0	9	2	4
5	6	8	8	9	0	2	3	1	6
5	7	6	0	8	9	1	5	5	6





# ¿Cuántos tres (3) hay en la figura?

4	2	5	6	8	9	2	5	1	4
7	2	3	5	6	1	2	2	3	9
2	5	9	8	6	1	3	1	0	9
3	4	1	6	2	7	8	1	3	5
1	4	7	3	7	9	2	6	4	7
1	5	7	9	1	7	0	9	2	4
5	6	8	8	9	0	2	3	1	6
5	7	6	0	8	9	1	5	5	6

4	2	5	6	8	9	2	5	1	4
7	2	3	5	6	1	2	2	3	9
2	5	9	8	6	1	3	1	0	9
3	4	1	6	2	7	8	1	3	5
1	4	7	3	7	9	2	6	4	7
1	5	7	9	1	7	0	9	2	4
5	6	8	8	9	0	2	3	1	6
5	7	6	0	8	9	1	5	5	6



Si conocemos los “trucos” que utiliza nuestro cerebro para comprender la información que obtiene de nuestros sentidos, podemos usarlos en nuestro favor, para mejorar sustancialmente los gráficos y visualizaciones.



## *preattentive features*

- **Preattentive features:** propiedades de las imágenes que son procesadas en nuestra memoria espacial sin una acción consciente.
  - Son procesadas en  $\sim 0.5$  s por nuestro sistema visual.
  - “The greatest value of a picture is when it forces us to notice what we never expected to see”, John Tukey.
  - Color, Forma, Movimiento, Percepción espacial.





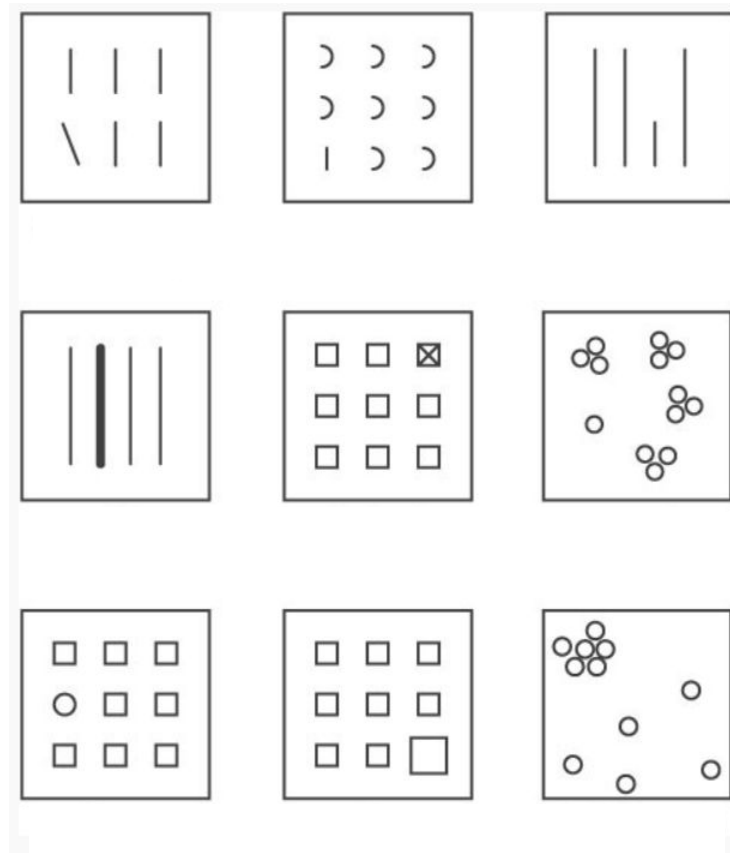
# Color

- Modelos de color
  - RGB (Red, Green, Blue)
    - Sistema de color aditivo:  $R+G+B$ .
    - Se basa en la intensidad de los colores primarios.
    - La RAE prefiere el término: RVA.
  - CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black)
    - Sistema de color substractivo.
    - Usado principalmente en impresión.
  - HSL (Hue, Saturation, Lightness)
    - También conocido como HSI (Hue, Saturation, Intensity)
    - Más apto para la forma en cómo la visión humana percibe el color.



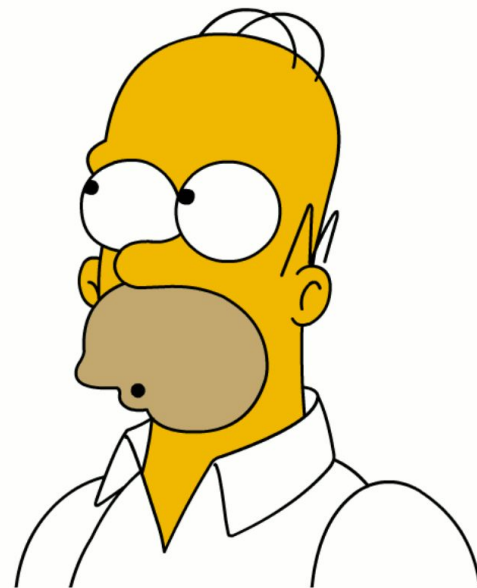
# Forma

- Conjunto de atributos y formas.
  - Para llamar la atención o para reducir la atención.
- Atributos.
  - Colinealidad, Curvatura, Longitud, Amplitud, Ancho, Marcadores, Cantidad, Patrón, Tamaño, Agrupamiento, Orientación, ...



# Movimiento

- El movimiento tiene dos atributos:
  - Parpadeo y movimiento espacial.
  - Se pueden usar para llamar la atención.
- ¡Cuidado con estos atributos!
  - El movimiento puede ser un distractor e incluso molesto.
  - Suele usarse de manera excesiva en anuncios.

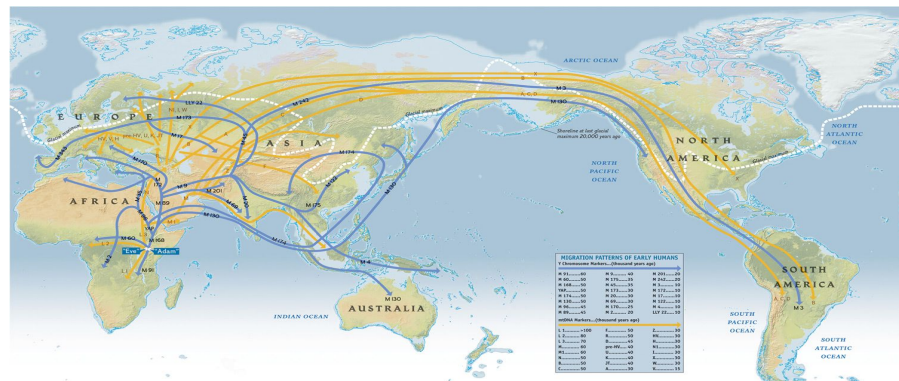
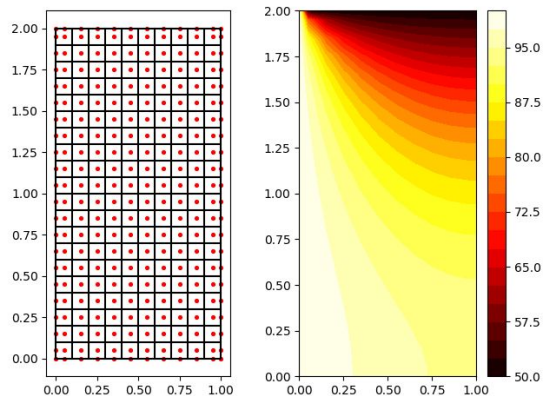
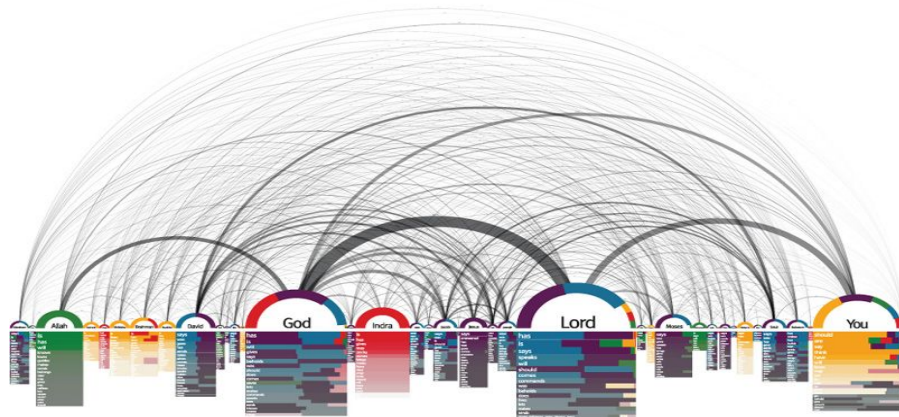
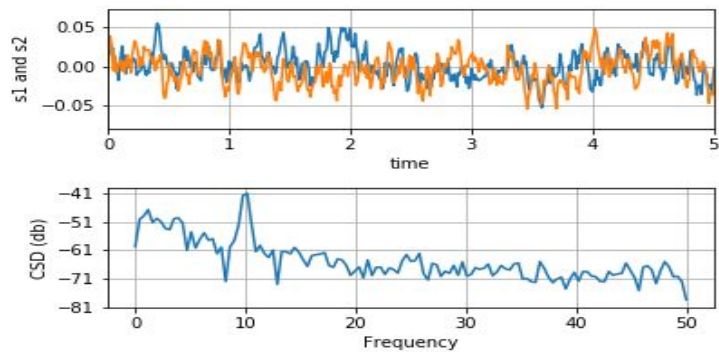


# Percepción espacial

- Dos dimensiones.
  - La forma más efectiva para representar datos cuantitativos.
- Estereoscopía.
  - Percepción de profundidad generada por el procesamiento de las imágenes creadas por el ojo izquierdo y derecho.
  - Se puede recrear usando dos cámaras a diferentes ángulos.
- Sombreado

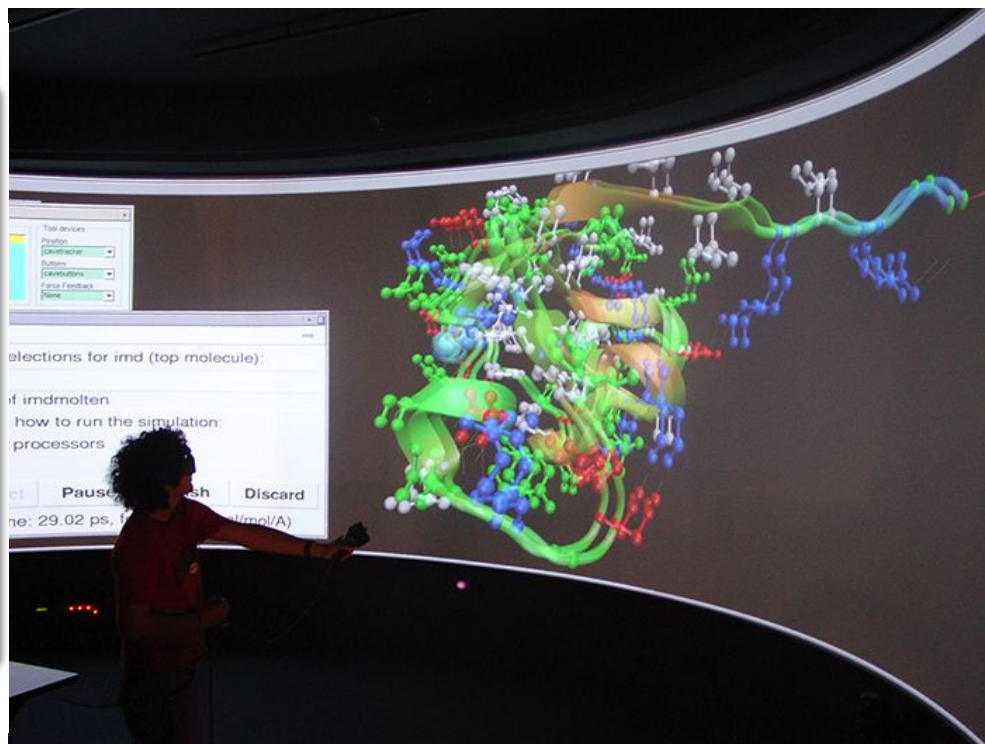
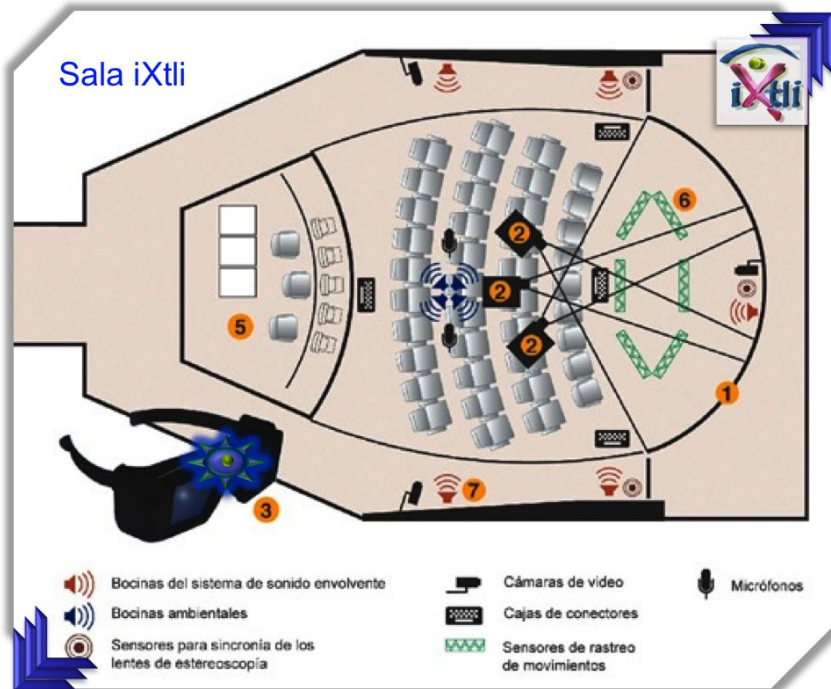


# Percepción espacial: dos dimensiones



<https://datavizproject.com/data-type/arc-diagram/>

# Percepción espacial: Estereoscopia activa



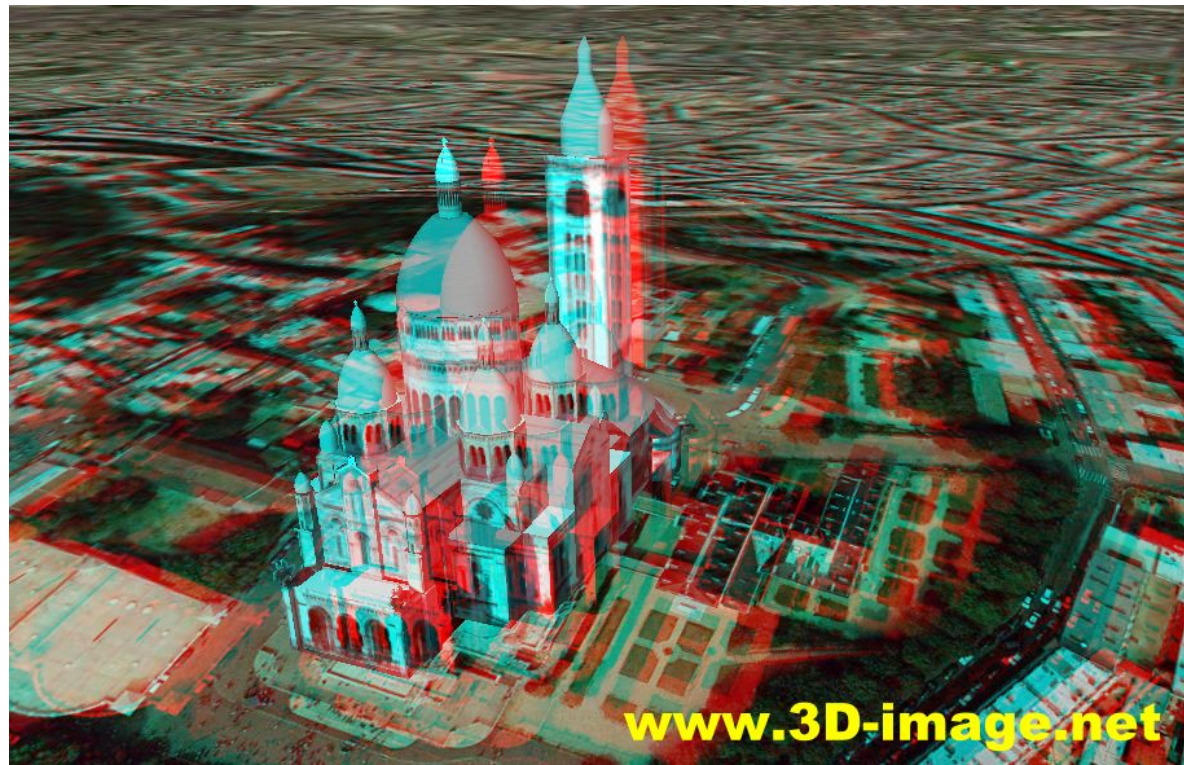
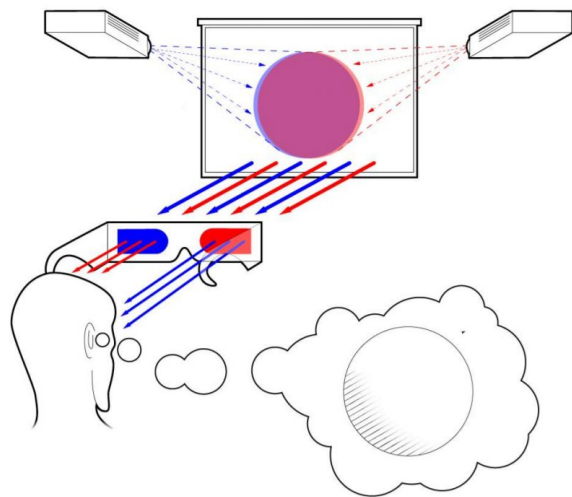
Observatorio Ixtli 2004, [Acervo histórico del cómputo en la UNAM](#)





# Percepción espacial: Estereoscopia pasiva

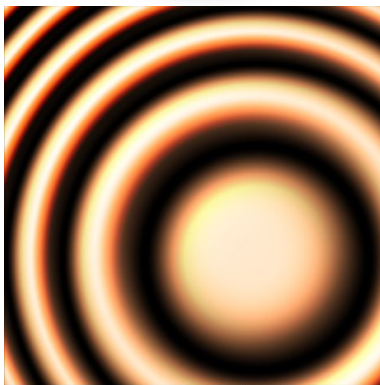
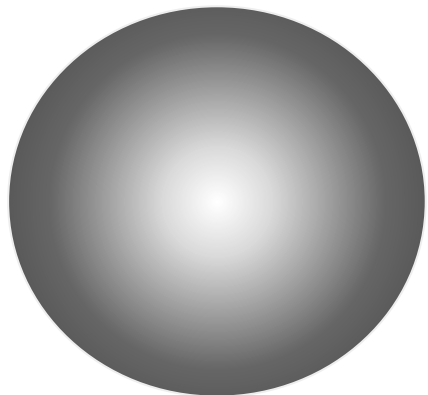
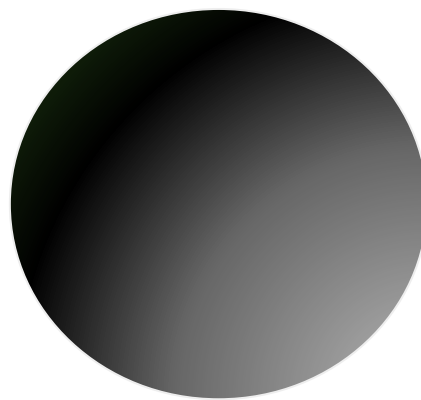
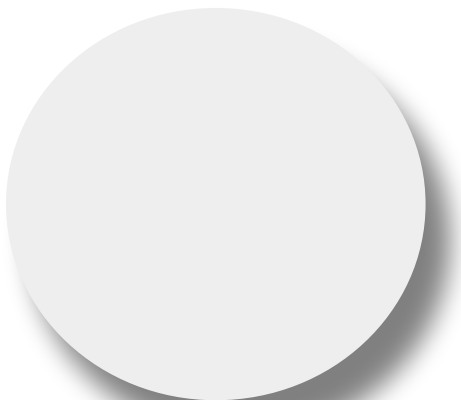
Anaglifo (rojo/azul)



[www.3D-image.net](http://www.3D-image.net)



# Percepción espacial: Sombreado



Cóncavo  
y  
Convexo









# Leyes de la forma (Gestalt)



# Gestalt (forma)

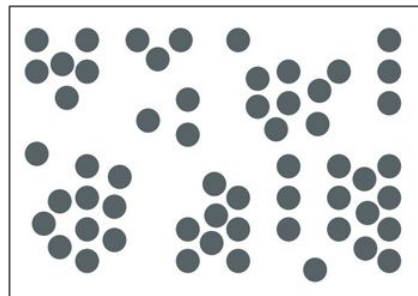
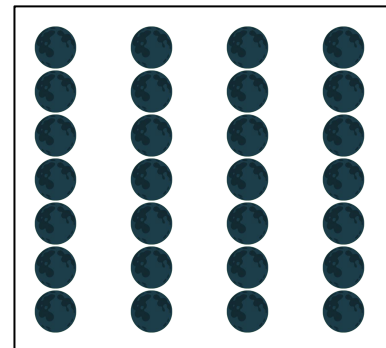
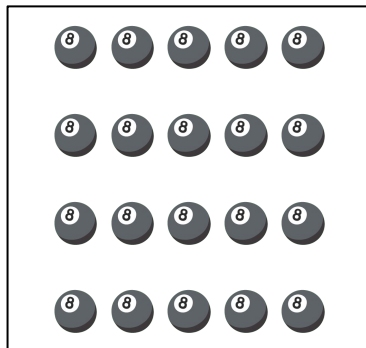
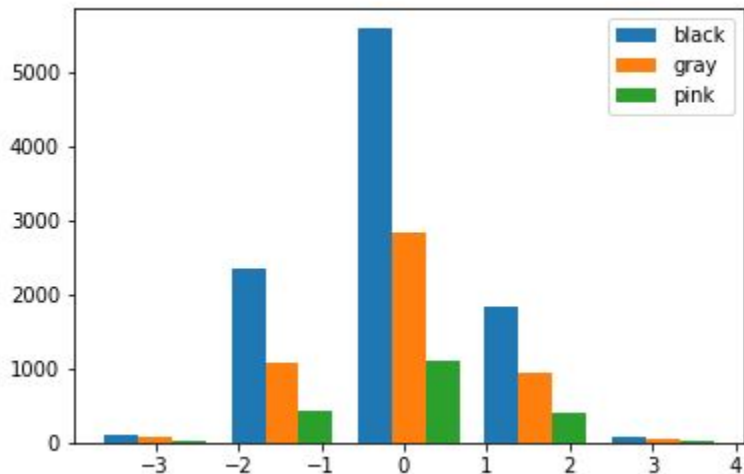
- El cerebro visual evolucionó para detectar patrones: regiones en el campo de visión que comparten ciertas características.
  - El cerebro ahorra tiempo de procesamiento agrupando objetos similares y separándolos de aquellos que se ven diferente.
  - Posteriormente se enfoca en las formas de cada objeto.
- La capacidad de ordenar similitudes y diferencias es una *preattentive feature* que se debe explotar.





# Proximidad

- Los objetos que están cercanos entre ellos se perciben como grupos.

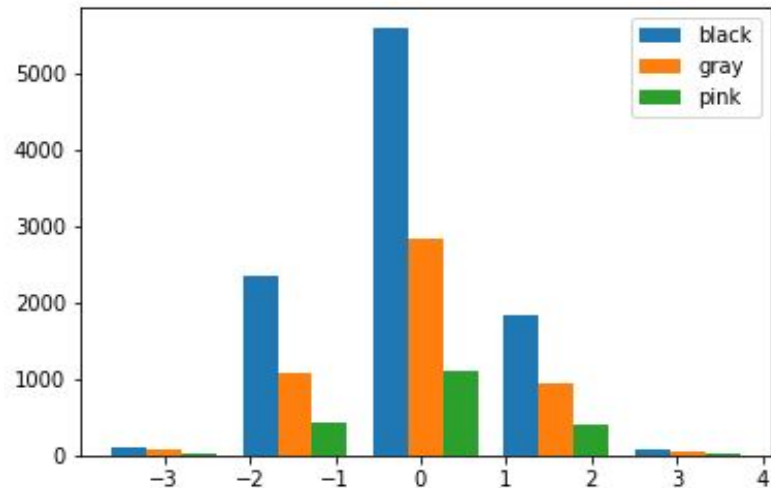




# VisInfo: Proximidad

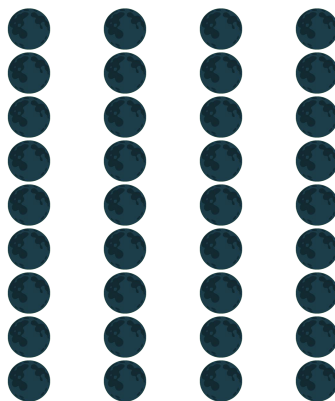
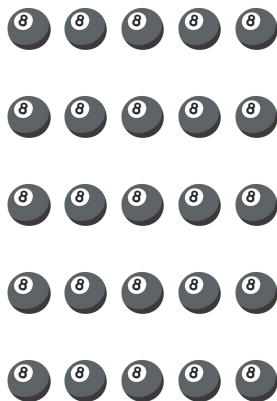
## Bar Plot

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id cursus leo faucibus a. In hac habitasse platea dictumst. Duis dapibus justo sagittis pretium fermentum. Nulla ut sapien imperdiet, faucibus mi a, aliquet enim. Nunc luctus, nisl sit amet blandit auctor, risus lectus ornare est, ...



## Hor/Ver

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id cursus leo faucibus a. In hac habitasse platea dictumst. Duis dapibus justo ...

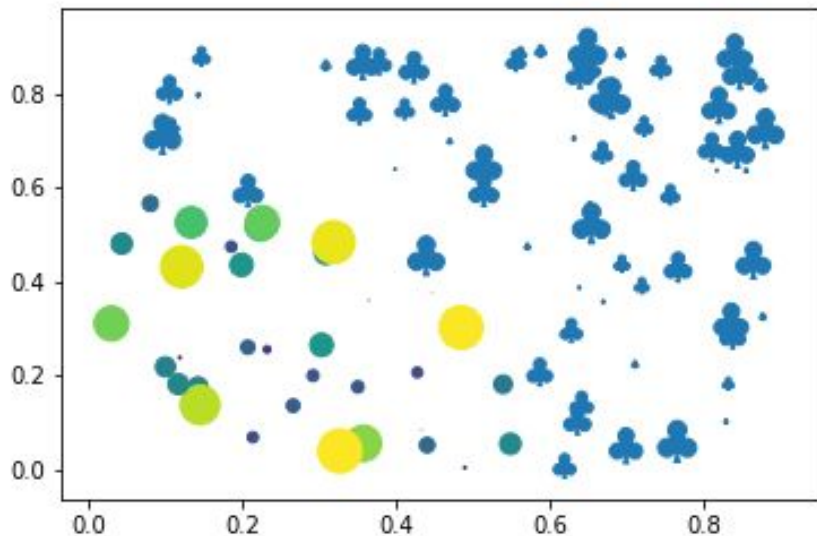


## Random

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id ...

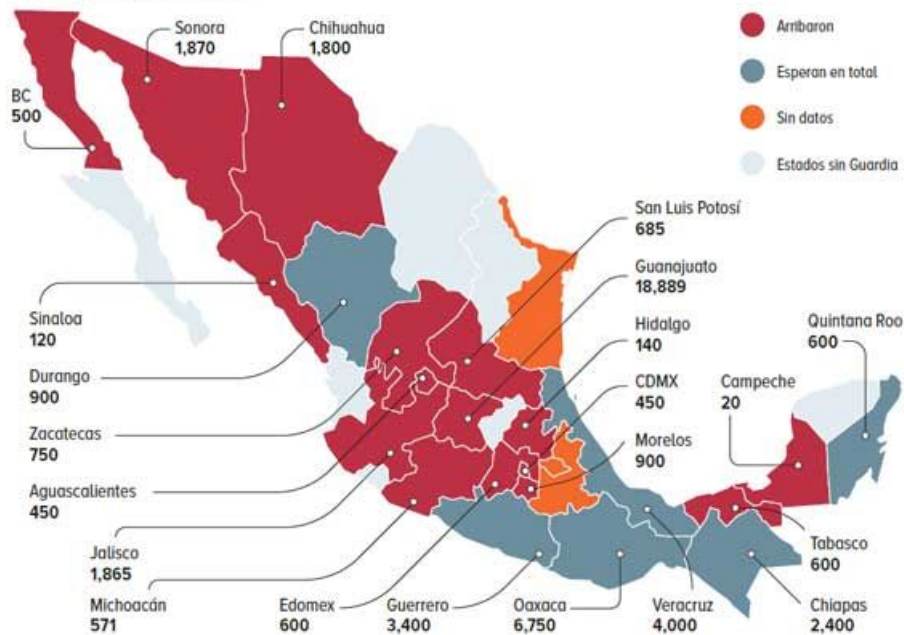
# Similaridad

- Objetos idénticos se perciben como pertenecientes al mismo grupo.



## PRESENCIA

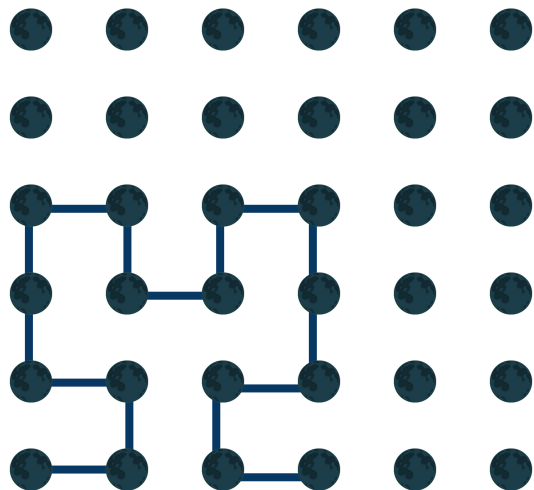
Estos son los estados donde ya hay presencia de la Guardia Nacional; ya arribaron algunos elementos (rojo) y se está a la espera de que lleguen más (azul).



<https://www.excelsior.com.mx/nacional/mapa-donde-ya-comenzo-a-operar-la-guardia-nacional/1323226>

# Conectividad

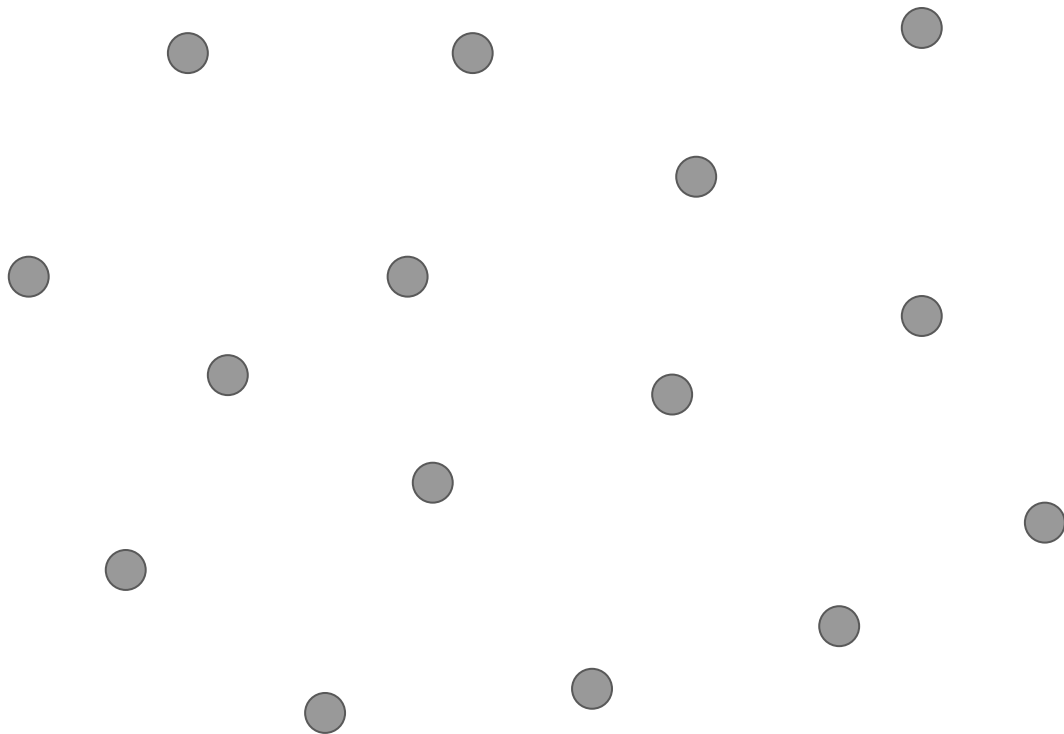
- Los objetos que están ligados mediante un artificio gráfico se perciben como miembros de un grupo, forman una unidad.





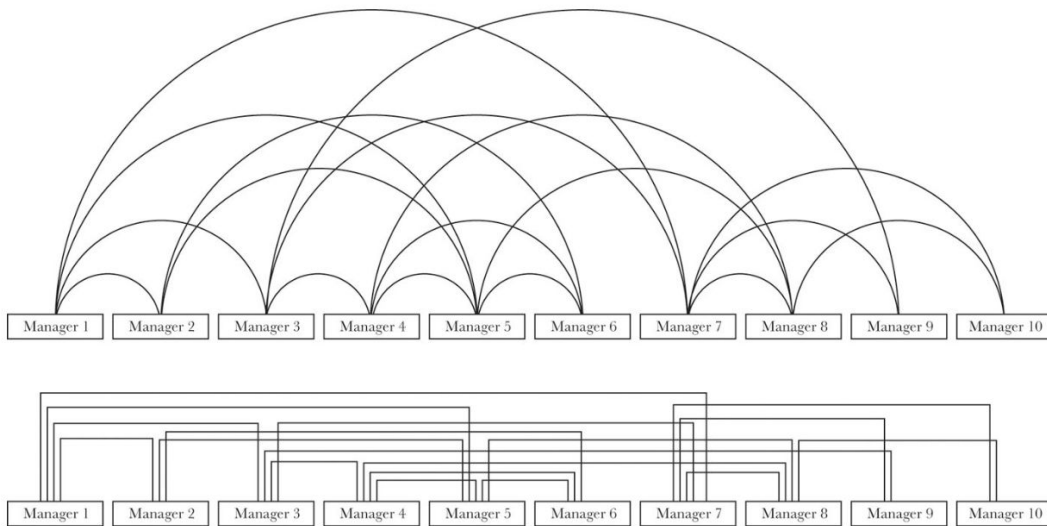


# Conectividad

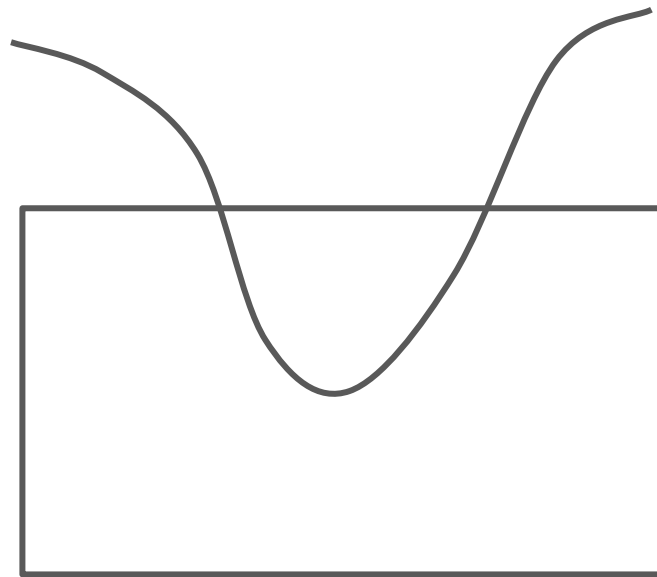
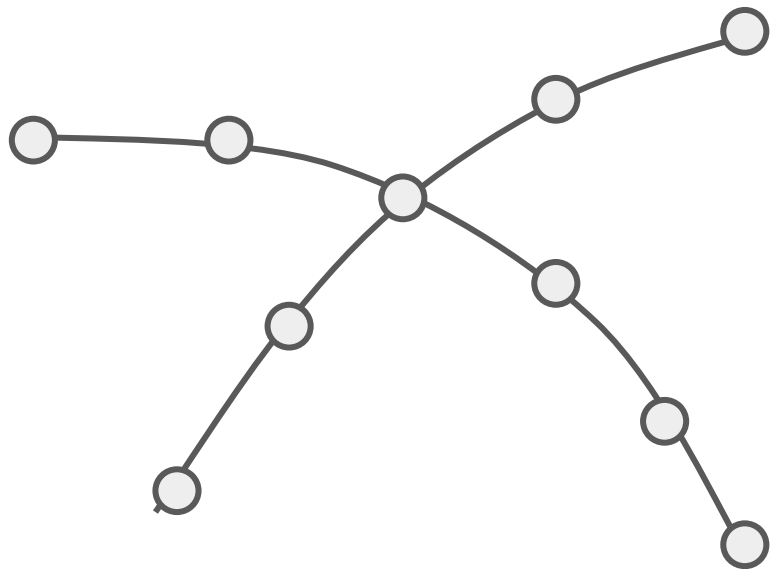


# Continuidad

- Es más fácil percibir la forma de un objeto, de manera coherente, cuando sus contornos son suaves y redondeados.

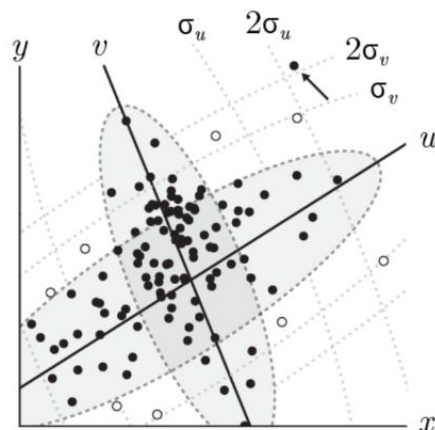
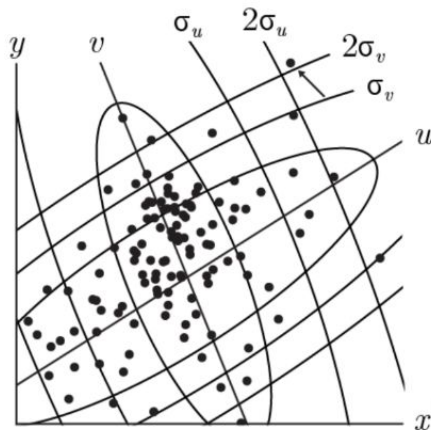
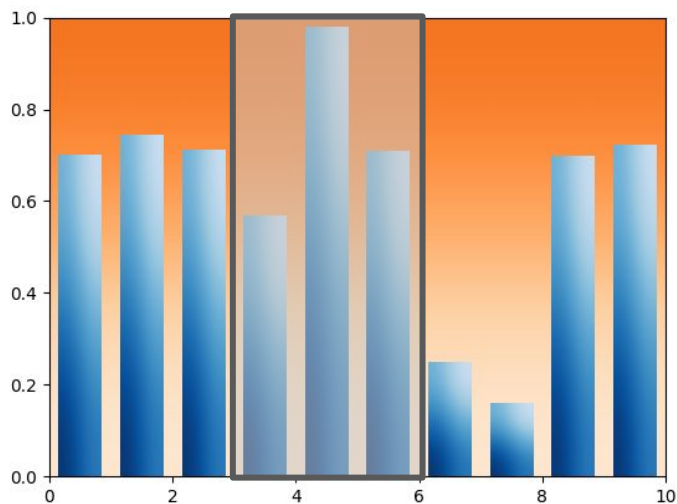


# Continuidad



# Agrupamiento mediante cierre

- Los objetos dentro de una área con fronteras claras se perciben como pertenecientes a un grupo.





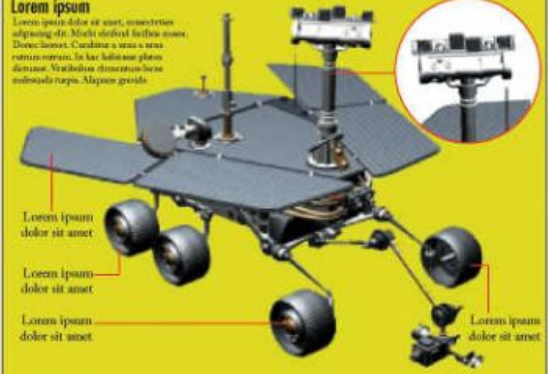
# Mars Exploration Rover

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet.

>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet.



>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc.



>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc.

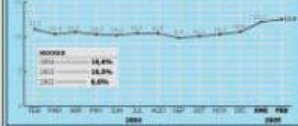


Table with 2 columns: Country and Value. Includes countries like Colombia, Argentina, and others.

>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc.

Grid of small portraits of people, each with a 'Lorem ipsum' label.

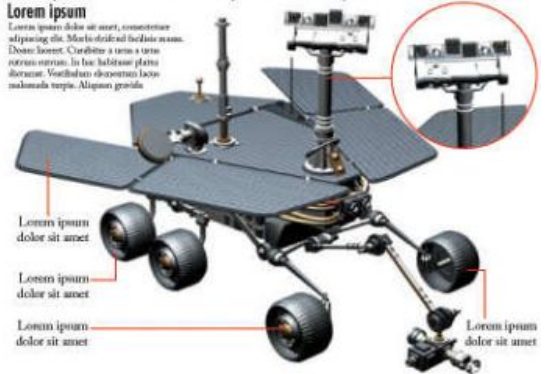
# Mars Exploration Rover

>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet.

>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet.



>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc.



>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc.

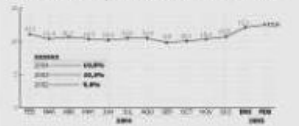


Table with 2 columns: Country and Value. Includes countries like Colombia, Argentina, and others.

>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Morbi dui felis massa. Donec laoreet. Curabitur a urna a urna rutrum rutrum. In hac habitasse platea dictumst. Vestibulum elementum lacus sed nunc nunc. Aliquam gravida nunc nunc.

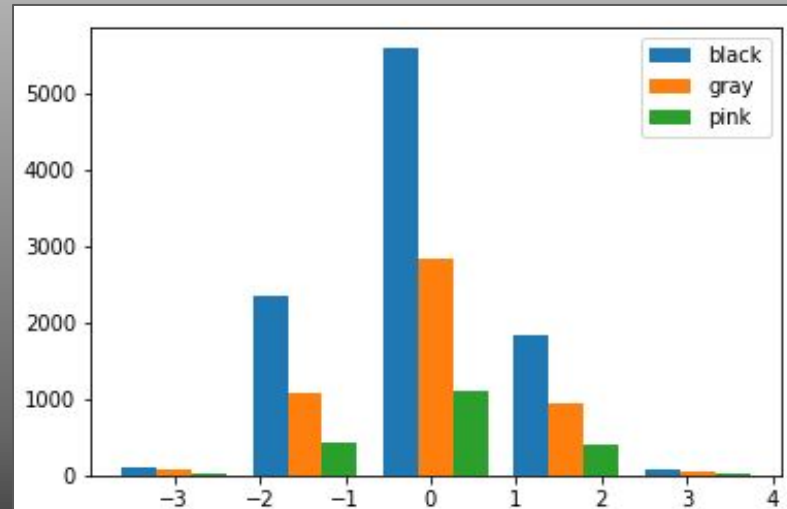
Grid of small portraits of people, each with a 'Lorem ipsum' label.



# VisInfo: Proximidad

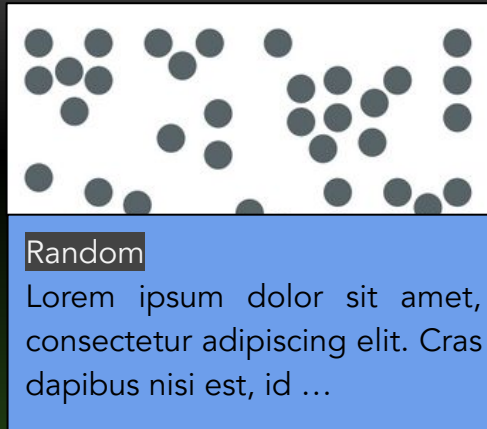
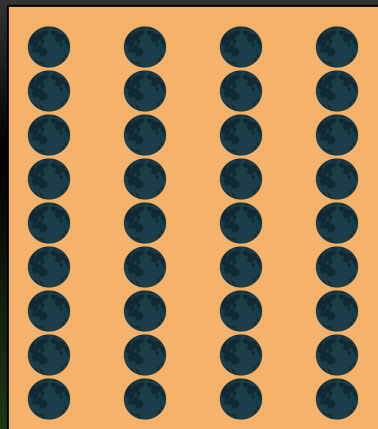
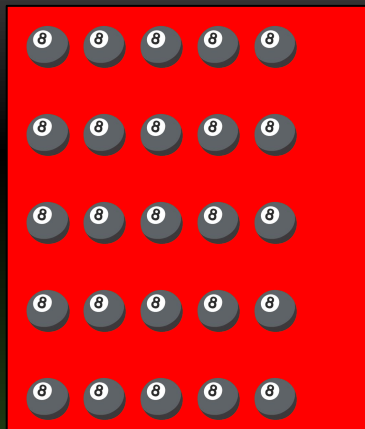
## Bar Plot

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id cursus leo faucibus a. In hac habitasse platea dictumst. Duis dapibus justo sagittis pretium fermentum. Nulla ut sapien imperdiet, faucibus mi a, aliquet enim. Nunc luctus, nisl sit amet blandit auctor, risus lectus ornare est, ...



## Hor/Ver

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id cursus leo faucibus a. In hac habitasse platea dictumst. Duis dapibus justo ...



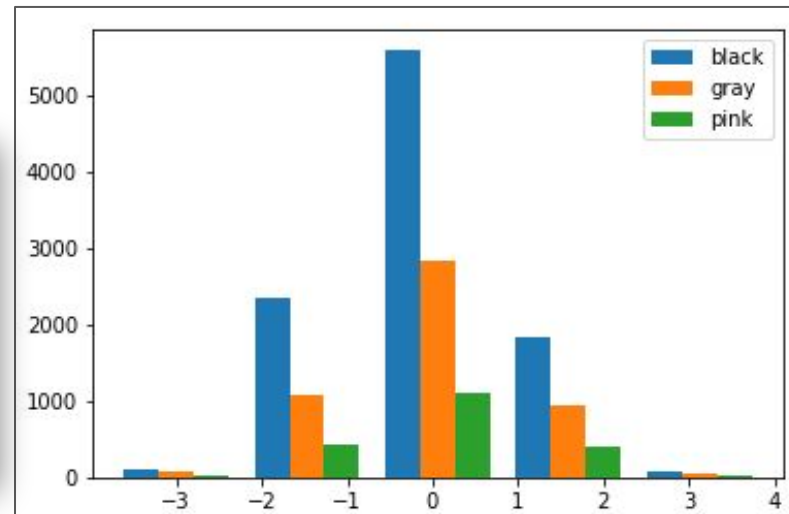
## Random

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id ...

# VisInfo: Proximidad

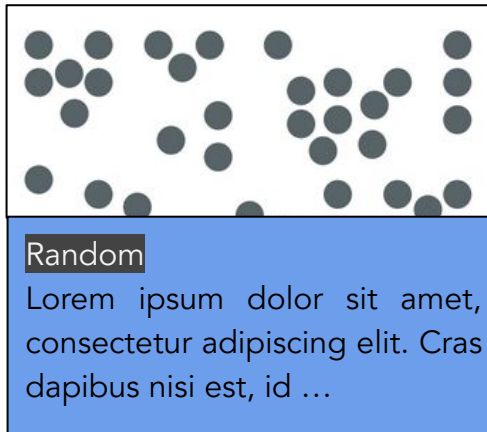
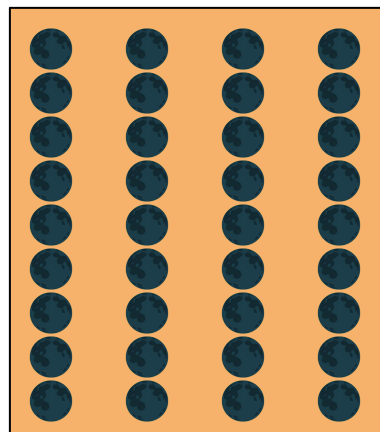
## Bar Plot

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id cursus leo faucibus a. In hac habitasse platea dictumst. Duis dapibus justo sagittis pretium fermentum. Nulla ut sapien imperdiet, faucibus mi a, aliquet enim. Nunc luctus, nisl sit amet blandit auctor, risus lectus ornare est, ...



## Hor/Ver

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id cursus leo faucibus a. In hac habitasse platea dictumst. Duis dapibus justo ...



## Random

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras dapibus nisi est, id ...

# Familiaridad

- Los objetos pueden formar grupos si son familiares al cerebro o tienen algún significado.





Los principios de percepción revisados antes pueden ayudar a hacer que la información gráfica sea más funcional a través de su organización, composición y disposición.

¿También nos podrían ayudar a decidir que forma gráfica es la mejor para representar nuestros datos?



# 10 tareas perceptivas elementales


- W. S. Cleveland & R. McGill, "Graphical perception: theory, experimentation and application to development of graphical method", *Journal of American Statistical Association*, Volume 79, 1984, Issue 387, pp 5311-554. Published online: 12 Mar 2012.
  - Cada una de esas tareas es un método para representar datos.
  - Clasificados de acuerdo a qué tan precisamente el cerebro humano puede detectar diferencias y realizar comparaciones entre los datos.
  - Clasificación de Cleveland y McGill (CM).





# 10 tareas perceptivas elementales

1. Posición, escala común.
2. Posición, escala no alineada.
3. Longitud.
4. Dirección.
5. Ángulo.
6. Área.
7. Volumen.
8. Curvatura.
9. Intensidad, contraste.
10. Matiz, Saturación.

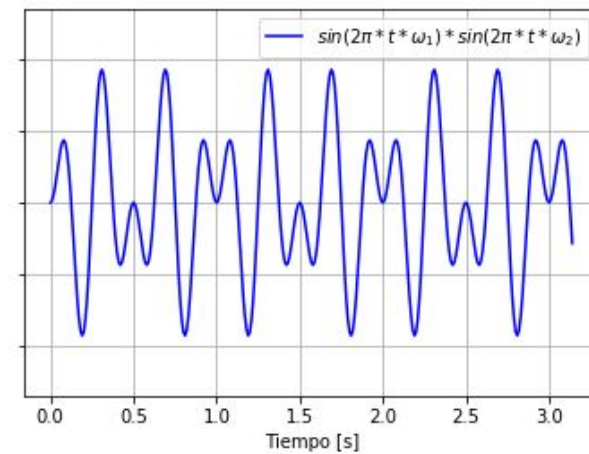
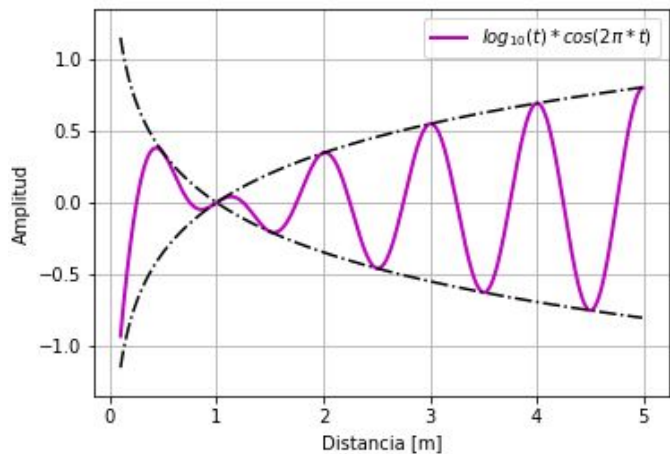
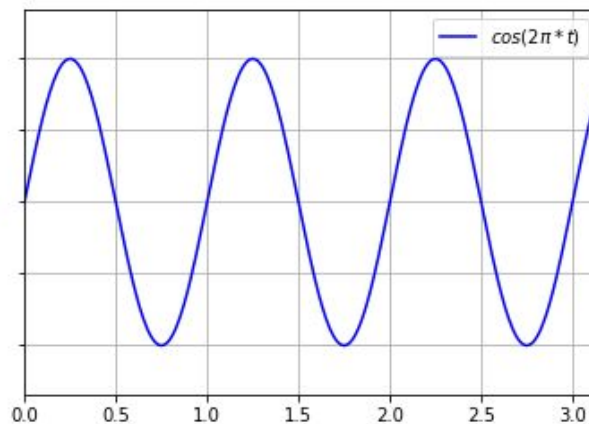
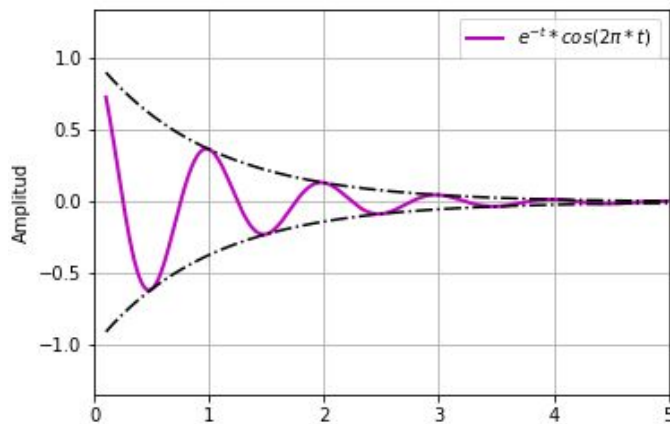


Permiten un  
análisis más  
preciso

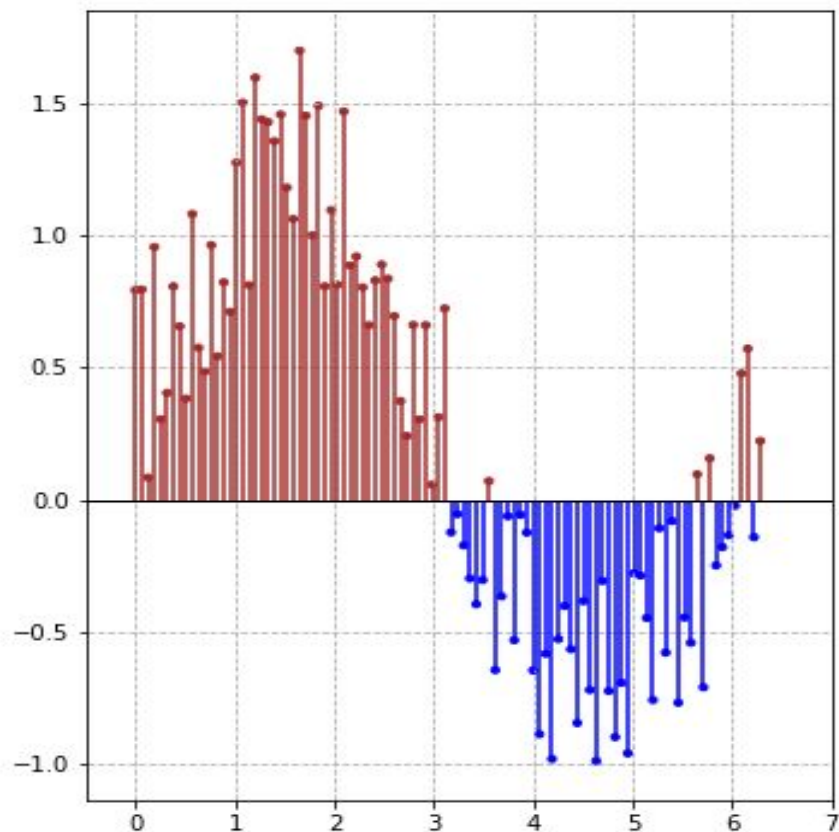
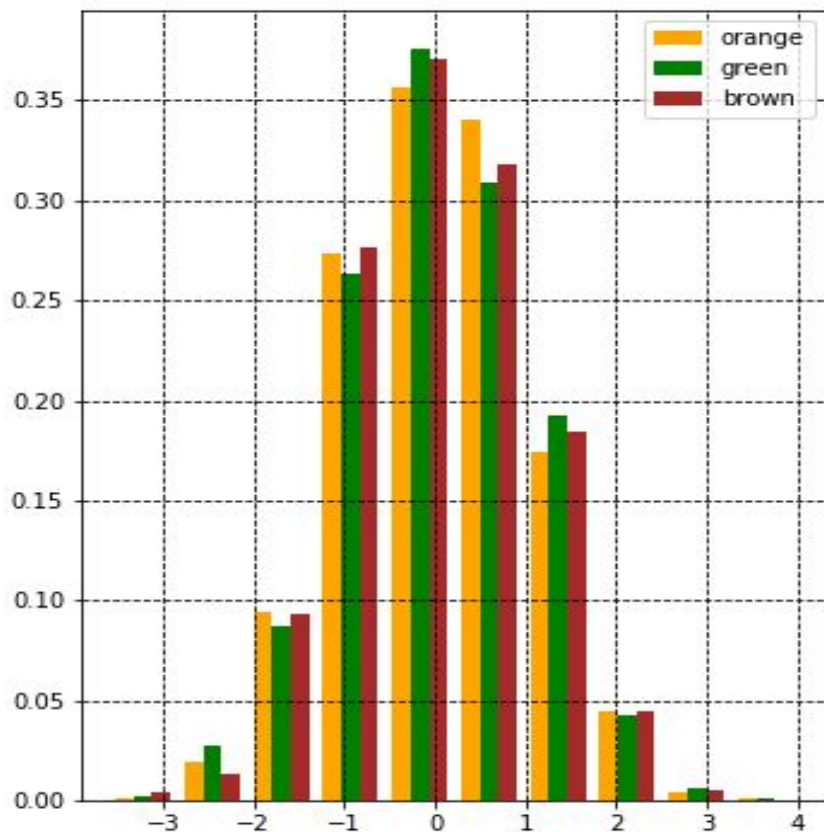
Permiten un  
análisis más  
genérico



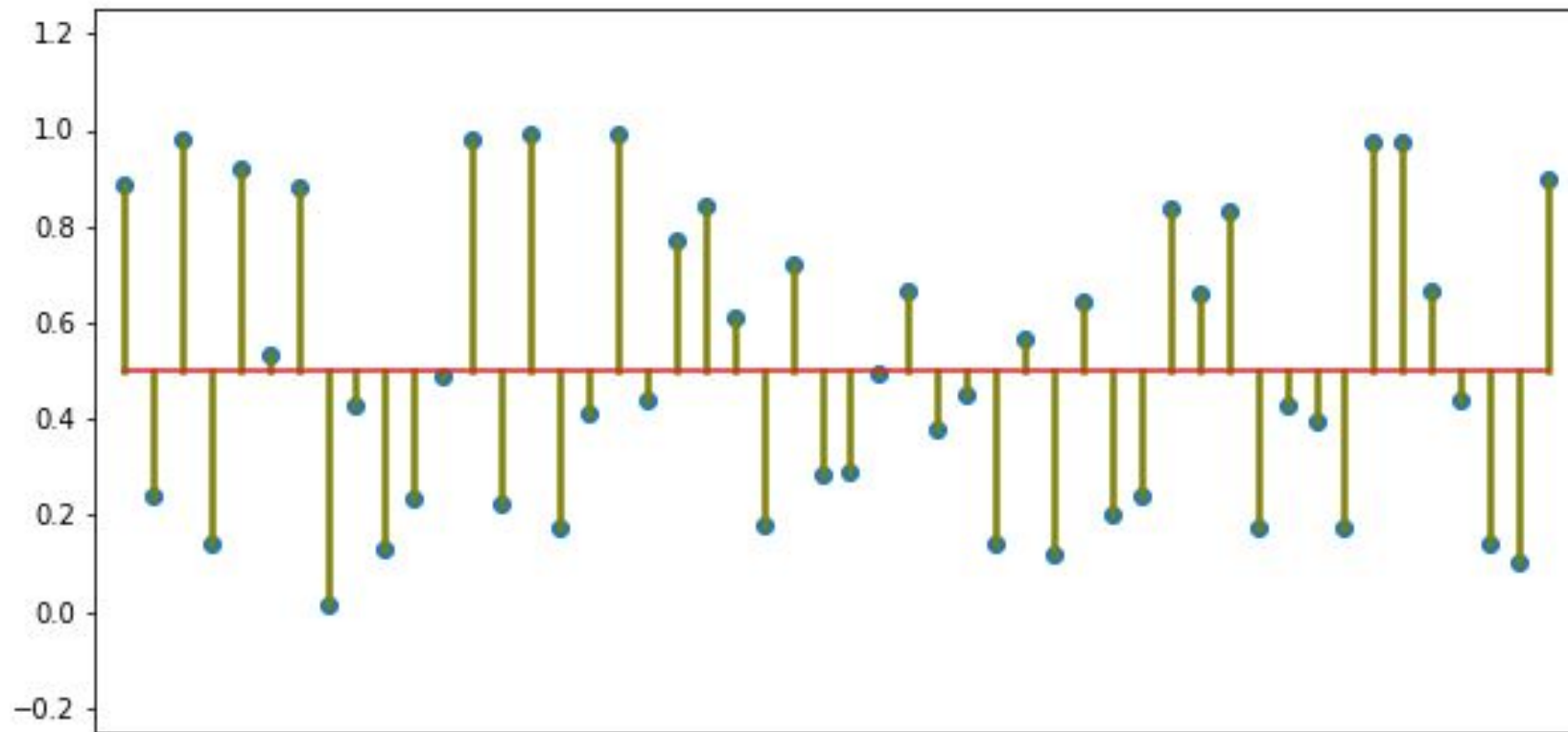
# Posición, escala no alineada



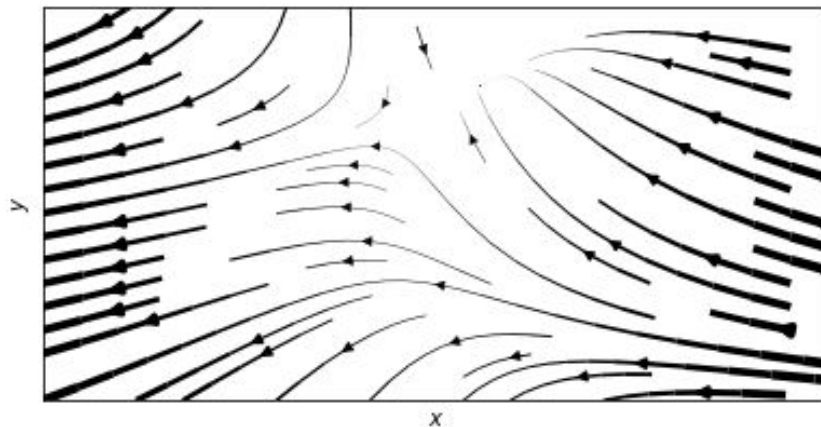
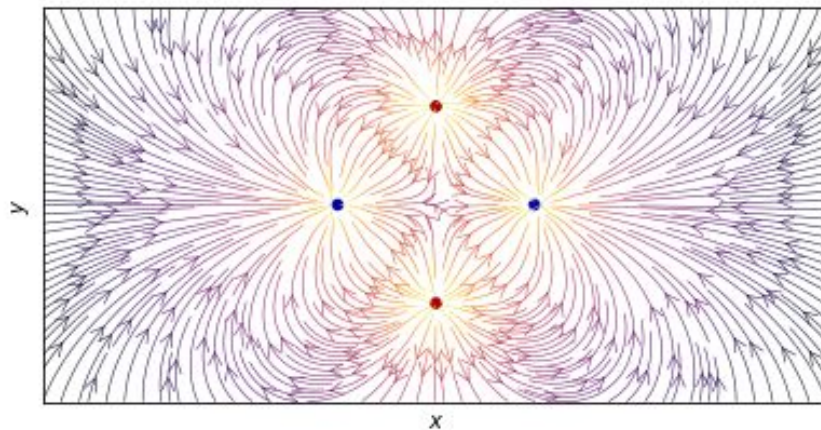
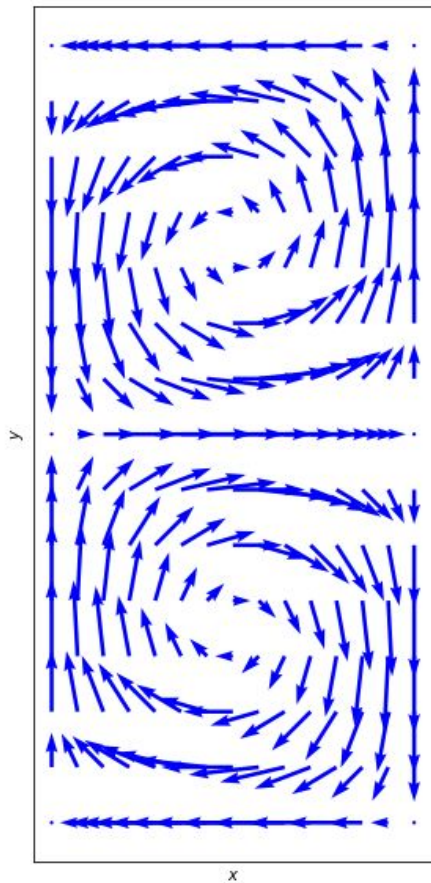
# Posición, escala no alineada



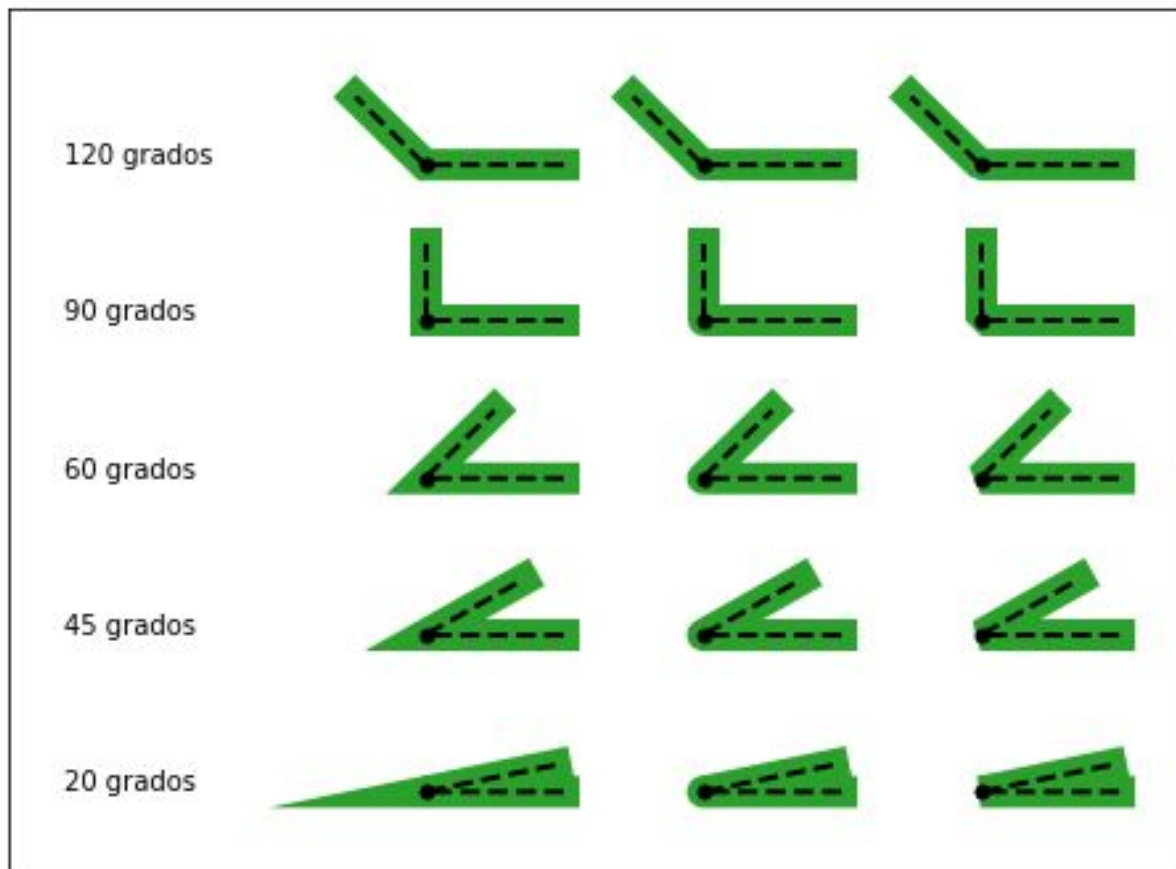
# Longitud



# Dirección

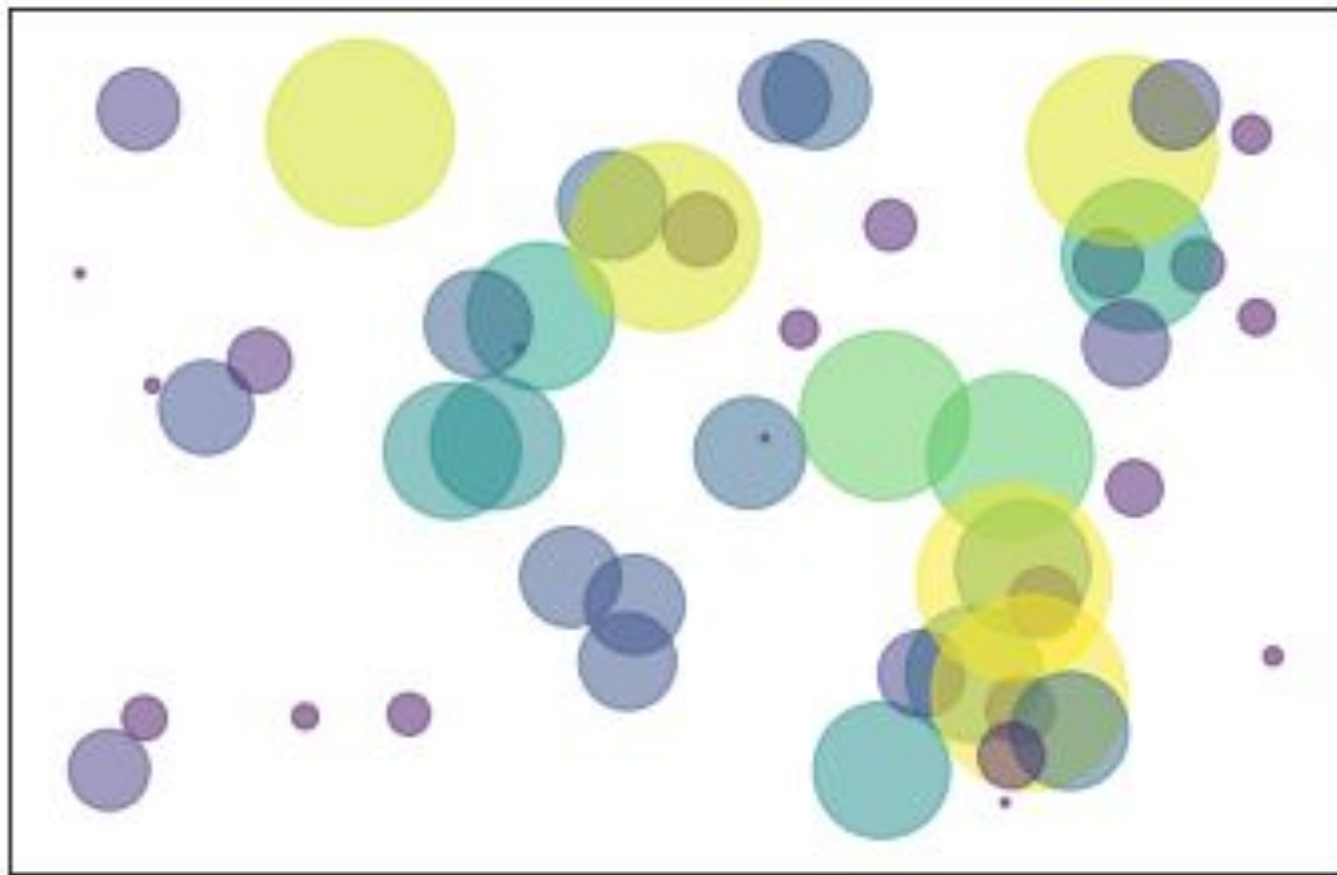


# Ángulo

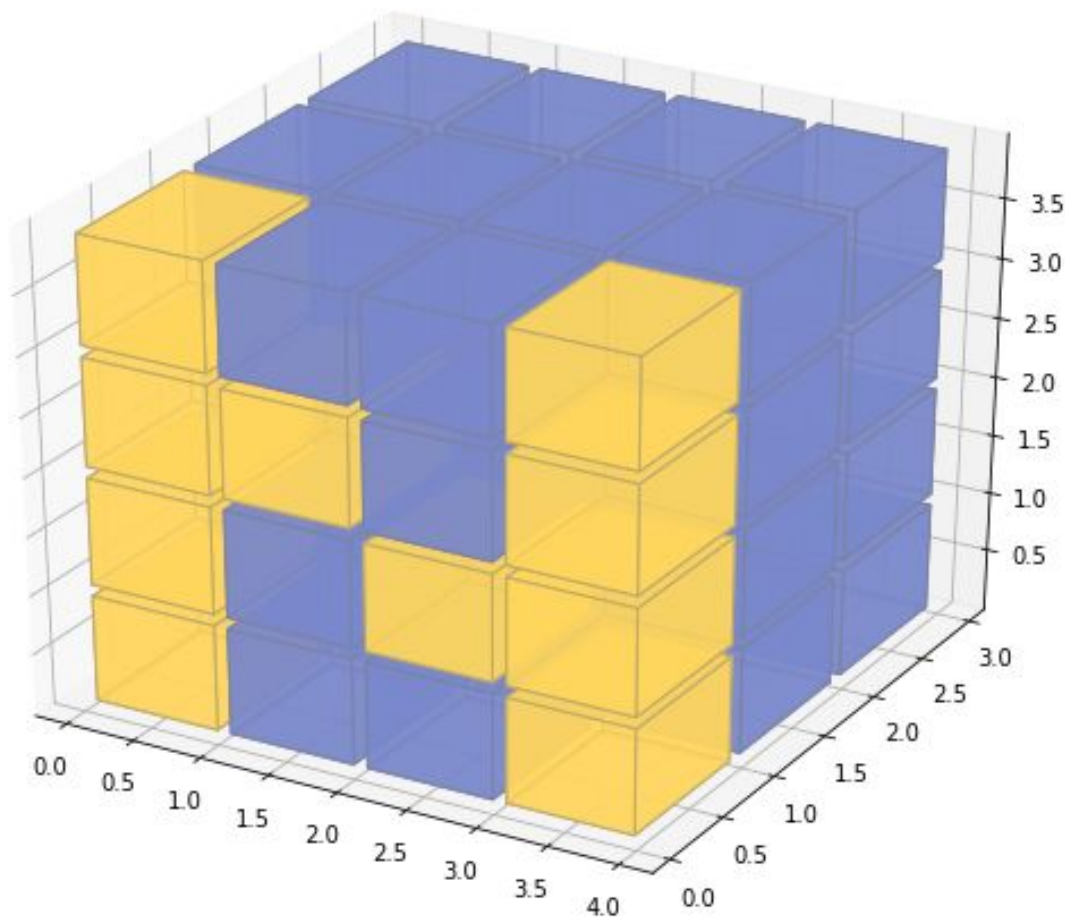




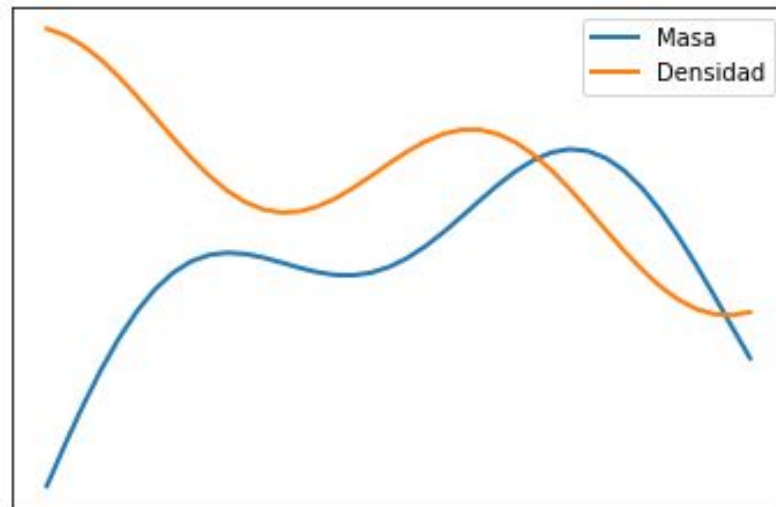
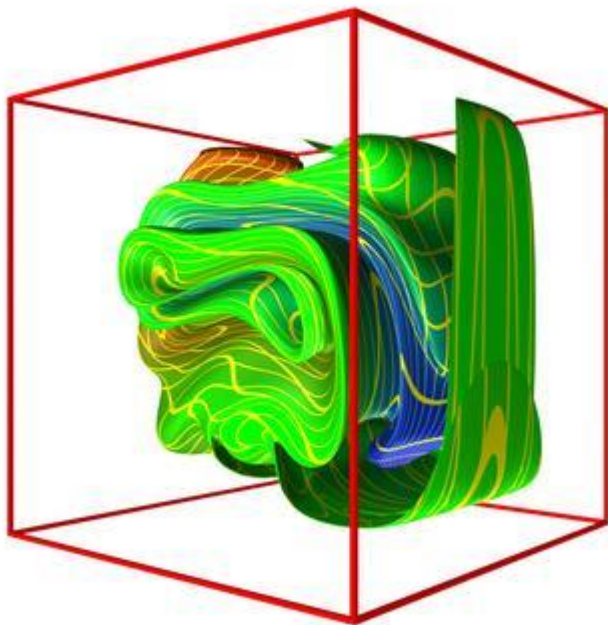
# Área



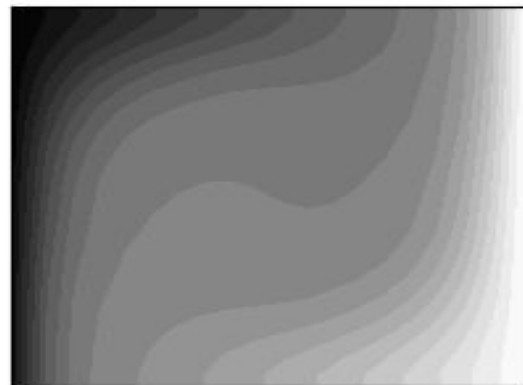
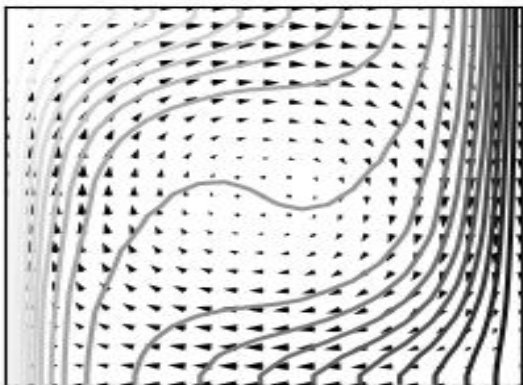
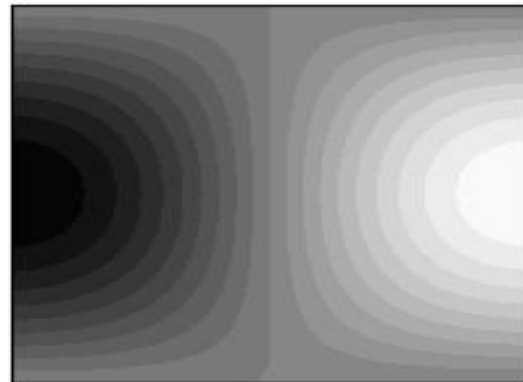
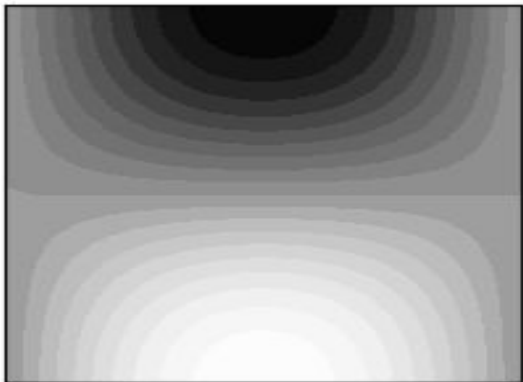
# Volumen



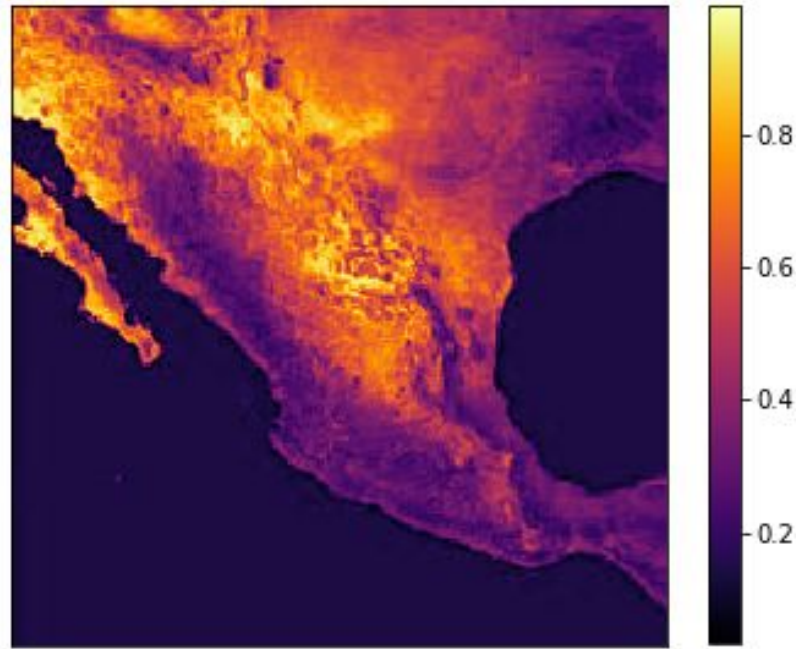
# Curvatura



# Intensidad, contraste



# Matiz, saturación



- La clasificación de CM está basada en experimentos y un estudio cuidadoso de la percepción visual humana.
  - *“Una forma gráfica que involucra tareas perceptivas elementales que nos llevan a juicios más precisos que otra forma gráfica (usando la misma información cuantitativa) resultará en una mejor organización y un incremento en las oportunidades de una correcta percepción de patrones y comportamientos.”*
  - Entre más precisión se requiera en el análisis, la forma gráfica debe estar más arriba en la clasificación.



# Ejemplo 1

datos = [10, 18, 8, 12, 15, 7]

- Representar gráficamente los datos usando:
  - Gráfica de barras.
  - Área (bubble plot).
  - Heatmap.







# Ejemplo 2

```
xx = np.linspace(1971, 2010, 40)
```

```
mu = [-90.          -77.39986164 -65.46010903 -54.49071099 -44.75968262 -36.4755607 -29.77376808  
-24.70775887 -21.24552318 -19.27168023 -18.59502265 -18.96101895 -20.06845655 -21.58913704  
-23.18933605 -24.55162446 -25.395624      -25.49634034 -24.6988747  -22.92855226 -20.19580481  
-16.59548873 -12.3006826   -7.55137015   -2.63874848  2.11381236   6.3719135    9.81199255  
12.14248029  13.12286543  12.57942091  10.4165633    6.62310277   1.27297469  -5.47959474  
-13.41017285 -22.23879542 -31.64827266 -41.30492924 -50.88042222]
```

```
um = [ 50.          48.06408077  44.86317999  40.52276507  35.2428126  29.28473253  22.95427539  
16.58154025  10.49939062   5.02168953  0.42277708  -3.08046781  -5.34280842  -6.30014676  
-5.97371478 -4.46868604  -1.96729877   1.28306012   4.98603085   8.81565881  12.43770768  
15.53151408  17.81095471  19.04315501  19.06371614  17.78746445  15.21402073  11.42782498  
6.59261518   0.94072099  -5.24212759 -11.63548312 -17.90513382 -23.72495653 -28.79824093  
-32.87709045 -35.7786314  -37.39697056 -37.71011914 -36.78143058]
```



## Ejemplo 2

- Los datos anteriores representan la exportación de productos entre los países  $u$  y  $m$ :  $\mu_u$  de  $m$  hacia  $u$ ,  $\mu_m$  de  $u$  hacia  $m$ .
  - Normalizar los datos para que todos sean positivos.
  - Crear una gráfica que muestre las exportaciones de un país hacia el otro.
  - Crear una gráfica que muestre la balanza comercial entre los dos países.



# La otra parte de la historia

- Algunas veces no se requiere de precisión en el análisis de los resultados, sino que se busca facilitar la percepción de patrones o las relaciones de una variable con su entorno geográfico.
- En estos casos, lo conveniente es comenzar desde abajo de la clasificación de CM y codificar los valores numéricos con matices de color, contrastes, burbujas sobre un mapa, etc.



- La clasificación de CM usa bases sólidas para tomar decisiones sobre los gráficos que se van a presentar y no solo toma en cuenta razones estéticas.
  - Por supuesto que existen excepciones y sutilezas que dependen del contexto y de las circunstancias.

*“El criterio para decidir cómo presentar un gráfico no es simplemente qué tan rápido deseamos mostrar un resultado; sino que, a través del gráfico podemos ver algo que sería muy difícil de ver sin dicho gráfico e incluso no ser percibido.”*



# Epílogo

- Acabamos de aprender acerca de **percepción visual de bajo nivel**.
- Hemos visto cómo el cerebro detecta las preattentive features.
- Con estos aprendizajes se espera que se puedan realizar una mejor representación de los datos.
- ¿Existe la **percepción visual de alto nivel**?

