

---

# Aprendizaje de Máquina

## Visualización y Analíticos Visuales

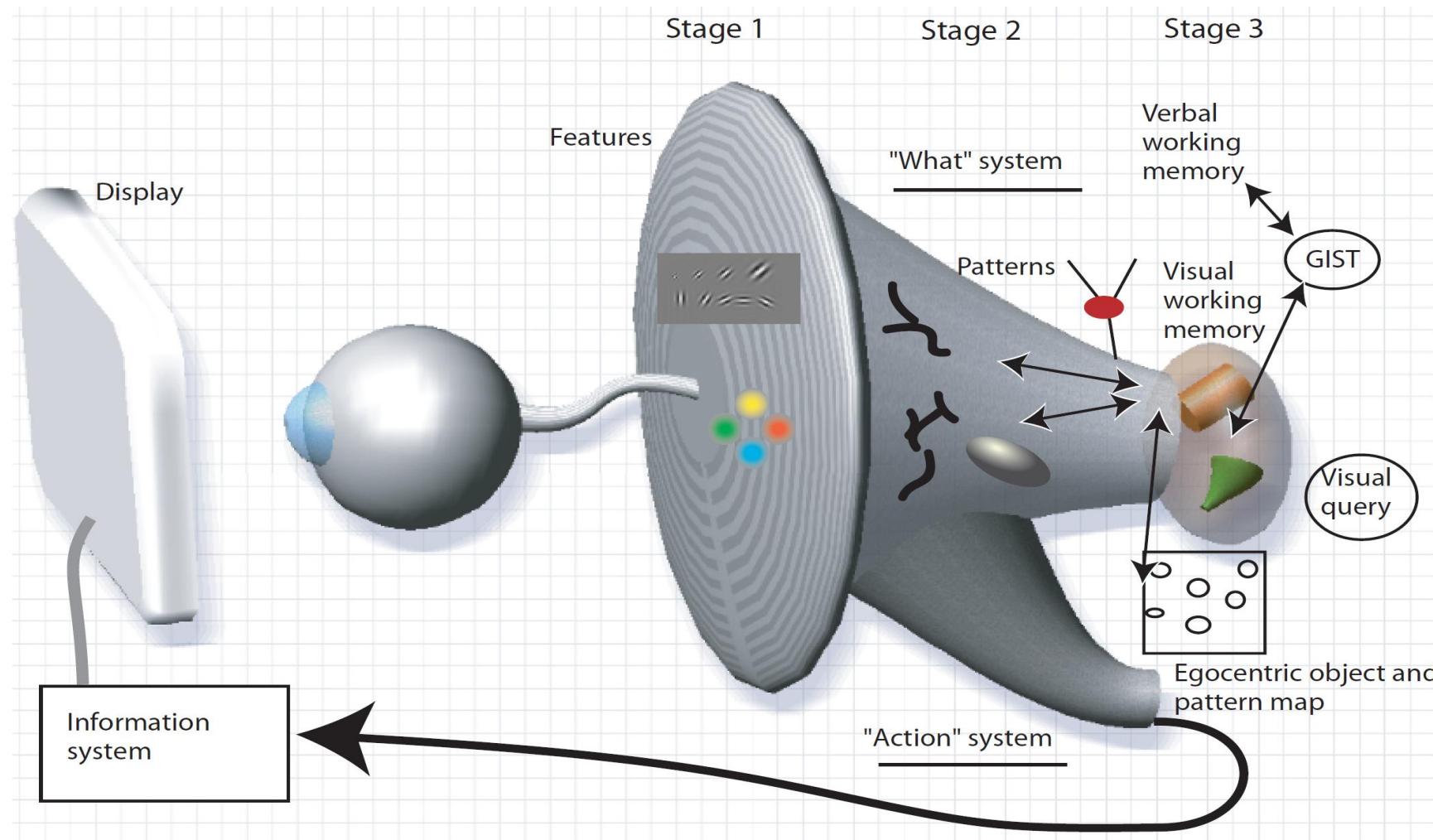
---

La Visualización de la Información propone el estudio de técnicas interactivas de representación visual de datos abstractos.

El objetivo en general consiste en mejorar la comprensión humana de dichos datos.

La VI aprovecha la capacidad del sistema visual humano para procesar enormes cantidades de información, y extraer significado.

# Colin Ware



---

## Ventajas de la VI:

Permite percibir y comprender **grandes cantidades** de datos.

Permite **identificar propiedades** que no eran reconocibles a priori.

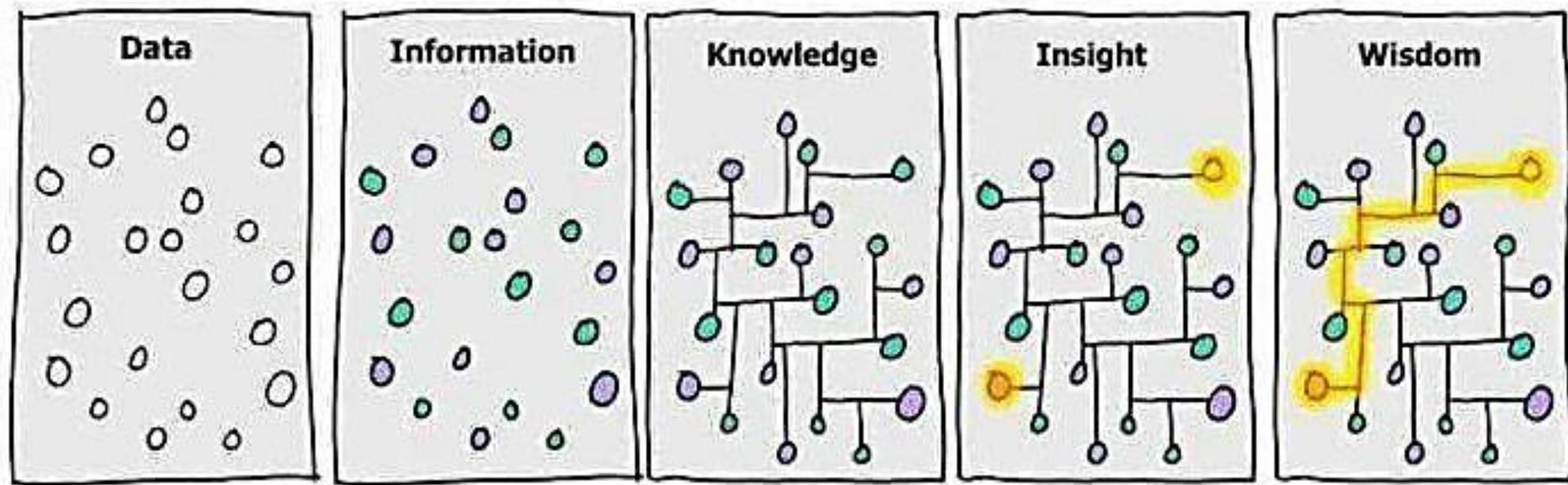
Permite **detectar errores** en la captura de los datos.

Facilita el entendimiento de características a **diferentes escalas**.

Permite elaborar **modelos interactivos** para análisis exploratorio y confirmatorio.

Incentiva la **formulación de hipótesis**.

La mayoría de las tareas cognitivas humanas se apoya en el sentido de la vista y de su capacidad para generar abstracciones, conceptualizaciones, relaciones, etc.

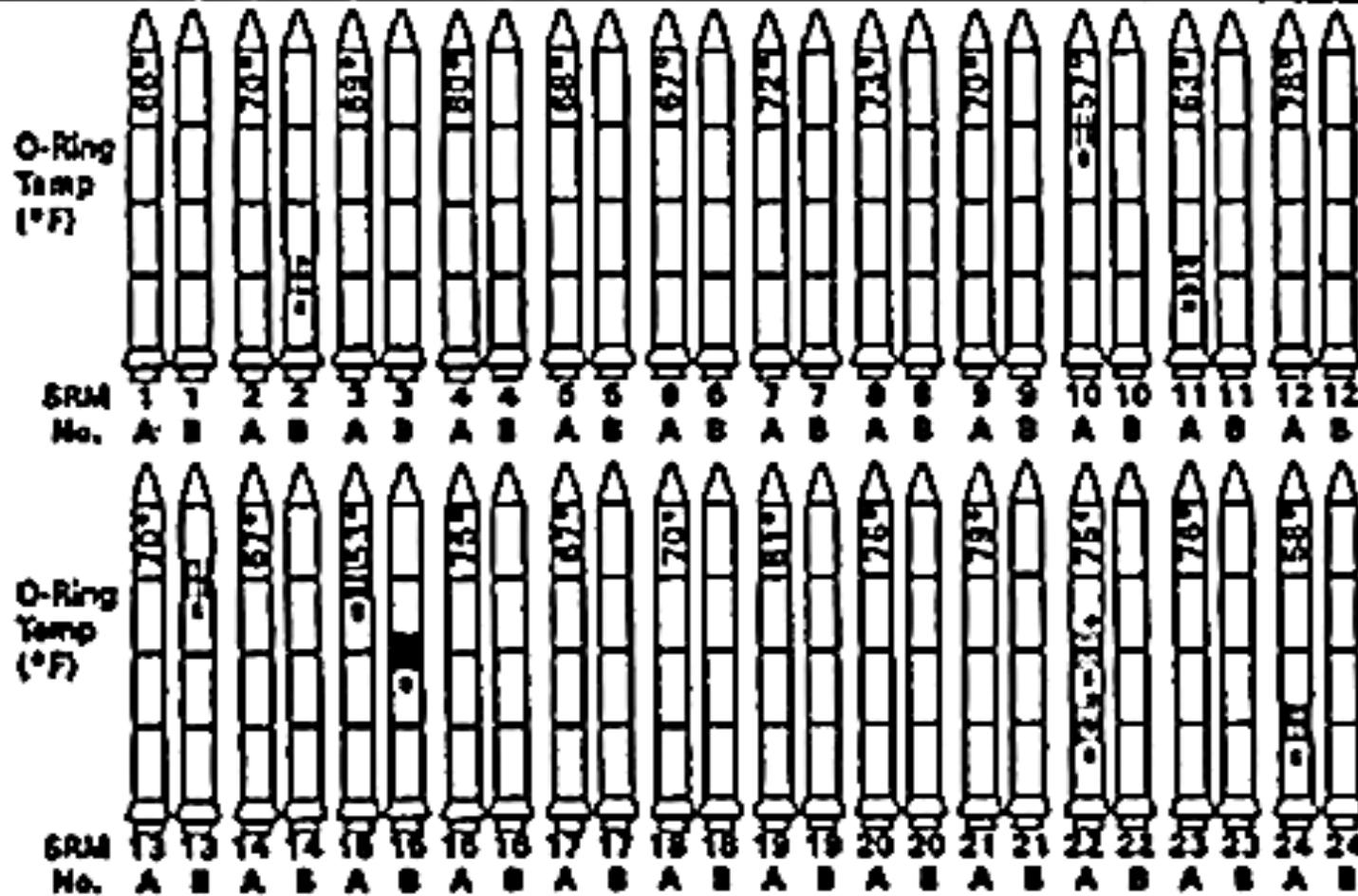


# InfoViz: Un ejemplo, el trasbordador Challenger

Code	
	= Heating of Secondary O-Ring
	= Primary O-Ring Blowby
	= Primary O-Ring Erosion
	= Heating of Primary O-Ring
	= No Damage

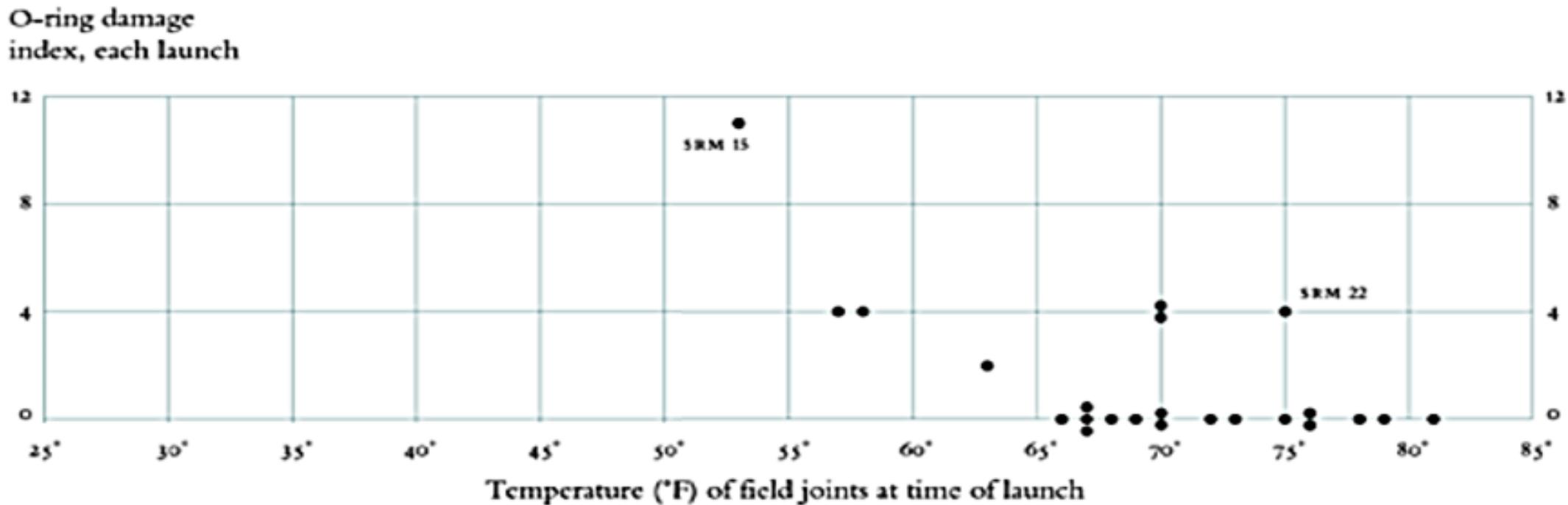
STATIC TEST MOTORS  
• HORIZONTAL ASSEMBLY

History of O-Ring Damage in Field Joints (Cont)



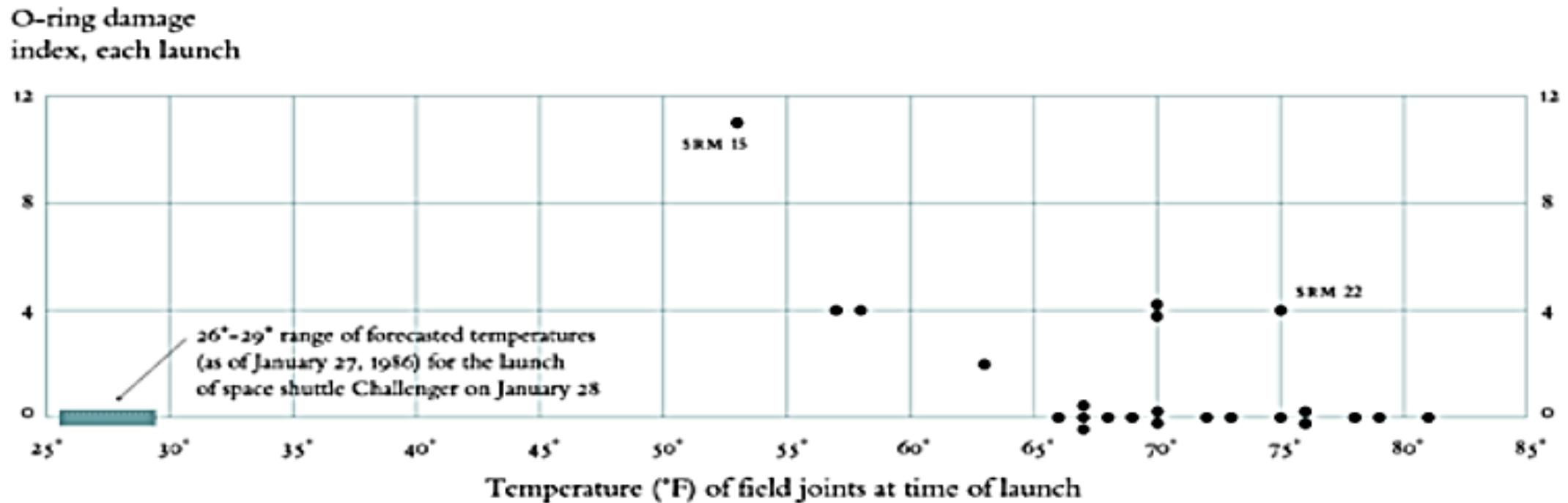
## InfoViz: Un ejemplo, el trasbordador Challenger

Mismo dataset, representado como nivel de daño vs. temperatura.



# InfoViz: Un ejemplo, el trasbordador Challenger

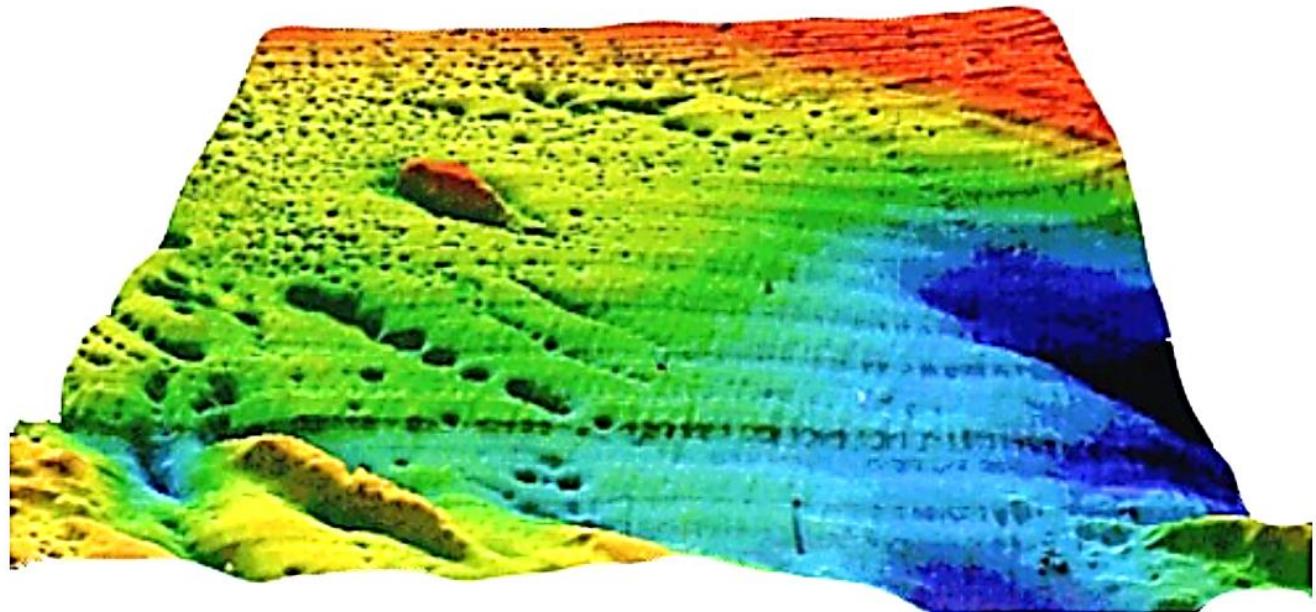
Mismo dataset, representado como nivel de daño vs. temperatura.



## InfoViz: Otro ejemplo: datos geoespaciales

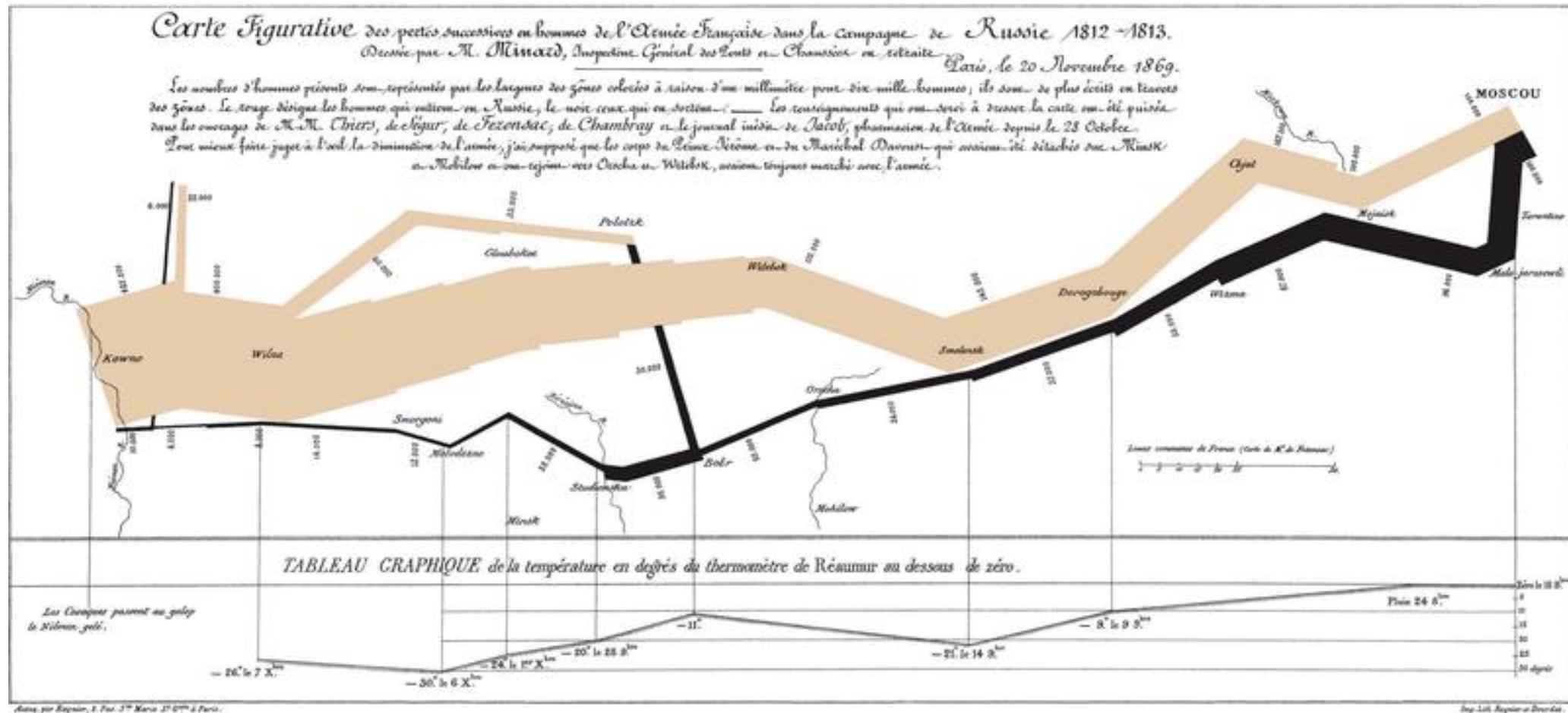
La tabla (posiblemente gigantesca) y el gráfico representan la misma información. Cuál es más inteligible?

Muestra	Latitud(N)	Longitud(E)	Ping (ms)
1	10°18'36.30"	79°31'13.78"	425
2	10°18'57.31"	79°31'13.11"	427
3	10°19'05.39"	79°31'13.25"	428
4	10°19'30.19"	79°31'13.13"	428
5	10°19'32.14"	79°31'13.23"	429
6	10°19'41.21"	79°31'13.21"	429
...	...	...	...



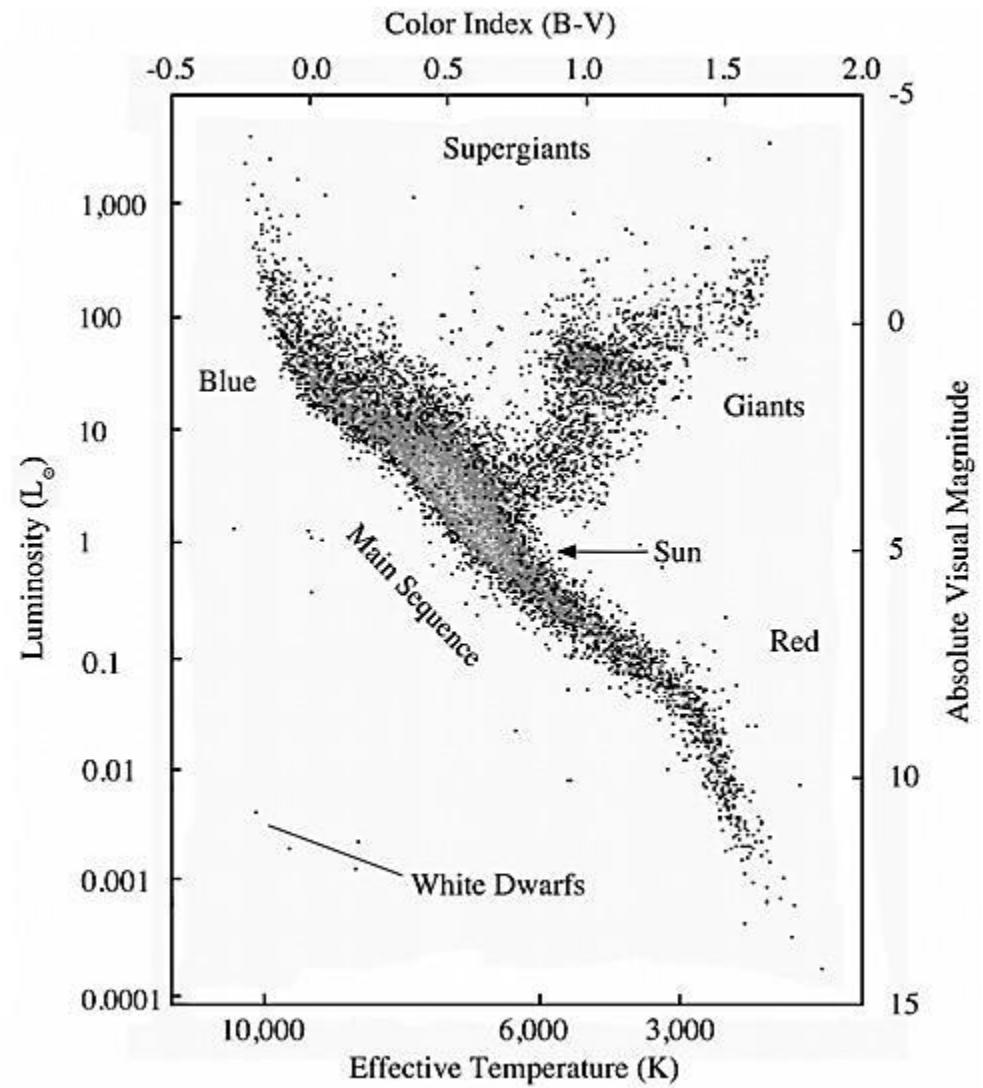
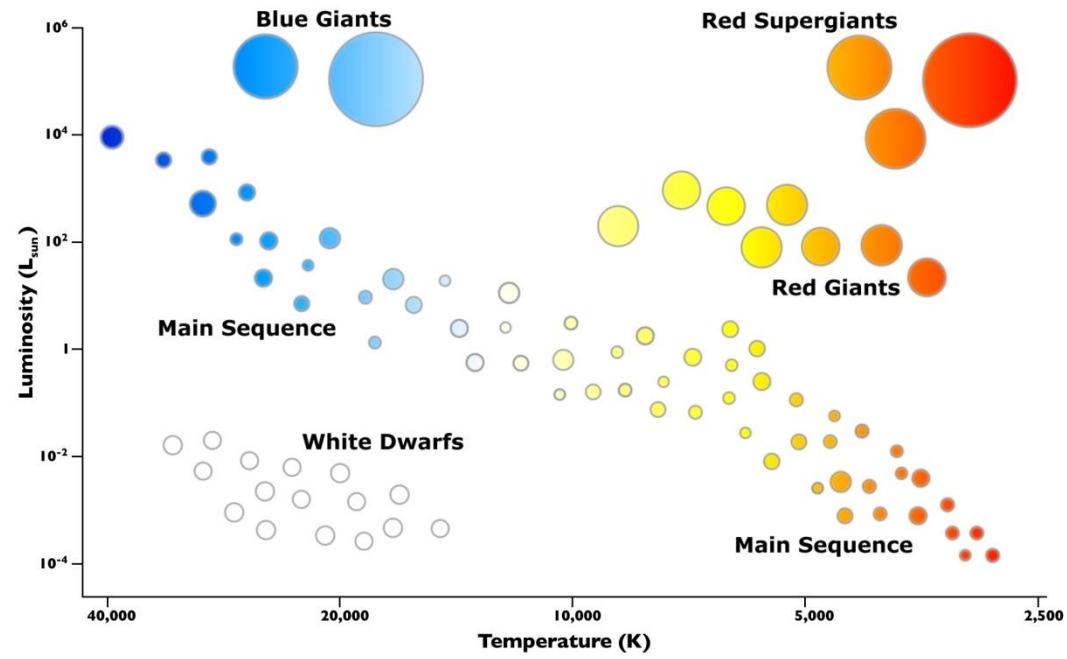
# InfoViz: Ejemplos históricos

## Charles Minard (c. 1820 d.c.): la campaña de Napoleón.



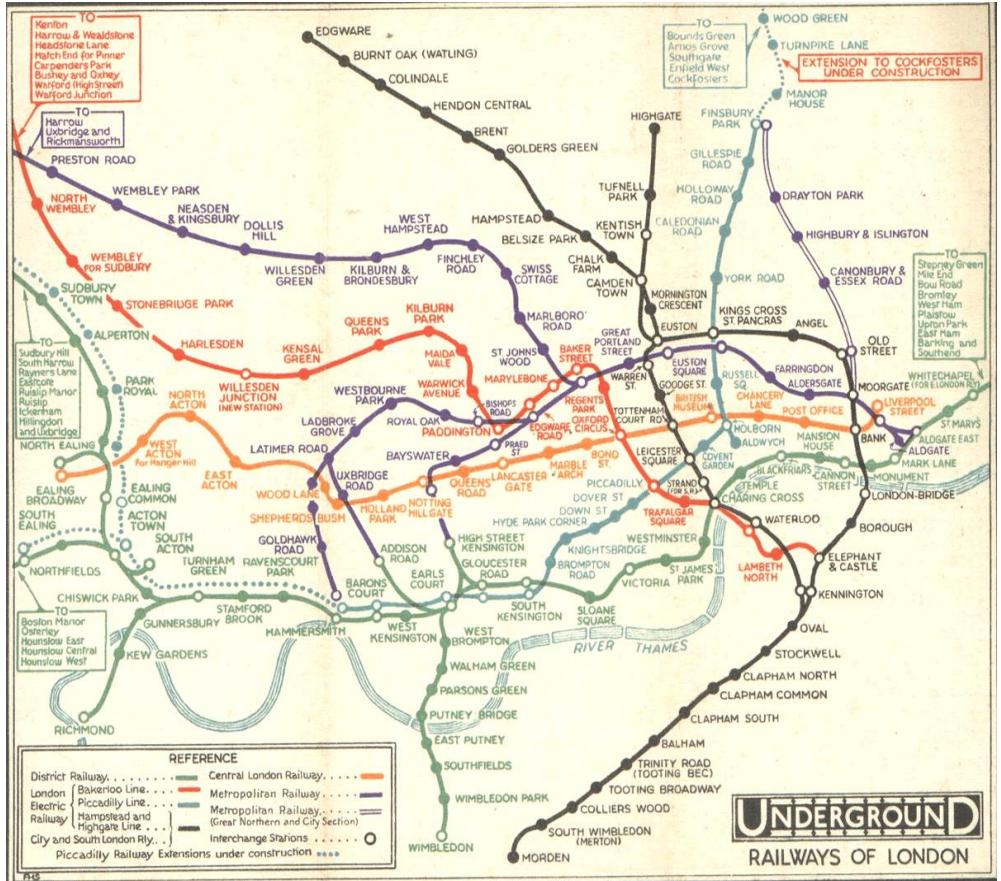
# InfoViz: Ejemplos históricos

Diagrama de Hertzprung-Russell (1909) relaciona las observaciones de estrellas por su tamaño y color.



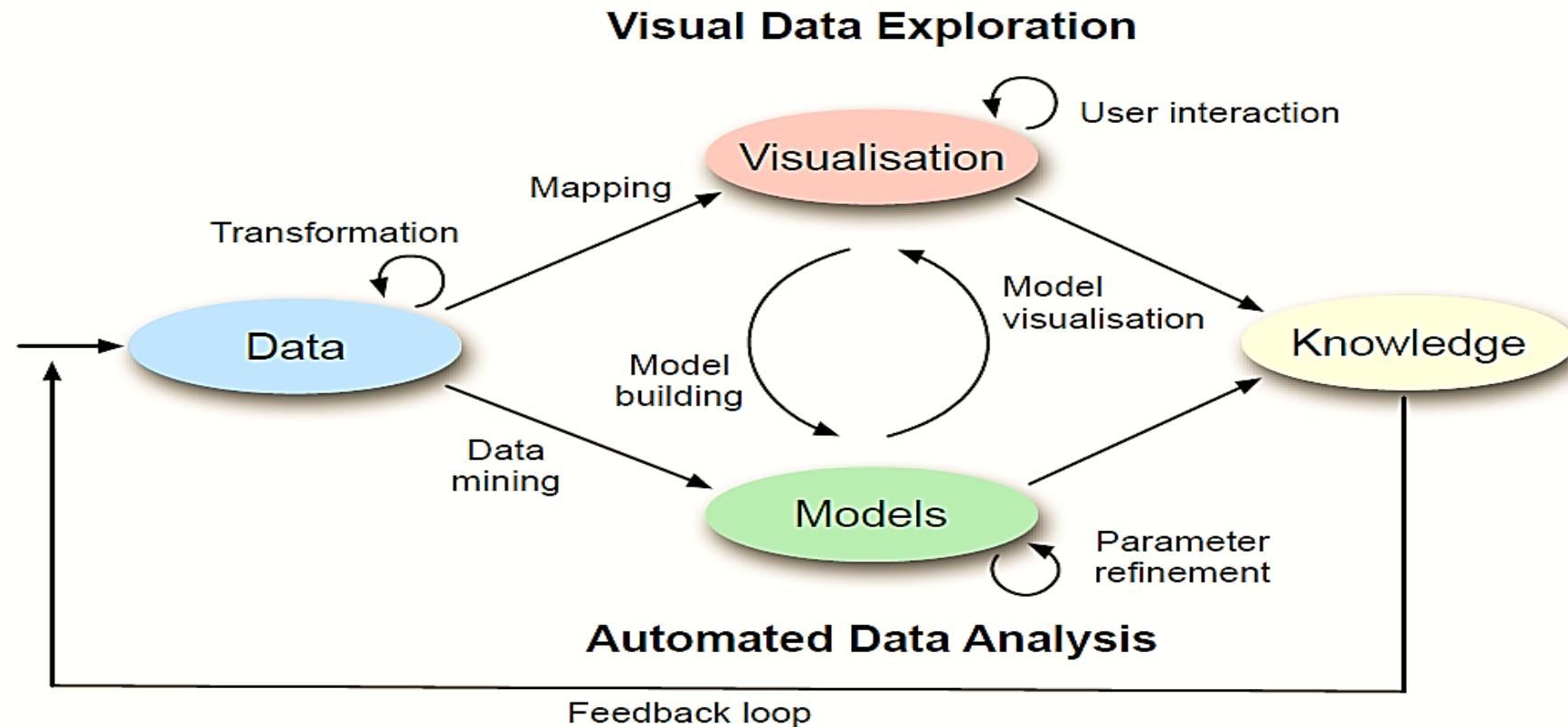
# InfoViz: Ejemplos históricos

## Subterraneos de Londres (Harry Beck, 1960): la geolocalización exacta no importa



## Modelos conceptuales: InfoViz, exploración interactiva, analíticos visuales.

La VI puede pensarse como parte de un proceso más complejo que podríamos denominar exploración interactiva de datos.



## Atributos perceptuales: cuántos, cuáles, por qué elegirlos.

---

La elección de una metáfora visual (o «vista») está relacionada con varios aspectos:

La actividad que realice el usuario (c.f. Schneiderman).

El mensaje que se desee transmitir (u ocultar).

La exactitud y precisión requeridas.

**La eficacia del atributo perceptual a utilizar.**

La disponibilidad de atributos perceptuales.

La interactividad.

...

(la lista es tan larga como aspectos tiene la VI)

## Atributos perceptuales: El espacio

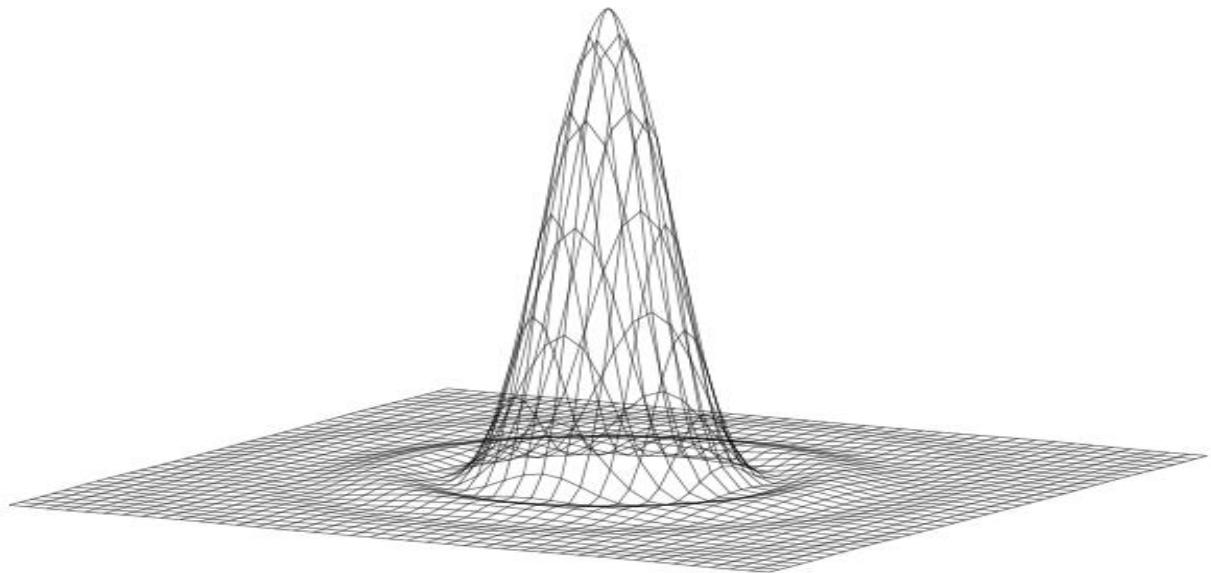
---

Cuáles son estos atributos, cuál es su eficacia?

El primero de ellos que mencionamos es el **espacio**, y está severamente limitado porque nuestra intuición espacial está restringida a tres dimensiones.

Además en pantallas se requiere una proyección, por lo que se cuenta con “2,5” dimensiones.

Representación  $2Q \Rightarrow 1Q$   
utilizando solo espacio



## Atributos perceptuales: El espacio

---

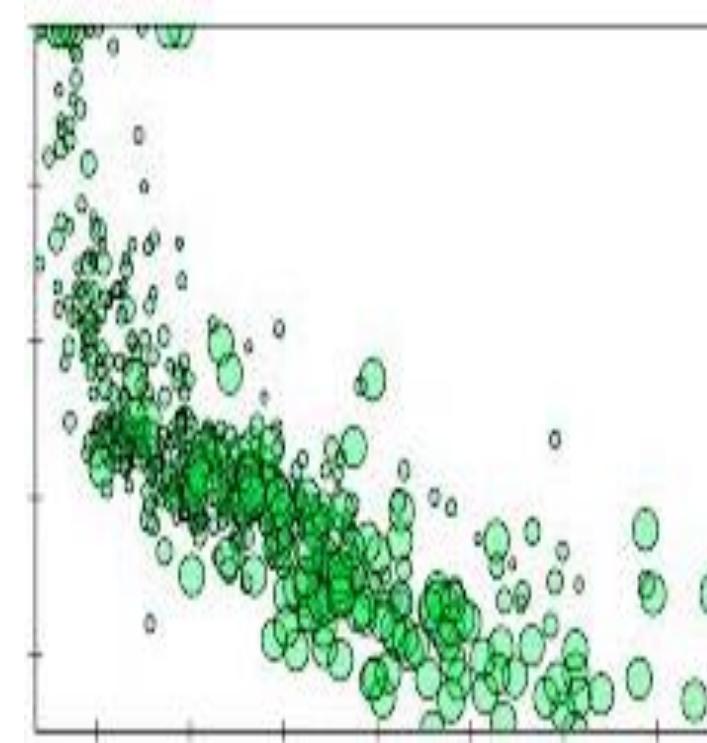
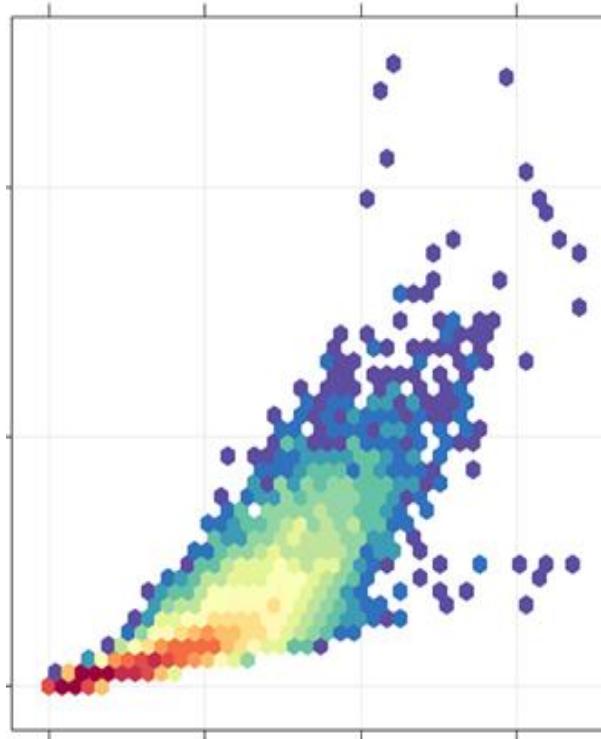
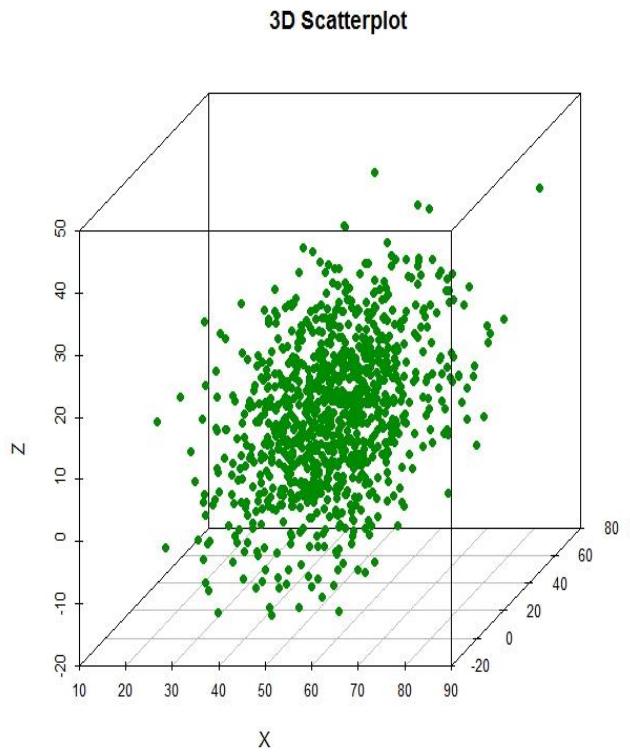
El ejemplo anterior es deliberadamente “espartano” (no existen ejes, ni colores, ni escalas, ni ningún elemento auxiliar).

Existen atributos secundarios al espacio (por ejemplo el tamaño de un ícono), pero por el momento nos ocupamos solamente del espacio geométrico.

El espacio es el atributo que con mayor exactitud y precisión permite representar magnitudes Q, y por ello es preferido cuando es posible.

# Atributos perceptuales: Espacio vs. color vs. tamaño

Algunos ejemplos utilizando diferentes tipos de scatterplots.



## Atributos perceptuales: cuántos, cuáles, por qué elegirlos.

---

Qué otros atributos visuales pueden utilizarse para representar información?

Podrían clasificarse en posicionales, temporales, y retinianos (puntuales).

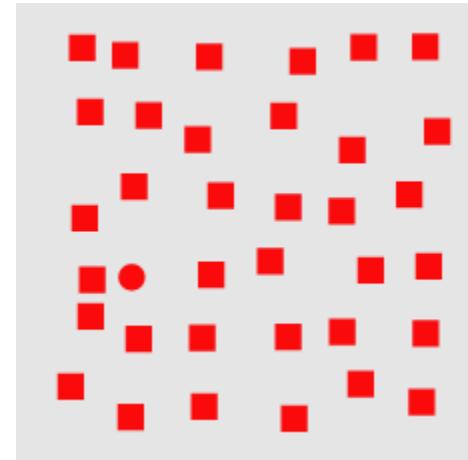
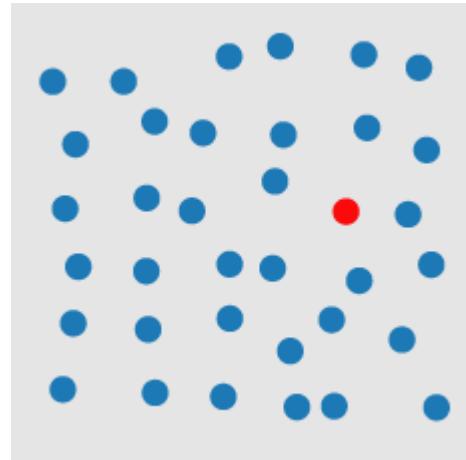
Entre los temporales contamos dirección, velocidad, parpadeo.

Entre los retinianos están color, textura y forma (incluyendo tamaño, orientación, densidad, curvatura, 3D, y muchos otros).

## Atributos perceptuales: atributos preatentivos

Un aspecto muy importante a considerar es que en algunos casos la información representada con un atributo “salta a la vista” (es percibida automáticamente).

Esos son los denominados atributos **preattentivos**, cuyo uso es muy poderoso:

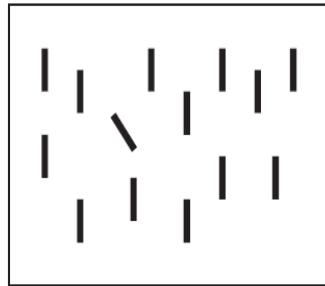


12817687561**3**8976546984506985604982826762  
980985845822450985645894509845098094**3**585  
90910302099059595772564675050678904567  
8845789809821677654876**3**64908560912949686  
0985845822450985645894509845098094**3**58598

# Atributos perceptuales: atributos preatentivos

Algunos atributos preatentivos más:

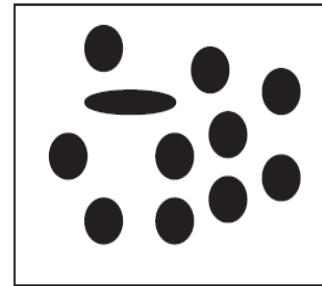
Orientation



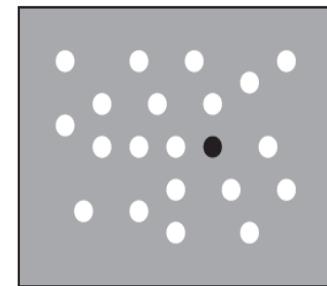
Curved/straight



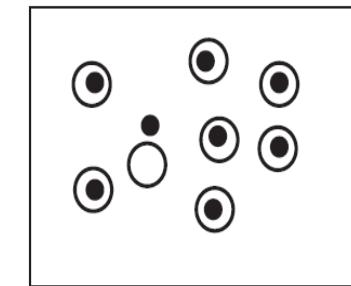
Shape



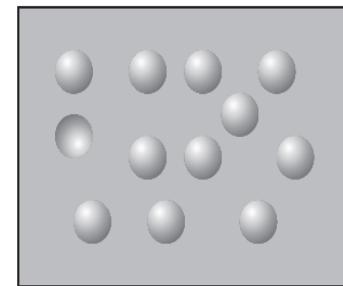
Gray/value



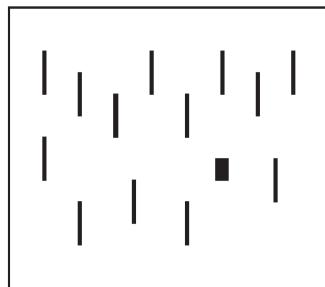
Enclosure



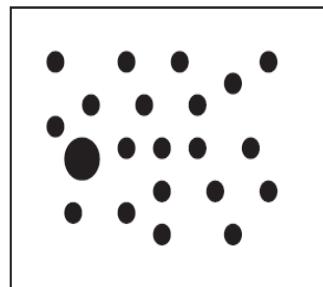
Convexity/concavity



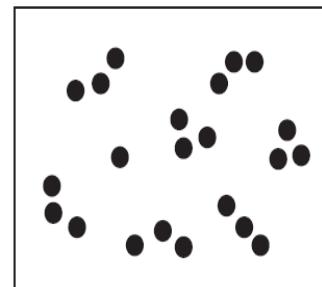
Shape



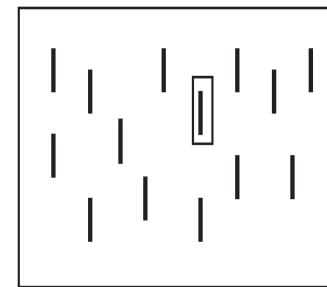
Size



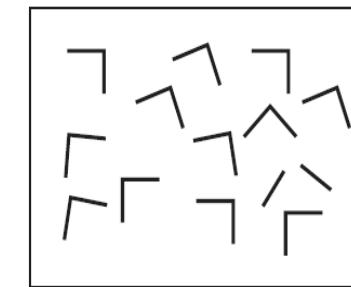
Number



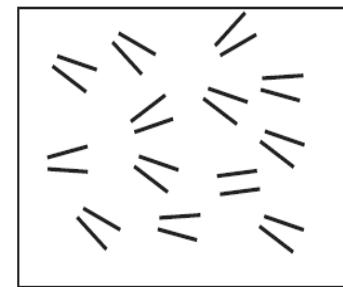
Addition



Juncture



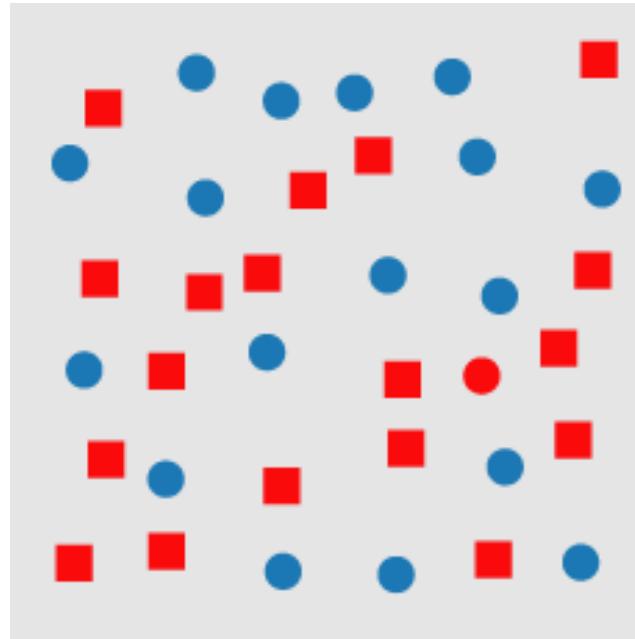
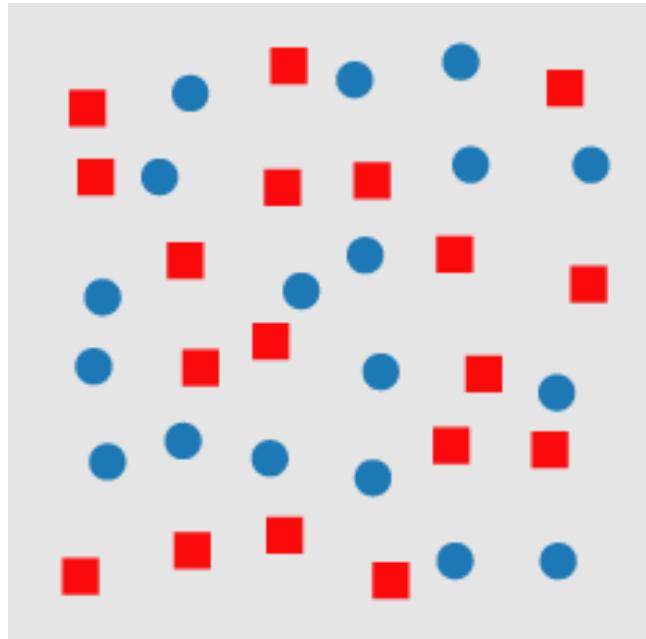
Parallelism



## Atributos perceptuales: atributos preatentivos

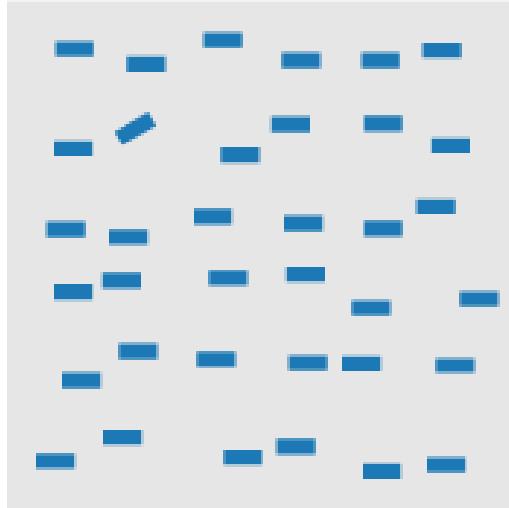
Los atributos preatentivos no pueden combinarse fácilmente para propósitos diferentes, dado que tienen “crosstalk” (son mútuamente distractivos).

Determinar si existe un círculo rojo:

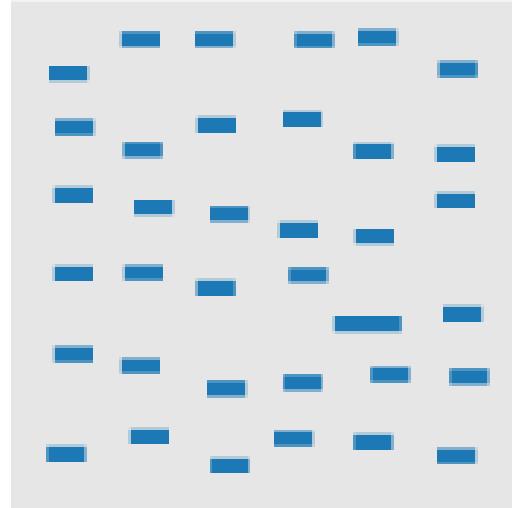


## Atributos perceptuales: Forma

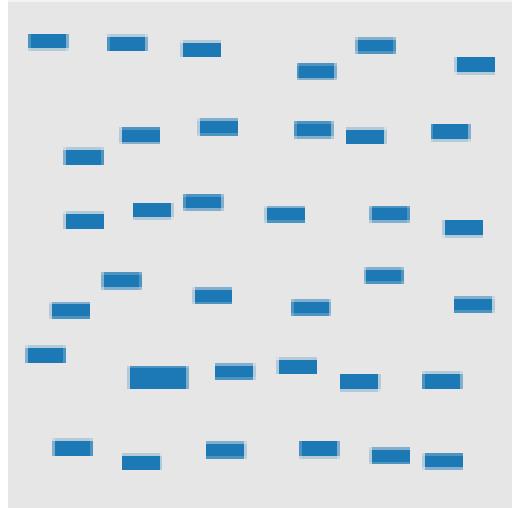
Es difícil agotar el espectro de atributos de forma. Algunos ejemplos:



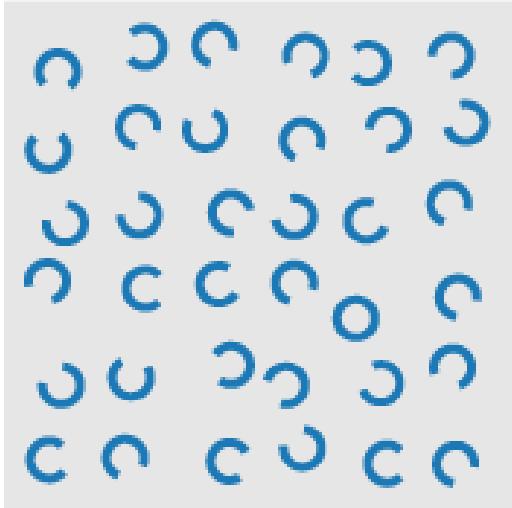
Orientación



Ancho/alto



Tamaño

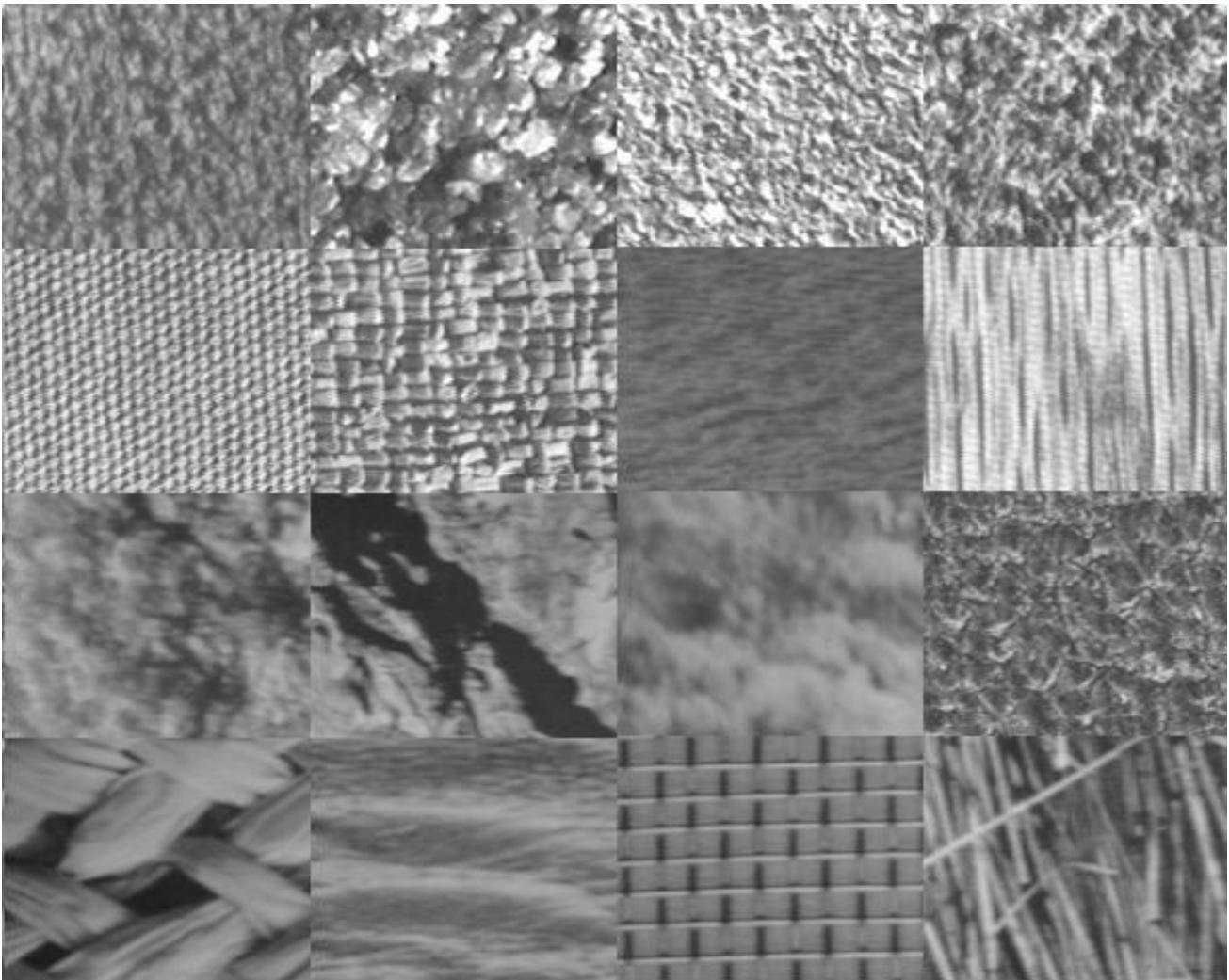


Clausura

# Atributos perceptuales: Textura

La textura probablemente sea el atributo más rico y complejo.

Algunas texturas del catálogo de Brodatz.



# EL COLOR: Definiciones

---

El color es un atributo perceptual (no existe en la “realidad”) y obedece a una serie de fenómenos complejos, físicos (objetivos) y fisiológicos (subjetivos).

Entre los primeros, se cuentan la generación de luz (iluminantes) y la reflexión. Entre los segundos, la sensación cromática, y la percepción.

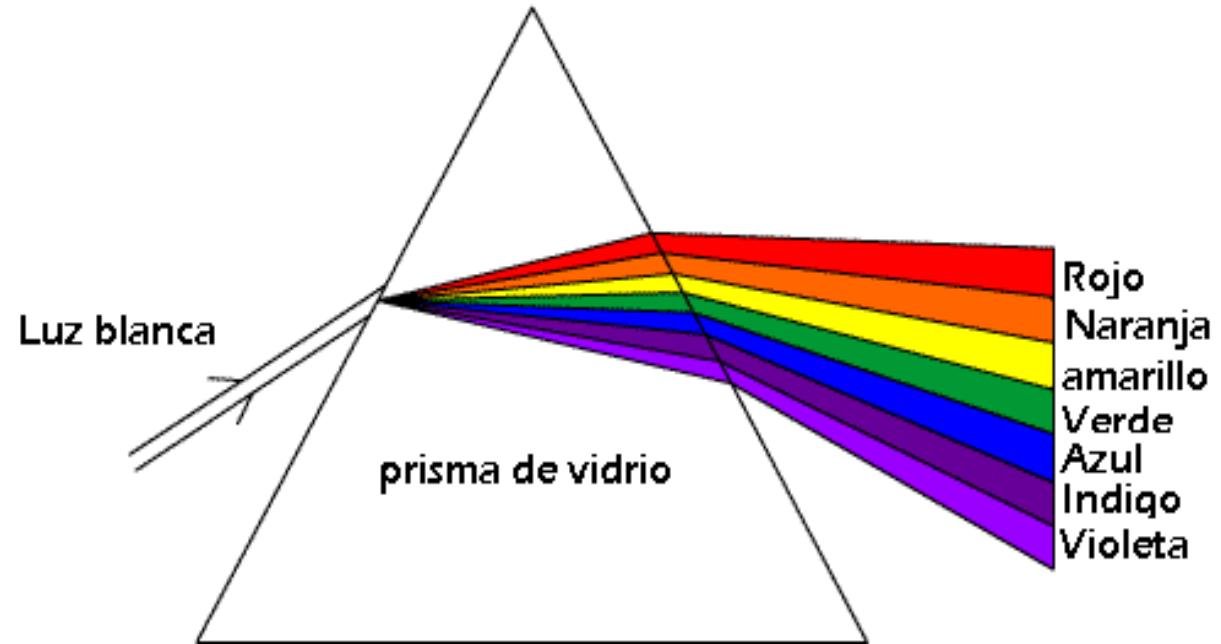
Iluminante => objeto => estímulo => sensación => percepción

# EL COLOR: Definiciones

Todos conocemos que los dispositivos de reproducción de imágenes (monitores, TV, etc.) utilizan el “espacio cromático” RGB. Cada posible estímulo cromático (“color”) puede reproducirse con una combinación de esos tres colores primarios.

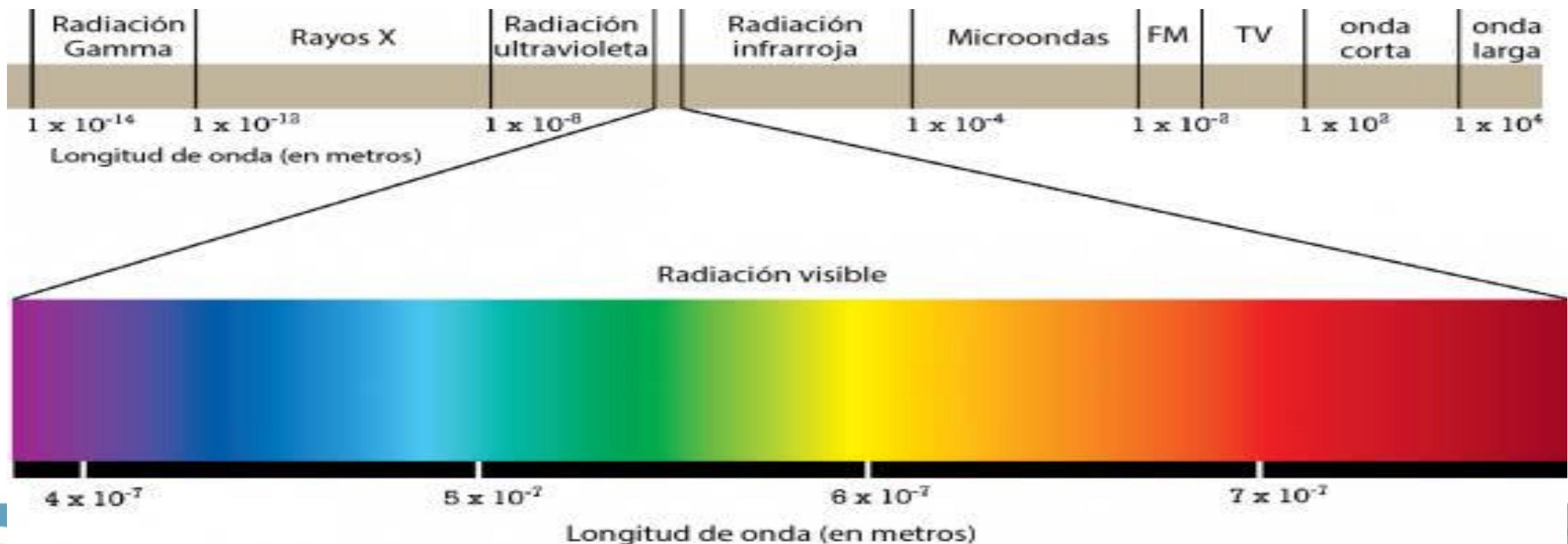
Por otro lado, todos conocemos la experiencia del prisma de Newton y que la luz contiene un sinnúmero de colores.

Cómo pueden ambas cosas ser posibles?



# EL COLOR: Campo electromagnético

La luz visible es parte (muy pequeña!) de un fenómeno más abarcativo, conocido como **electromagnetismo**, que nos acompaña en la vida diaria en muchos aspectos: [https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_electromagn%C3%A9tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica)



# EL COLOR: Campo electromagnético

Las ondas electromagnéticas pueden caracterizarse por un único parámetro, la frecuencia, o bien la longitud de onda (dado que ambos están relacionados por la velocidad de la luz). La luz visible tiene una longitud de onda entre 380 y 730 nanómetros (milimillonésimas de metro), lo cual hace que los fotones puedan interactuar con los pigmentos ubicados en la retina y de esa forma generar un estímulo perceptible. <https://es.wikipedia.org/wiki/Color>

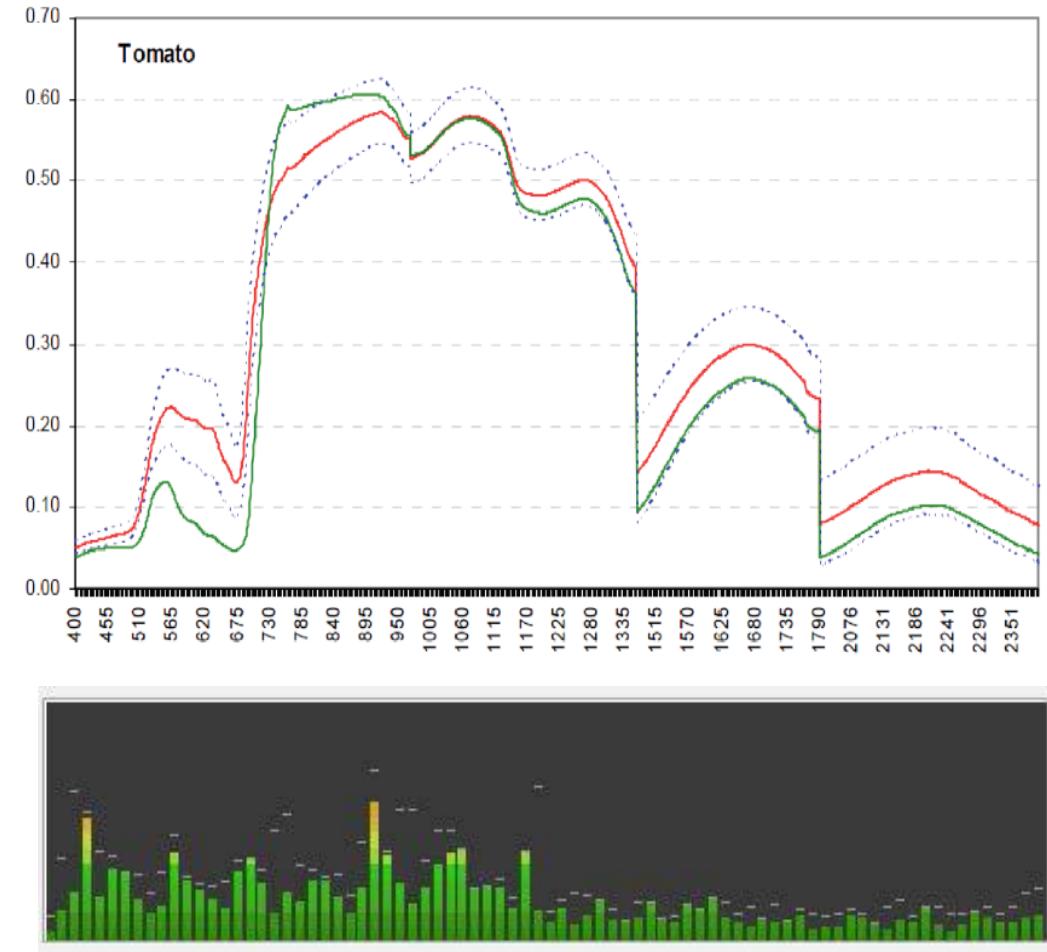


# EL COLOR: Distribución espectral o espectro

Los diferentes objetos en el mundo emiten diferentes cantidades de energía a cada una de esas longitudes de onda, conocidas como distribuciones espectrales, o *espectros*. Vemos el espectro de diversos frutos de tomate.

Los espectros también se utilizan en música, como se muestra en analizador de espectros de un típico reproductor de audio.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_de\\_frecuencias](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_de_frecuencias)



# EL COLOR: La retina humana

---

De esa manera, el “color” con el cual se nos aparece un objeto, depende de la luz que lo ilumina, y de cómo ese objeto la refleja.

Por qué entonces si el espectro de la luz visible contiene “infinitos colores”, podemos representar cada color con solo tres valores RGB?

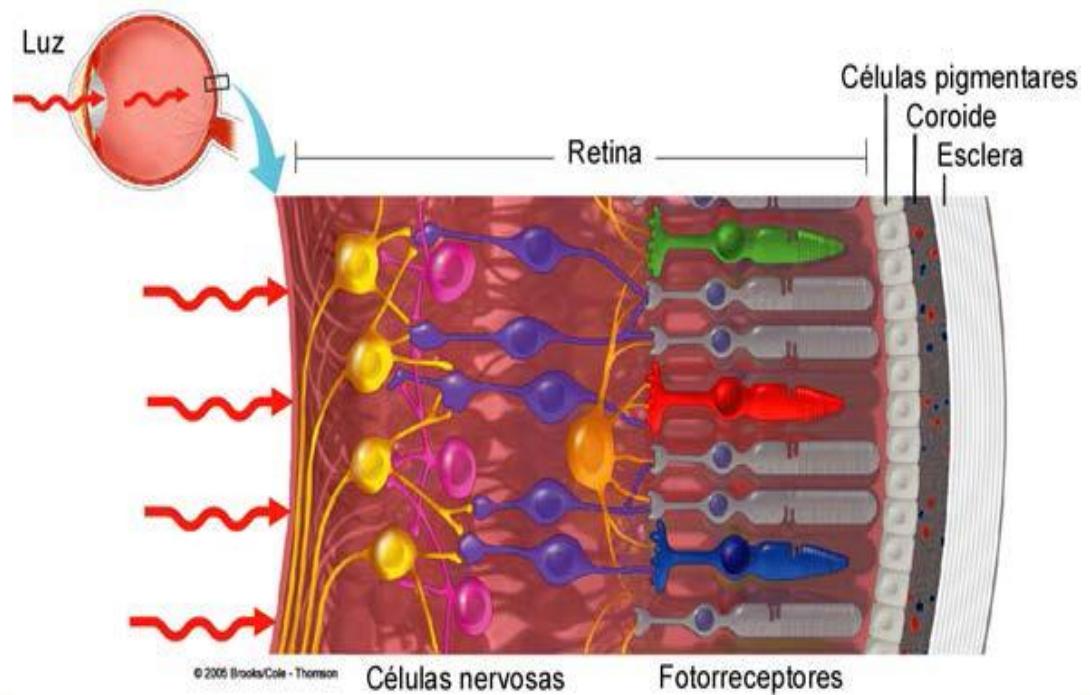
El hecho concreto que responde esta pregunta es que la retina humana contiene solamente tres tipos de receptores, cada uno sensible a una parte diferente del espectro, centrados aproximadamente en la zona del azul, el verde y el amarillo.

# EL COLOR: La retina humana

En la figura se observa un ojo humano, y un detalle esquemático de la retina. Increíblemente los receptores están en la parte de atrás de la misma. Cada receptor cromático (conos) está pintado del color aproximado (el del amarillo está en rojo, después veremos por qué).

Hay además receptores acromáticos (bastones) que funcionan en condiciones de muy poca iluminación.

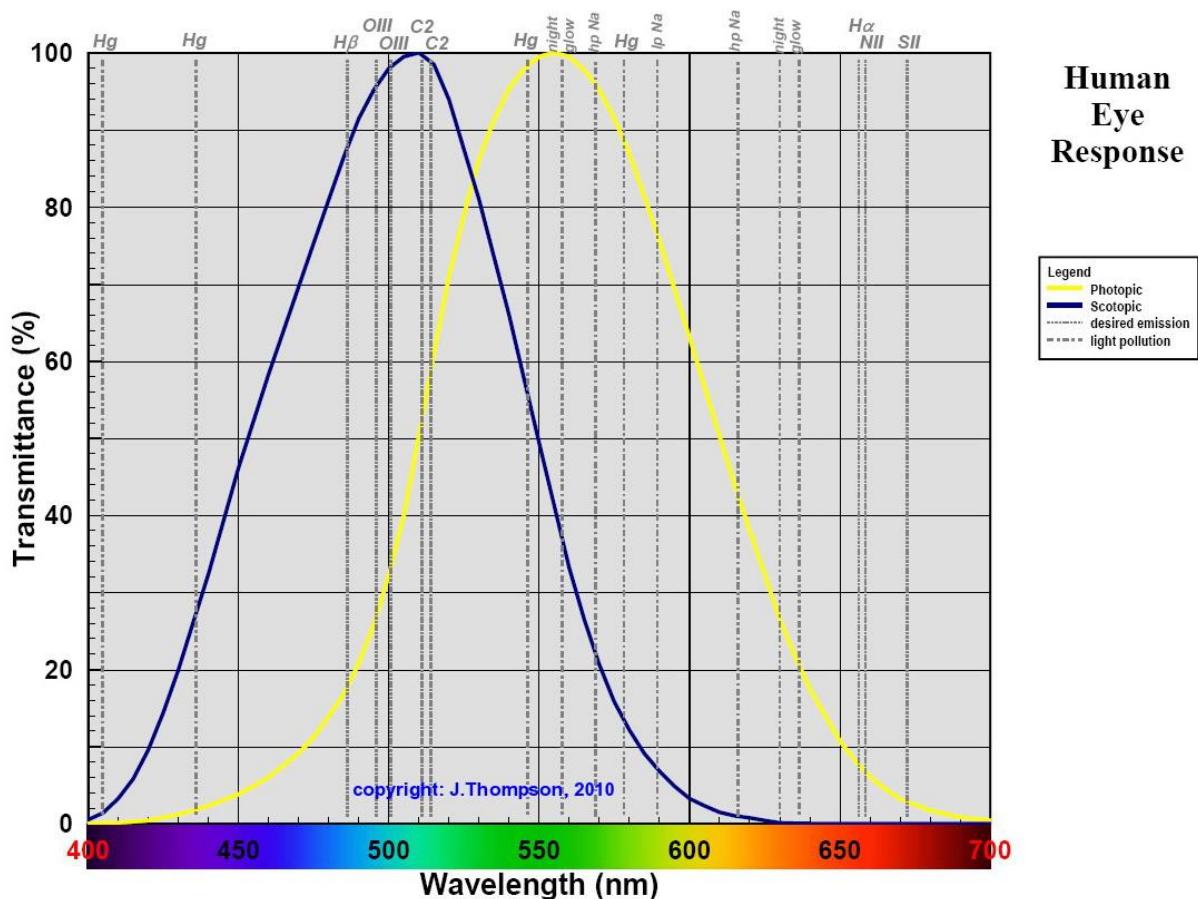
<https://es.wikipedia.org/wiki/Retina>



# **EL COLOR: La retina humana**

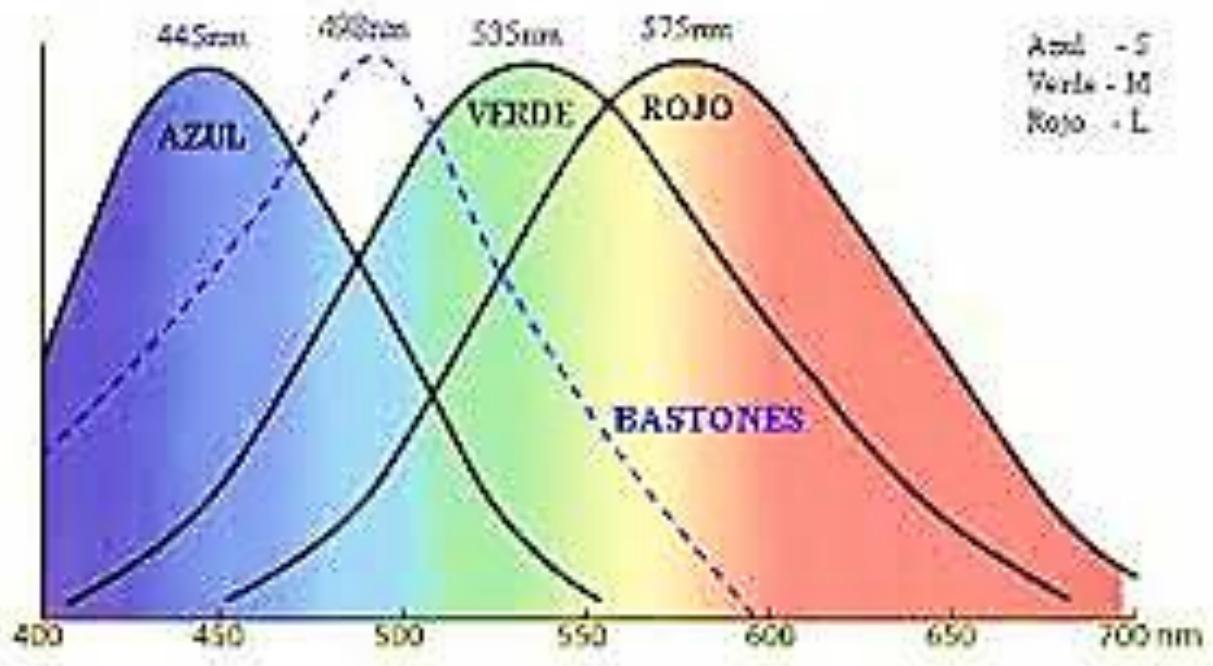
La figura muestra las curvas de sensibilidad normalizada de la visión fotópica (normal, basada en los conos, cromática) y la visión escotópica.

La sensibilidad fotópica depende de la acción combinada de los tres tipos de conos.



# EL COLOR: La retina humana

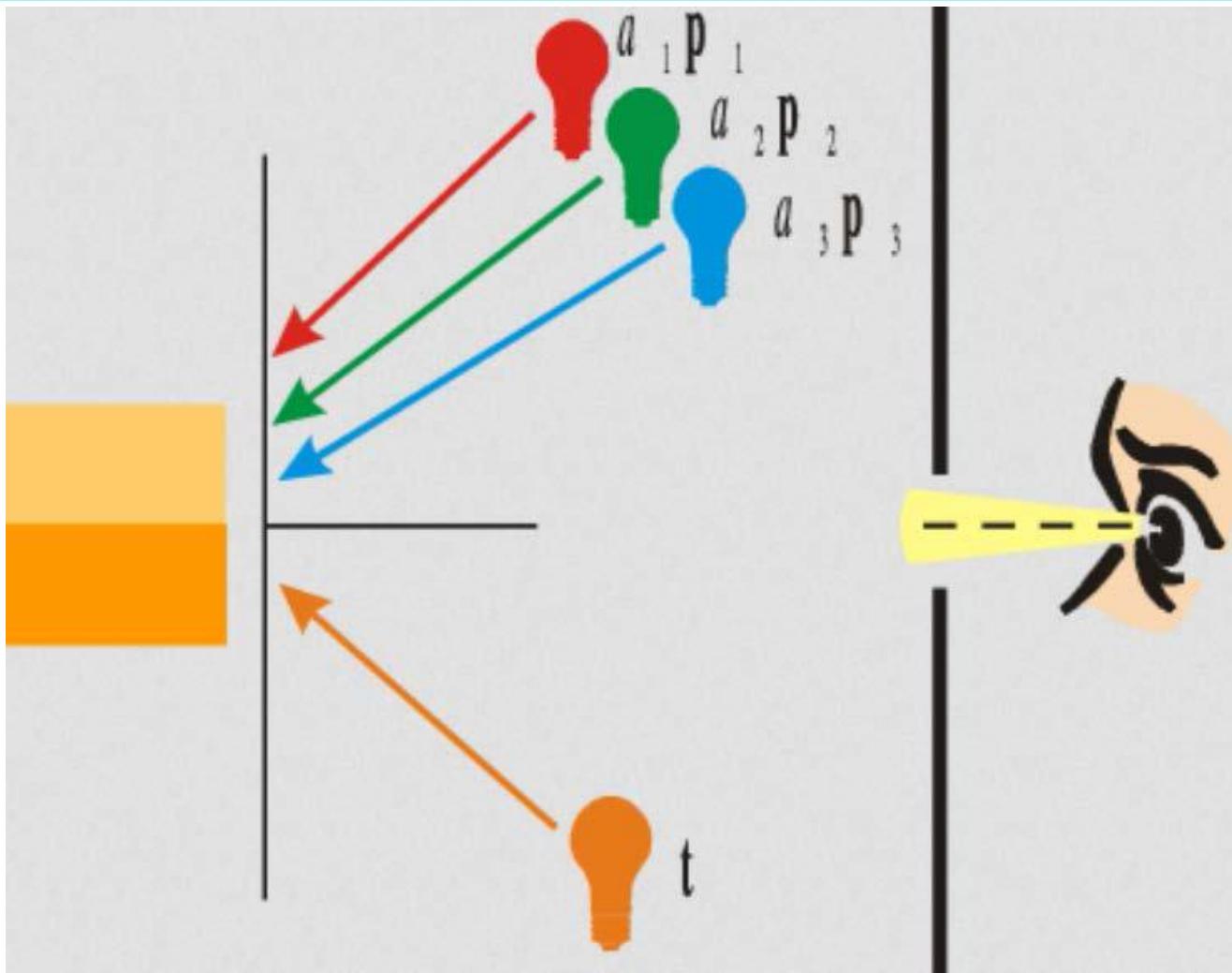
La figura muestra en forma muy idealizada las curvas de sensibilidad de cada tipo de cono (visión fotópica, ubicados mayormente en la fóvea), así como la de los bastones (visión escotópica, ubicados en forma uniforme en toda la retina).



[https://es.wikipedia.org/wiki/Percepción\\_del\\_color](https://es.wikipedia.org/wiki/Percepción_del_color)

# EL COLOR: La retina humana

Sin embargo, cuando se intentó utilizar la sensibilidad de cada receptor para la síntesis aditiva (o “ecualización”) de colores, el resultado fue insatisfactorio.



# EL COLOR: La retina humana

Mirar 10 segundos al punto negro en la imagen antes de pasar a la próxima.



# EL COLOR: La retina humana

La imagen ahora parece de color, hasta que pestañamos.



# EL COLOR: Metamerismo

---

Todo espectro es percibido con un equivalente, que consta de dos funciones, una constante (componente acromática) y otra impulsiva (componente cromática).

Las magnitudes perceptuales se derivan inmediatamente de estas dos funciones:

**Luminancia** (intensidad): la energía de ambas componentes sumadas.

**Saturación** (pureza): la relación entre la energía cromática y energía total.

**Crominancia** (“color”): la longitud de onda dominante.

Este último caso es correcto solo con los colores espectrales (los no espectrales requieren la ficción de longitudes de onda negativas).

# ESPACIOS CROMÁTICOS

---

Una vez que la sensación cromática quedó determinada como magnitud de tres dimensiones, surgió la idea de organizarla en un **espacio cromático**.

Uno de los enfoques, basado en la fisiología, es utilizar la sensibilidad de cada receptor como eje. Los colores “imaginarios” X, Y, Z son definidos indirectamente a partir de las curvas vistas arriba.

Son “imaginarios” porque ninguna distribuciónpectral real puede afectar a uno solo de los receptores solamente (para ello haría falta “energía negativa”).

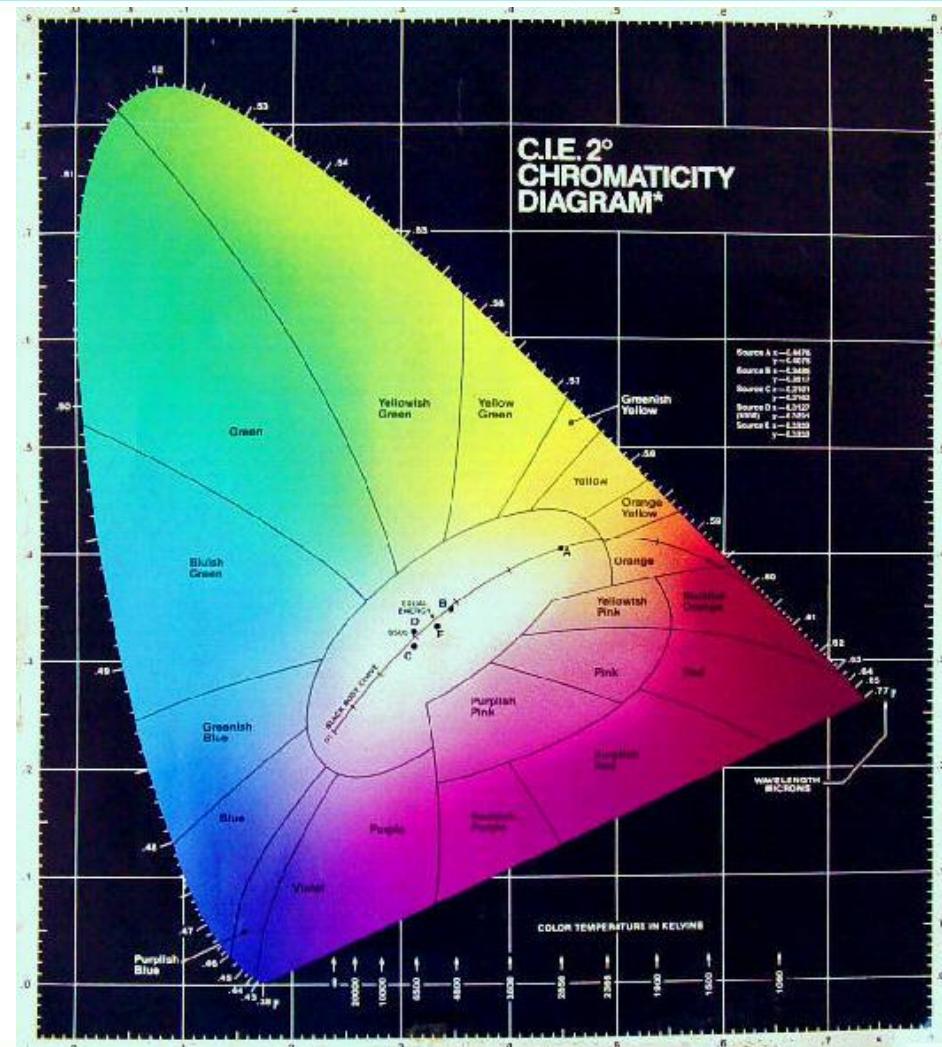
# ESPACIOS CROMÁTICOS: Diagrama CIE de cromaticidades

El espacio XYZ aprovecha la respuesta (casi) lineal del ojo, y es por lo tanto un espacio vectorial.

El diagrama de la derecha representa un corte de dicho espacio a misma norma (energía), p.ej.  $X+Y+Z=1$ .

Cualquier corte similar contiene todas las **cromaticidades** (combinaciones de crominancia y saturación) posibles.

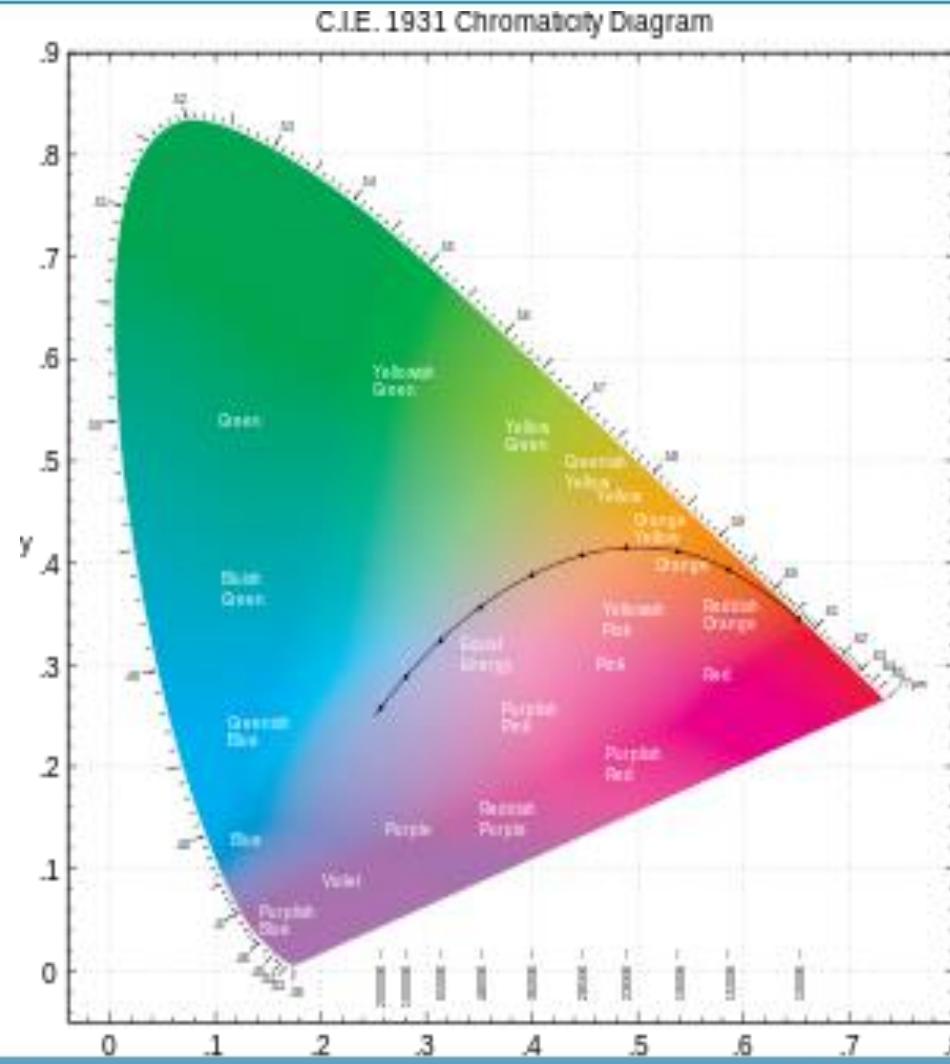
[https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio\\_de\\_color\\_CIE\\_1931](https://es.wikipedia.org/wiki/Espacio_de_color_CIE_1931)



# ESPACIOS CROMÁTICOS: Diagrama CIE de cromaticidades

El diagrama de cromaticidades posee varias propiedades:

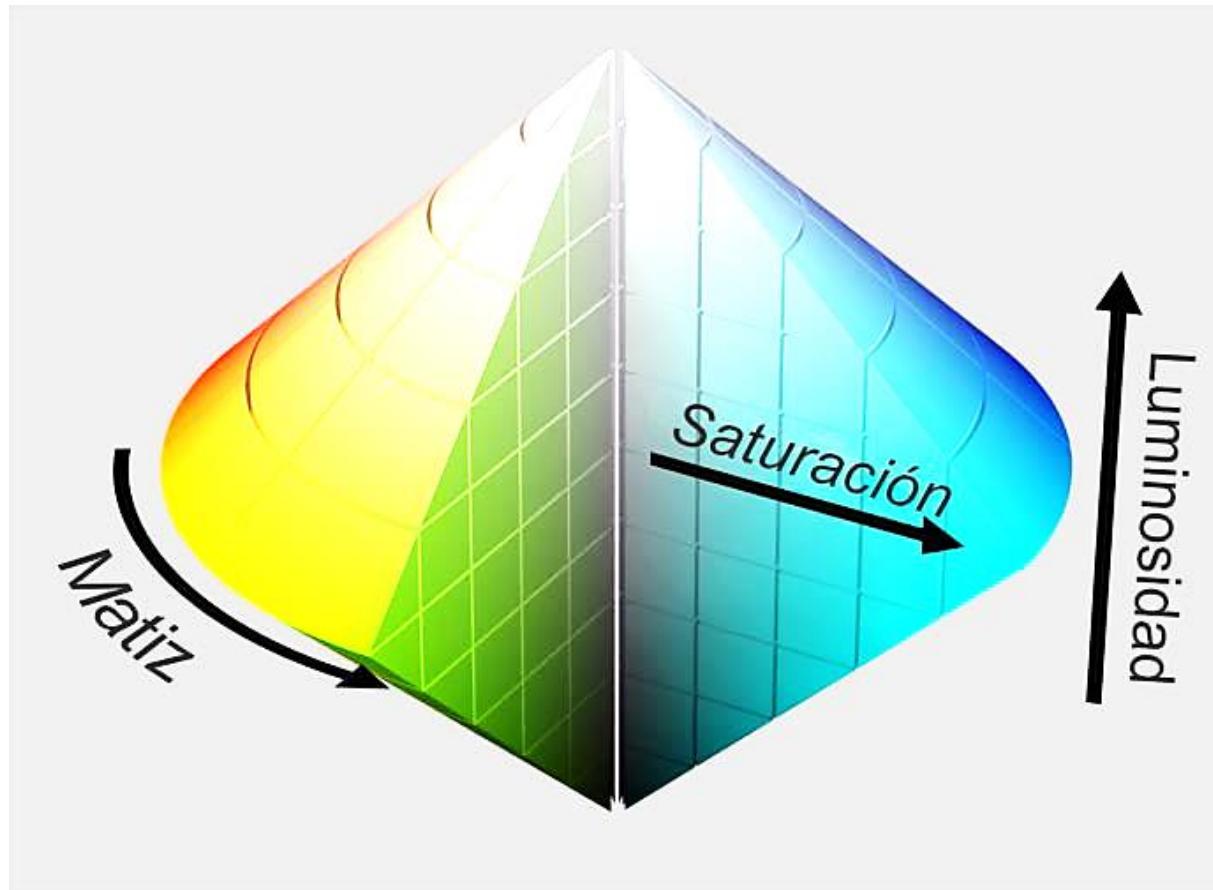
- Colores físicamente realizables
- Colores espectrales
- Radiación del cuerpo negro
- Combinaciones convexas
- Balance del «blanco»
- “Gama” (gamut)
- La cromaticidad es “circular”!!



# ESPACIOS CROMÁTICOS: Espacios perceptuales

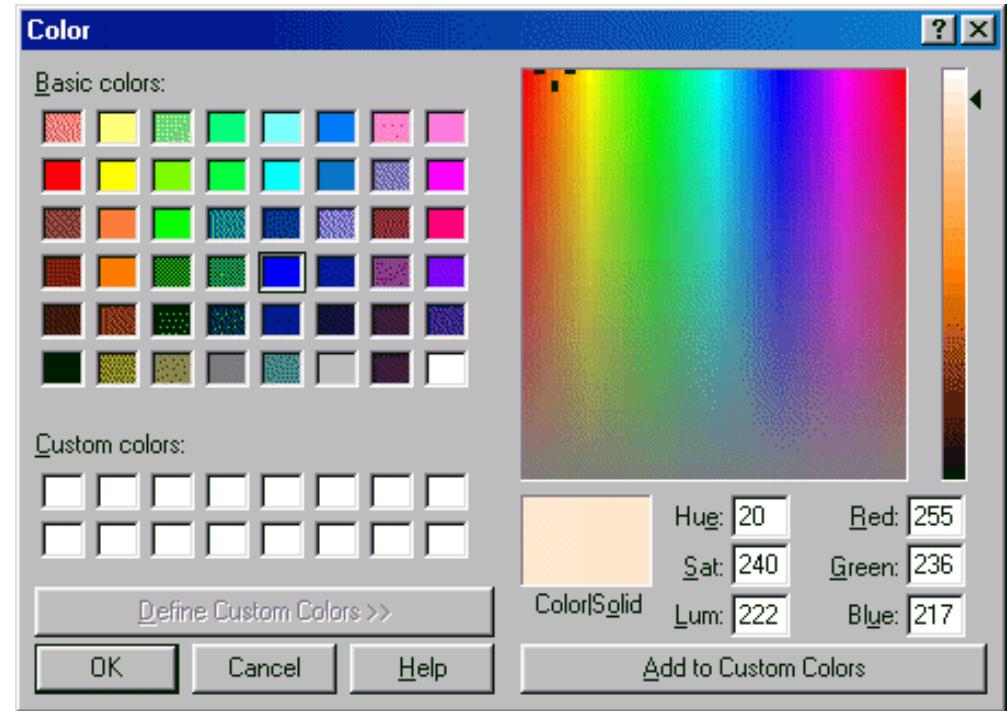
En diseño gráfico se requieren espacios menos “nerd”. Uno de ellos es el HSL (por Hue, Saturation, Luminance). La conversión de y a RGB es directa.

[https://es.wikipedia.org/  
wiki/Modelo\\_de\\_color\\_HSL](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_HSL)



# ESPACIOS CROMÁTICOS: Más espacios

En artes visuales se utilizan otras formas de organizar los espacios cromáticos. Ver cuántos grados tiene el círculo en Microsoft!!

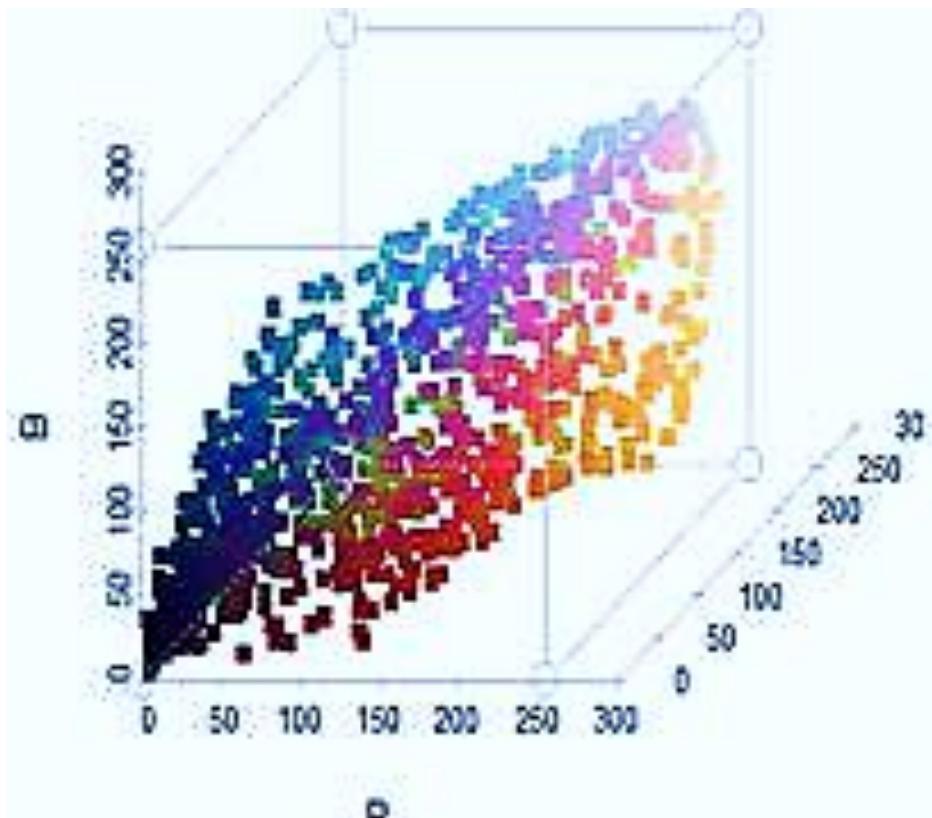


Círculo cromático “Bauhaus” (R. Arnheim)

# ESPACIOS CROMÁTICOS: El espacio YIQ

Cómo se distribuye la frecuencia de ocurrencia de los diferentes estímulos cromáticos usuales en medios digitales?

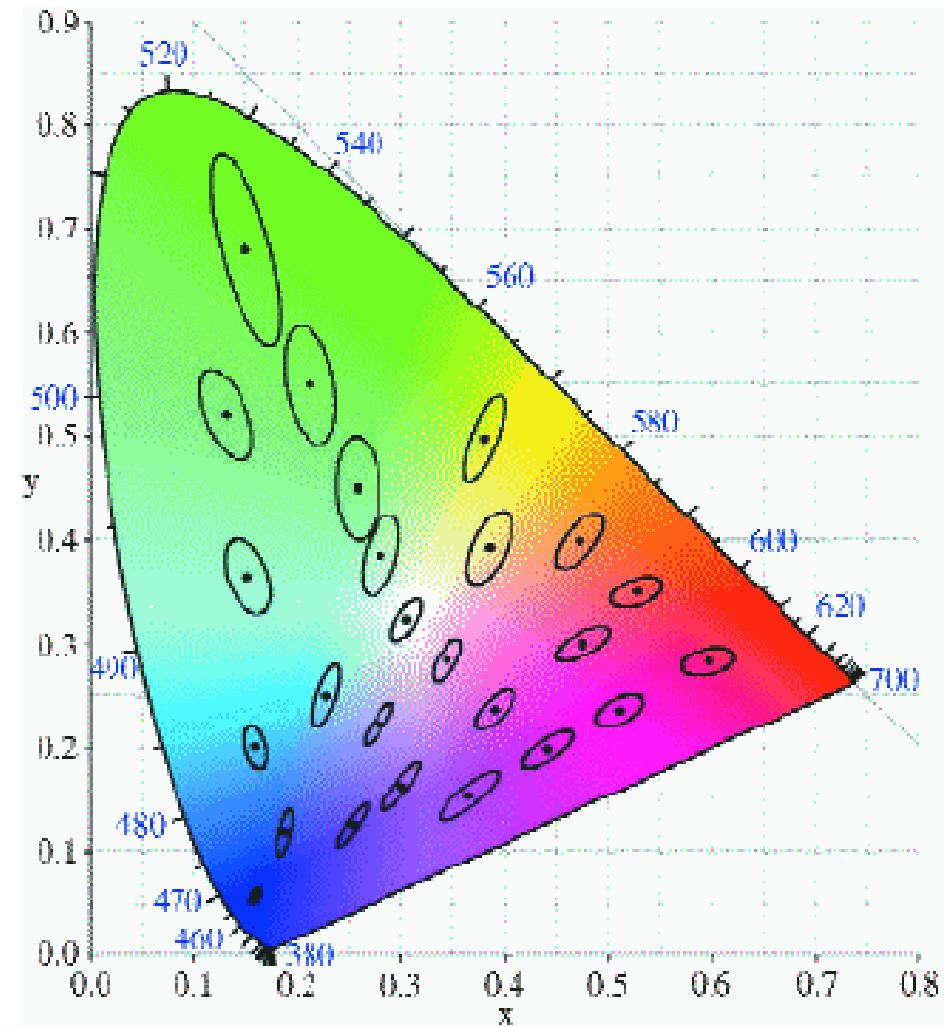
Se observa que R, G y B tienen una correlación muy alta, por lo que es posible separar estos primarios en componentes principales.



# ESPACIOS CROMÁTICOS: Espacios uniformes

Si bien el espacio YIQ separa la luminancia de la cromaticidad en ejes ortogonales, la distancia métrica entre dos estímulos distintos puede ser muy diferente a la distancia perceptual.

El diagrama a la derecha ilustra las “elipses de McAdams” que contienen los estímulos cromáticos a iguales distancias perceptuales de sus centros.

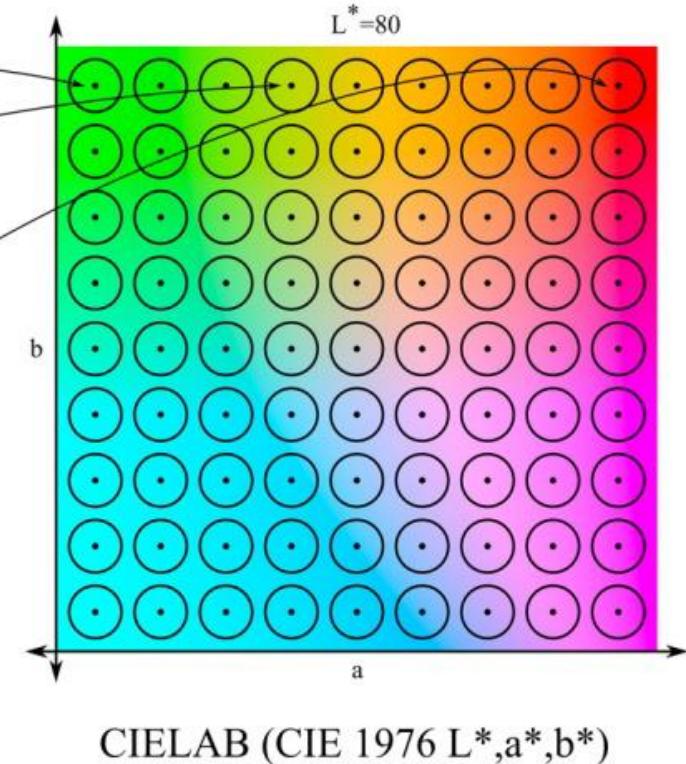
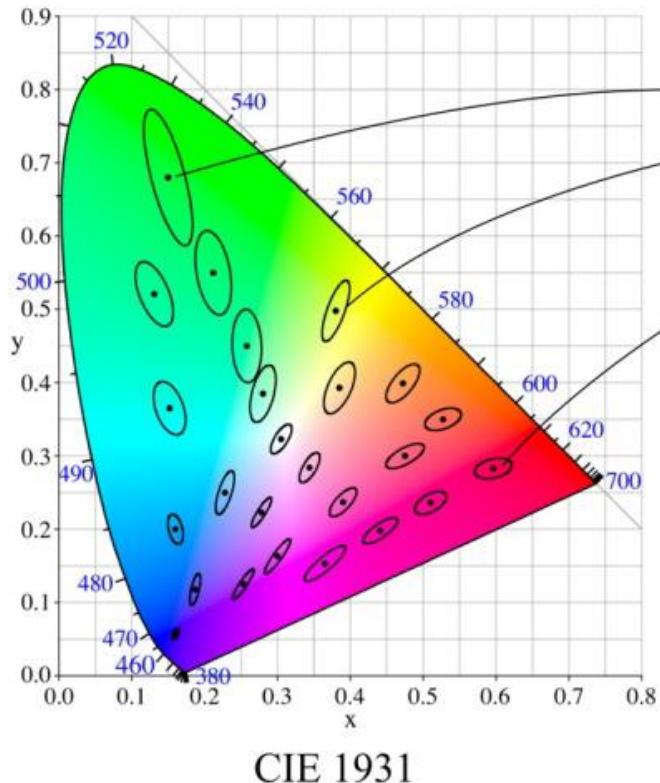


# ESPACIOS CROMÁTICOS: Espacios uniformes

Para mitigar esta dificultad se han propuesto espacios cromáticos que intentan uniformar la distancia métrica con la perceptual.

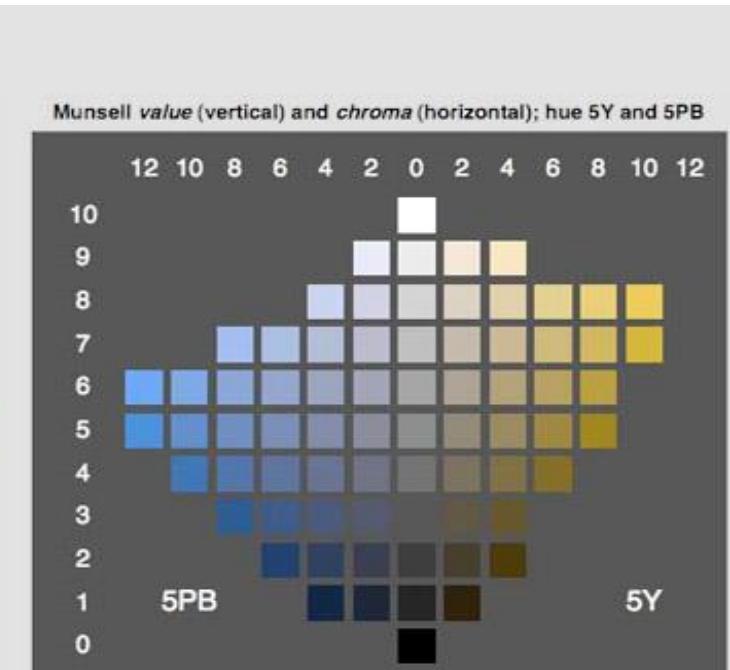
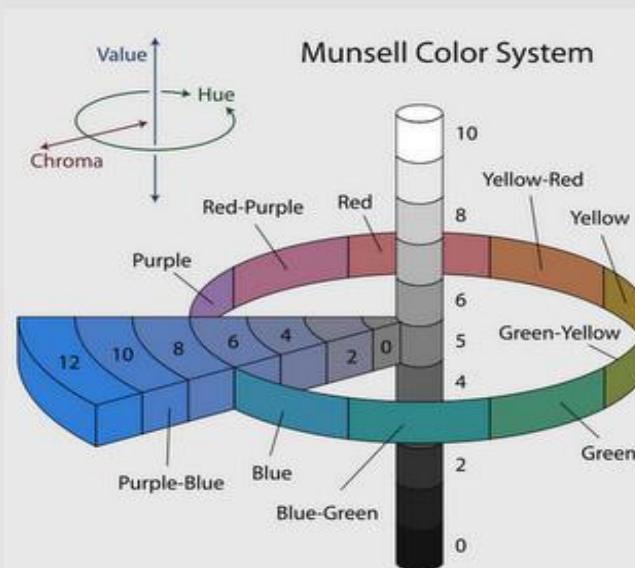
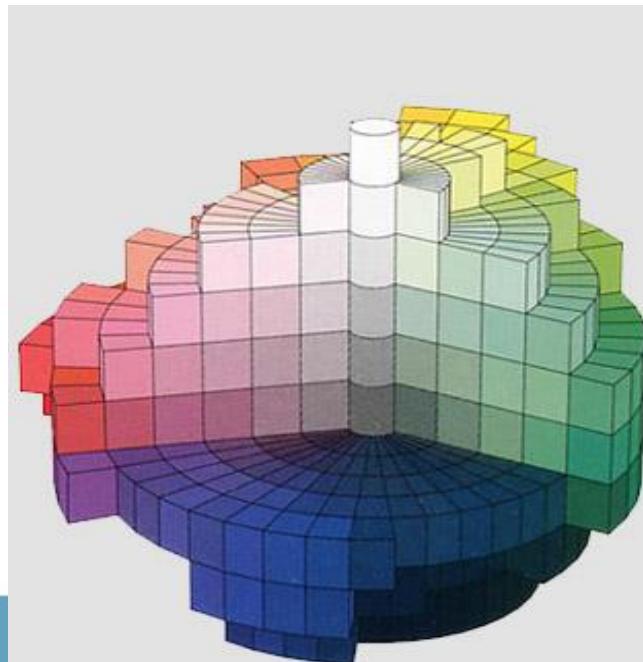
Entre ellos el más utilizado es el  $L^*a^*b^*$  (CIE 1976).

Otros “primos” de este espacio son: Lab, Luv,  $L^*u^*v^*$ .



# ESPACIOS CROMÁTICOS: Espacios de uso industrial

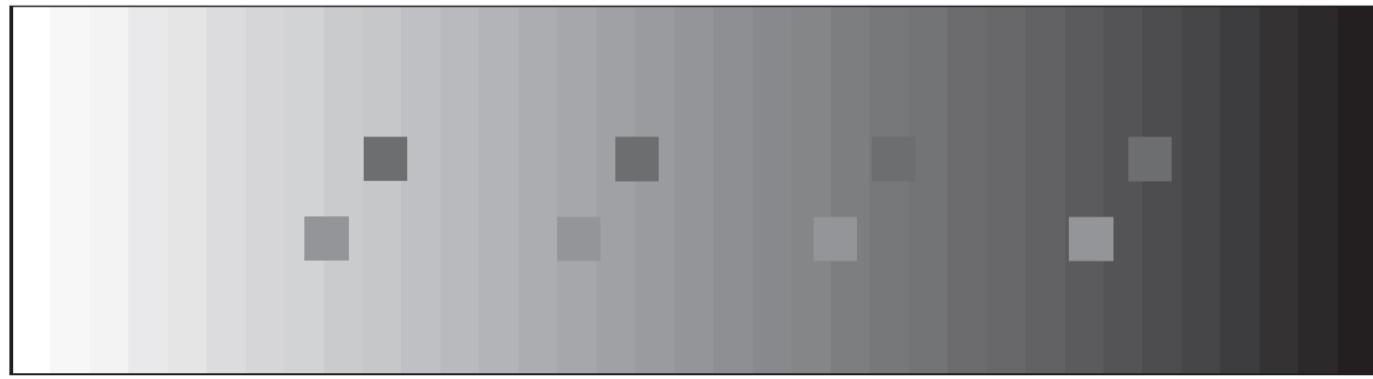
Es importante la especificación de colores en un contexto industrial. Para ello se definieron muchos espacios (algunos de ellos patentados), como por ejemplo el de Munsell, uno de los primeros en buscar un espacio perceptualmente uniforme.



# PALETAS CROMÁTICAS: Inhibición lateral y contraste simultáneo

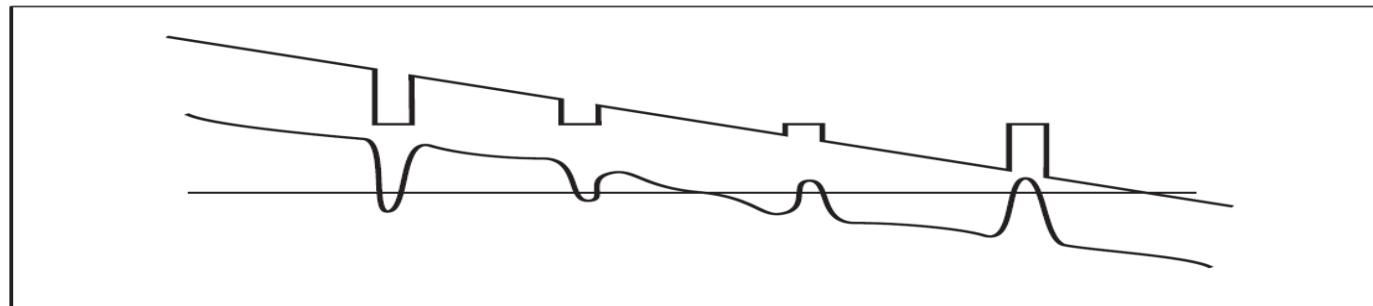
El contraste simultáneo se debe a que la inhibición lateral altera la percepción subjetiva del nivel de intensidad:

Imagen de prueba



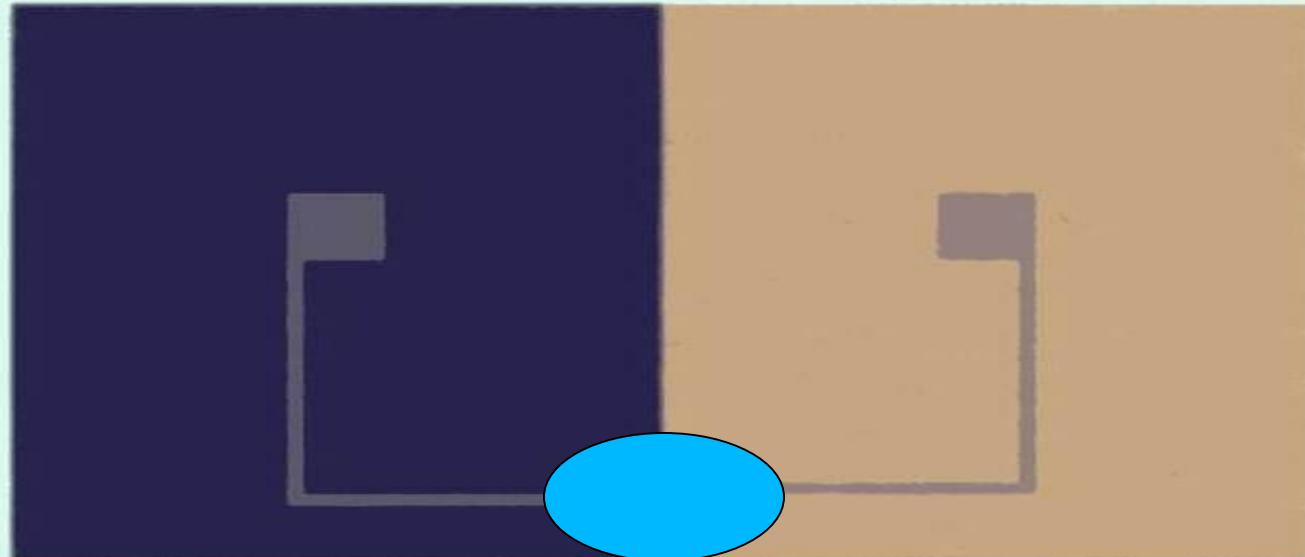
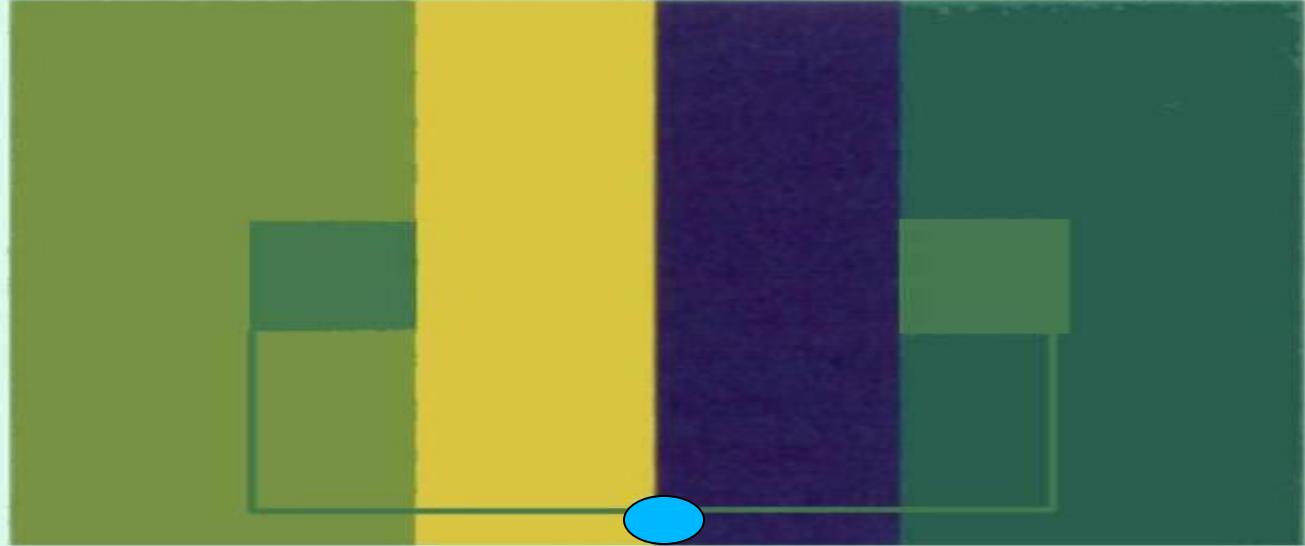
Intensidad

tensidad percibida



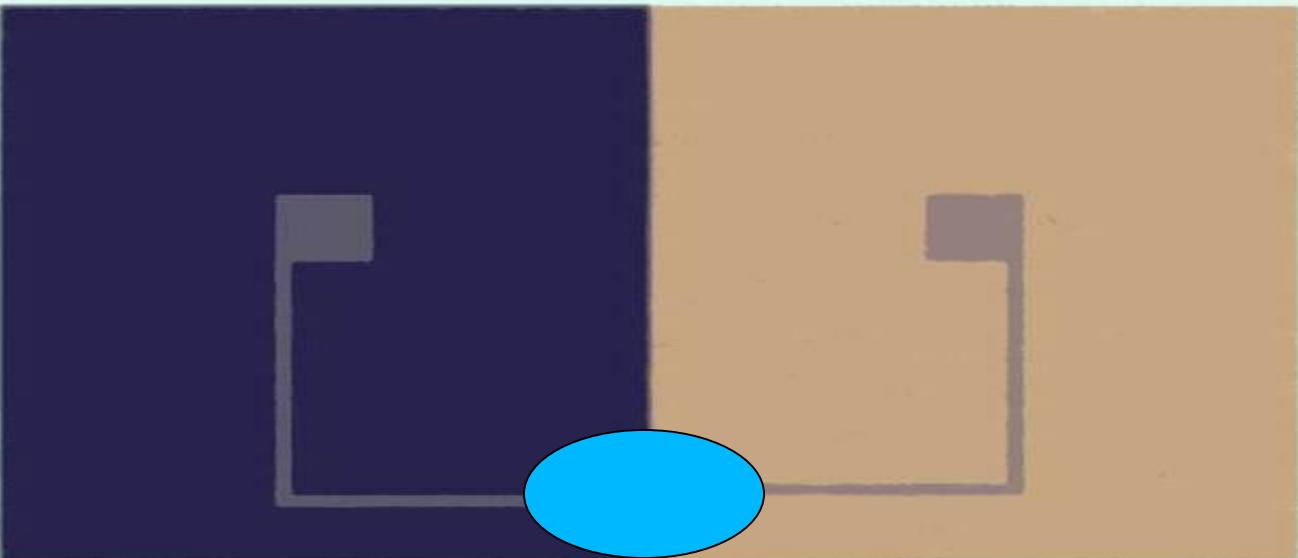
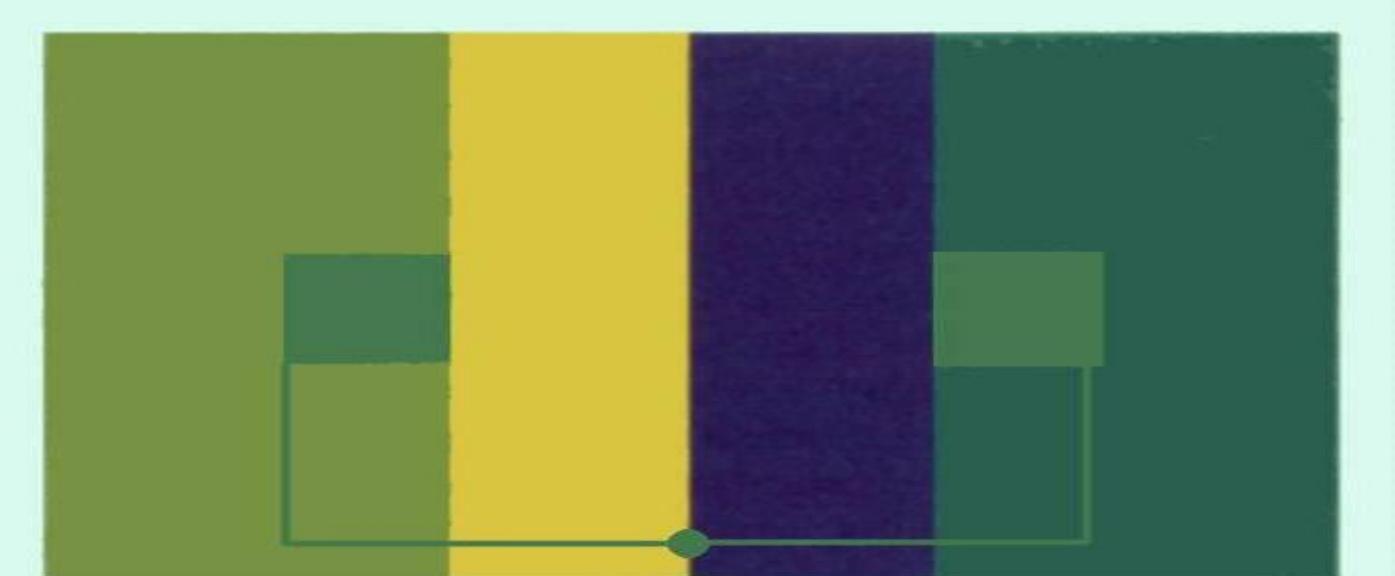
# PALETAS CROMÁTICAS: Inhibición lateral y contraste simultáneo

El contraste simultáneo es más notorio en la percepción de la luminancia, pero ocurre en los tres canales oponentes por igual, y puede generar percepciones incorrectas de los “colores”.



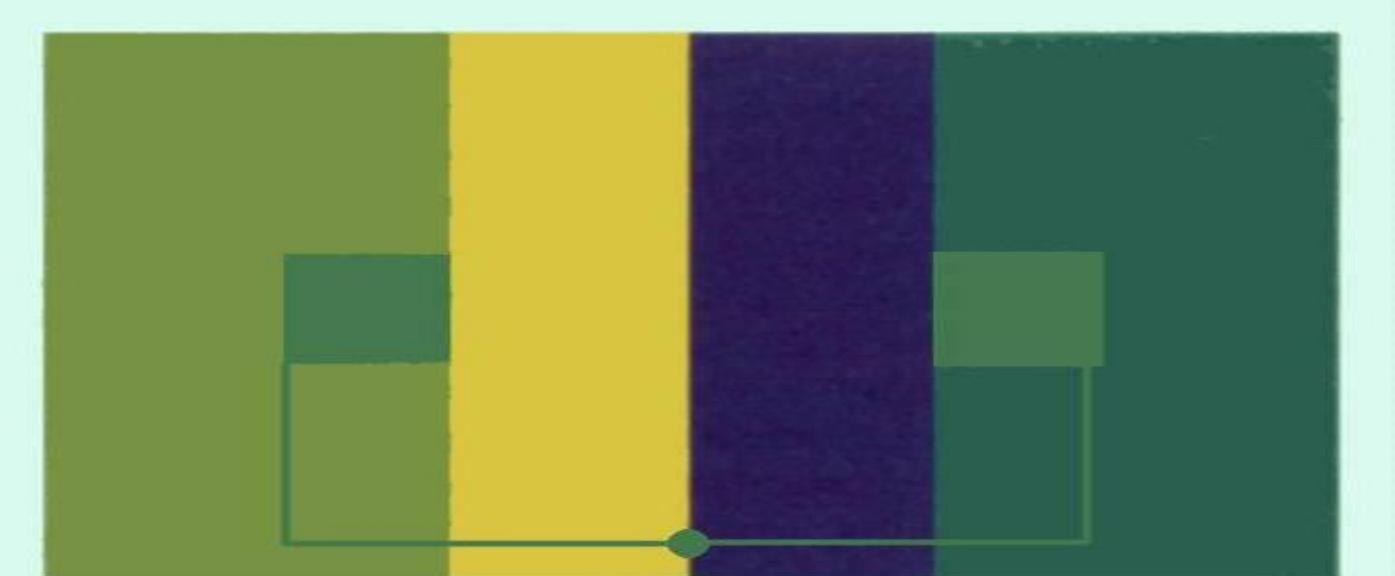
# PALETAS CROMÁTICAS: Inhibición lateral y contraste simultáneo

El contraste simultáneo es más notorio en la percepción de la luminancia, pero ocurre en los tres canales oponentes por igual, y puede generar percepciones incorrectas de los “colores”.



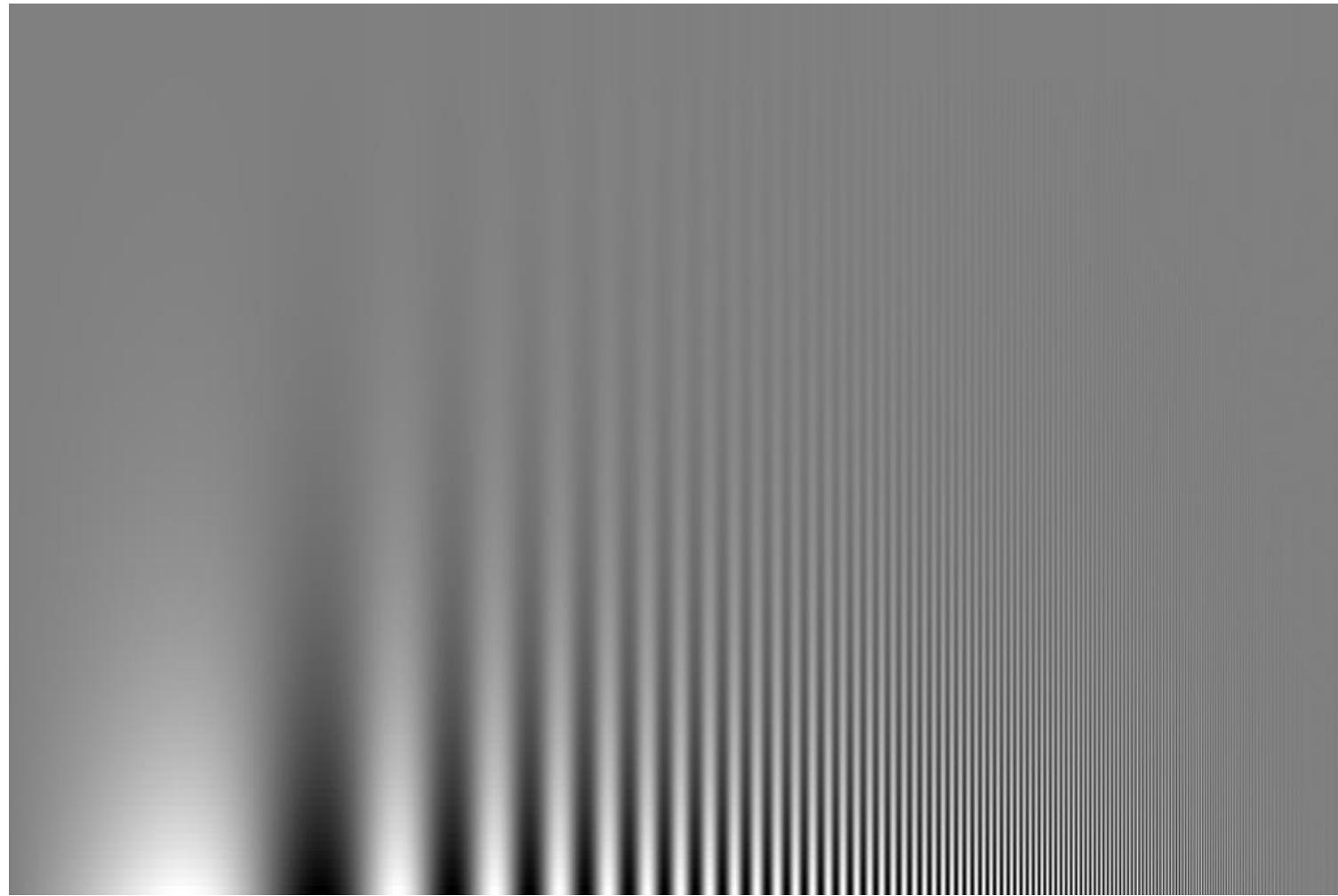
# PALETAS CROMÁTICAS: Inhibición lateral y contraste simultáneo

El contraste simultáneo es más notorio en la percepción de la luminancia, pero ocurre en los tres canales oponentes por igual, y puede generar percepciones incorrectas de los “colores”.



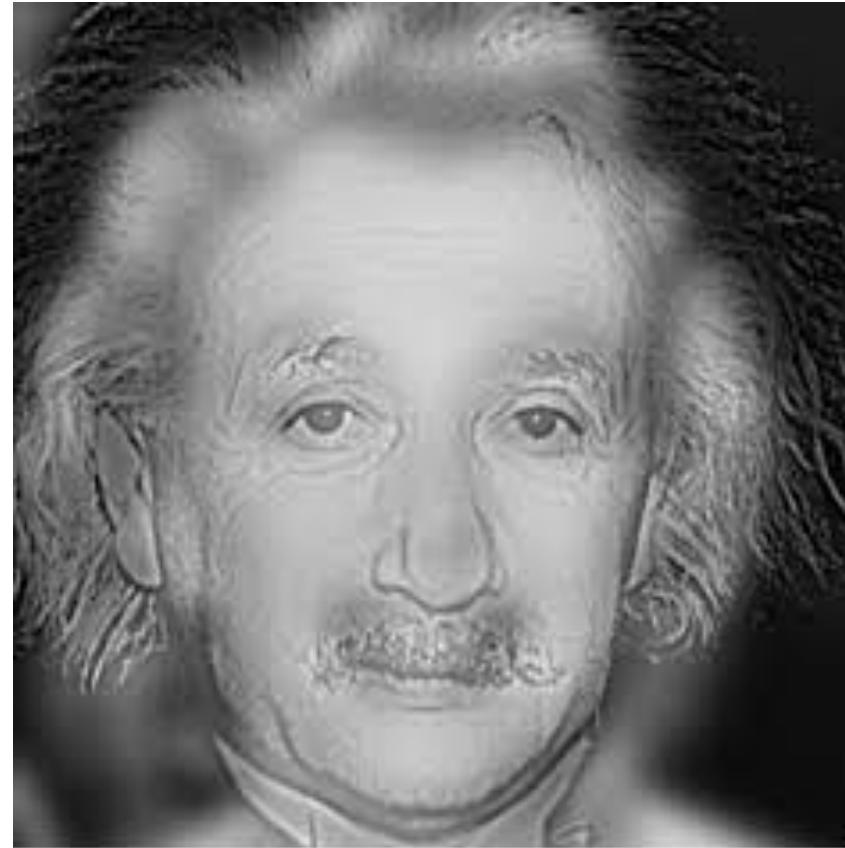
# PALETAS CROMÁTICAS: El contraste y la frecuencia geométrica

Otro aspecto que influencia la percepción del contraste es la frecuencia geométrica (la cantidad de pixels entre crestas y valles de luminancia).



# PALETAS CROMÁTICAS: El contraste y la frecuencia geométrica

Eso permite generar imágenes superpuestas, una con alta frecuencia (Albert) y otra con baja frecuencia (Marylin), y dependiendo del foco, tamaño y contexto el sistema visual le prestará atención a una u otra.



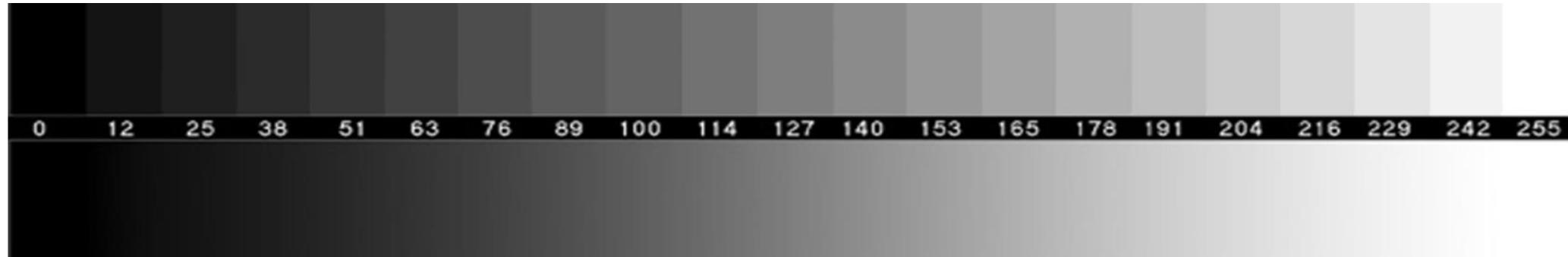
# PALETAS CROMÁTICAS: Niveles de gris

La paleta por niveles de gris es una de las más antiguas y fáciles de implementar. Para mapear una variable  $x$  entre valores mínimo  $m$  y máximo  $M$ , normalizamos

$$i := (x - m) / (M - m)$$

y luego si nuestra escala es 0..255 aplicamos ese valor escalado al RGB del pixel

$$R := G := B := \text{round}(255 * i).$$



# PALETAS CROMÁTICAS: Mapa de calor - Rainbow

---

Esta paleta mapea monotónicamente en crominancia, dentro de diferentes escalas (para visualizar temperatura típicamente se utiliza de 240 a 360, para variables que denotan «bien, regular, mal» se utiliza de 120 a 0).

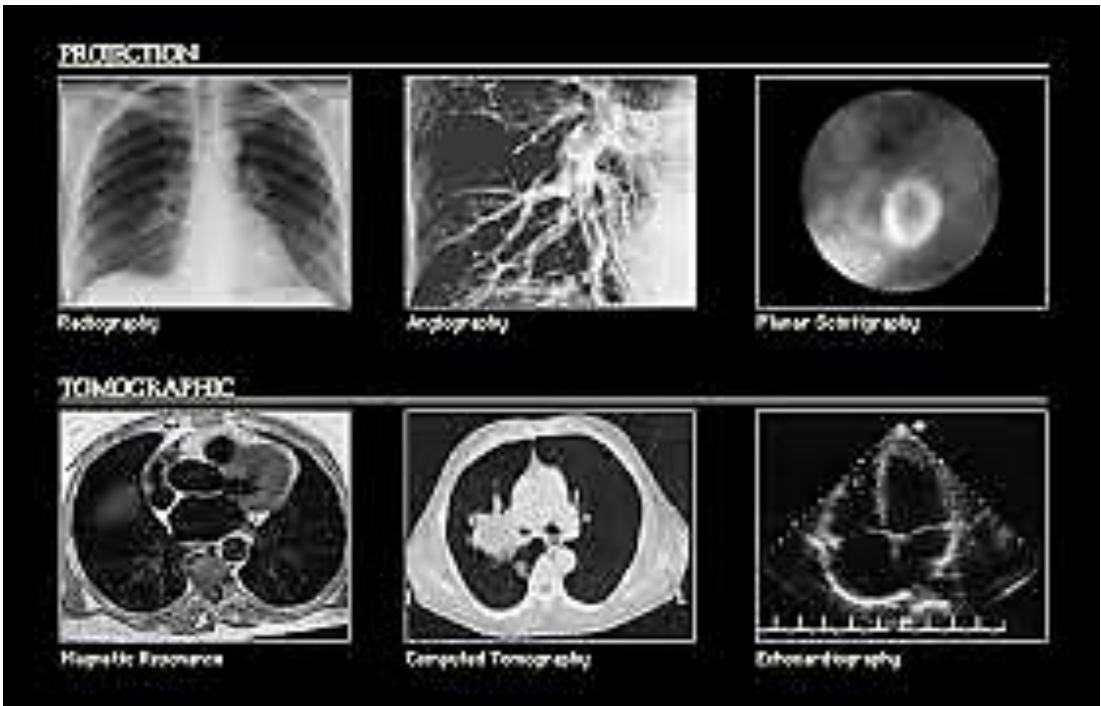
Para obtener el RGB típicamente se utiliza alguna función de biblioteca HSV2RGB, con valor de S y V constantes (en el ejemplo debajo 1) y el H en el rango elegido.



# PALETAS CROMÁTICAS: Niveles de gris

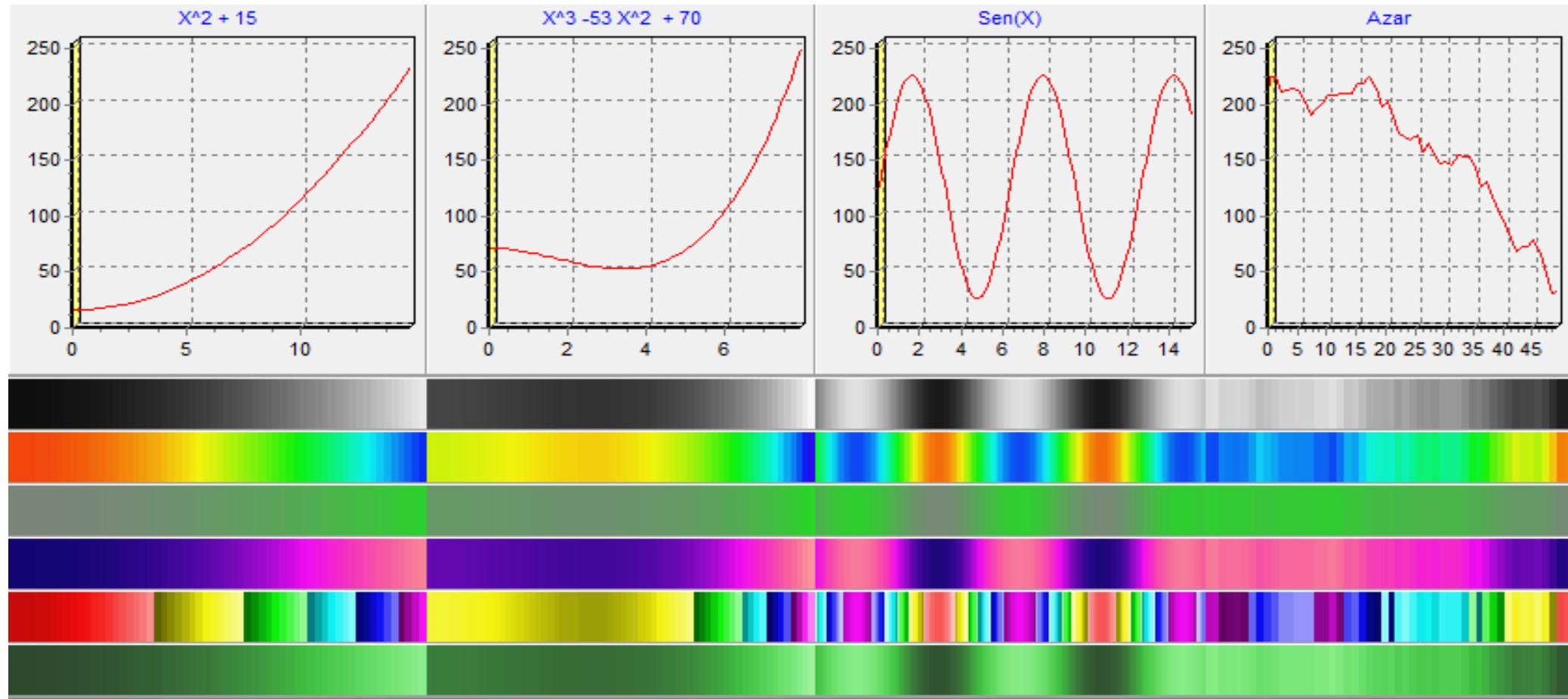
La paleta por niveles de gris no es adecuada para la lectura de valores puntuales aislados (el contraste simultáneo distorsiona la percepción), pero permite una buena captación “global” de la **forma** y propiedades geométricas de lo que se representa.

Por dicha razón se la utiliza aún en muchos contextos donde la percepción es clave, por ejemplo en radiología.

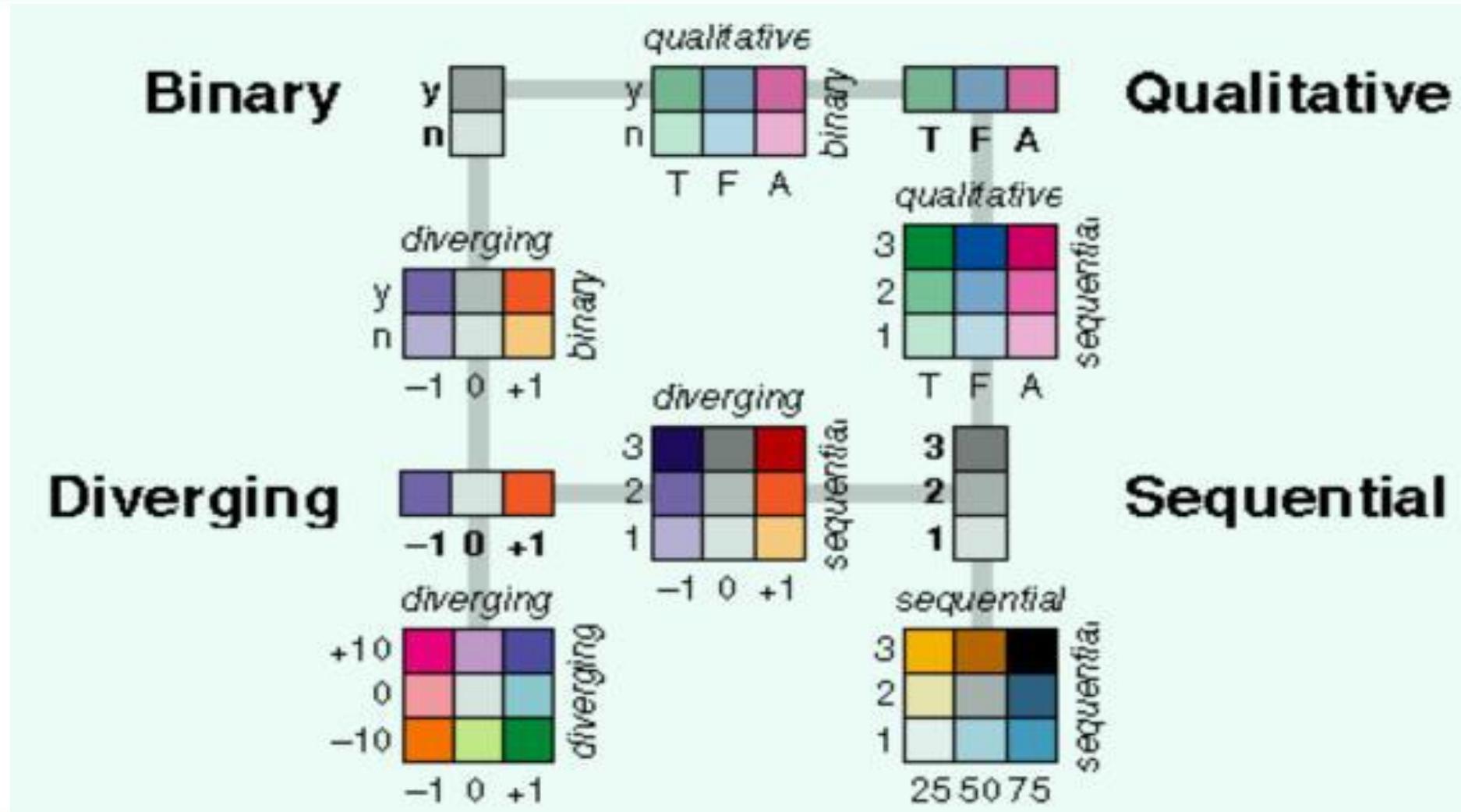


# PALETAS CROMÁTICAS: Cuál es la adecuada?

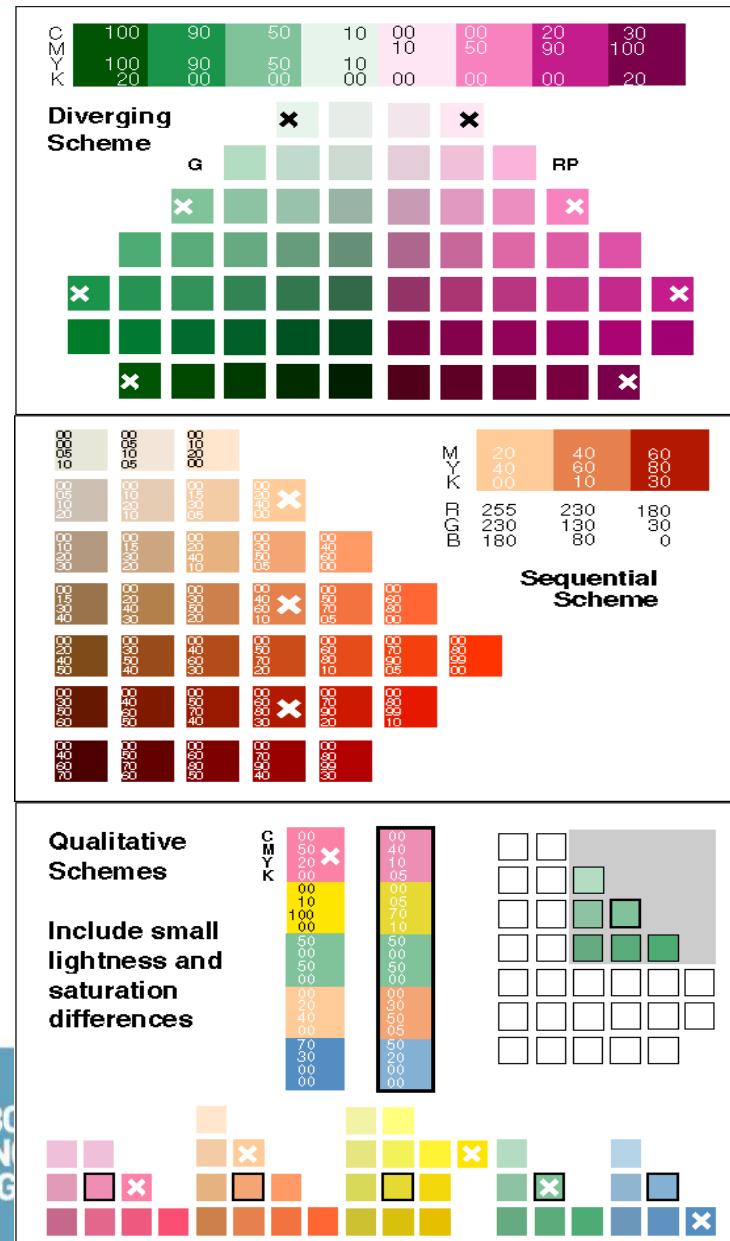
Algunas funciones mostradas con diferentes paletas.



# PALETAS CROMÁTICAS: El sistema de Cynthia Brewer



# PALETAS CROMÁTICAS: El sistema de Cynthia Brewer



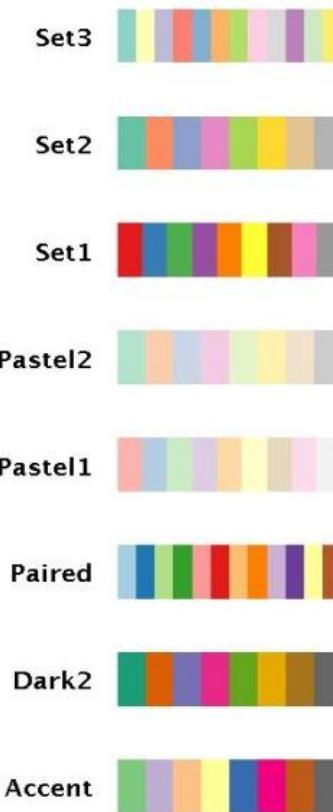
## Diverging



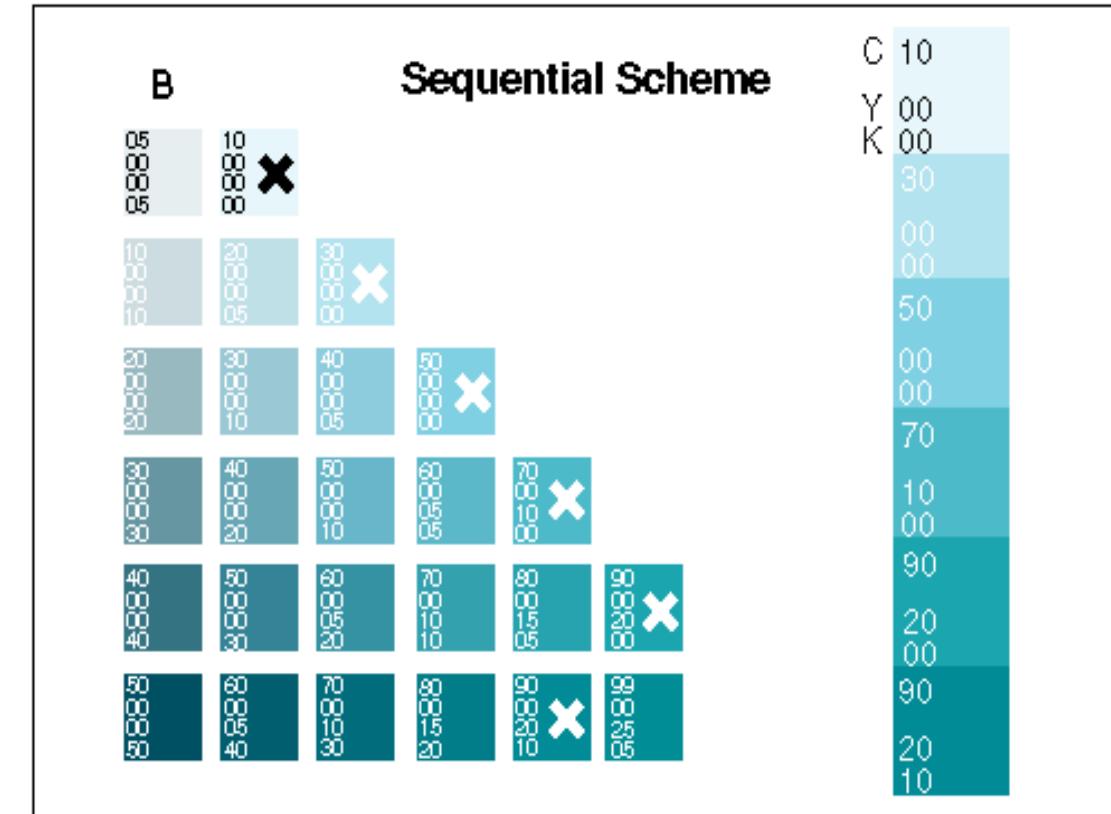
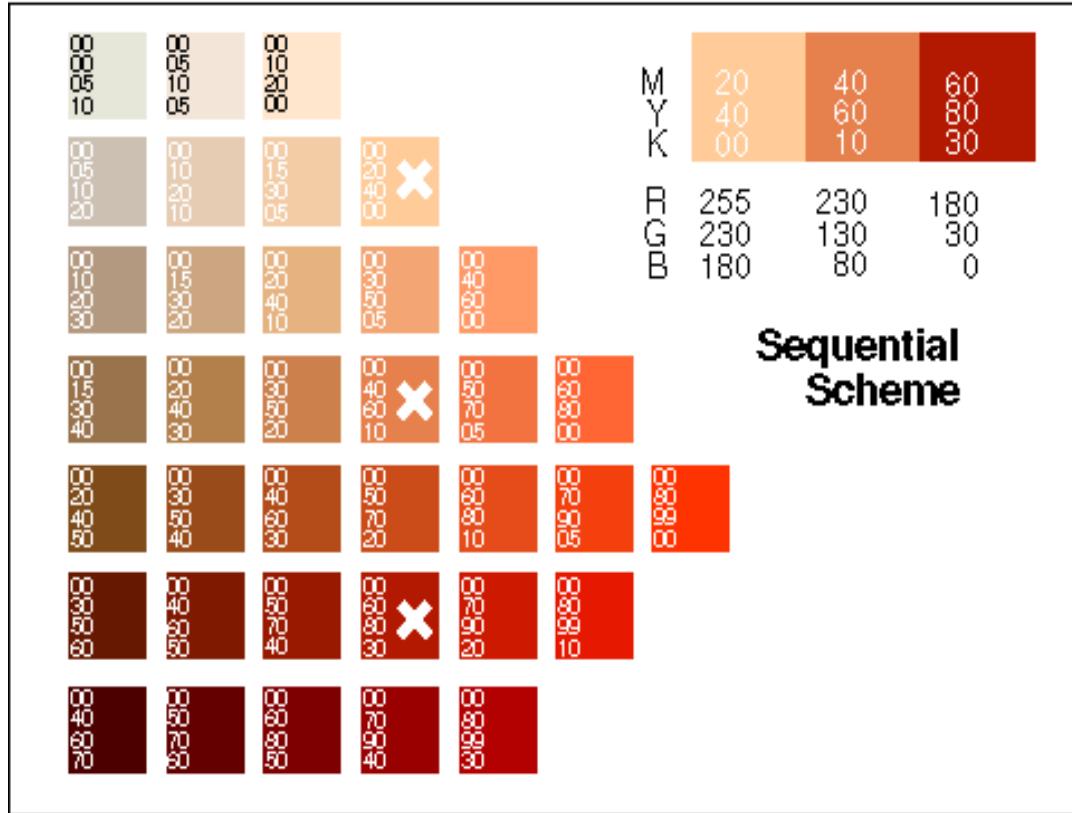
## Sequential



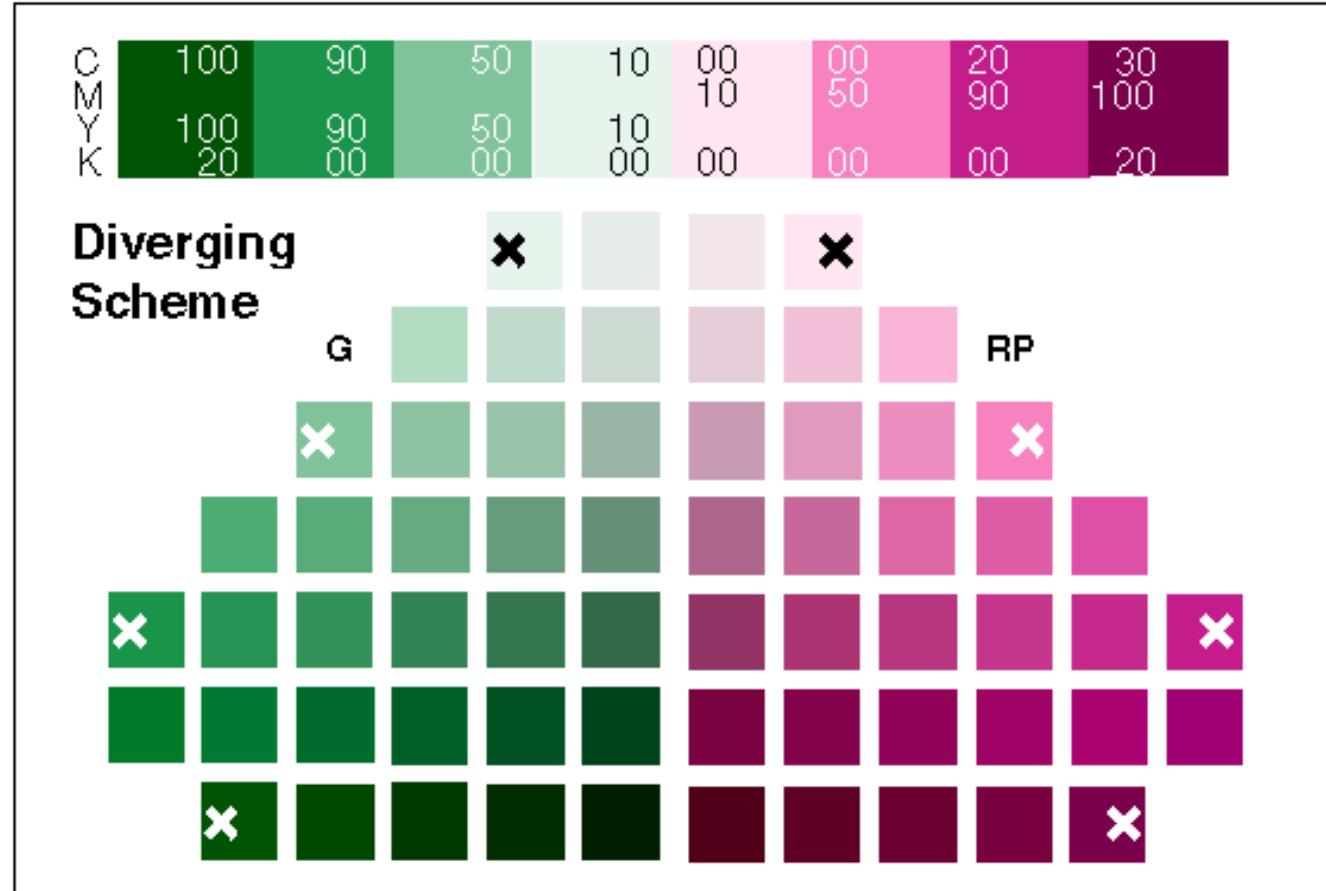
## Qualitative



# PALETAS CROMÁTICAS: El sistema de Cynthia Brewer

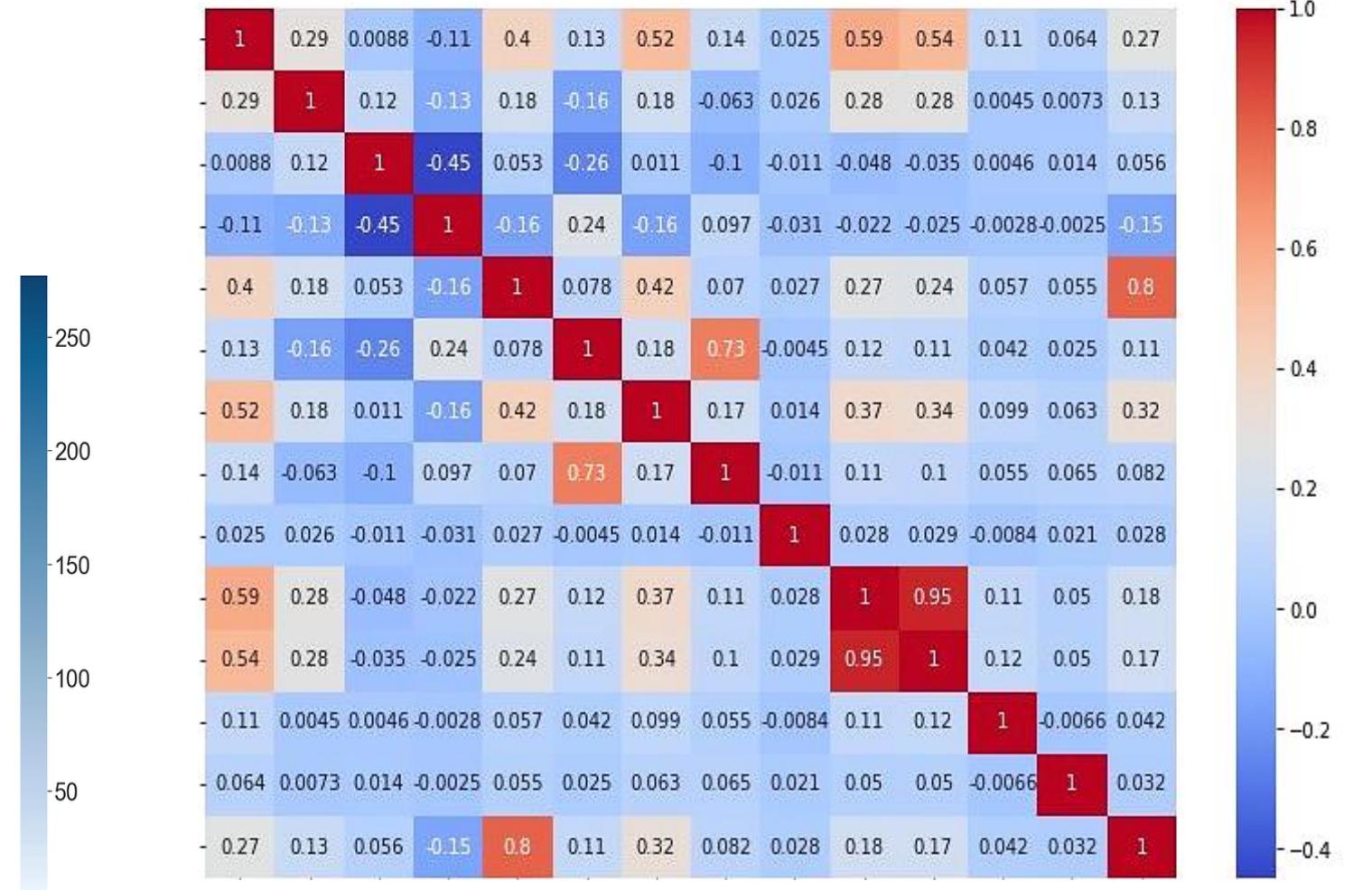
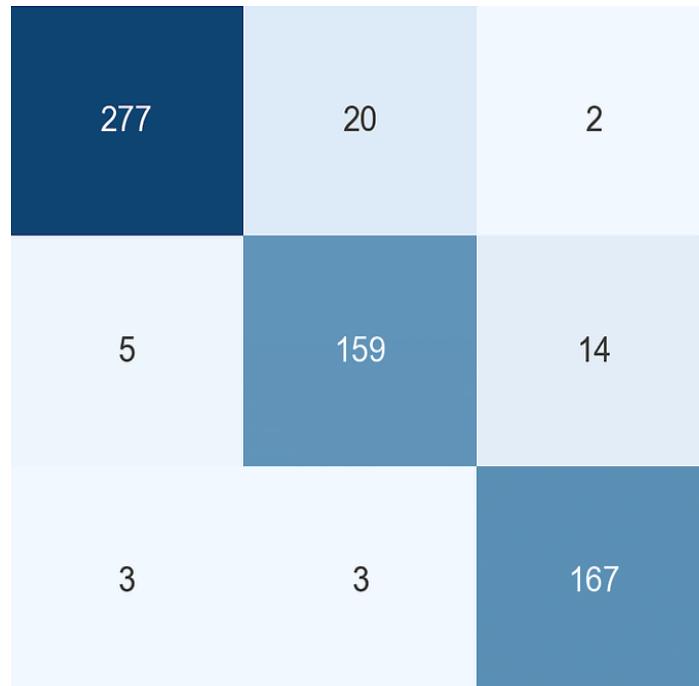


# PALETAS CROMÁTICAS: El sistema de Cynthia Brewer



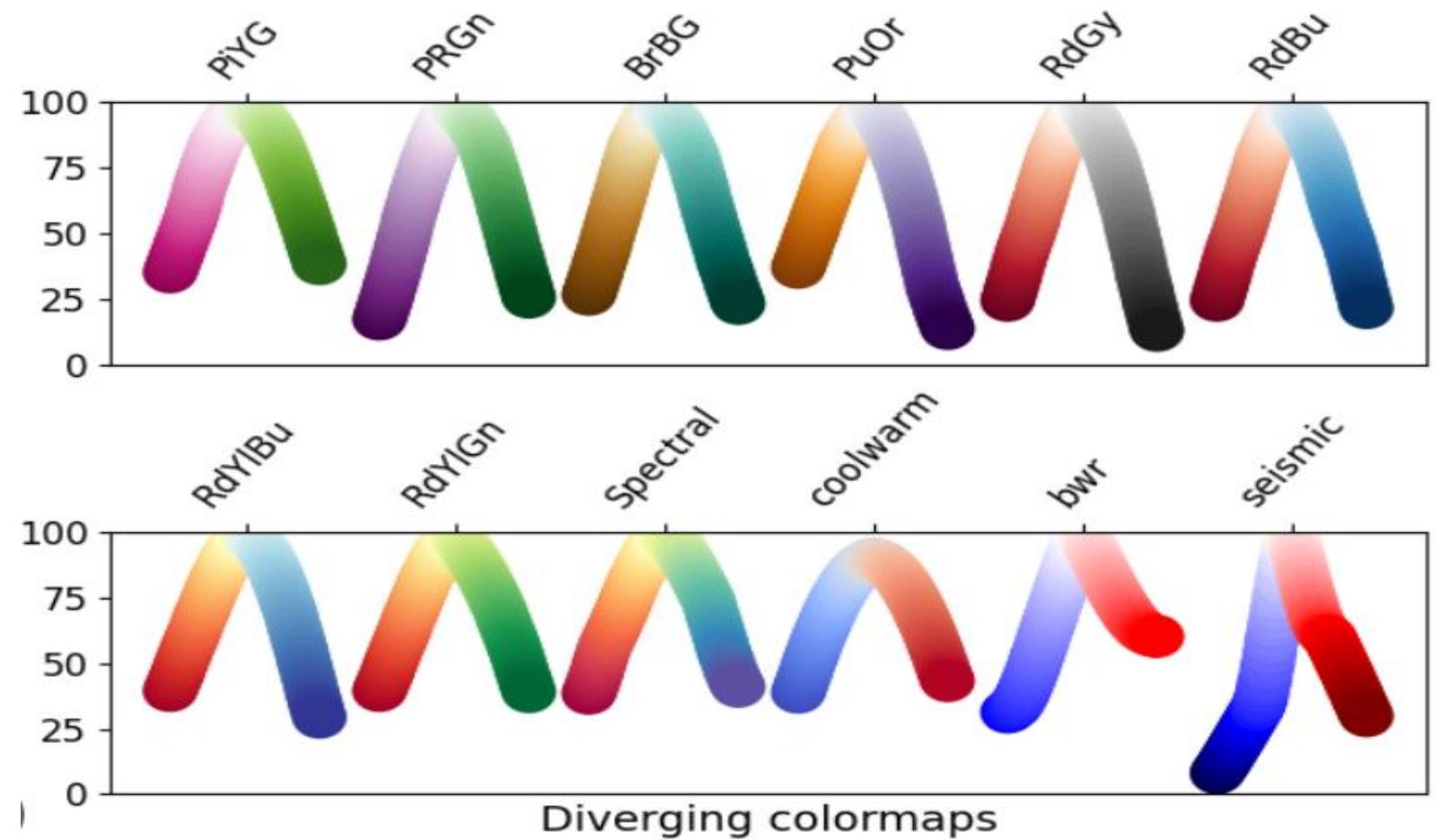
# PALETAS CROMÁTICAS: Uso efectivo

Qué parece equivocado?



# PALETAS CROMÁTICAS: Uso efectivo

Luminancias  
relativas de las  
paletas de  
MatPlotLib



# PALETAS CROMÁTICAS: Uso efectivo

Peligros de un esquema de color perceptualmente no uniforme

## Non Perceptual Uniform Colormap



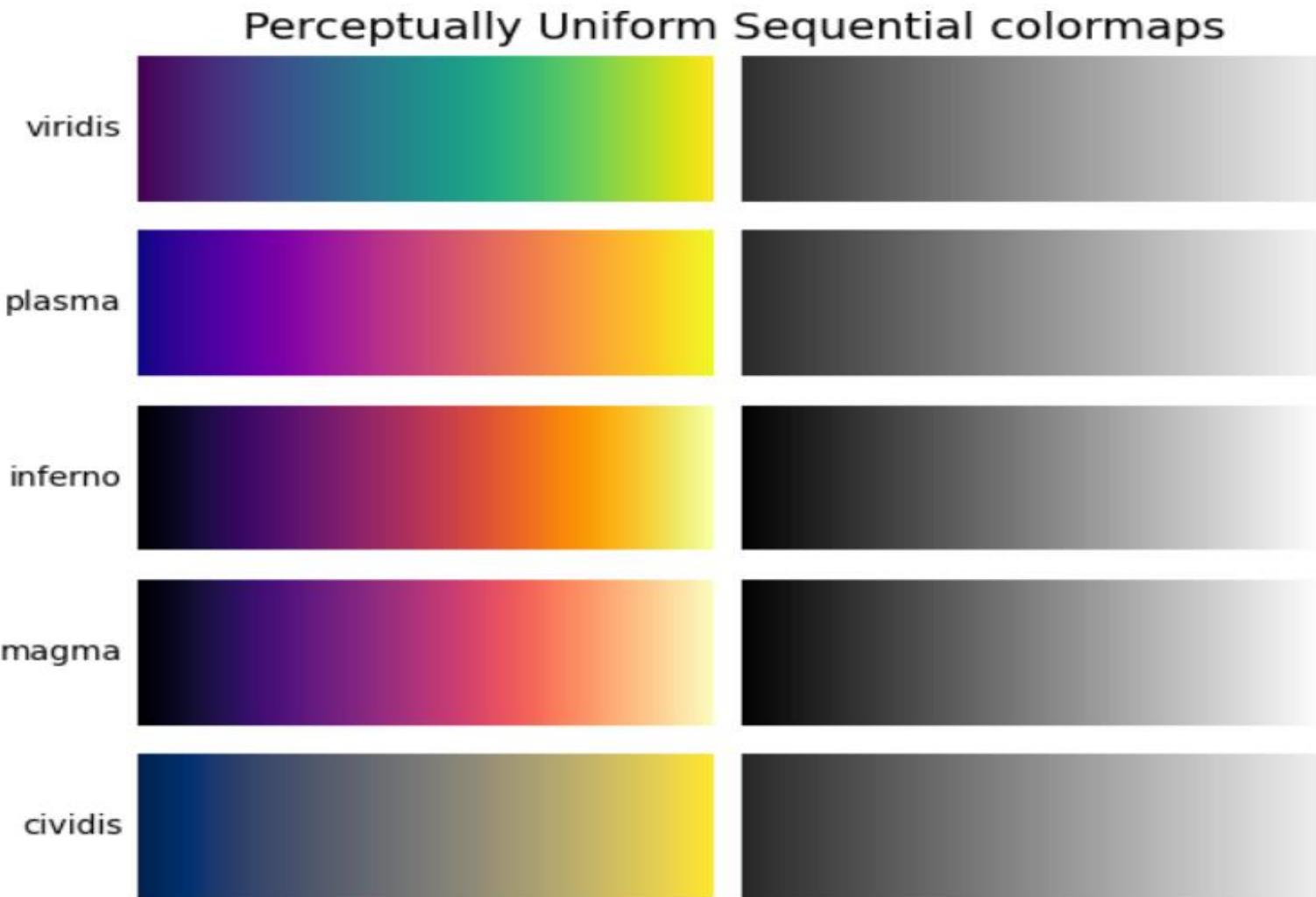
Features of the Colormap not of Changes in Data

## Perceptual Uniform Colormap



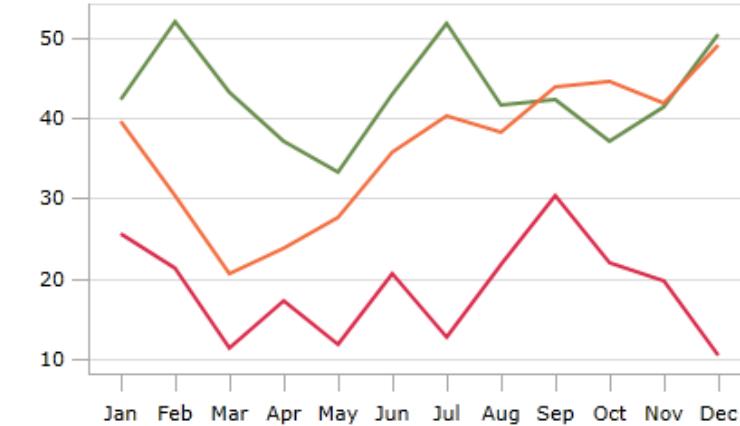
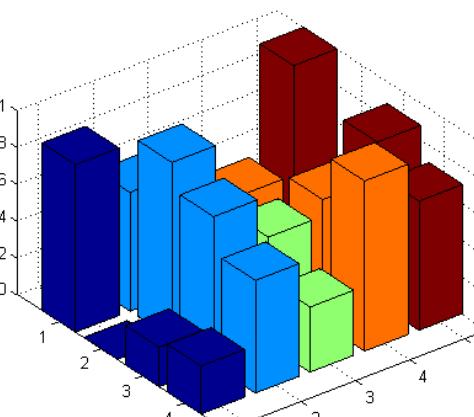
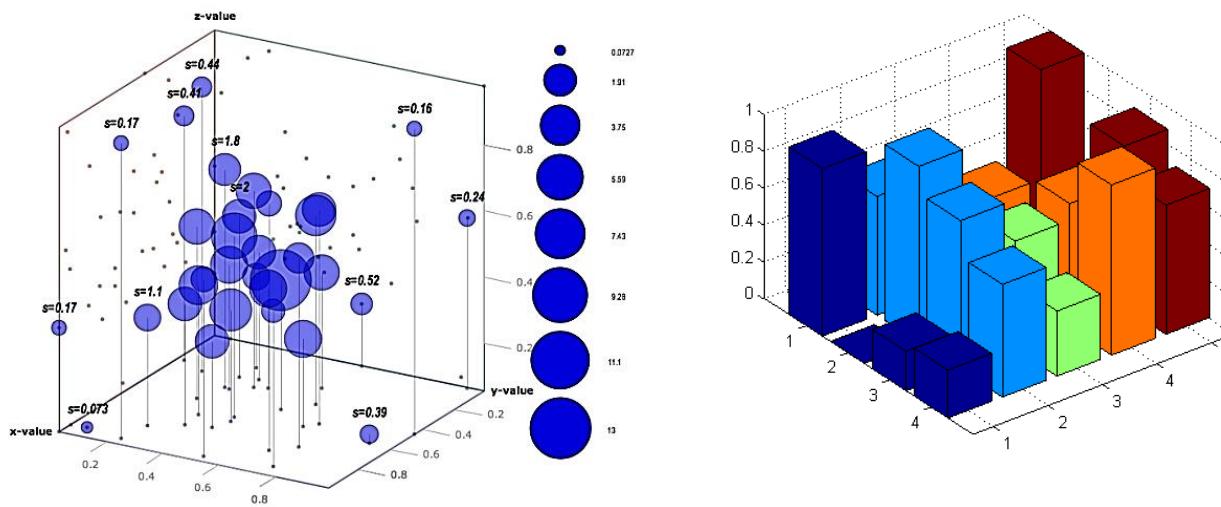
# PALETAS CROMÁTICAS: Uso efectivo

Esquemas de color uniformes



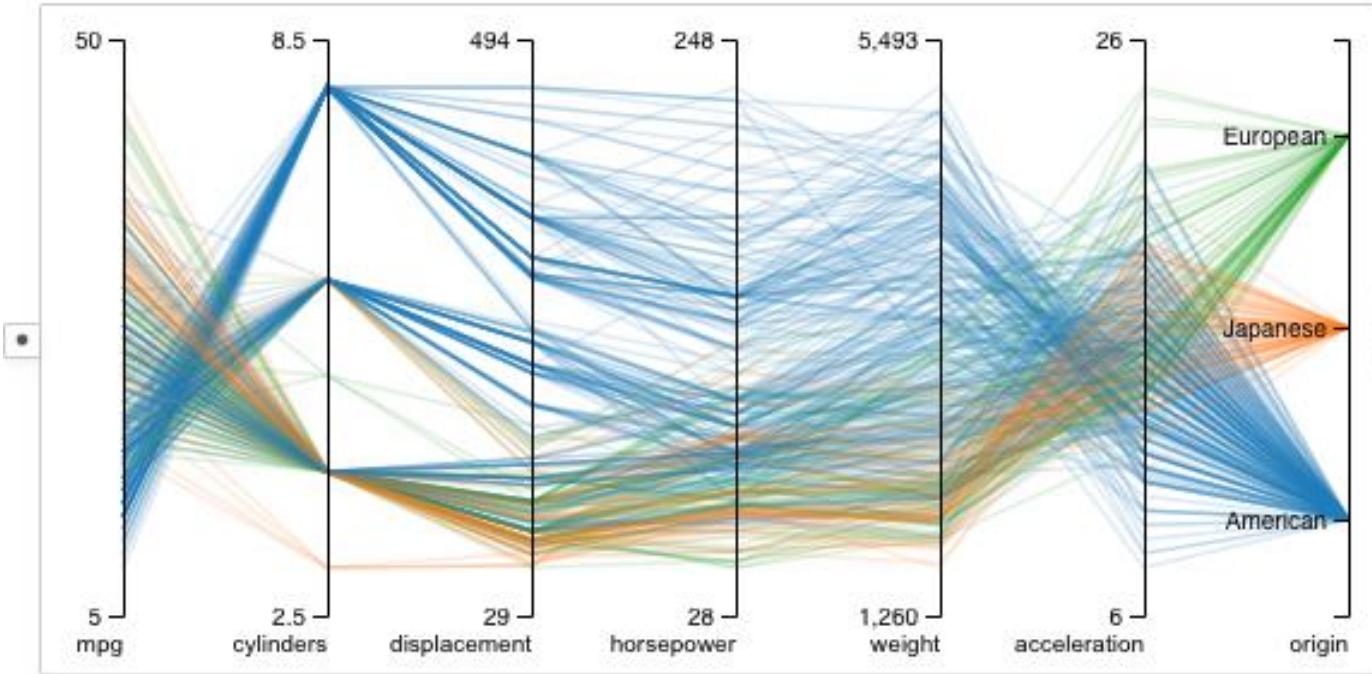
# Datos Tabulares: Representación de Valores Cuantitativos

Los casos más sencillos incluyen scatterplots, histogramas, histogramas agrupados, coordenadas paralelas, line-charts, etc.



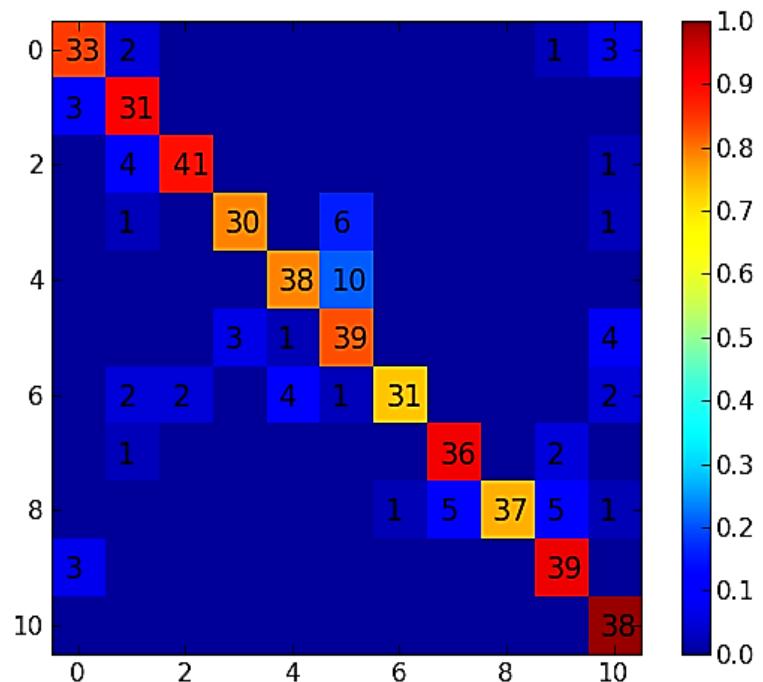
# Datos Tabulares: Representación de Valores Cuantitativos

Con datos tabulares de alta dimensión los scatterplot no escalan.  
Para eso conviene utilizar coordenadas paralelas.



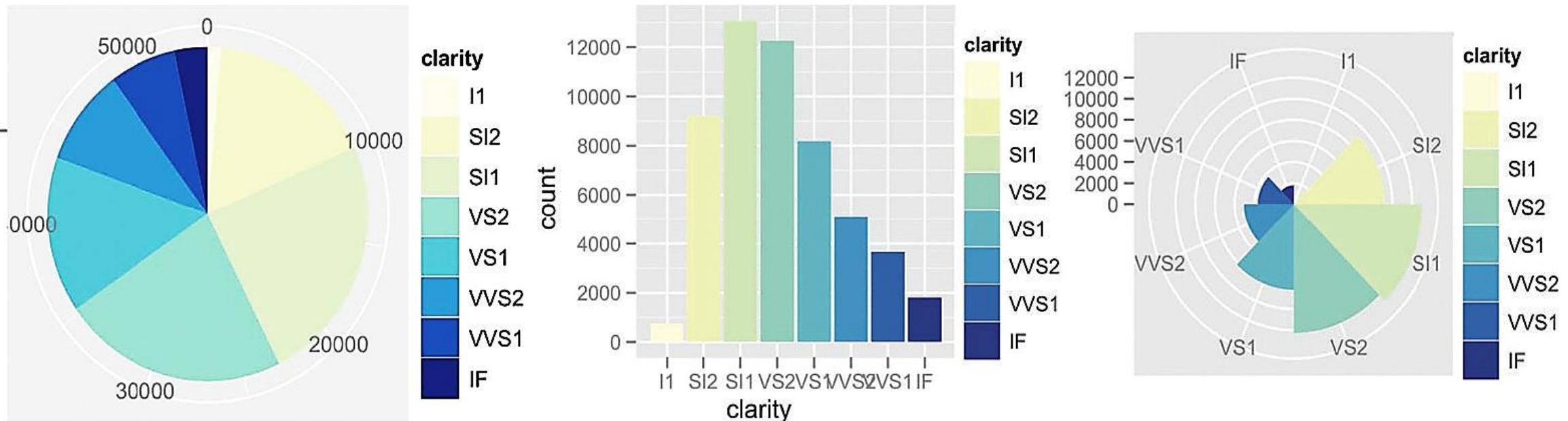
# Datos Tabulares: Representación de Datos Matriciales

Otro caso son las matrices de confusión (heat map, mosaic plot).



# Datos Tabulares: Arreglos radiales

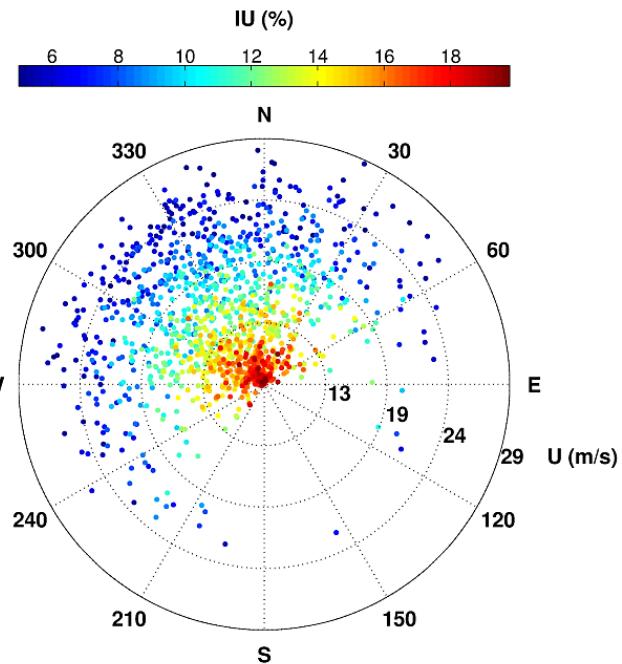
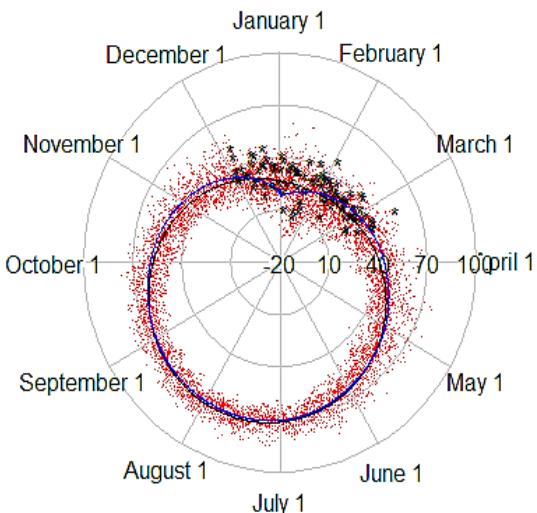
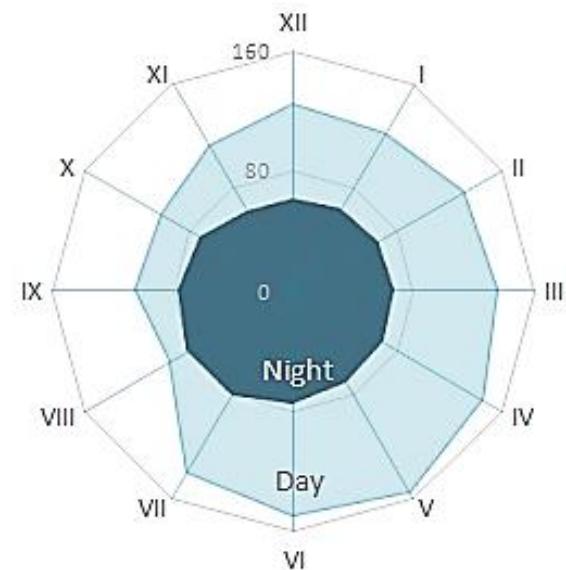
La exactitud depende de la percepción del área, de la longitud, y también de la orientación y el color:



# Datos Tabulares: Arreglos radiales

Muchas veces son necesarios por el tipo de información a representar (p. ej. eventos periódicos, puntos cardinales).

Pageviews per Hour by Hour of the Day



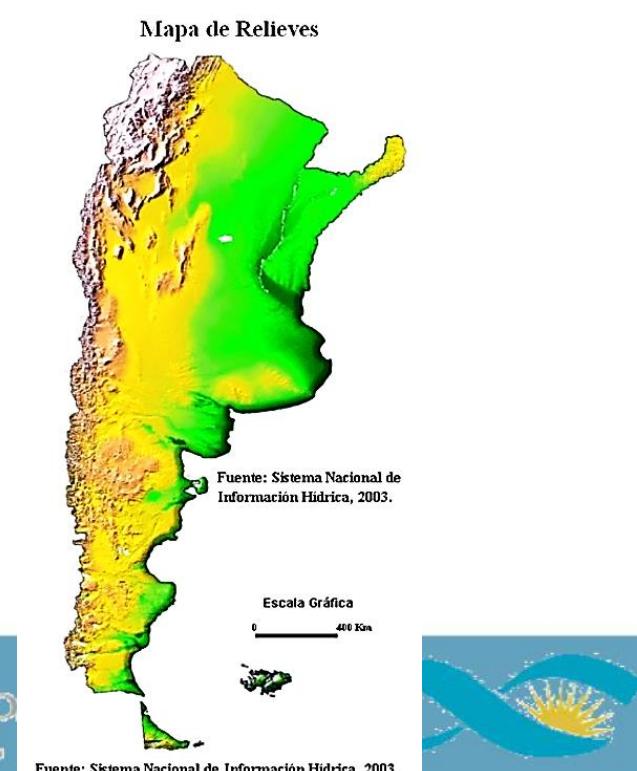
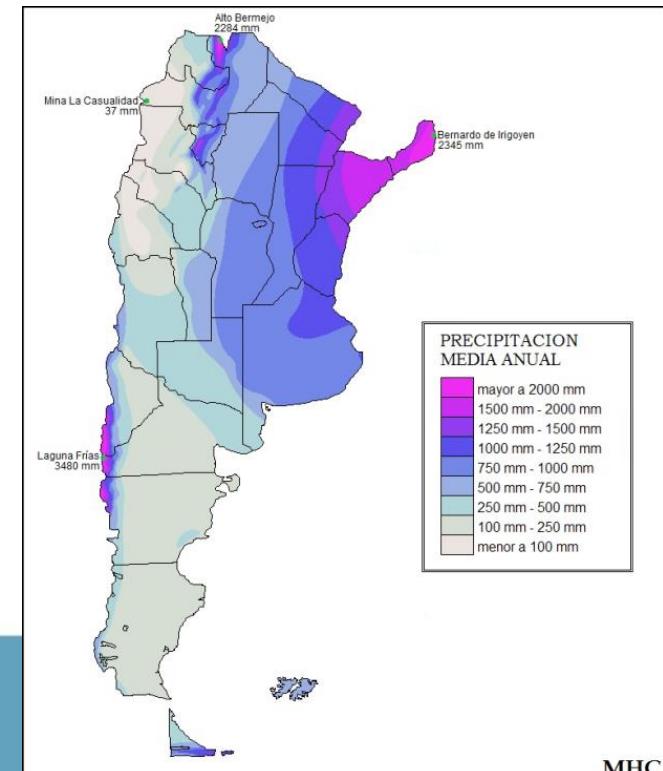
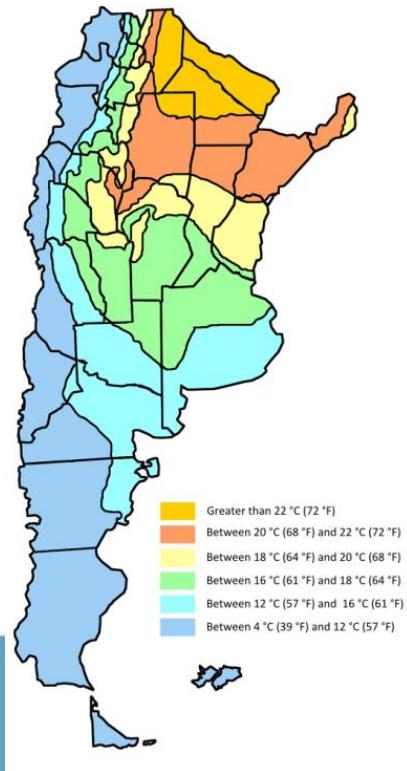
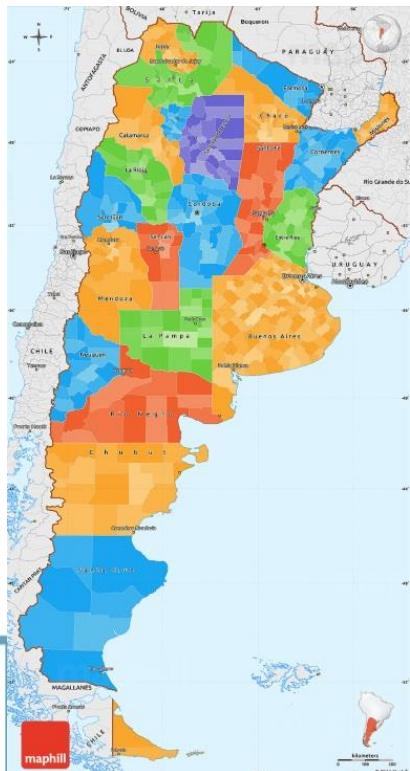
# Vistas y más vistas

<https://datavizcatalogue.com>



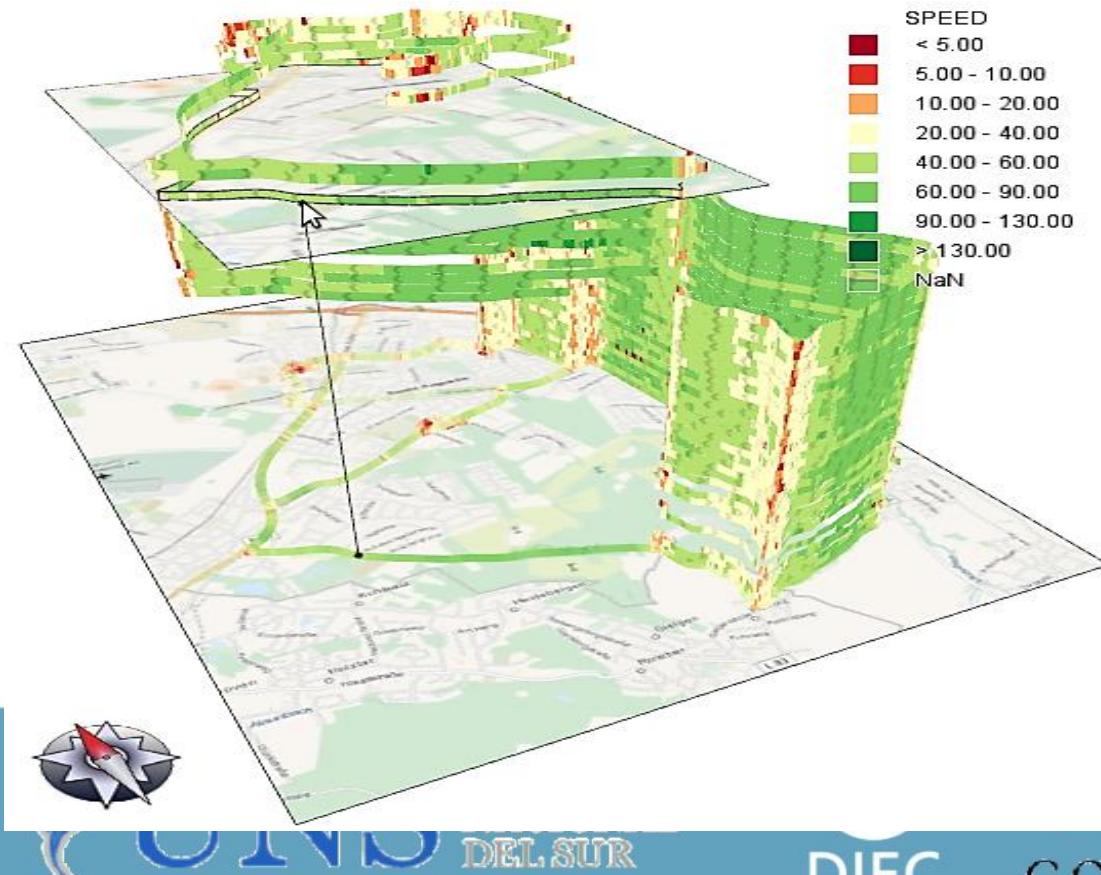
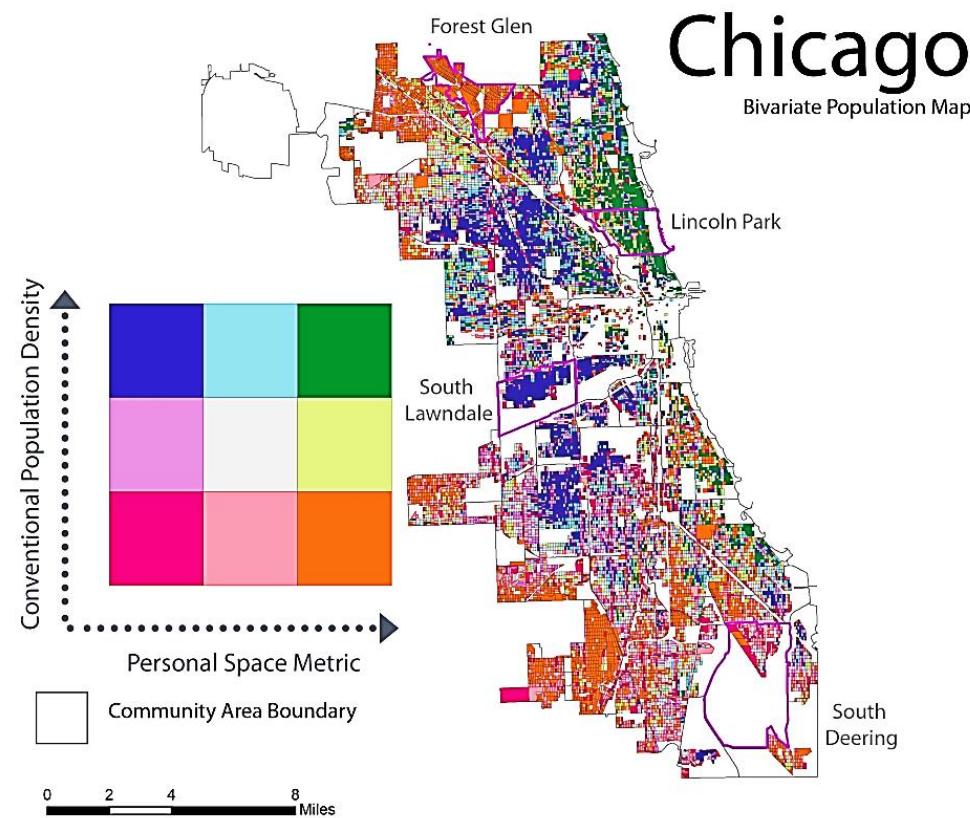
# Datos Espaciales: Geometría original

El caso más sencillo de datos geoespaciales es la representación de valores sobre áreas geográficas (físicas o políticas) utilizando colores.



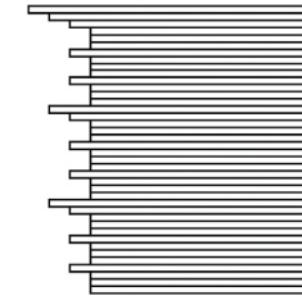
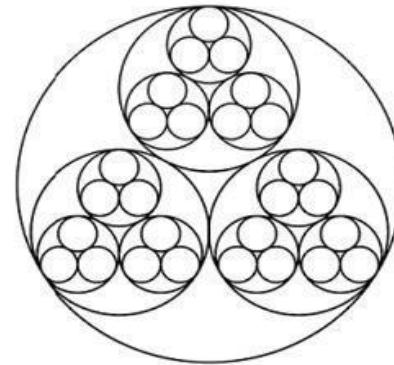
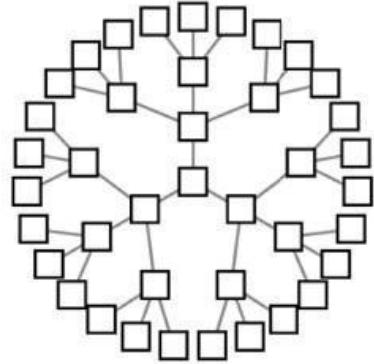
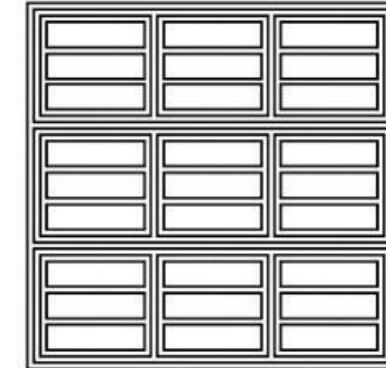
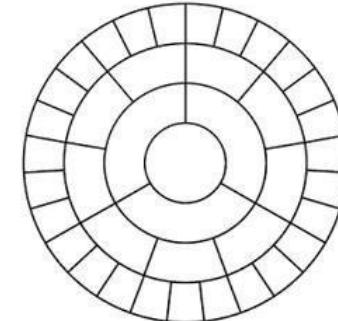
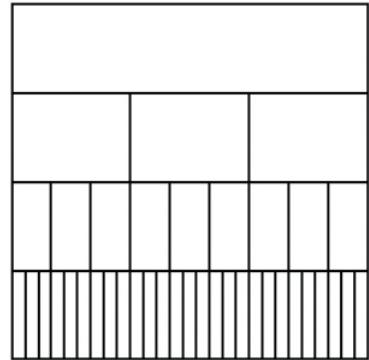
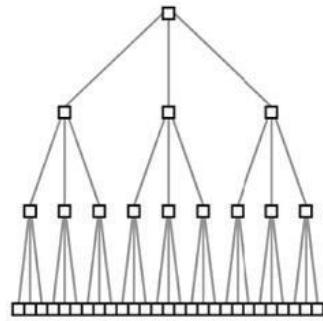
# Datos Espaciales: Geometría original

Para representación de valores geoespaciales 2D+ se requieren metáforas más elaboradas (paletas bivariadas, glifos, etc.).



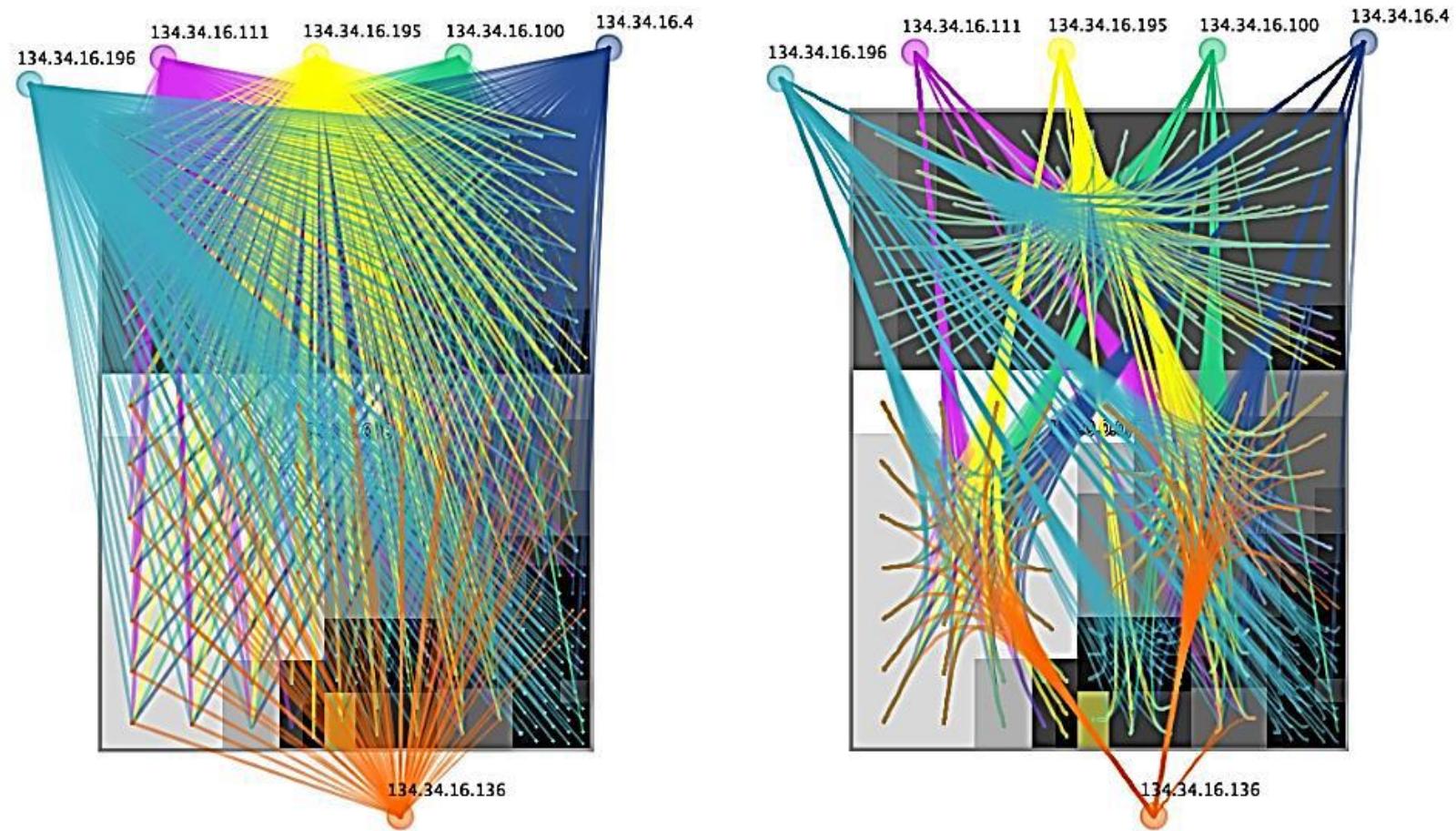
# Grafos, Árboles, Redes: Nodo-Arco

En el caso de árboles, existen muchas vistas posibles.



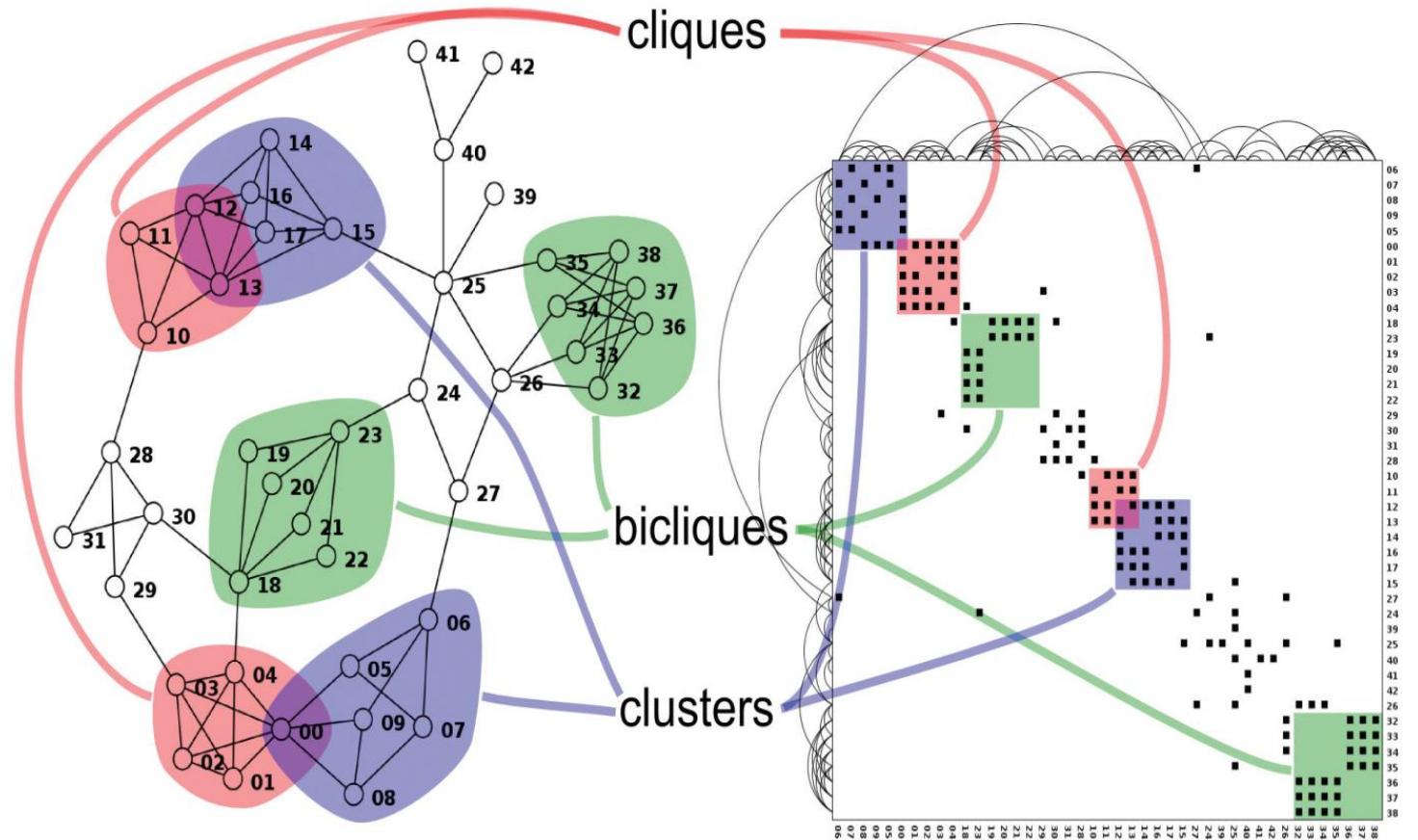
# Grafos, Árboles, Redes: Estructuras contenidas

Representación de un cyber ataque (nodos atacantes por IP y dominios atacados como mapa de calor).



# Grafos, Árboles, Redes: Matrices de Adyacencia

En otros casos, la matriz de adyacencia hace visibles propiedades del grafo que no se detectan fácilmente en la representación nodo-arco.

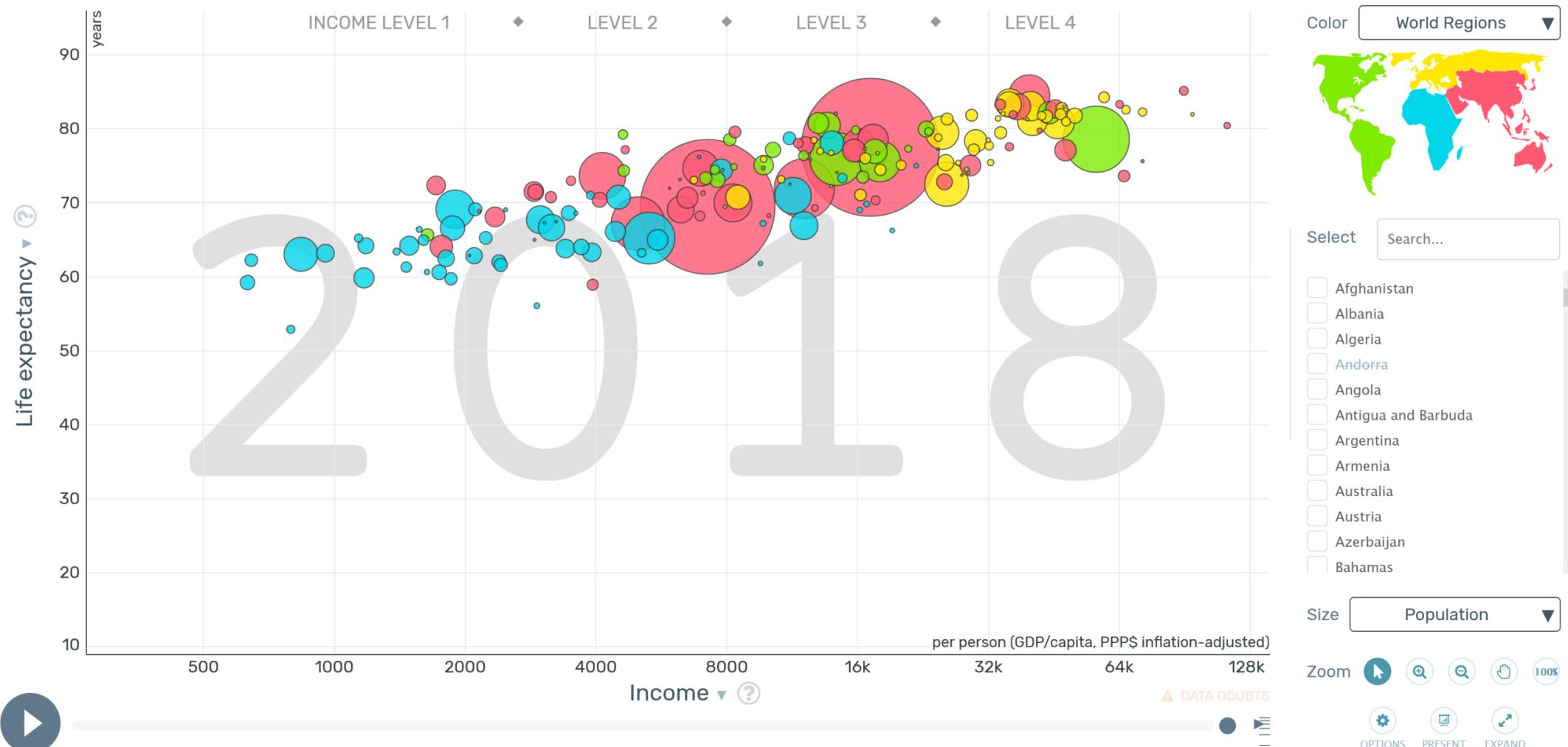


# Vistas múltiples y coordinadas: Yuxtaposición de vistas accionables

Exploración del espacio de posibles árboles de decisión para un dataset.



Vistas accionables animadas: <https://www.gapminder.org/>



# Herramientas Recomendables: <https://d3js.org/>



# Herramientas Recomendables: <https://holoviews.org/>

