

# Tratamiento de Señales

Version 2022-I

## Luz, espectro, percepción

[ Capítulo 1 ]

**Dr. José Ramón Iglesias**

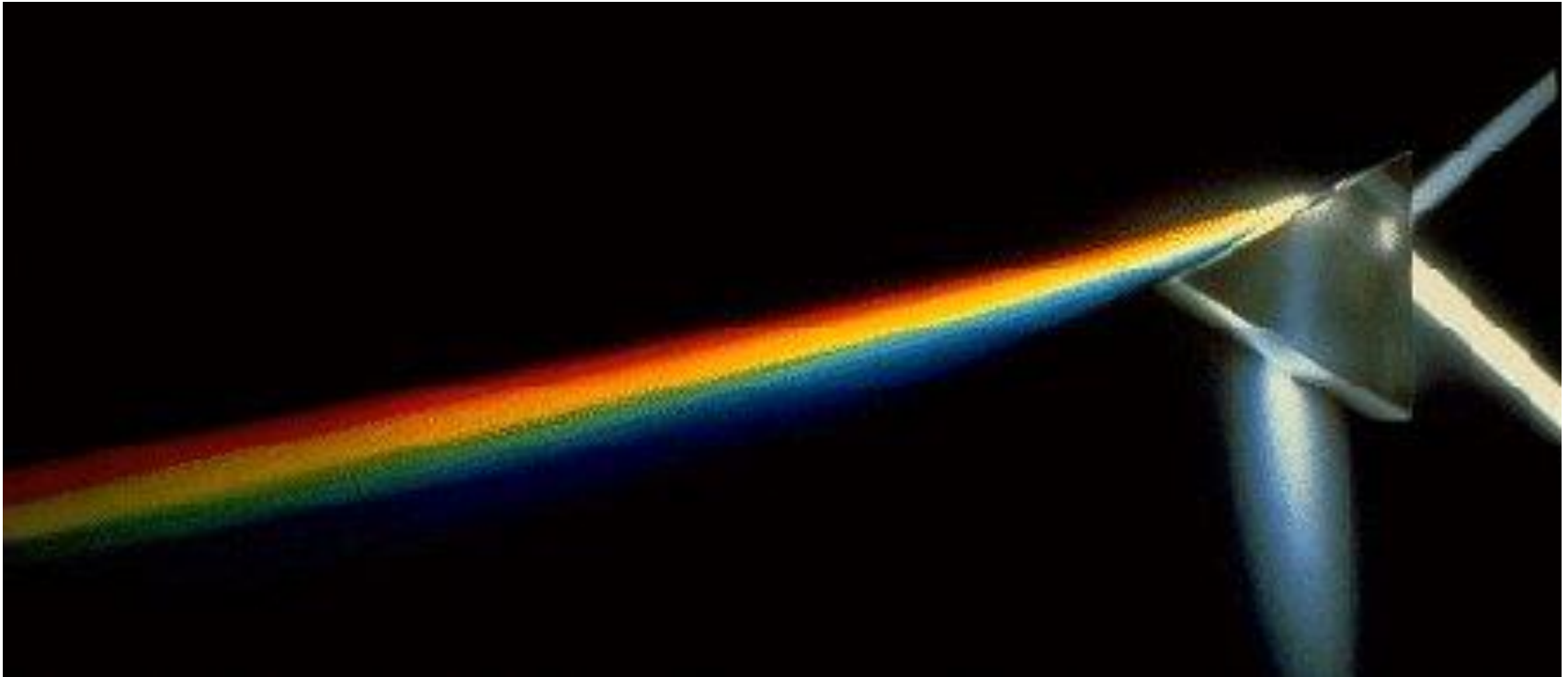
DSP-ASIC BUILDER GROUP

Director Semillero TRIAC

Ingeniería Electronica

Universidad Popular del Cesar

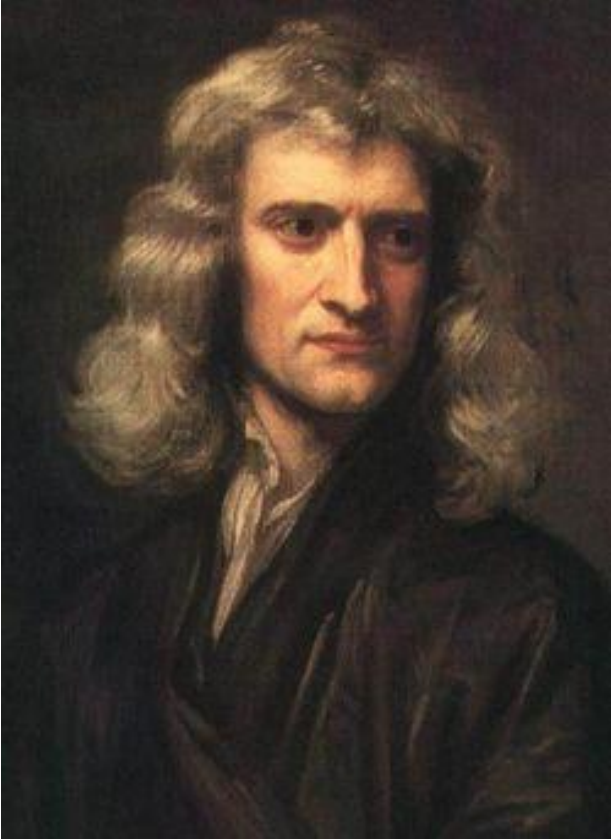
# [ Luz y Espectro Electromagnético ]



La luz (del latín lux, lucis) es una onda electromagnética, compuesta por partículas energizadas llamadas fotones, capaz de ser percibida por el ojo humano y cuya frecuencia o energía determina su color.

[[wikipedia.org](https://es.wikipedia.org)]

[ Isaac Newton: 1643-1727 ]

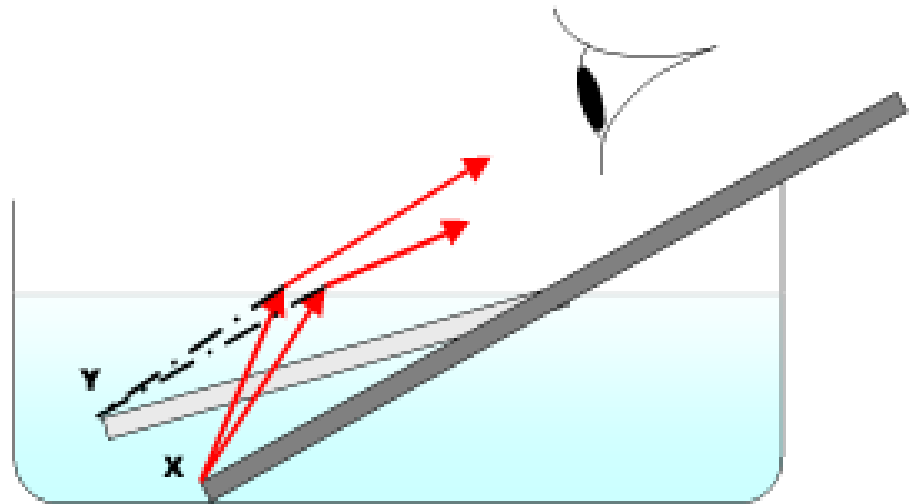


Isaac Newton propuso una teoría corpuscular para la luz.

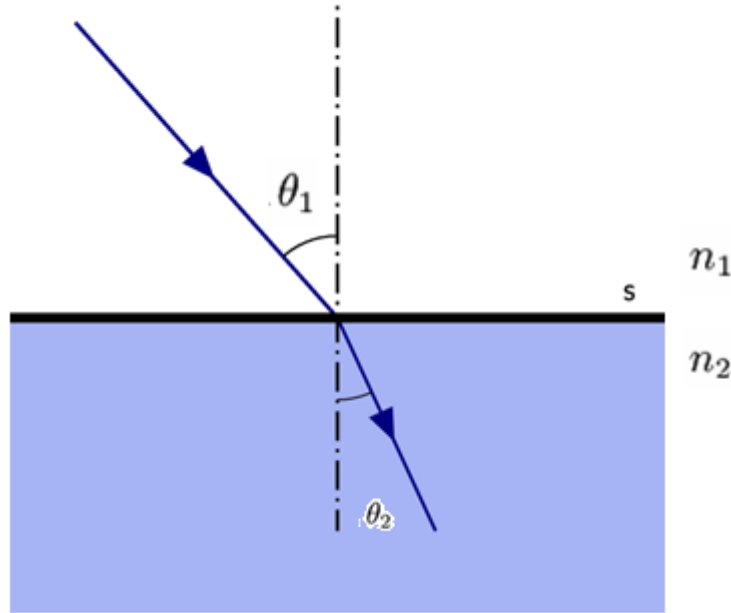
Supone que la luz está compuesta por una granizada de corpúsculos o partículas luminosas, los cuales se propagan en línea recta, que pueden atravesar medios transparentes y ser reflejados por materias opacas.

Esta teoría explica la propagación rectilínea de la luz, la refracción y la reflexión.

## [ Refracción ]



## [ Refracción ]



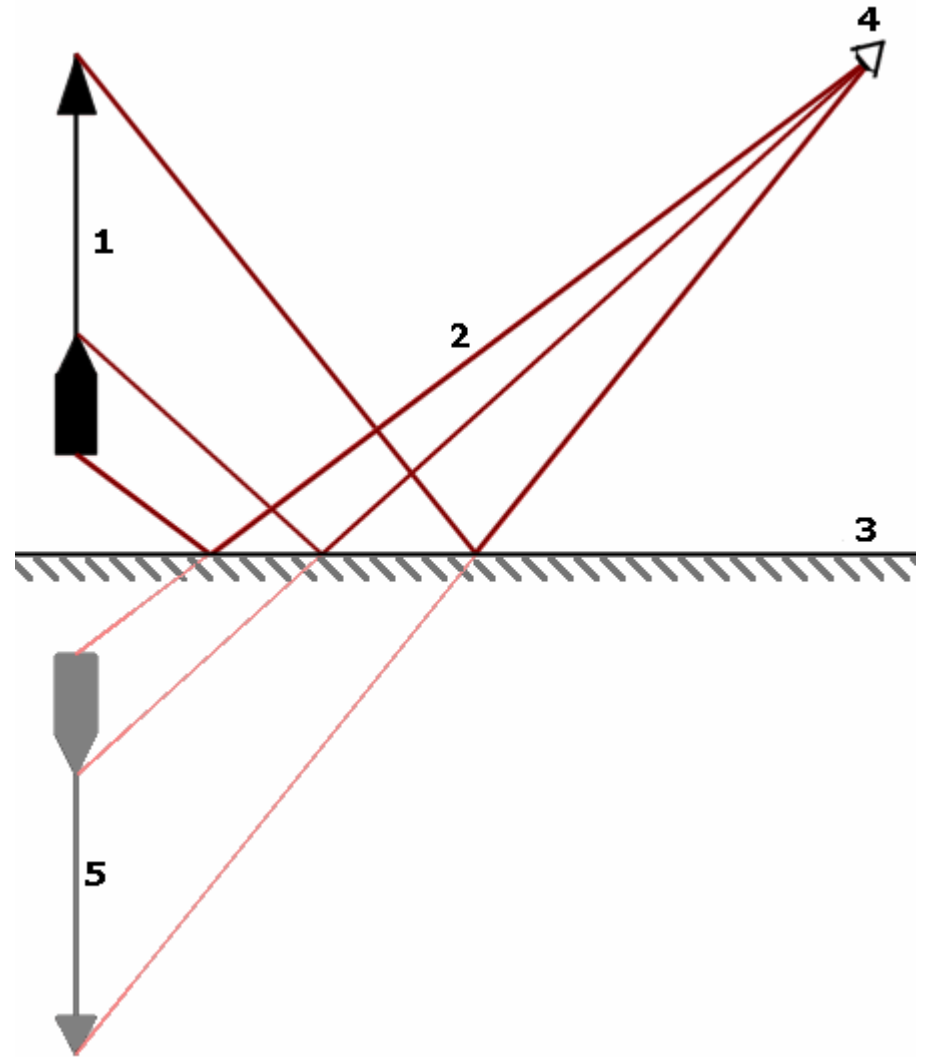
Se produce cuando la luz pasa de un medio de propagación a otro con una densidad óptica diferente, sufriendo un cambio de rapidez y un cambio de dirección si no incide perpendicularmente en la superficie. Esta desviación en la dirección de propagación se explica por medio de la ley de Snell. Esta ley, así como la refracción en medios no homogéneos, son consecuencia del principio de Fermat, que indica que **la luz se propaga entre dos puntos siguiendo la trayectoria de recorrido óptico de menor tiempo.**

### Ley de refracción (Snell)

La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es igual a la razón entre la velocidad de la onda en el primer medio y la velocidad de la onda en el segundo medio

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

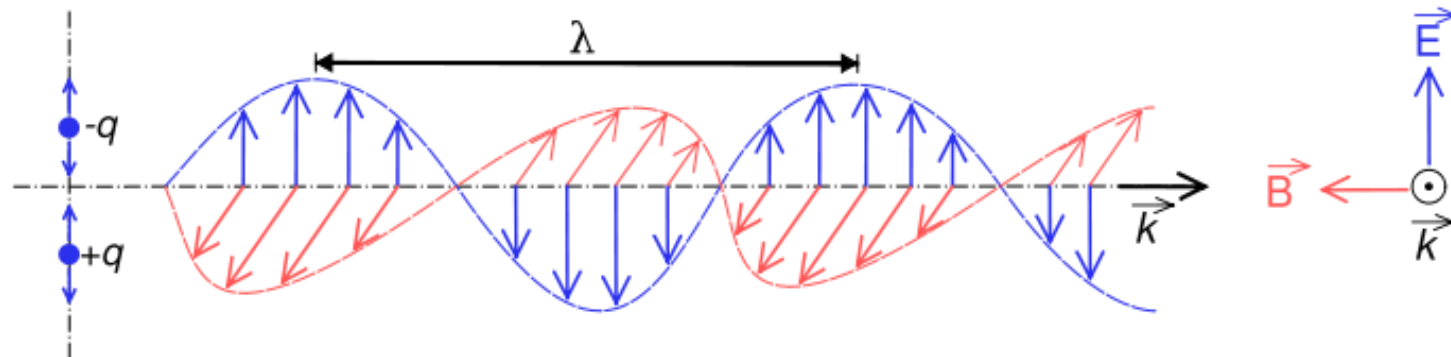
## [ Reflexión ]



[ Christiaan Huygens: 1629 - 1695 ]

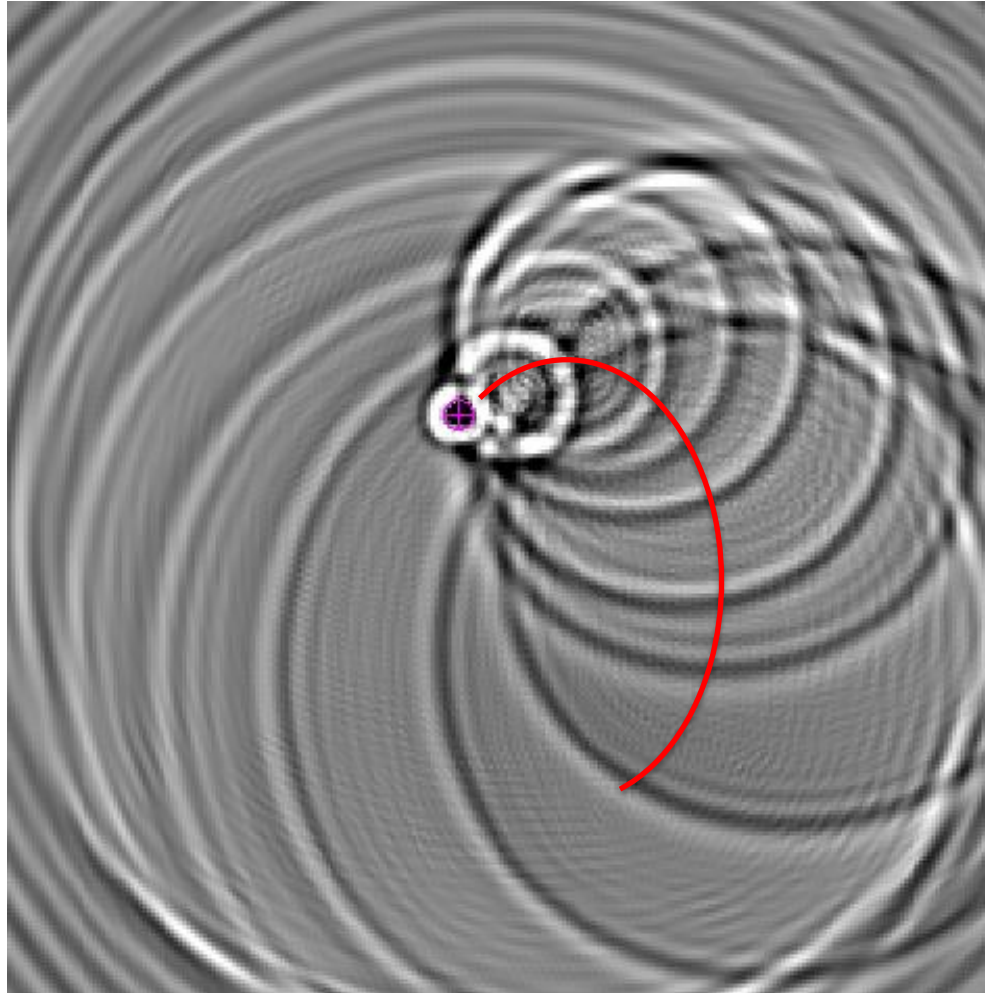
Huygens plantea un modelo ondulatorio, ya que el modelo de Newton no explica los fenómenos de interferencia y difracción.

La luz es definida como un movimiento ondulatorio semejante al que se produce con el sonido.

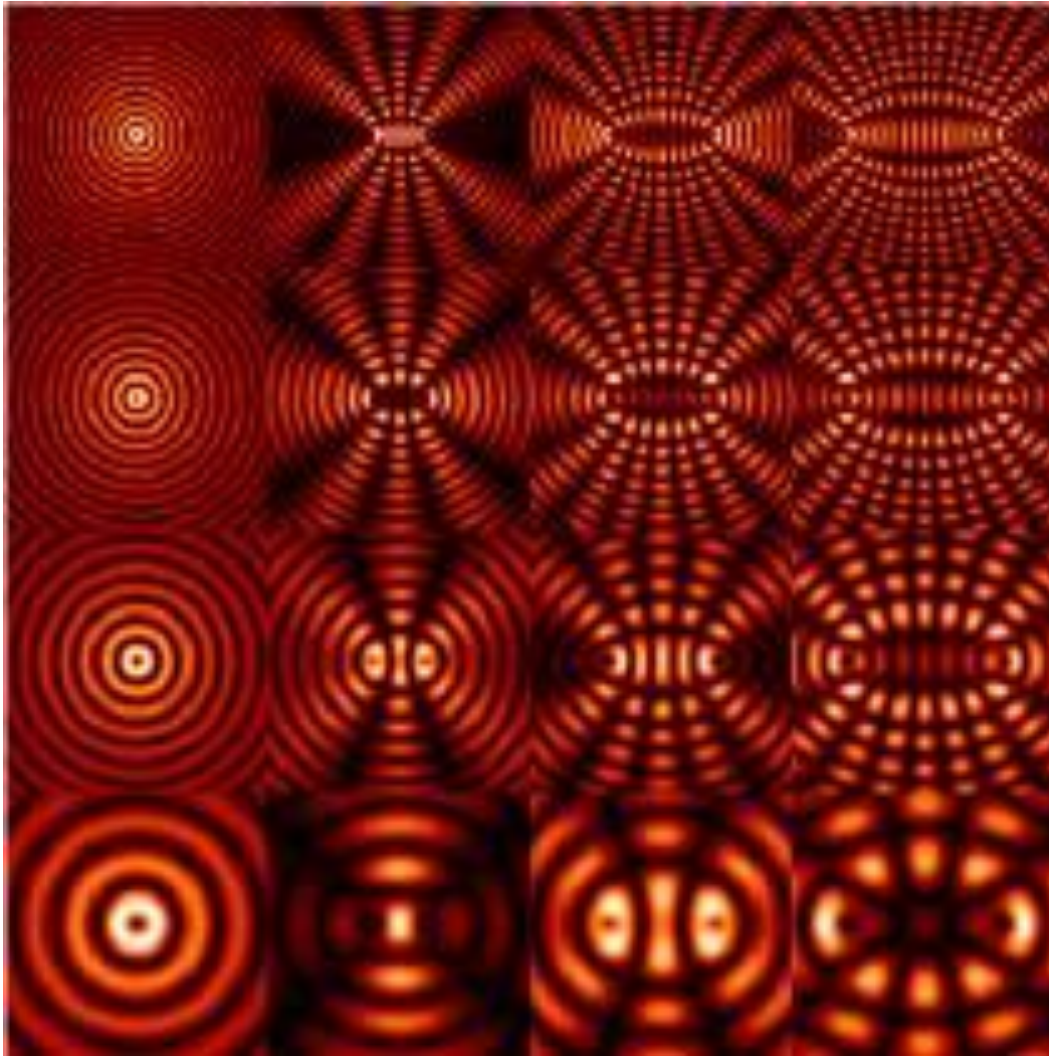




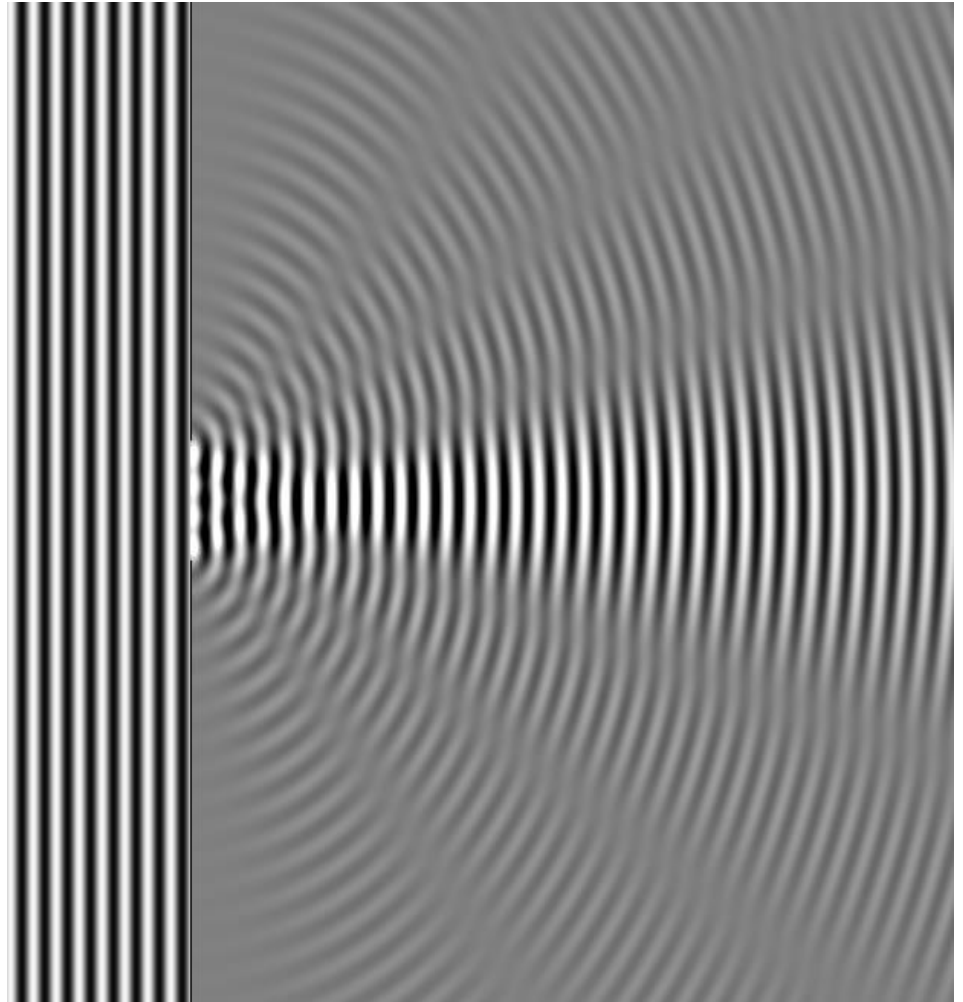
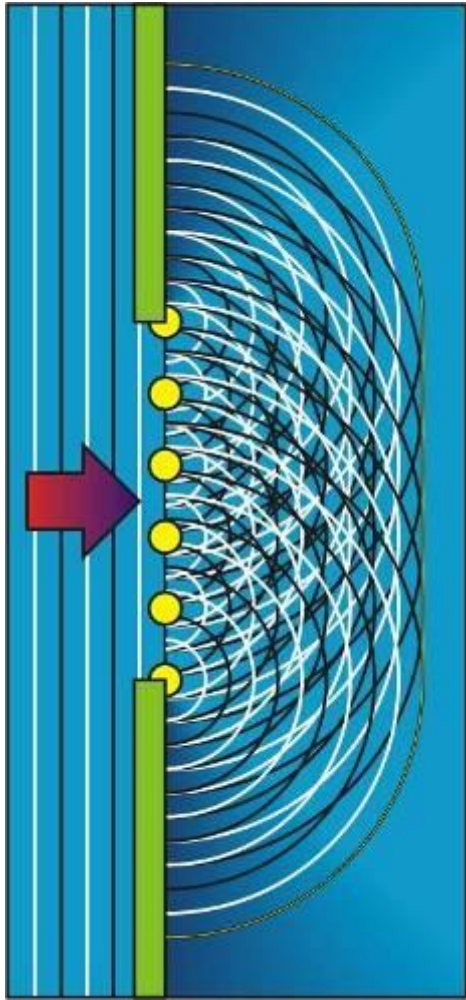
## [ Interferencia ]



## [ Interferencia ]



## [ Difracción ]



Dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo.

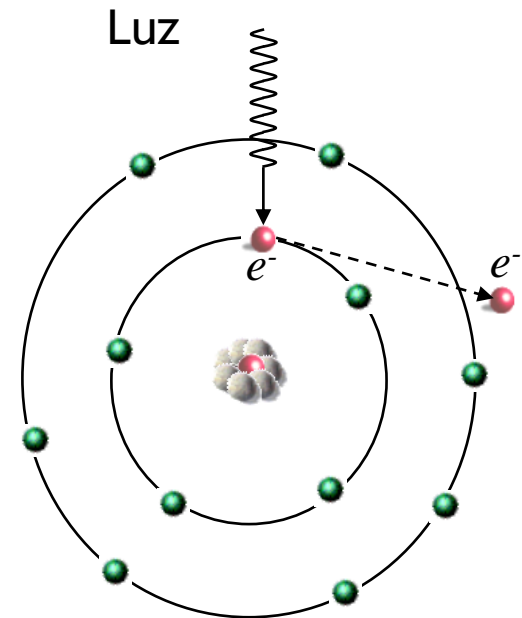
## [ Naturaleza cuántica de la luz ]

La teoría electromagnética clásica no podía explicar la emisión de electrones por un conductor cuando incide luz sobre su superficie, fenómeno conocido como efecto fotoeléctrico.

Este efecto consiste en la emisión espontánea de electrones en algunos metales o semiconductores irradiados por luz. Fue descubierto y descrito experimentalmente por Heinrich Hertz en 1887 y suponía un importante desafío a la teoría electromagnética de la luz.



Hertz 1857-1894

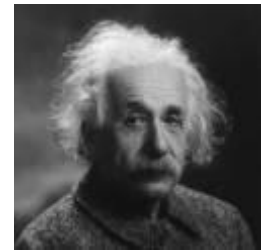


Efecto fotoeléctrico

## [ Naturaleza cuántica de la luz ]

En 1905, el joven físico Albert Einstein presentó una explicación del efecto fotoeléctrico basándose en una idea propuesta anteriormente por Planck para la emisión espontánea de radiación lumínica por cuerpos cálidos y postuló que la energía de un haz luminoso se hallaba concentrada en pequeños paquetes, que denominó cuantos de energía y que en el caso de la luz se denominan fotones.

El mecanismo del efecto fotoeléctrico consistiría en la transferencia de energía de un fotón a un electrón. Cada fotón tiene una energía proporcional a la frecuencia de vibración del campo electromagnético que lo conforma.



Einstein 1879-1955



Planck 1858-1947



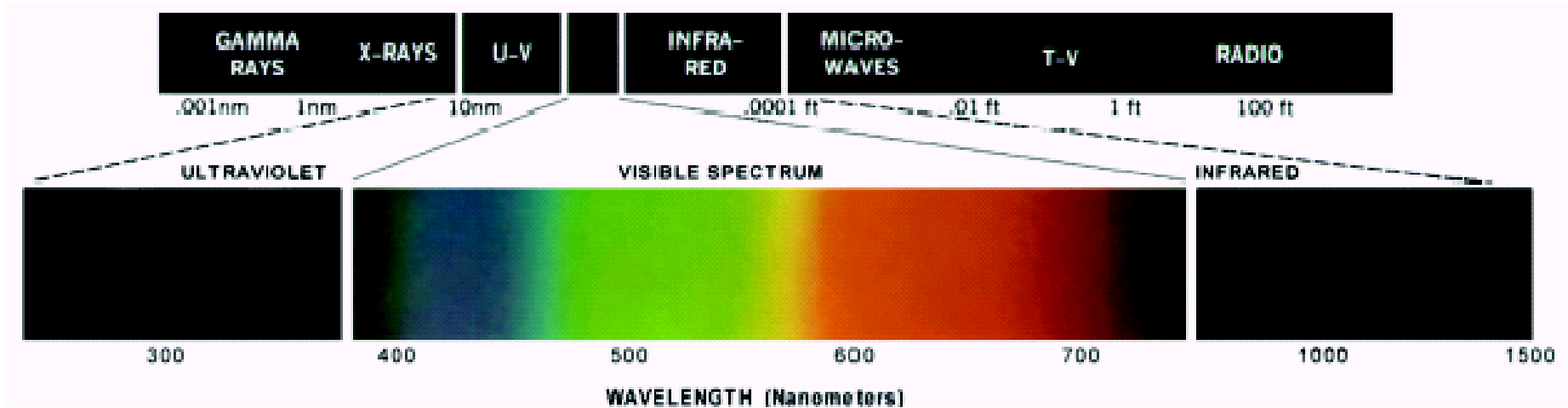
## [ Luz visible ]



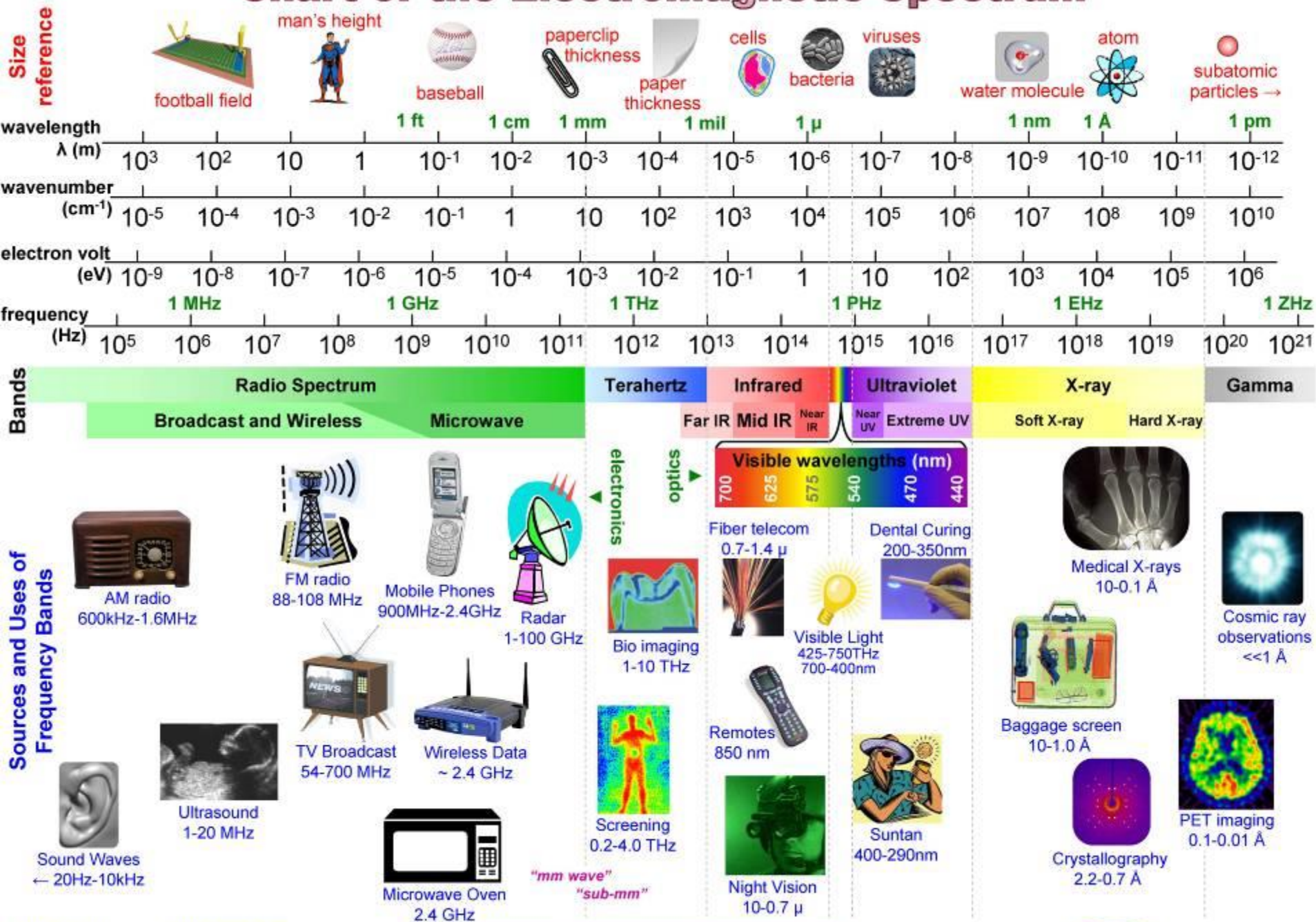
La luz visible (al ojo humano) forma parte de una estrecha franja que va desde longitudes de onda de 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo). Los colores del espectro se ordenan como en el arco iris, formando el llamado espectro visible.

[[wikipedia.org](https://es.wikipedia.org)]

# [ Espectro Electromagnético ]



# Chart of the Electromagnetic Spectrum

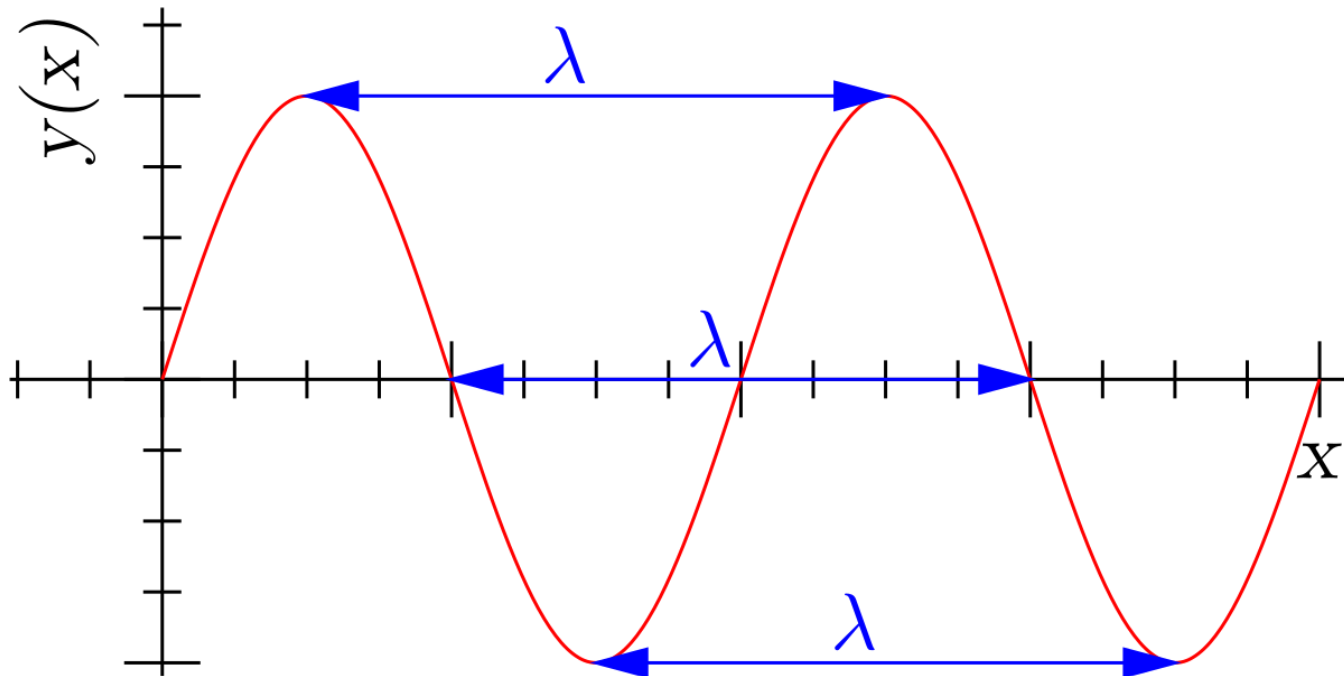


$$\lambda = 3 \times 10^8 / \text{freq} = 1 / (\text{wn} \times 100) = 1.24 \times 10^{-6} / \text{eV}$$



## [ Espectro Electromagnético ]

- Relación entre longitud de onda ( $\lambda$ ) y frecuencia ( $\nu$ )  $\lambda = \frac{c}{\nu}$
- donde  $c$  es la velocidad de la luz
- Energía de una onda electromagnética  
donde  $h$  es la Cte. de Plank  $E = h\nu$

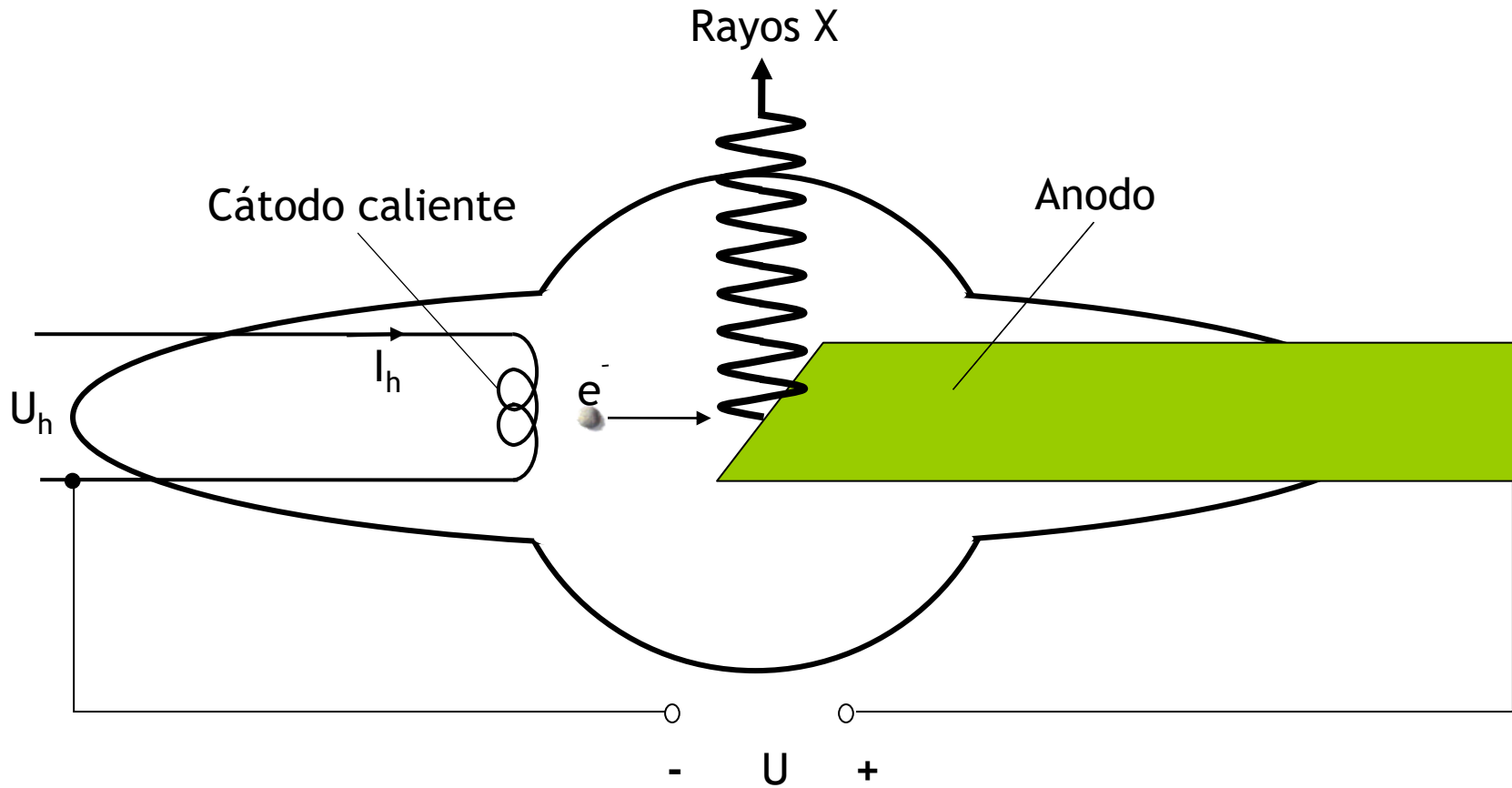


[ Rayos X ]

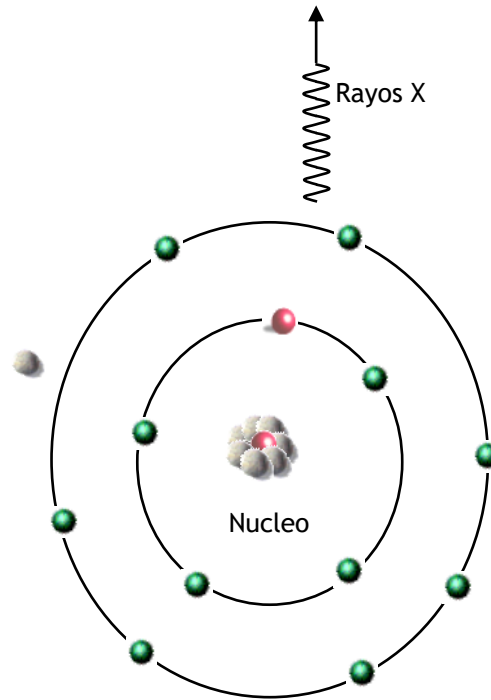


Primera radiografía:  
C. Röntgen, 1896

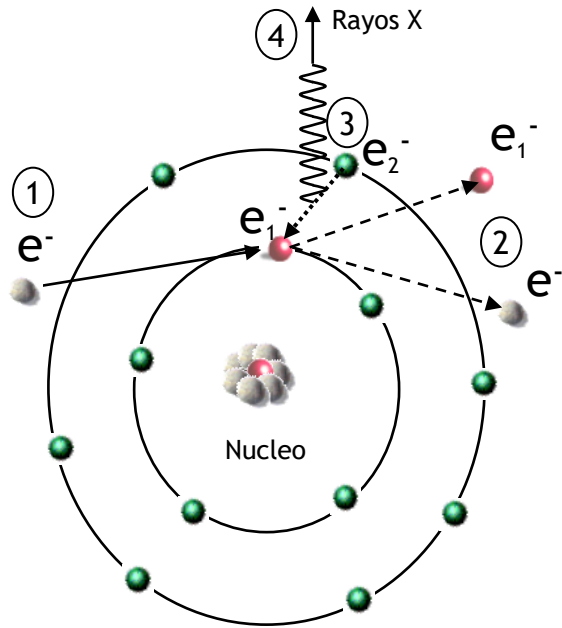
## [ Rayos X: ¿Cómo se producen? ]



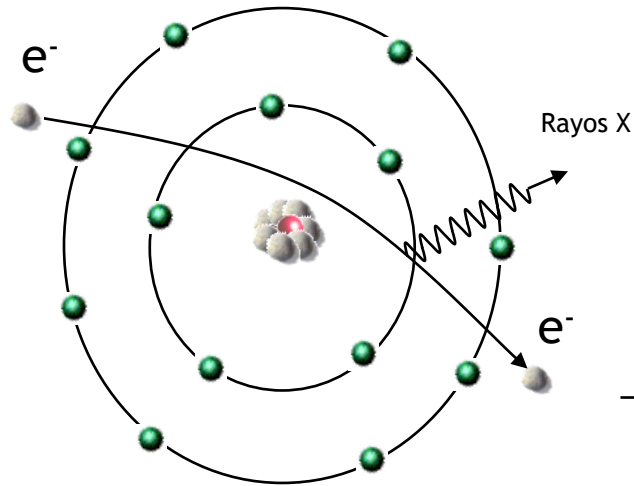
## [ Rayos X: ¿Cómo se producen? ]



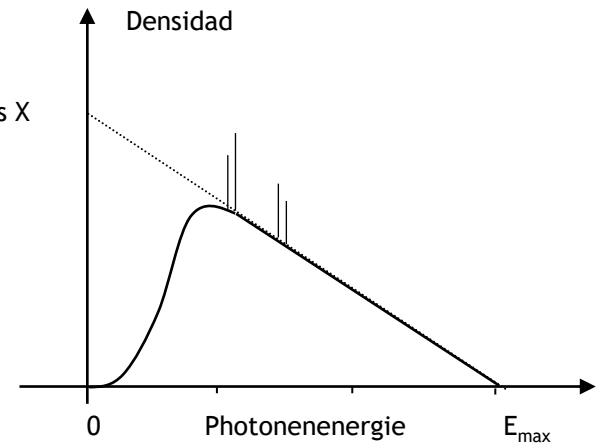
# [ Rayos X: ¿Cómo se producen? ]



(a) Discretos.

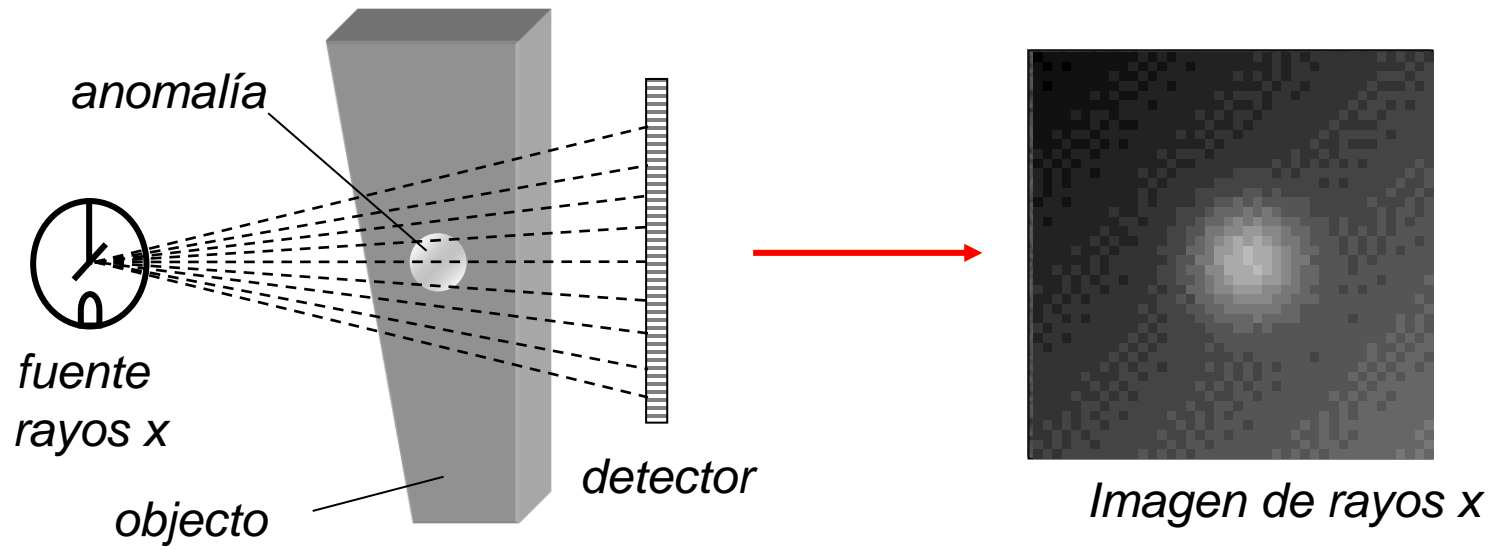


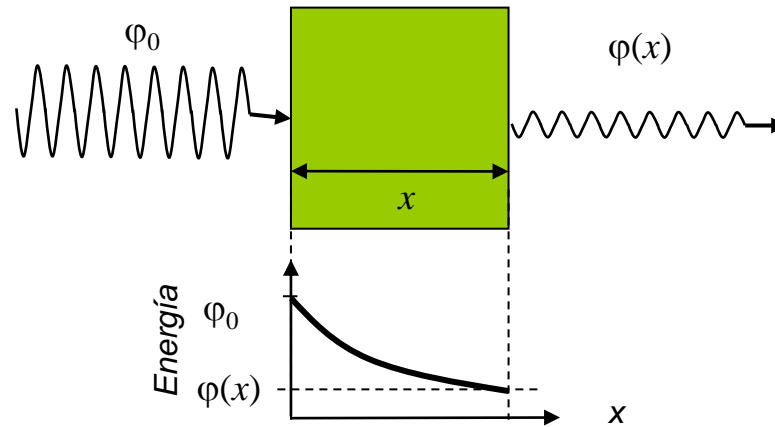
(b) Continuos.



(c) Espectro.

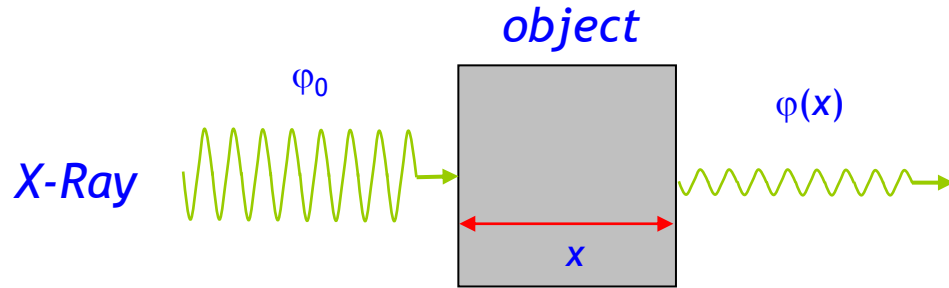
## [ Rayos X ]





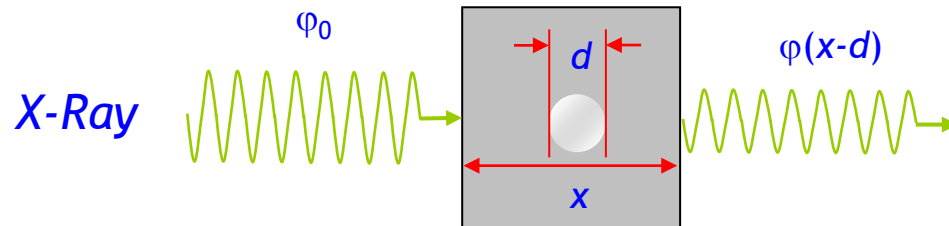
Absorción de los rayos X

# [ Rayos X ]

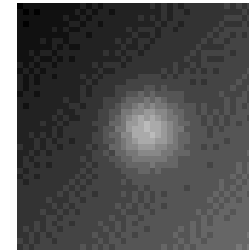


*X-Ray attenuation law:*

$$\varphi(x) = \varphi_0 e^{-\mu x}$$

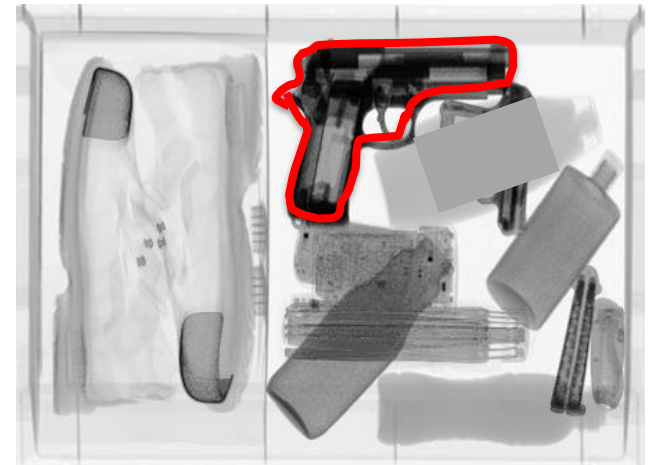
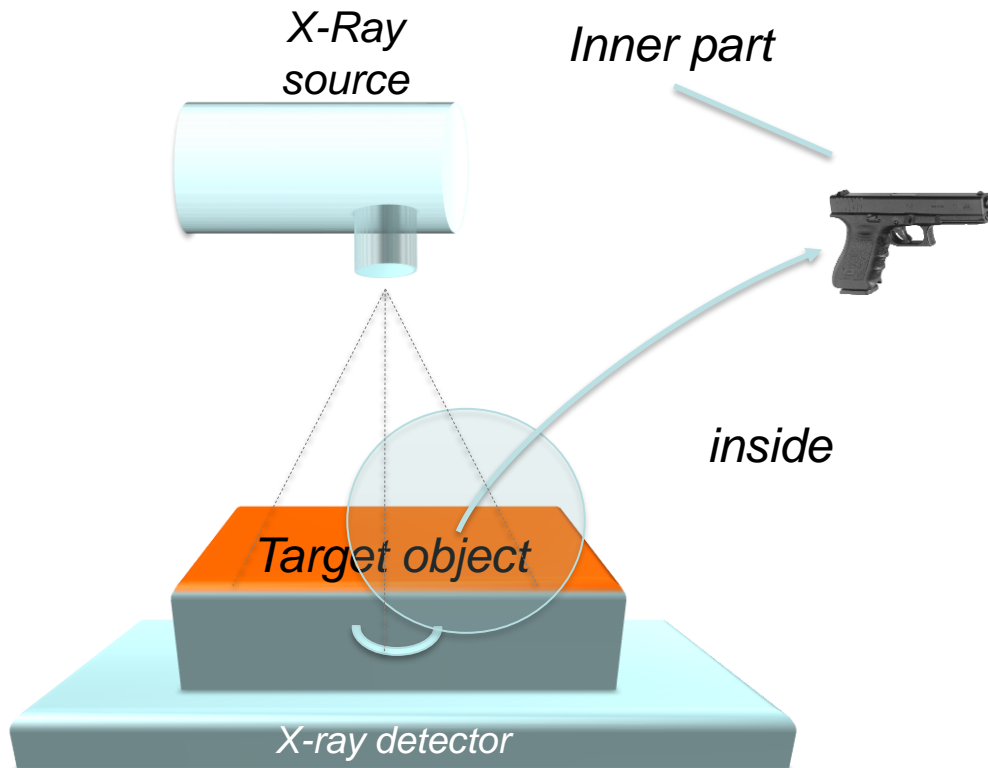


$$\varphi(x-d) = \varphi_0 e^{-\mu(x-d)}$$



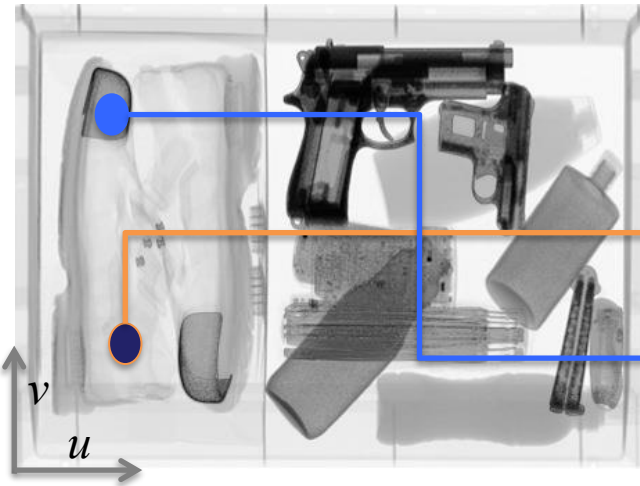


# Principles: X-ray projection

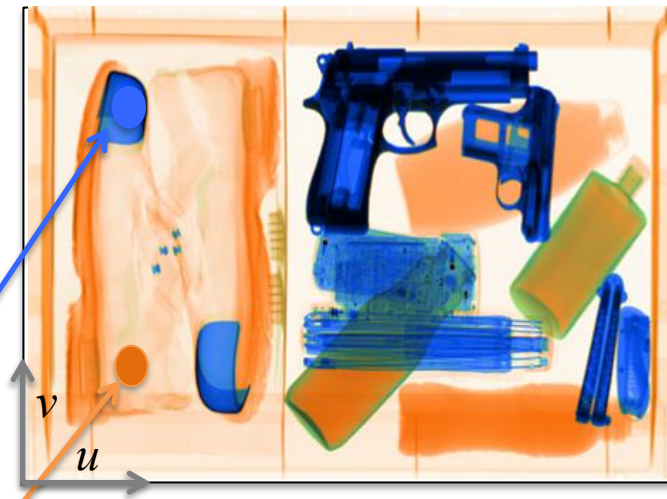
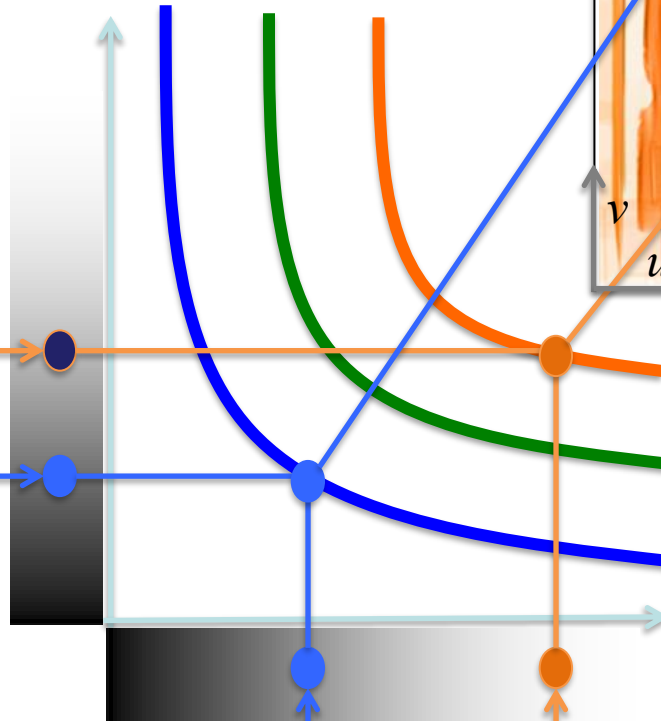


*X-ray image*

# Principles: Dual Energy



Low Energy X-ray Image



Hi Energy X-ray Image

## [ Rayos X ]

Radiografía de torax



Angiograma aórtico



Tomografía  
computarizada  
del cerebro



Análisis de tarjetas de  
circuitos impresos

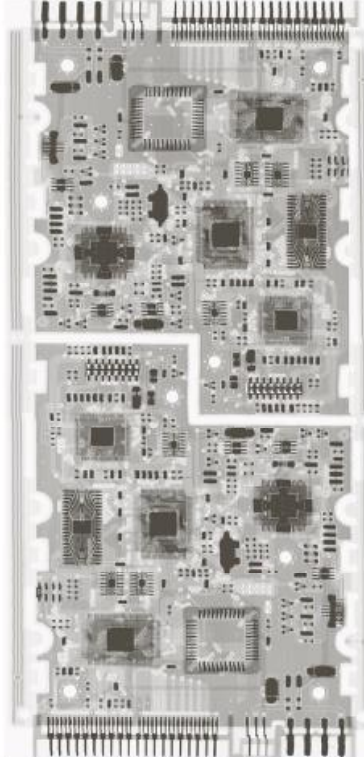
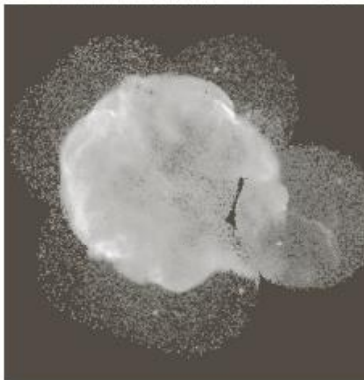
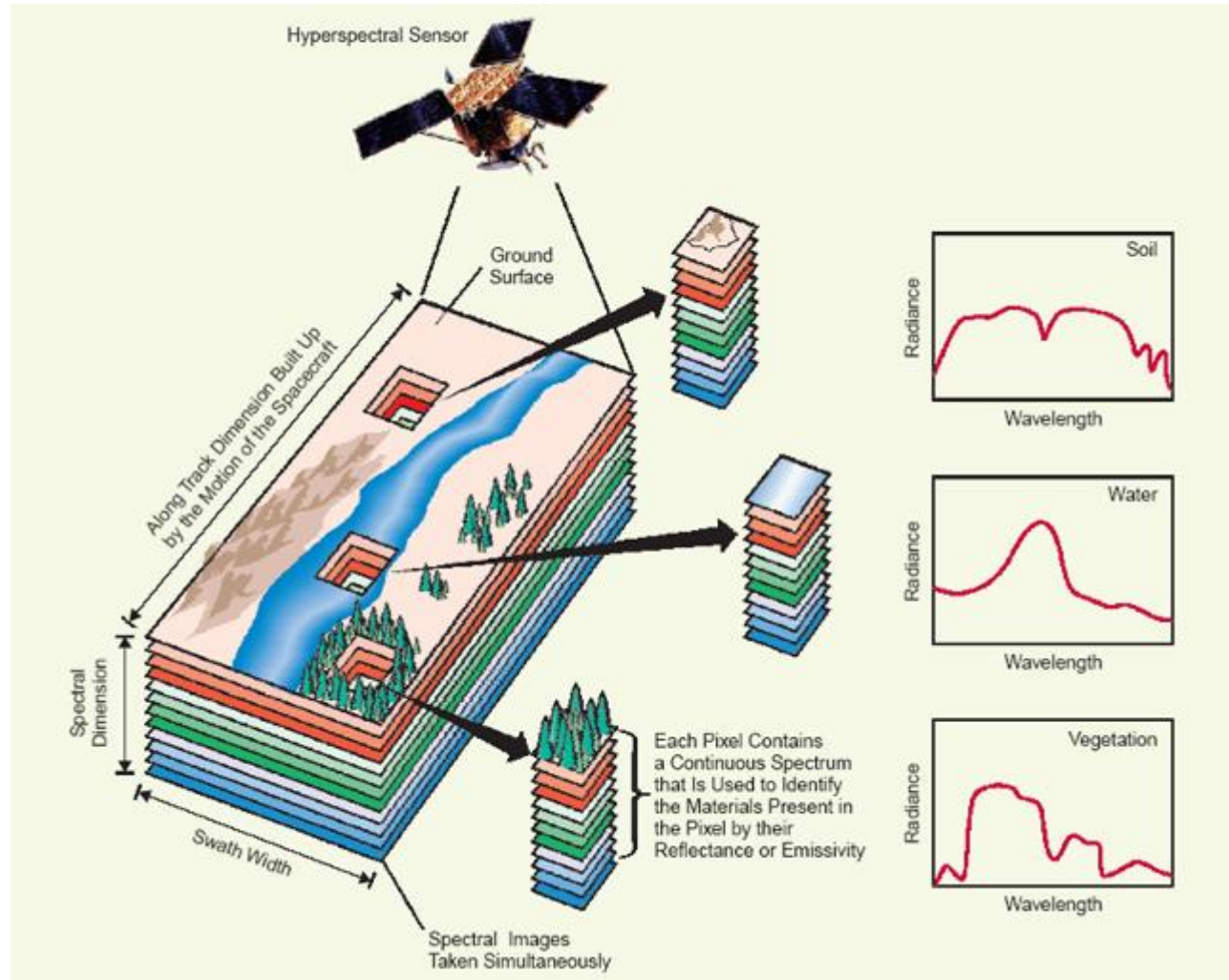


Imagen de rayos X del  
“*Cygnus Loop*”

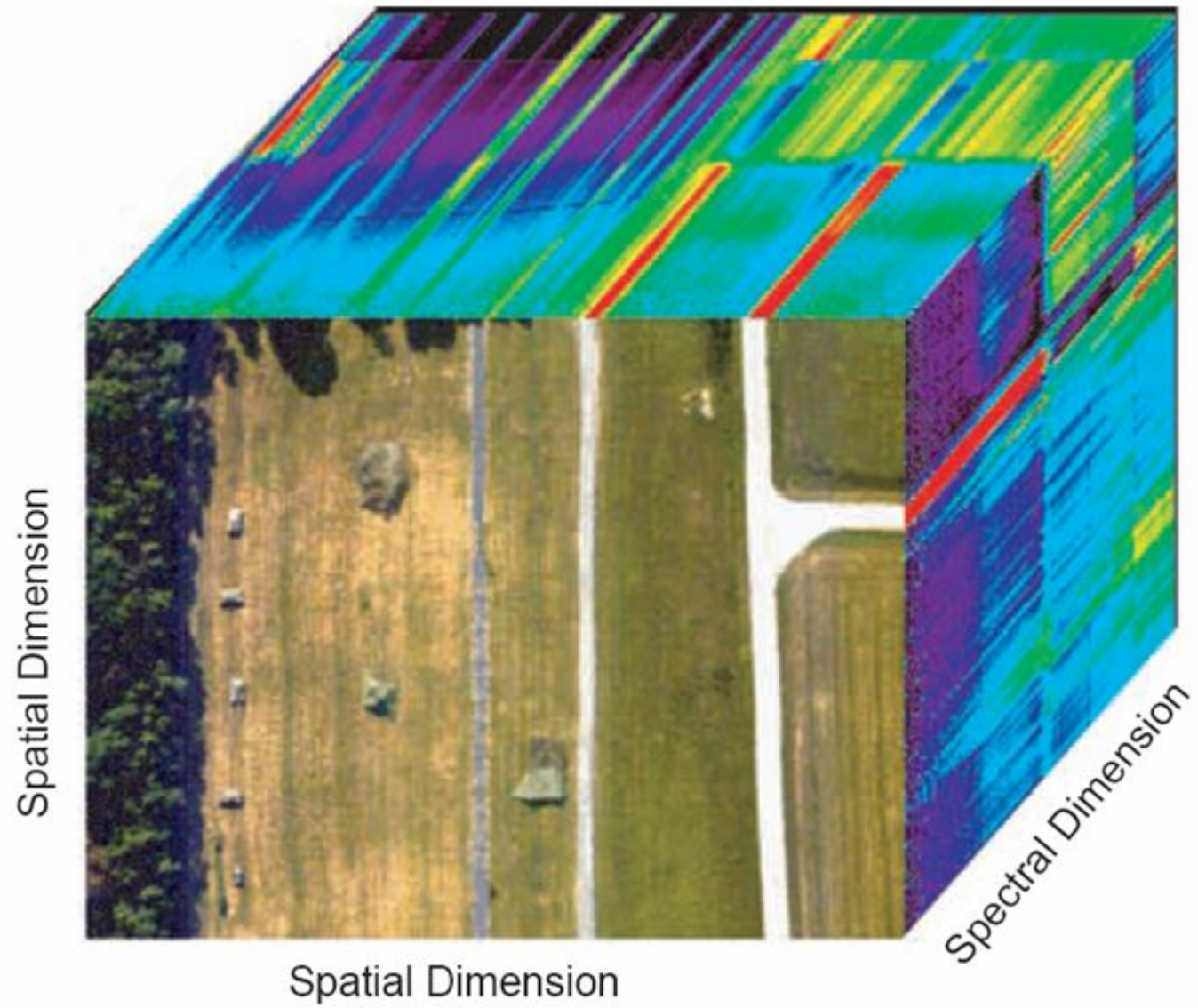


## [ Espectroscopía ]

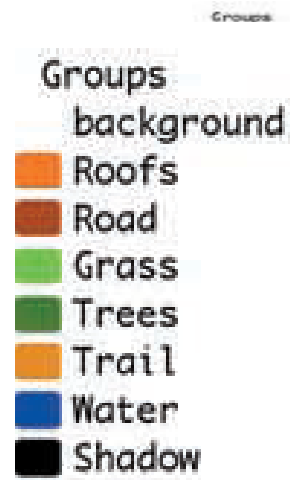


Shaw, G.; Manolakis, D. (2002): Signal Processing for Hyperspectral Image Exploitation. IEEE Signal Processing Magazine, 19(1):12-16.





## [ Espectroscopía ]



thematic map presentation



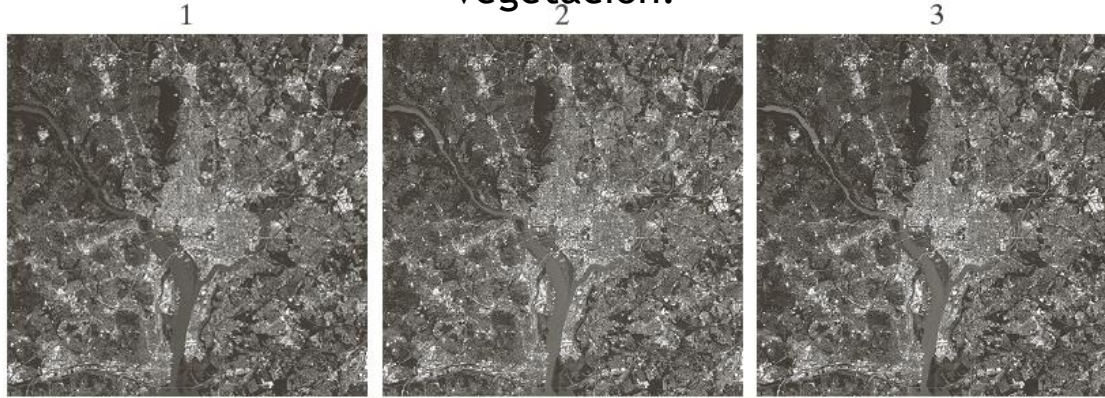


## [ Banda visible e infrarroja ]

Visible verde  
0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$ ,  
vegetación.

Visible azul  
0.45 - 0.52  $\mu\text{m}$ ,  
máxima  
penetración del  
agua.

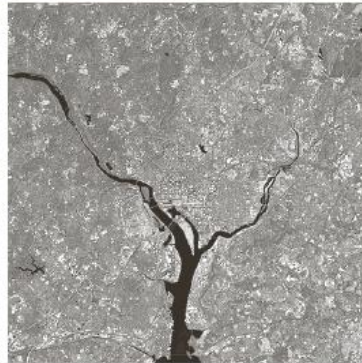
Visible rojo  
0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ ,  
vegetación.



Infrarrojo  
cercano  
0.76 -  
0.90  $\mu\text{m}$ ,  
Biomasa y  
mapeo  
costero



4



5

Infrarrojo medio  
1.55 - 1.75  $\mu\text{m}$ , humedad.



6

Infrarrojo térmico  
10.4 - 12.5  $\mu\text{m}$ , humedad.

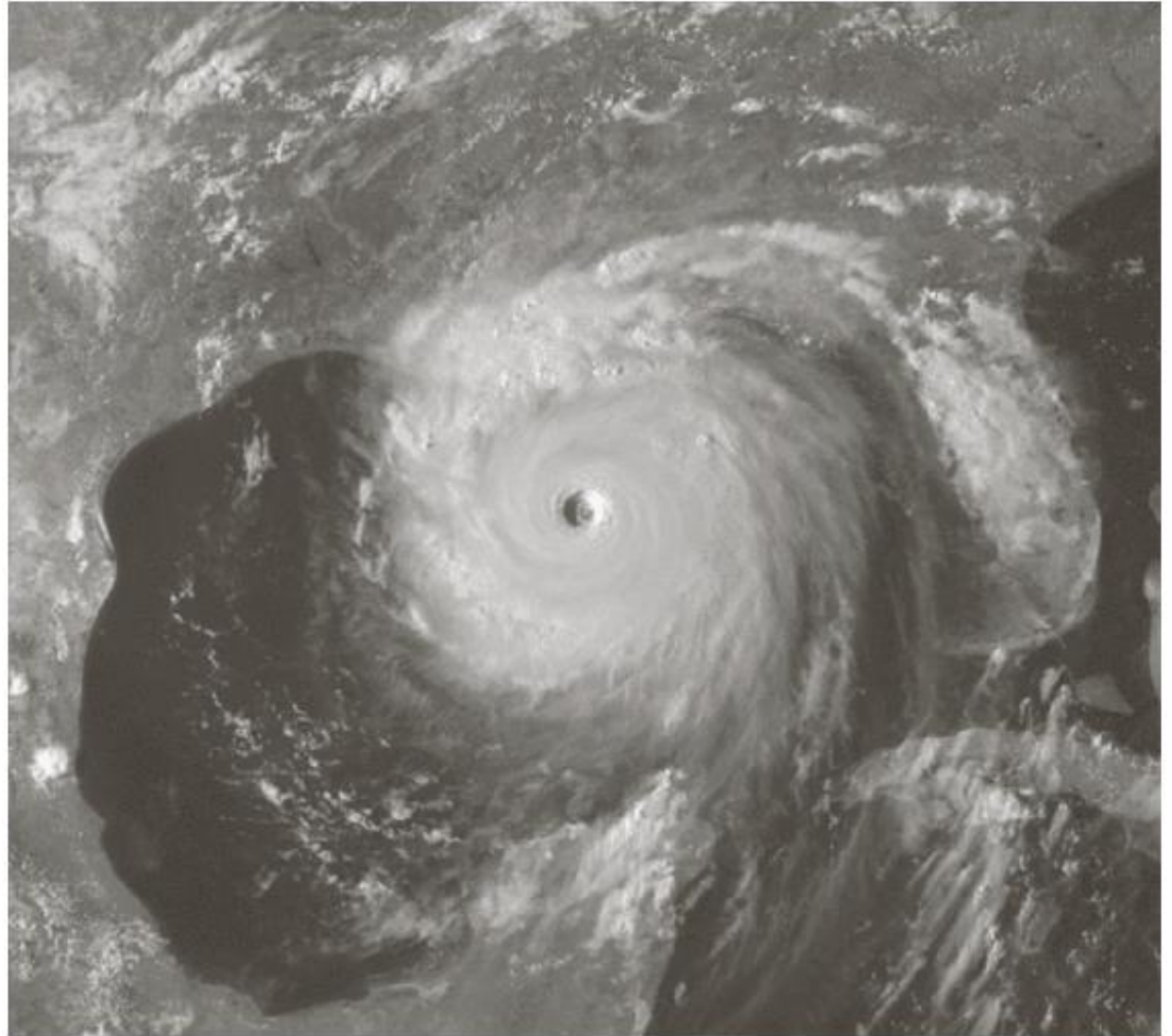


7

Infrarrojo  
lejano  
2.08 -  
2.35  $\mu\text{m}$ ,  
mapeo de  
minerales

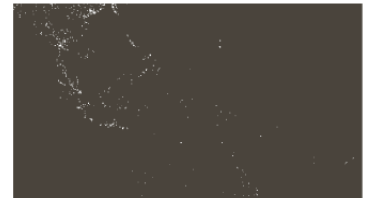
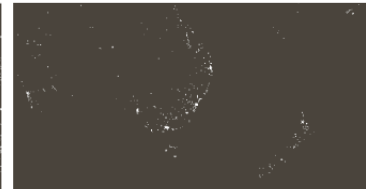
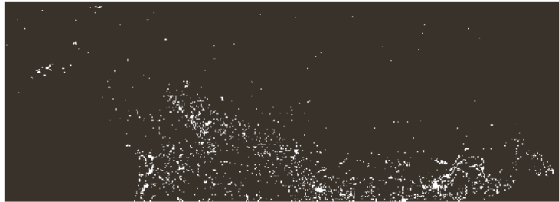
Imágenes del satélite LANDSAT del área de Washington DC

Imagen satelital del  
huracán Katrina  
tomada el 29 de  
Agosto del 2005





## [ Banda visible e infrarroja ]



## [ Ultravioleta ]

Imagen de  
maíz normal

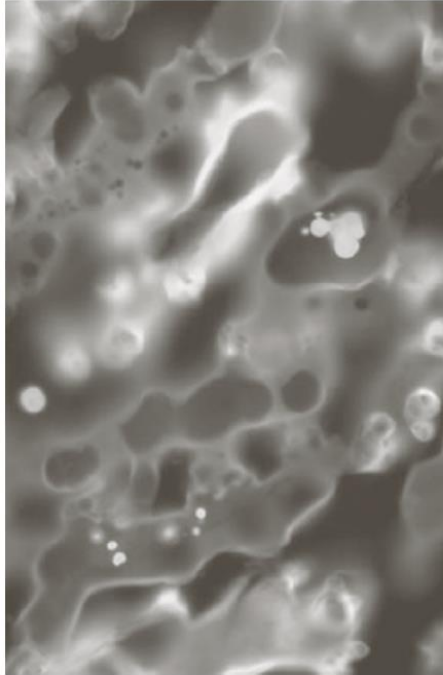


Imagen de  
maíz con  
hongos

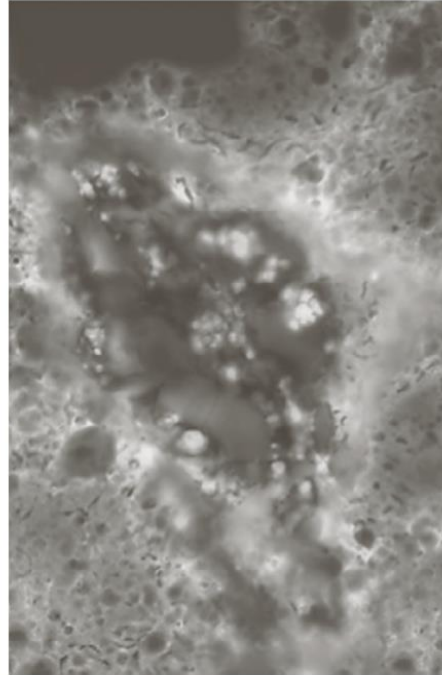
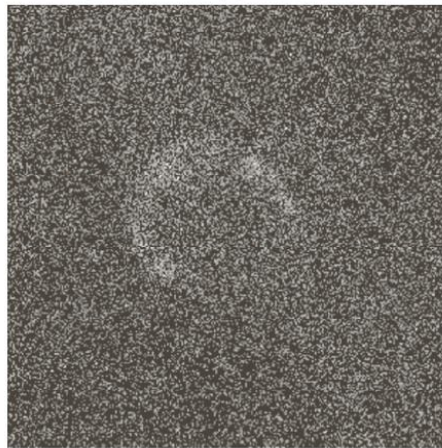
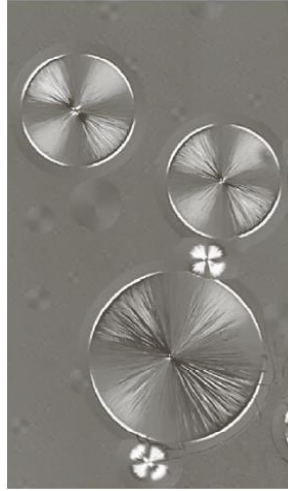


Imagen de “*Cygnus Loop*”



## [ Banda visible e infrarroja ]

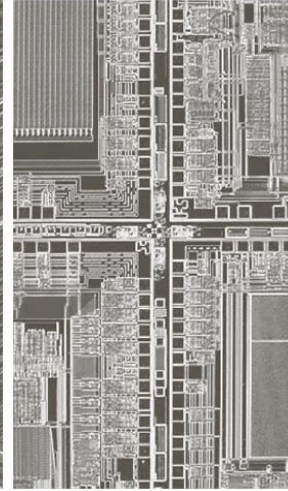
Imagen microscopica de  
Taxol (agente  
anticancerígeno) - 250x



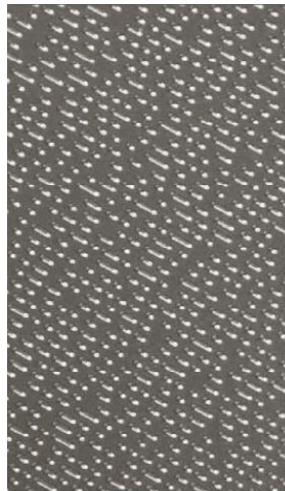
Colesterol - 40x



Imagen de  
microprocesador  
- 60x



Película delgada de óxido  
de níquel - 600x

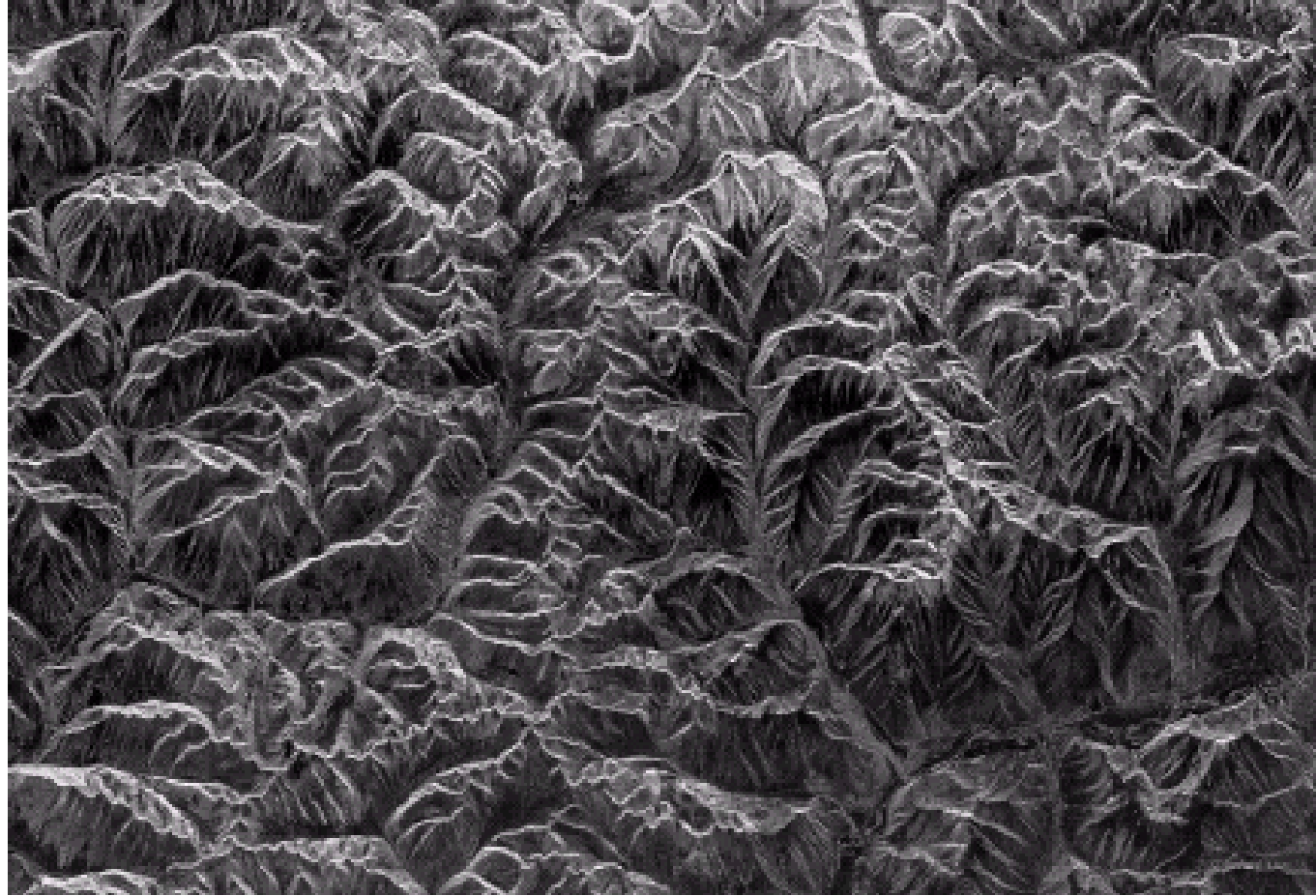


Superconductor  
orgánico - 450x



CD de audio - 1750x

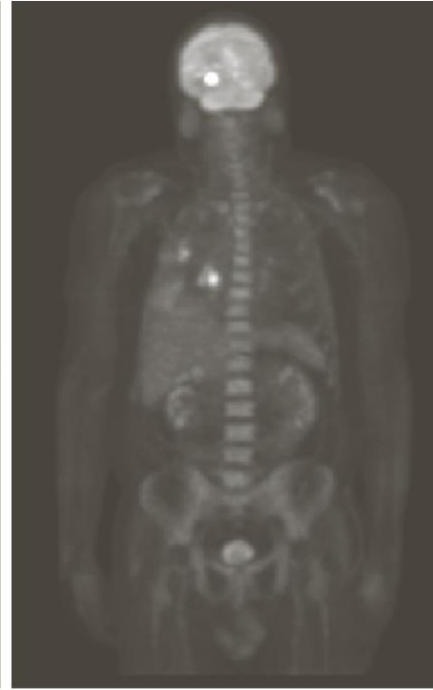
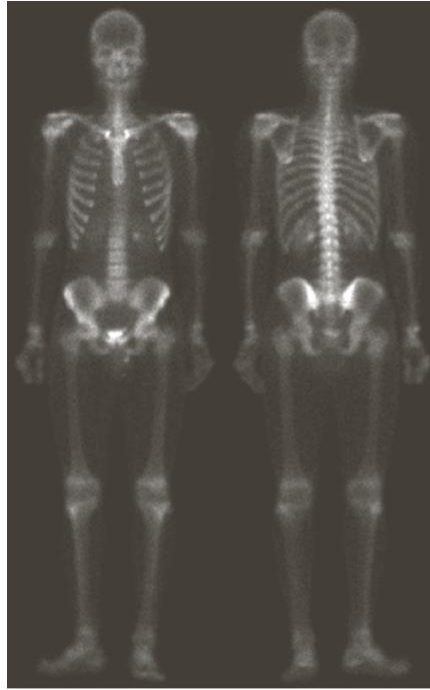
Imágen de radar de  
apertura sintética de  
una zona montañosa  
del Tibet



## [ Rayos Gamma ]

### Escanner de huesos

Se inyecta un radioisótopo que emite rayos gama a medida que decae. La imagen se forma detectando la emisión utilizando detectores de rayos gama

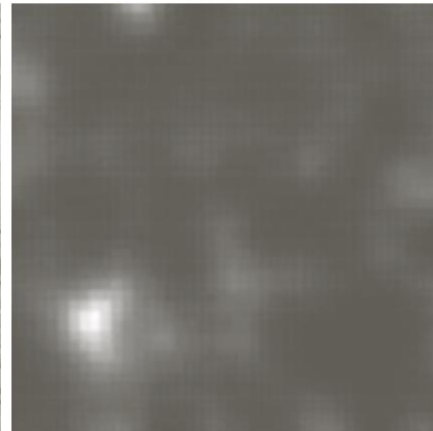


### Imágen PET

Se da un radioisótopo al paciente que emite positrones a medida que decae. Cuando un positrón choca con un electrón ambos se aniquilan y se producen dos rayos gama

### “Cygnus Loop”

Imagen gama de una estrella que explotó hace unos 15.000 años, generando un gas supercalentado que brilla en un amplio rango del espectro



Radiación gamma de una válvula de un reactor nuclear



## [ Otros sistemas para obtener imágenes ]

Imagen de resonancia magnética  
de la rodilla

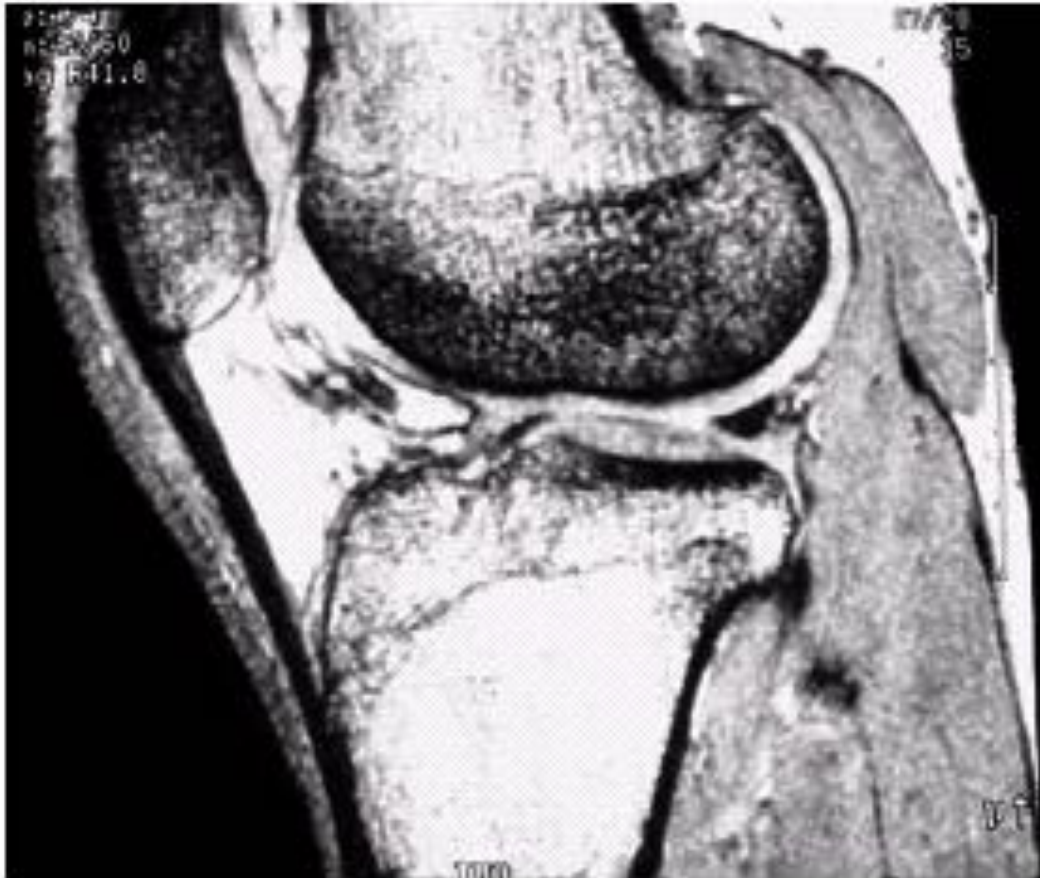
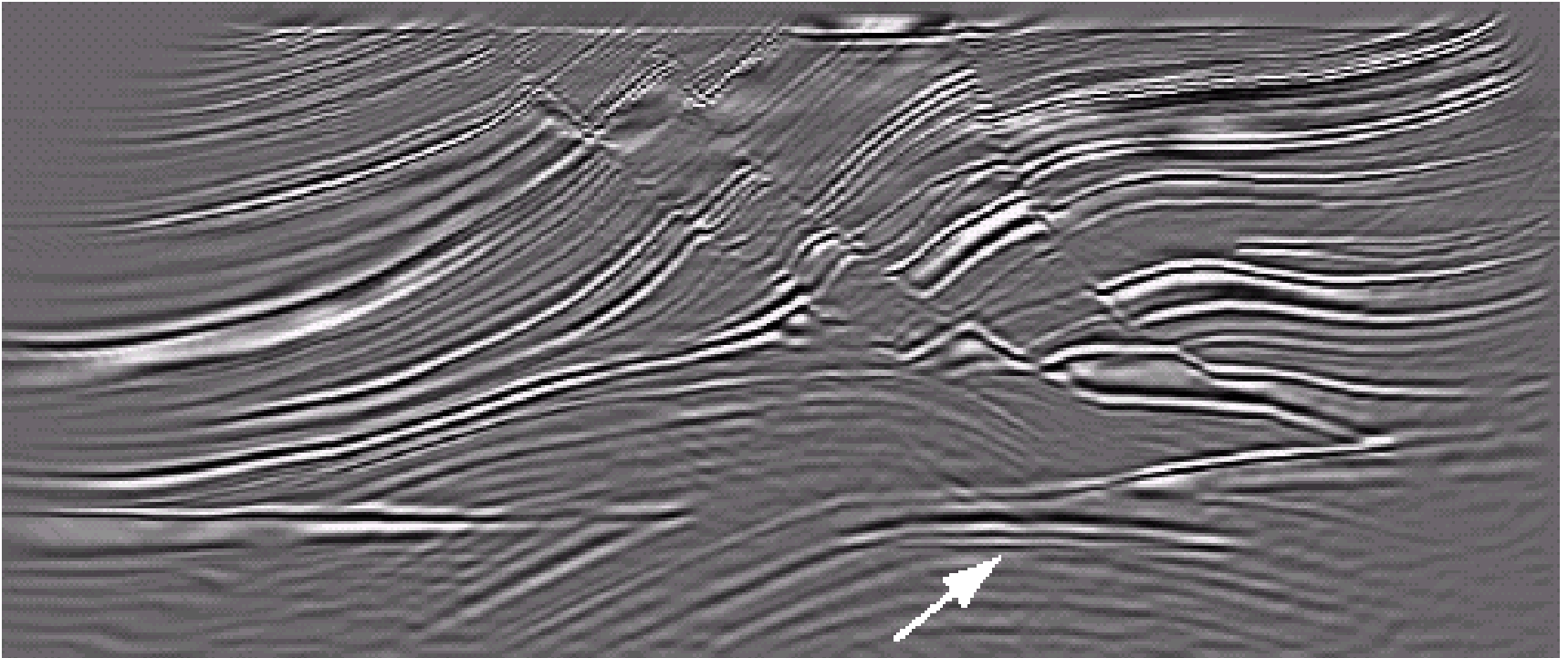


Imagen de resonancia magnética  
de la columna vertebral



## Sección cruzada de imagen sísmica



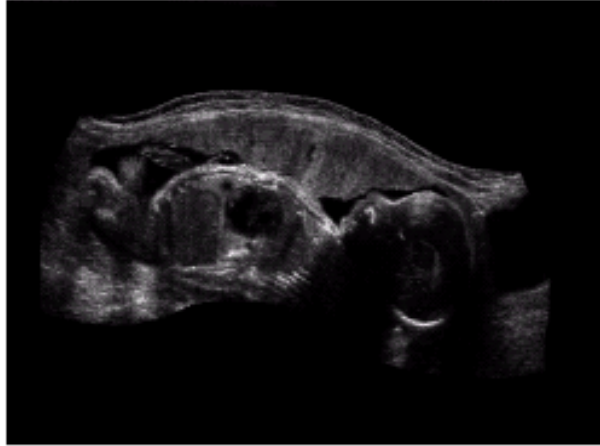
## [ Otros sistemas para obtener imágenes ]

### Imágenes Ultrasonicas

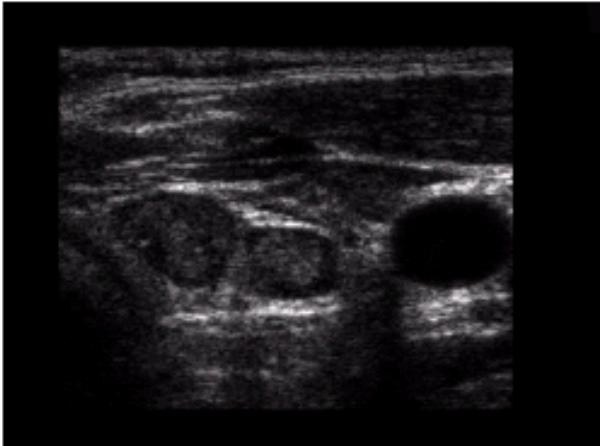
Feto



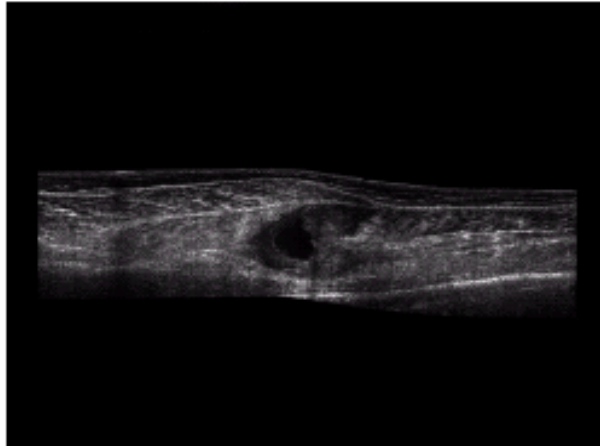
Feto



Tiroides



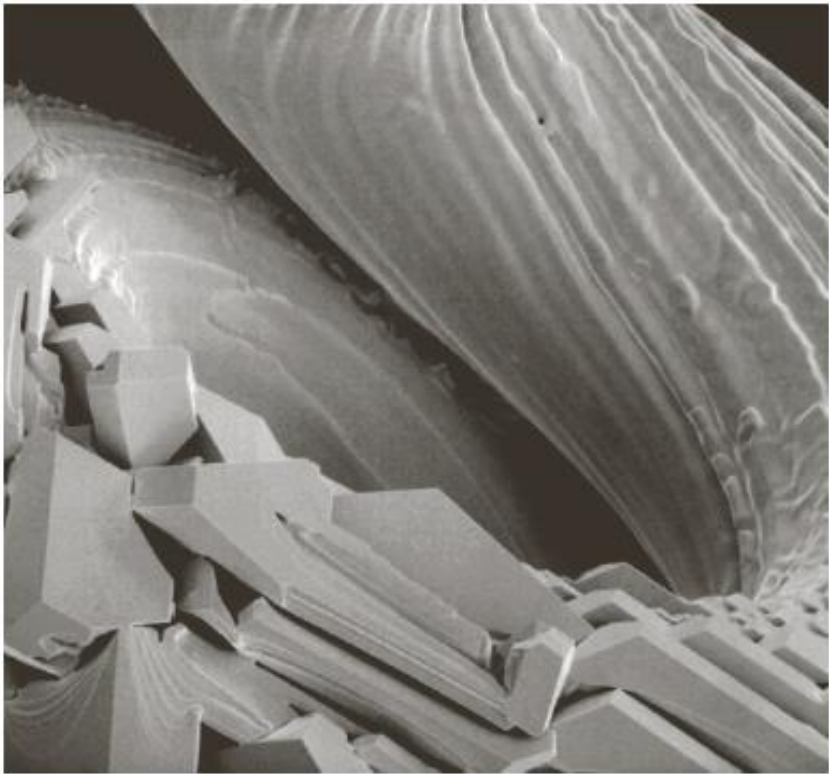
Capas  
musculares con  
lesión



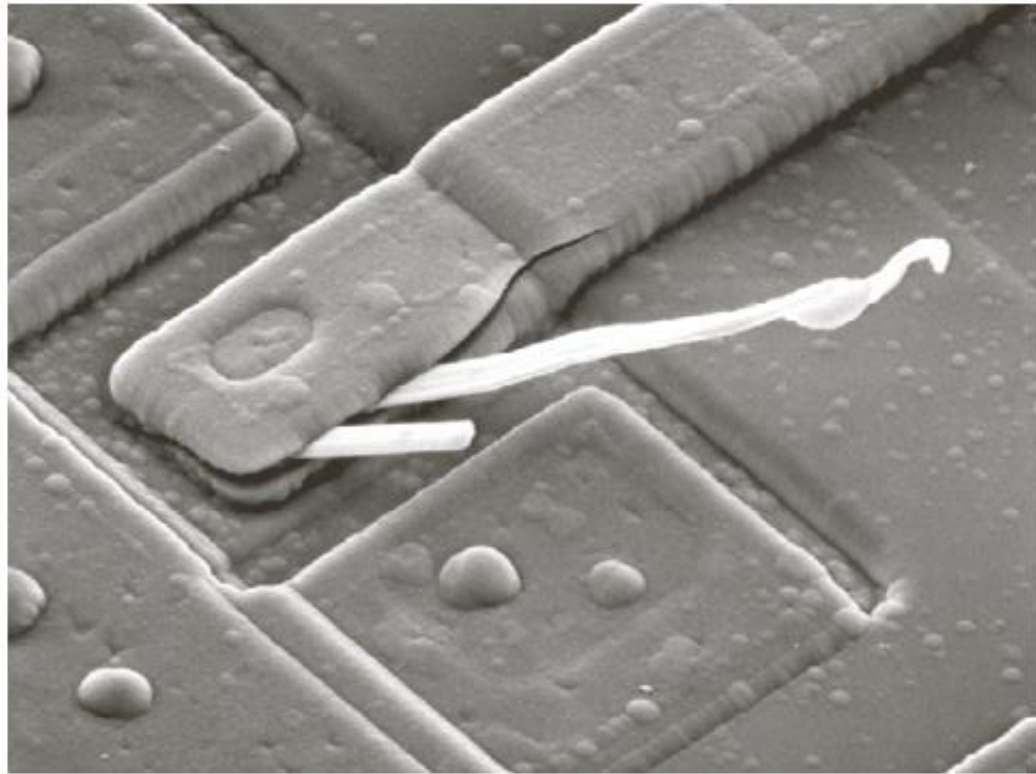


## Fotografías de microscopio electrónico

Filamento de tungsteno después  
de falla térmica (250x)



Circuito integrado con falla debida a fibra  
de óxido por destrucción térmica (2500x)



[ Percepción Visual: Funcionamiento del ojo humano ]

## [ Percepción Visual: Funcionamiento del ojo humano ]

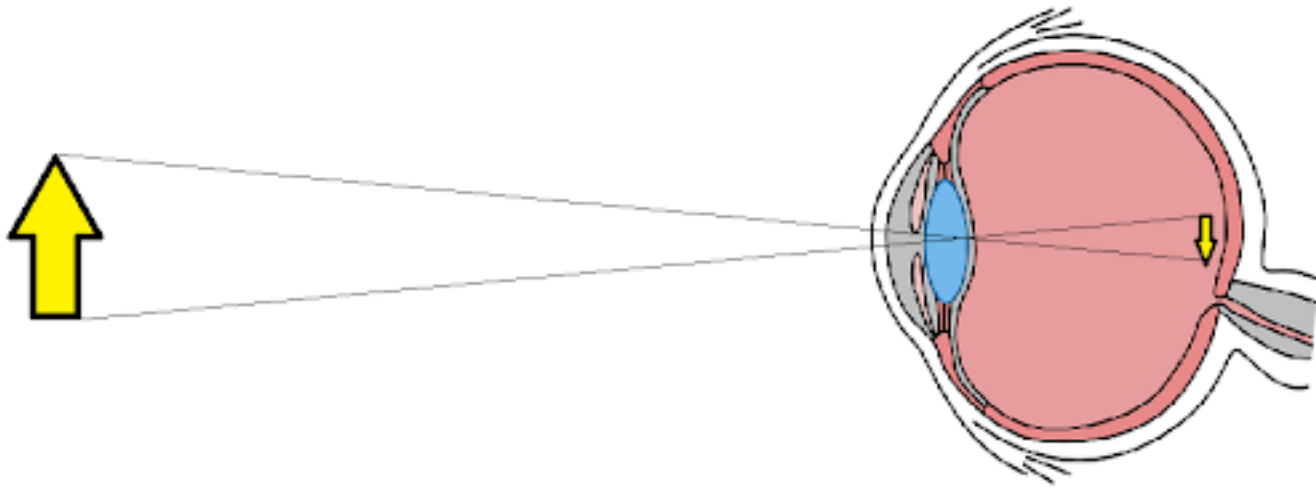


Videos en You Tube

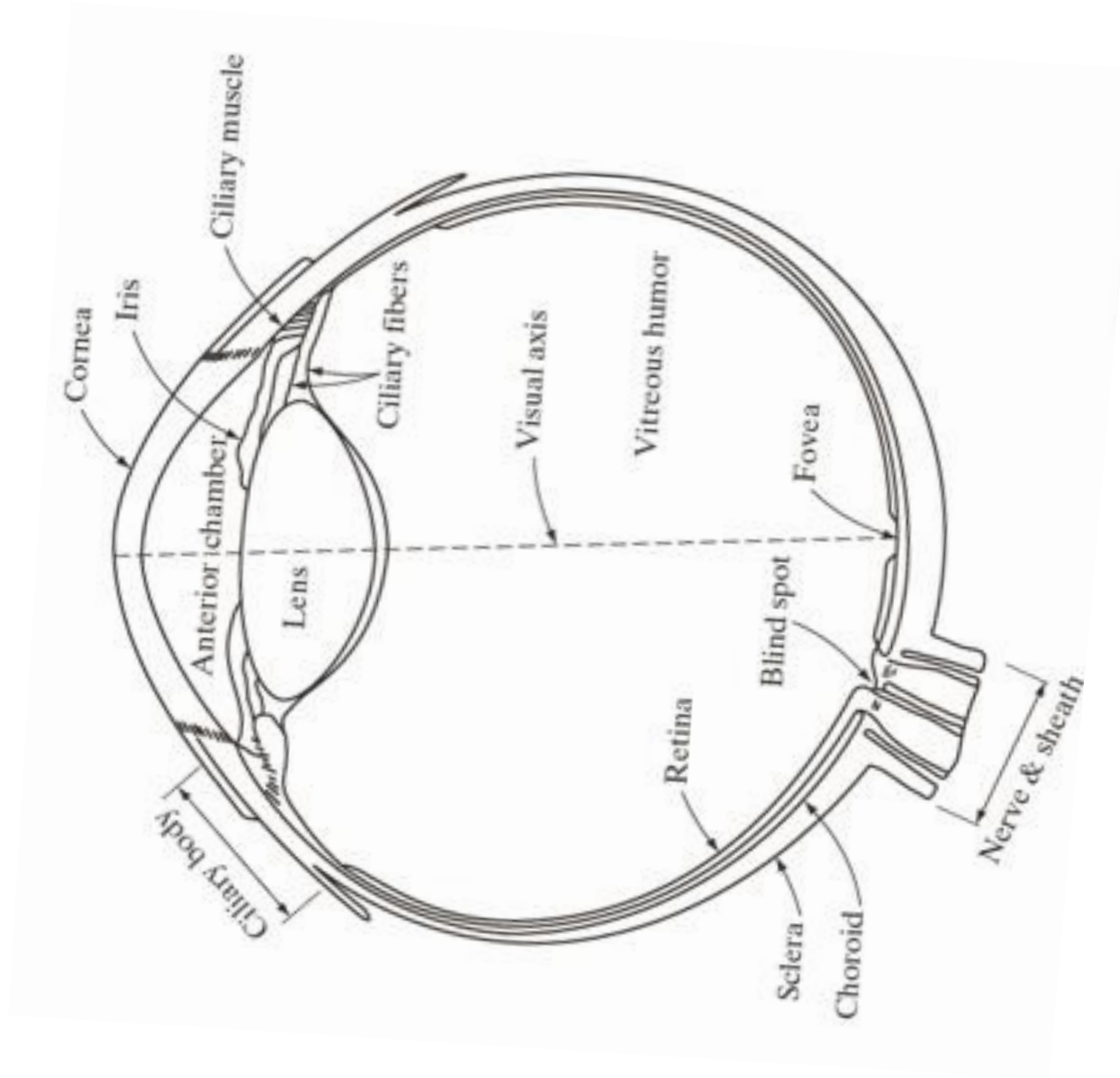
<http://www.youtube.com/watch?v=PmD7Tjb6yKo&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=AsKeu4wm3XI&feature=related>

## [ Percepción visual: Sección transversal del ojo humano ]



## [ Percepción visual: Sección transversal del ojo humano ]



### Conos:

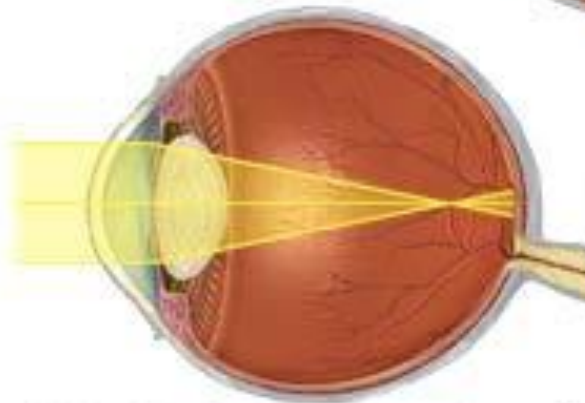
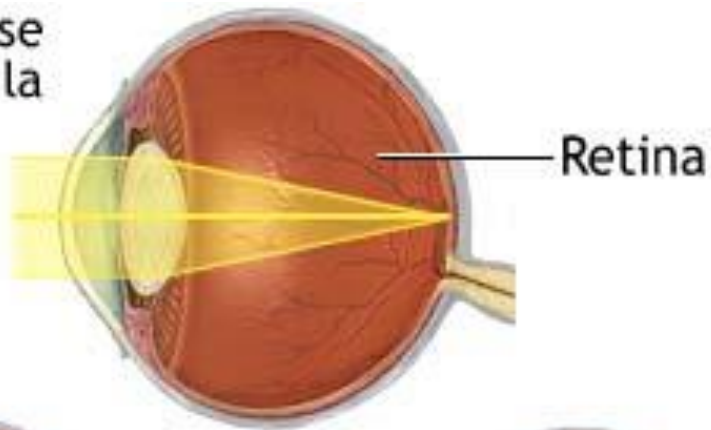
- visión diurna
- fovea (1.5 x 1.5 mm)
- 6 a 7 millones
- 150.000 conos/mm<sup>2</sup>

### Bastones:

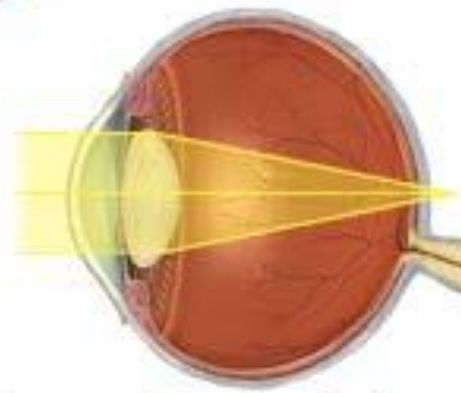
- visión nocturna
- resto del área de la retina
- 15 a 150 millones.

## [ Percepción visual: Hipermetropía y Miopía ]

La visión normal se presenta cuando la luz se enfoca directamente sobre la retina y no al frente o detrás de ella



Miopía: la imagen visual se enfoca al frente de la retina

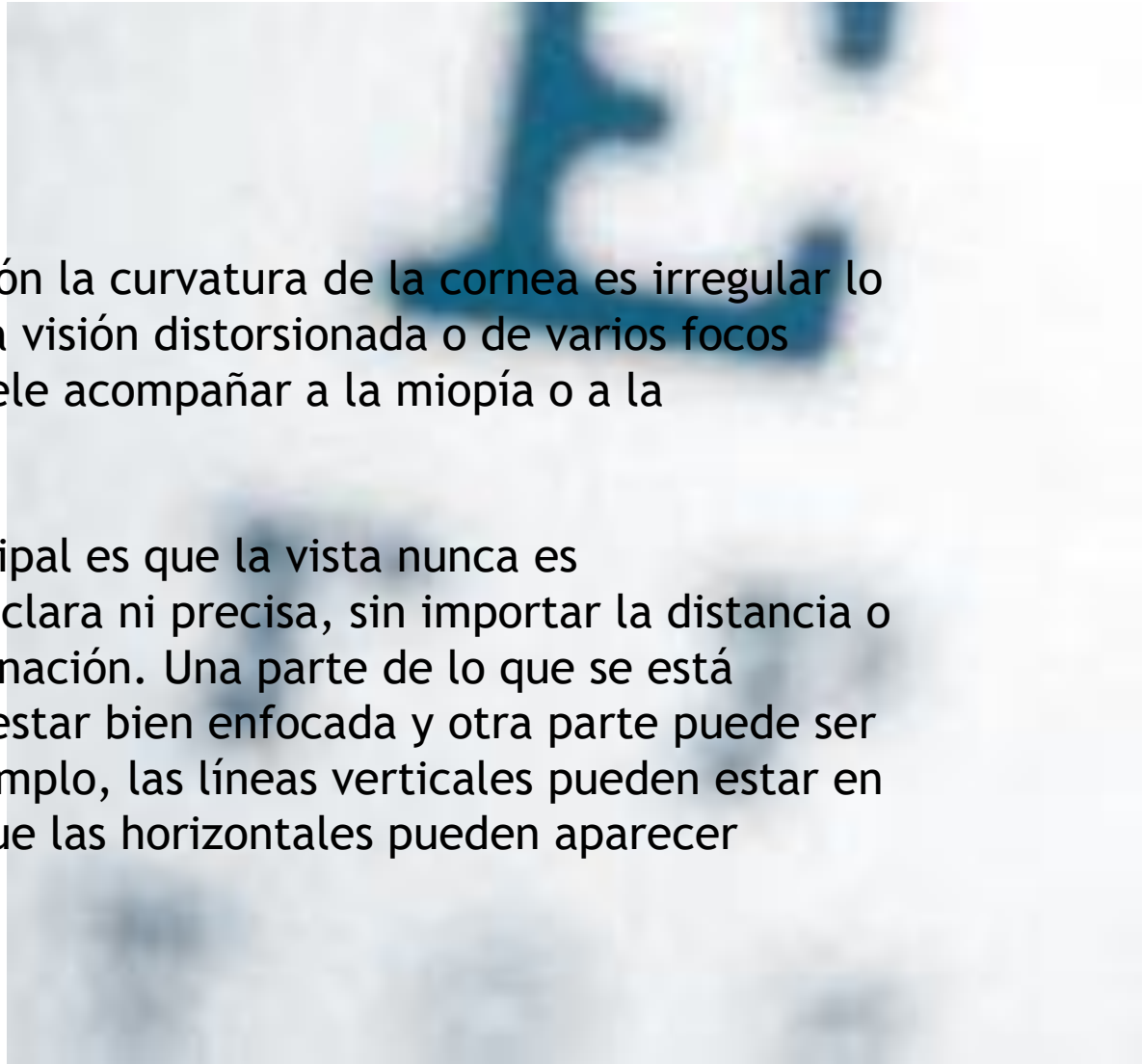


Hipermetropía: la imagen visual se enfoca detrás de la retina

## [ Percepción visual: Astigmatismo ]

En esta afectación la curvatura de la cornea es irregular lo que produce una visión distorsionada o de varios focos simultáneos. Suele acompañar a la miopía o a la hipermetropía.

El síntoma principal es que la vista nunca es completamente clara ni precisa, sin importar la distancia o el nivel de iluminación. Una parte de lo que se está mirando puede estar bien enfocada y otra parte puede ser borrosa. Por ejemplo, las líneas verticales pueden estar en foco mientras que las horizontales pueden aparecer borrosas.





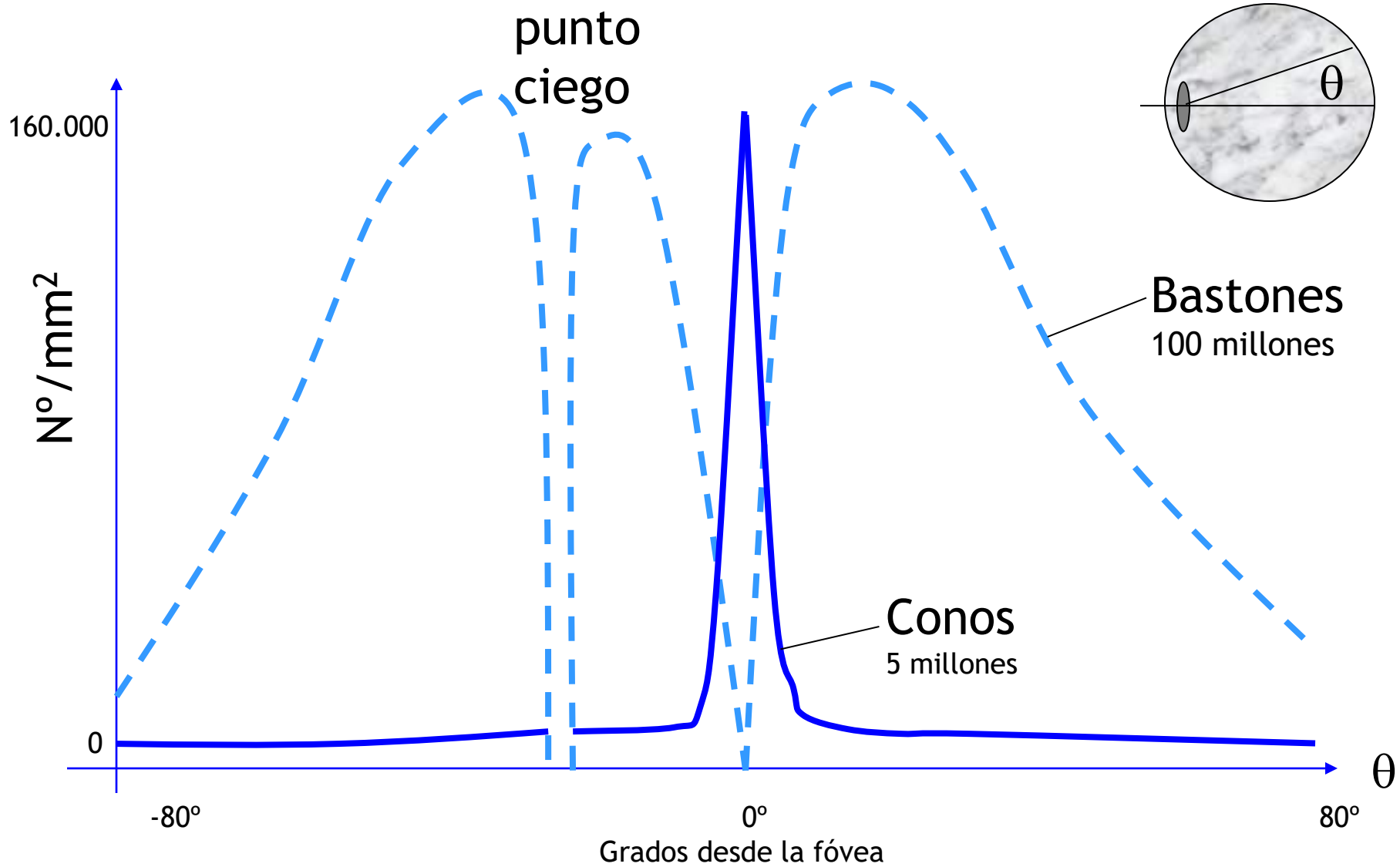
## [ Percepción visual: Presbicia ]



Por la edad se van perdiendo las capacidades de enfoque de las lentes oculares, por ello suelen ser precisas gafas para la lectura. Este problema afecta a personas entre los 40 y los 60 años.

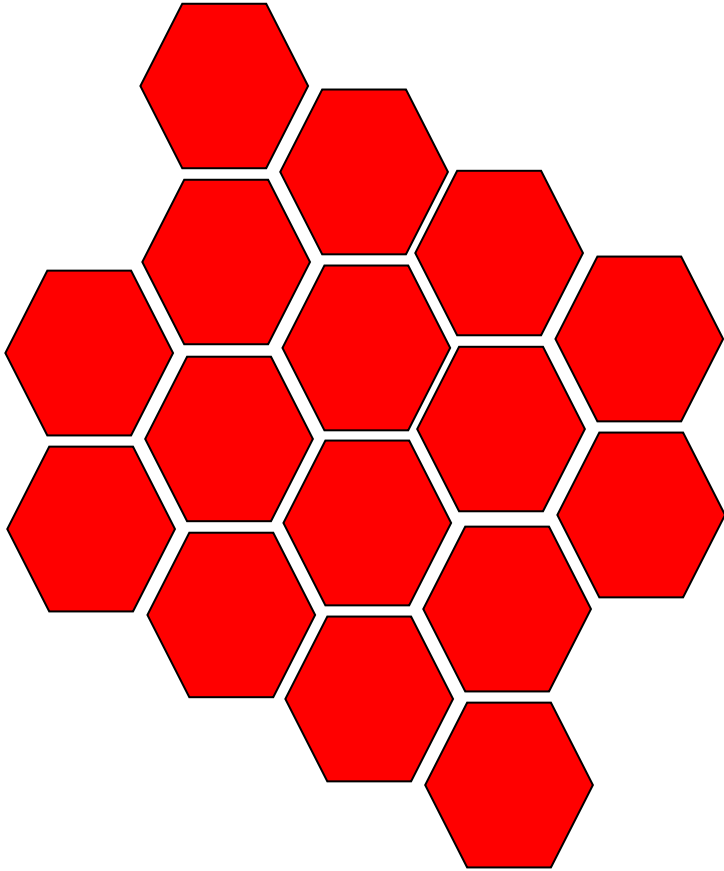


## [ Percepción visual: Distribución de conos y bastones ]

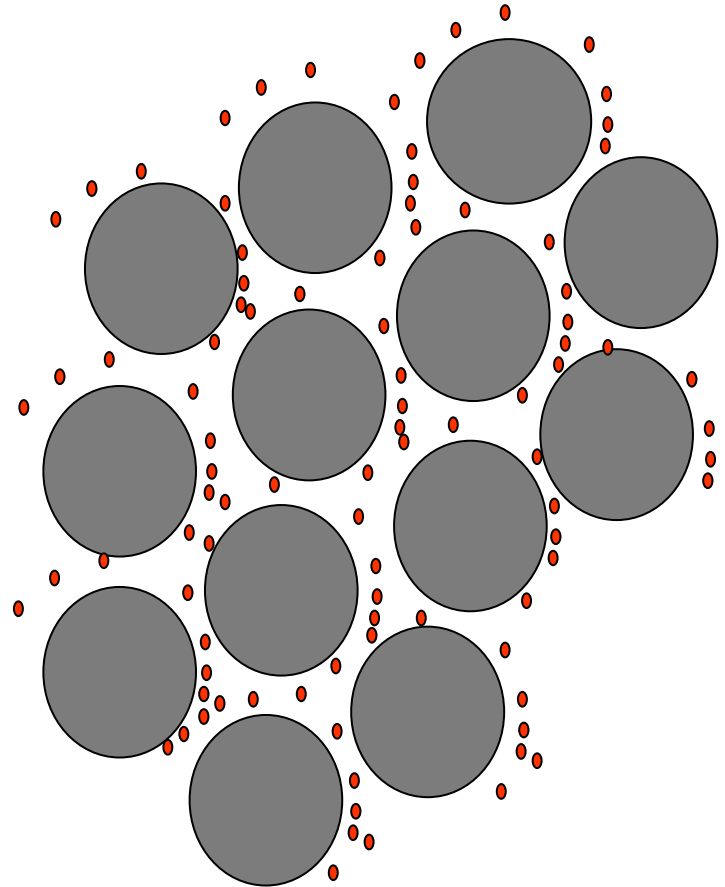


## [ Percepción visual: Distribución de conos y bastones ]

Distribución de conos en el medio



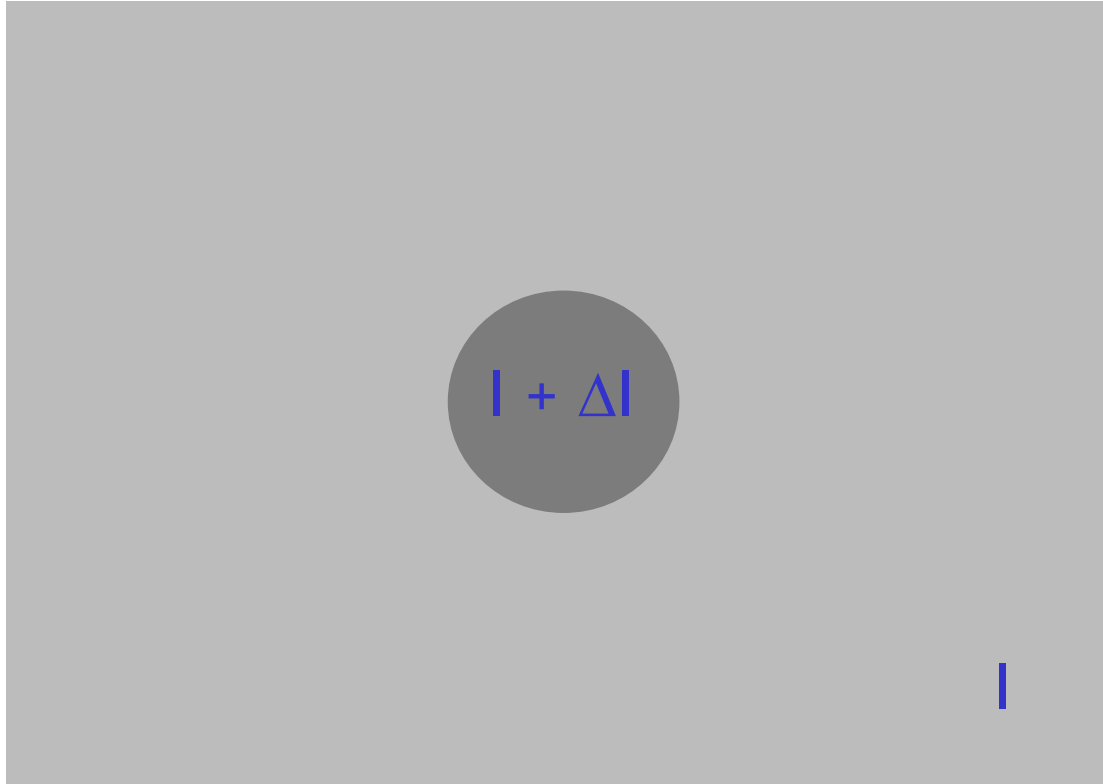
Distribución de conos y bastones en la periferia



[ Percepción visual: Dilatación de la pupila ]

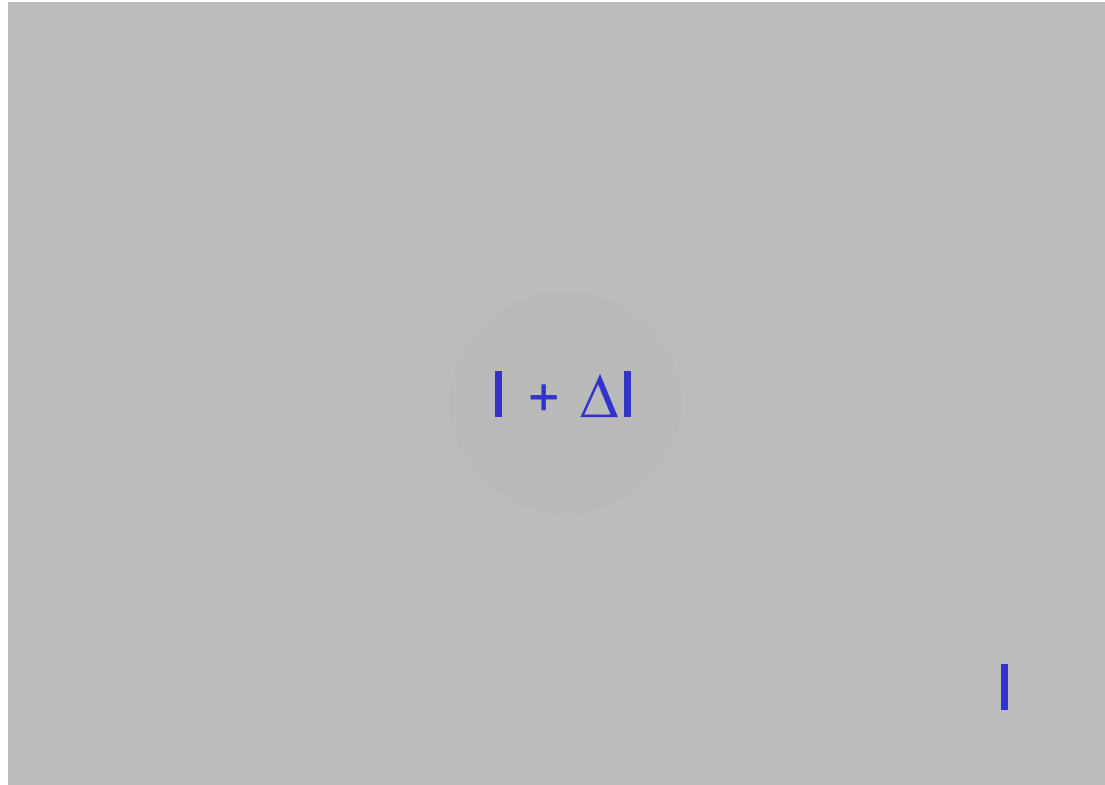


## [ Percepción visual: Ejemplos ]



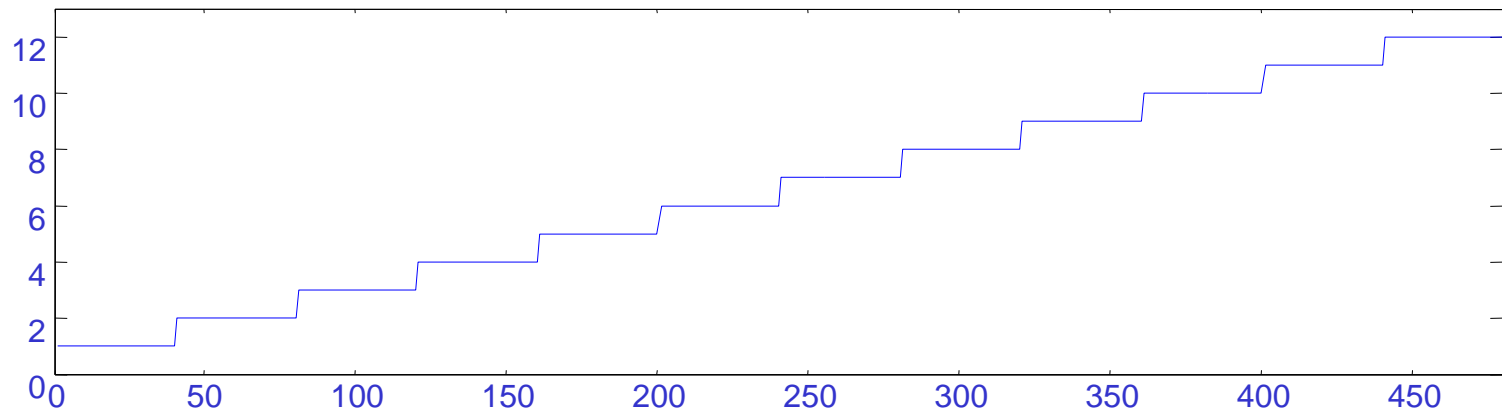
Experimento de Weber, si  $\Delta I$  es grande hay percepción del círculo

## [ Percepción visual: Ejemplos ]



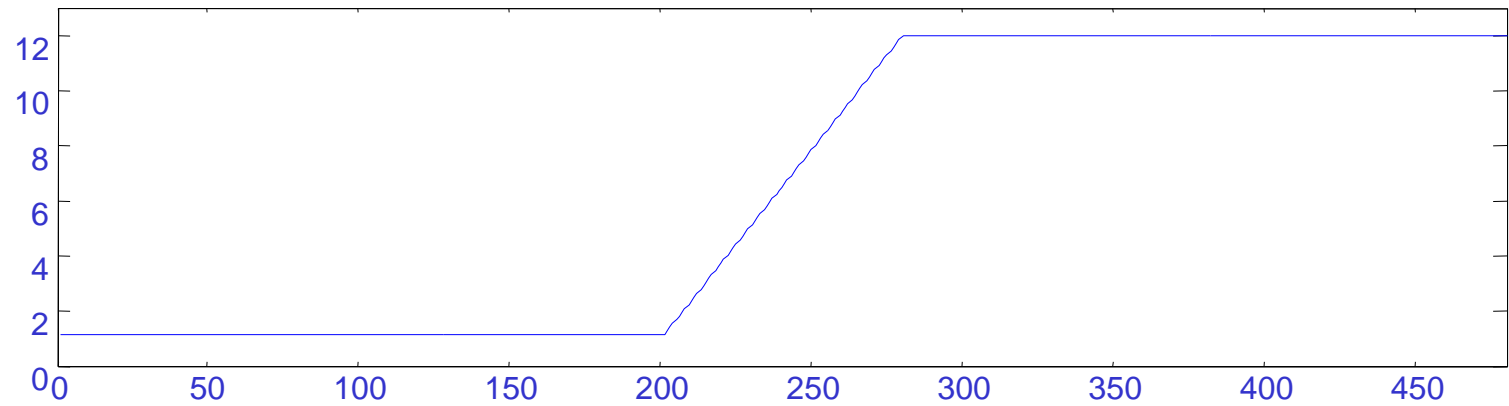
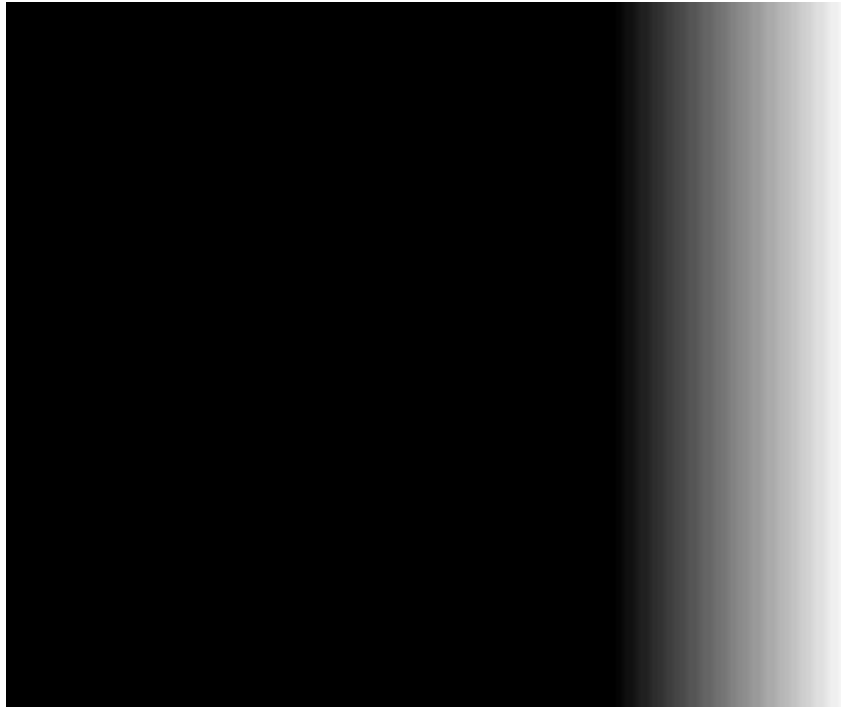
Experimento de Weber, si  $\Delta I$  es muy bajo no hay percepción del círculo

## [ Percepción visual: Tonos de Gris ]

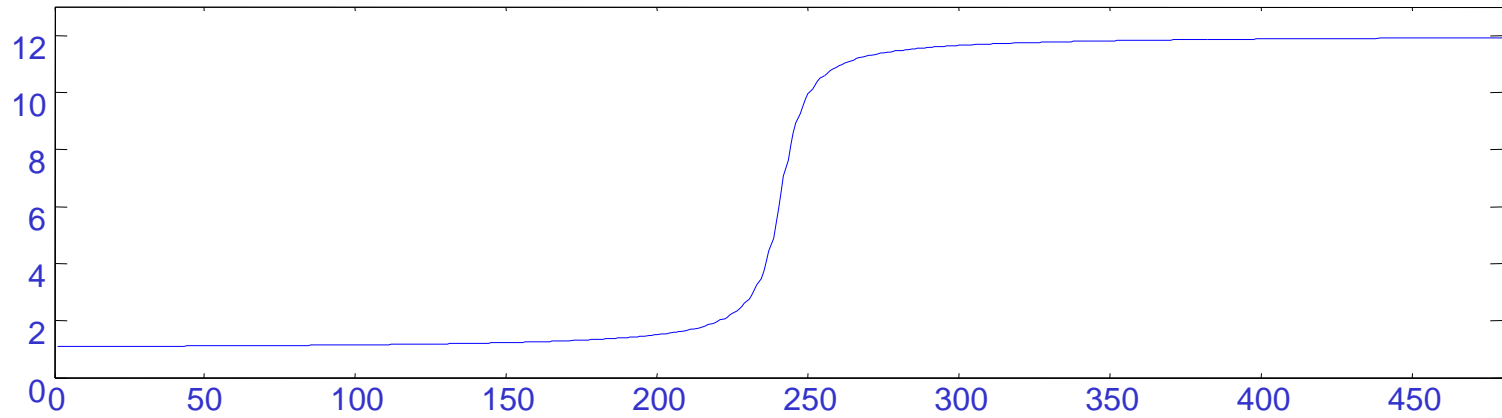
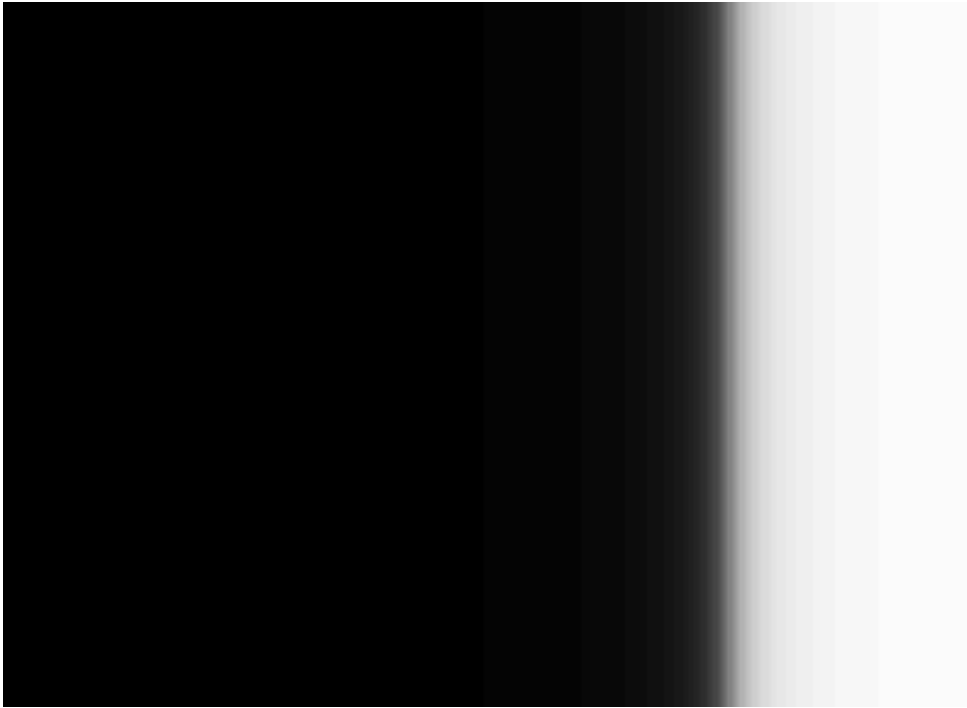




## [ Percepción visual: Tonos de Gris ]



## [ Percepción visual: Tonos de Gris ]

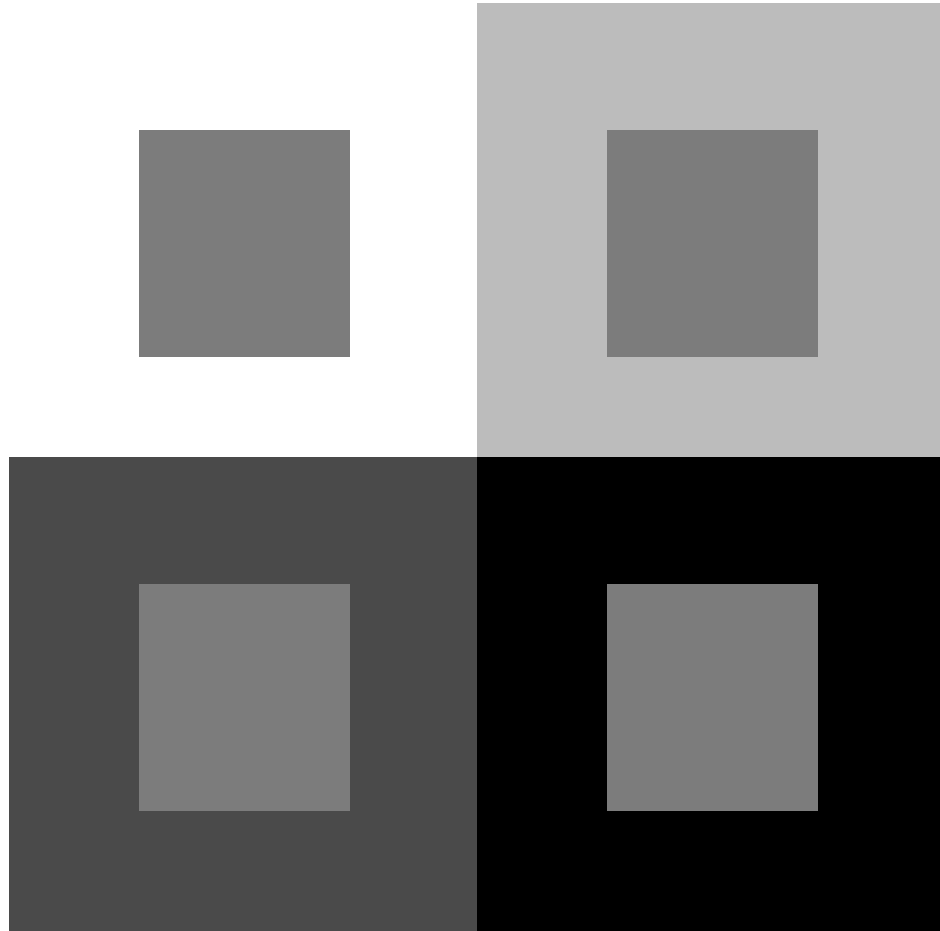


El gris de ambas figuras es el mismo, sin embargo en la figura derecha se ve un poco rosado.



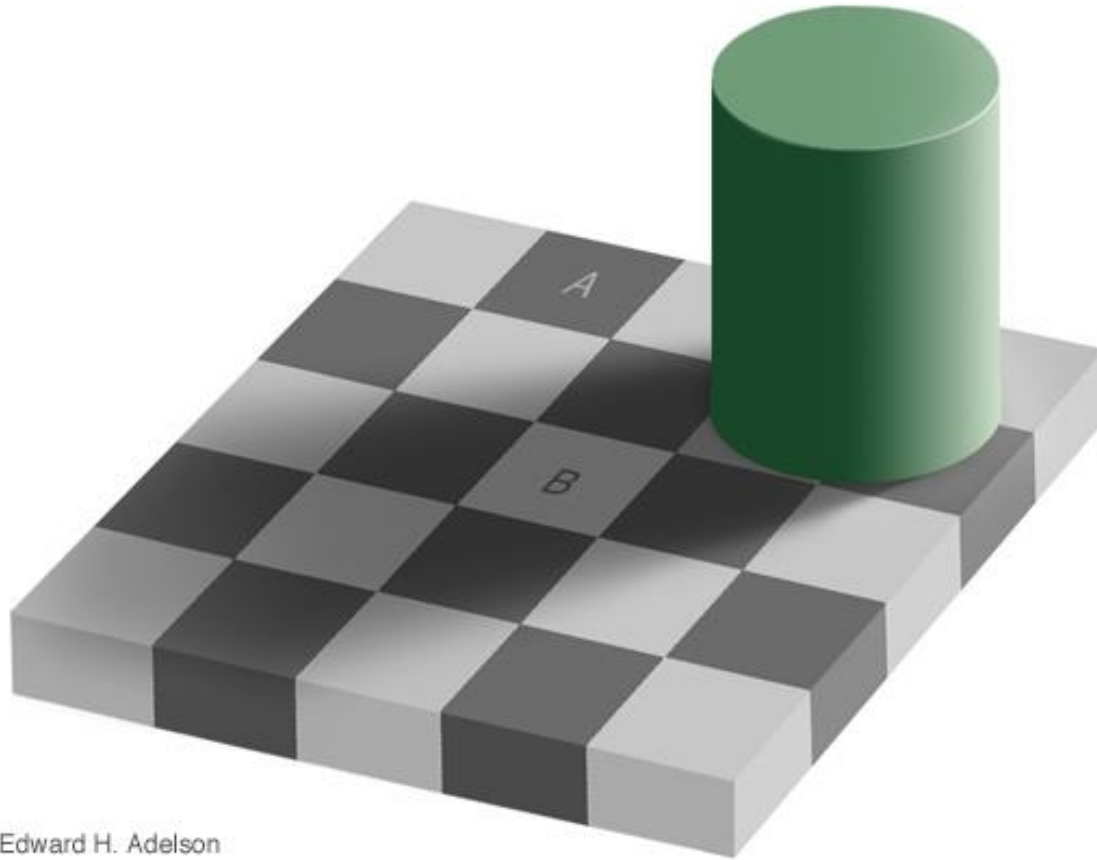
## [ Percepción visual: Ejemplos ]

El gris del cuadro central de las cuatro figuras es el mismo, sin embargo aparece distinto por el contraste con el entorno.



## [ Percepción visual: Ejemplos ]

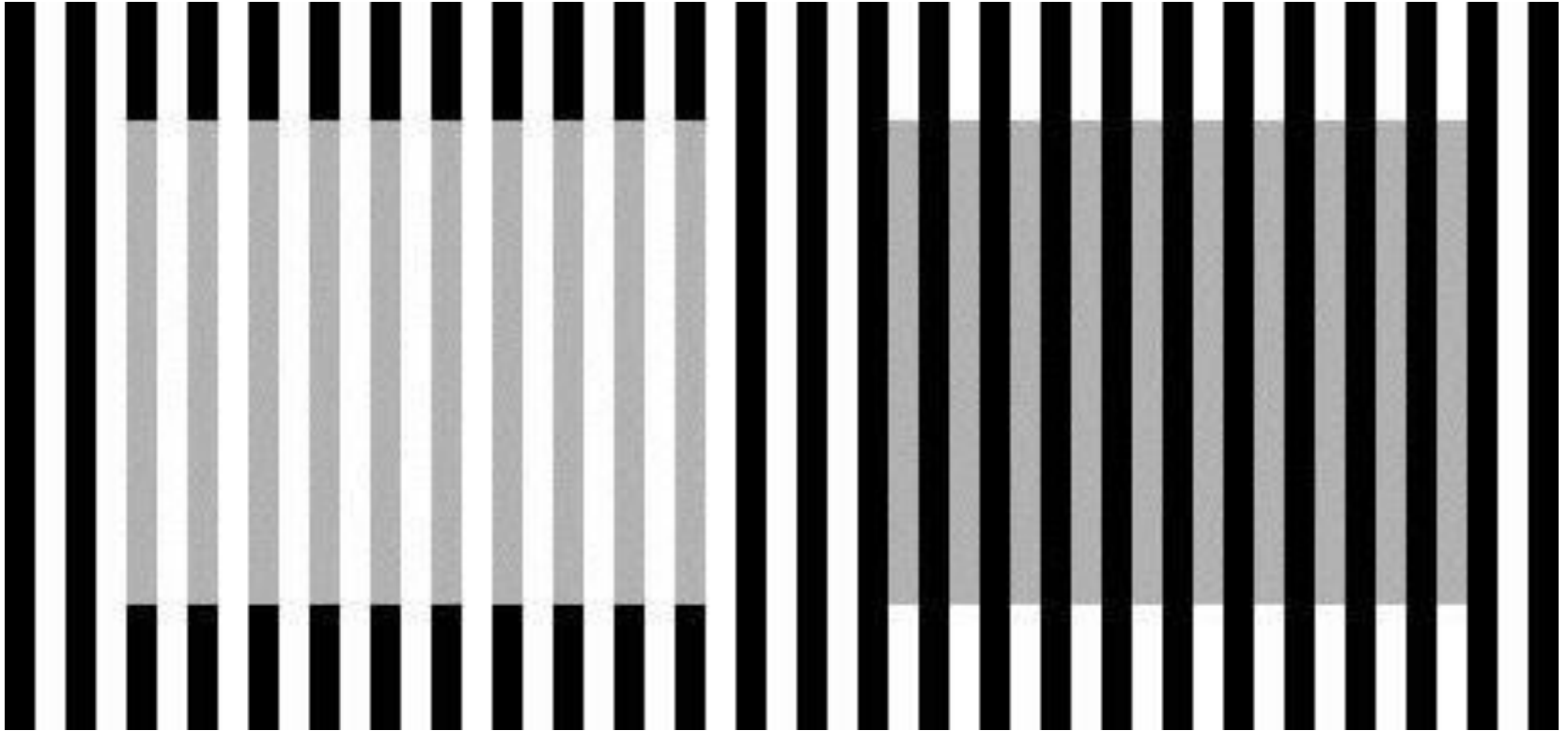
El gris del cuadro A es el mismo que el del cuadro B.



Edward H. Adelson

## [ Percepción visual: Ejemplos ]

Los cuadrados internos tienen el mismo gris.



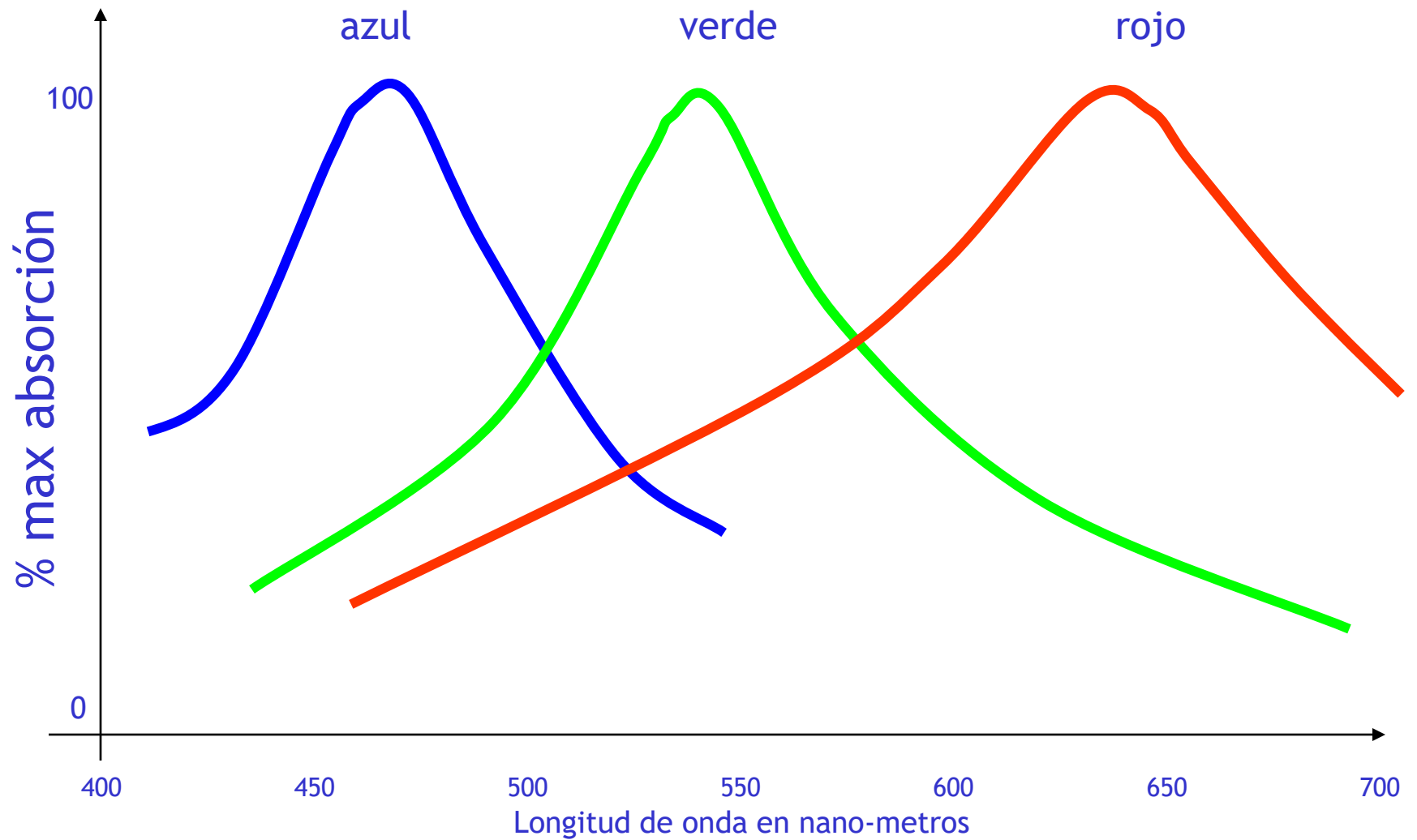


## [ Percepción visual: Ejemplos ]

El círculo tiene el mismo gris.



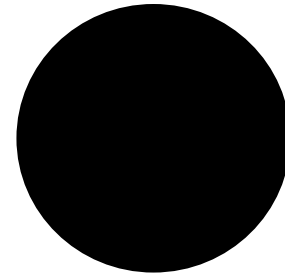
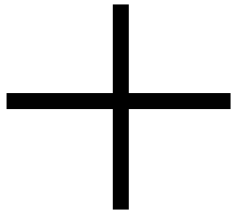
## [ Percepción visual: Sensibilidad Espectral ]



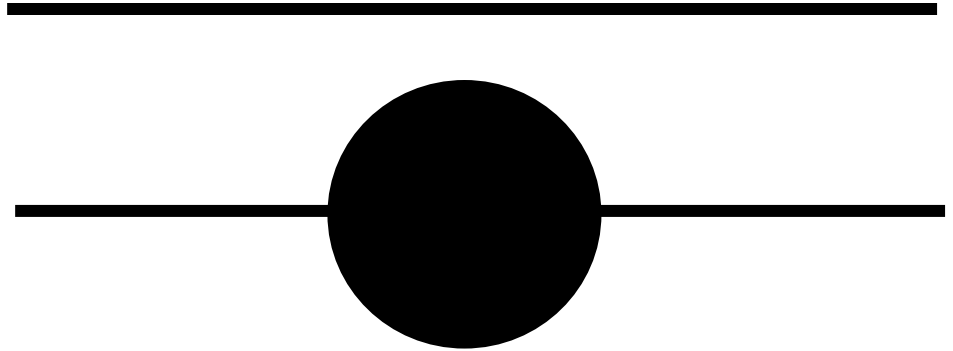
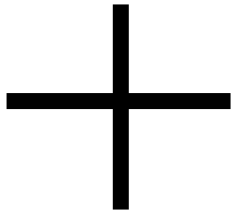
Sensibilidad espectral de células foto-receptoras humanas

En las siguientes láminas, tápese el ojo izquierdo con una mano, ubíquese a unos 40cm de la lámina y fije la vista en la cruz izquierda. Aléjese y acérquese hasta que el círculo negro de la figura desaparezca y el cerebro reconstruye algo en su lugar. En el primer ejemplo, el círculo se elimina, en el segundo es reemplazado por una línea.

## [ Percepción visual: Ejercicio ]



## [ Percepción visual: Ejercicio ]



## [ Percepción visual: Ejemplos ]

¿Qué ves aquí?



¿Qué le pasa a esta persona?



## [ Percepción visual: Ejemplos ]

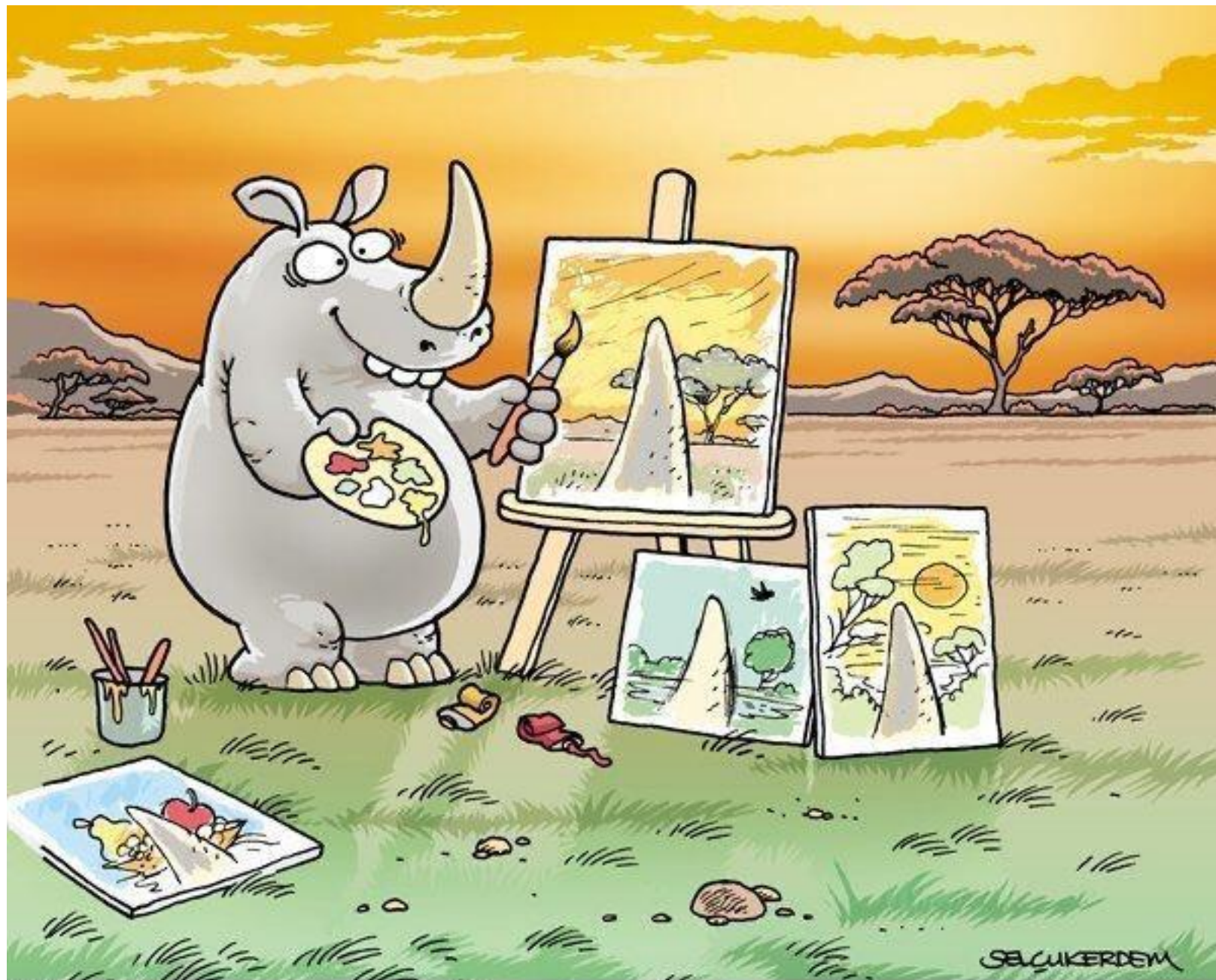


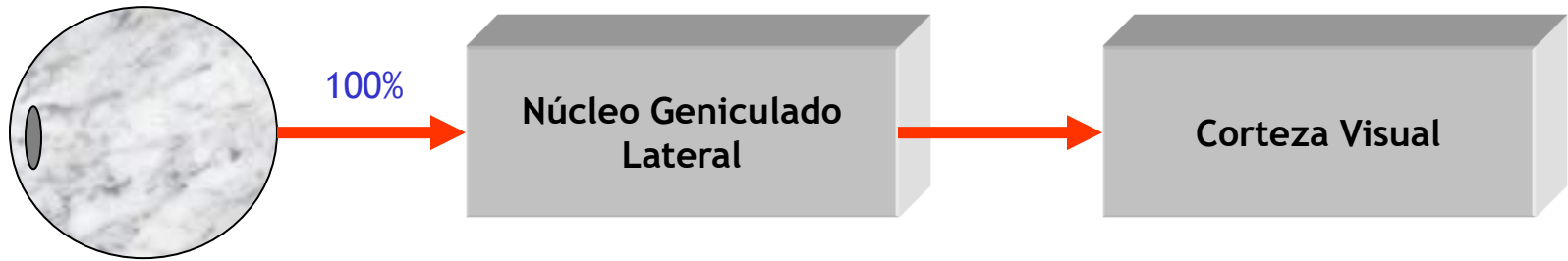


## [ Percepción visual: Ejemplos ]



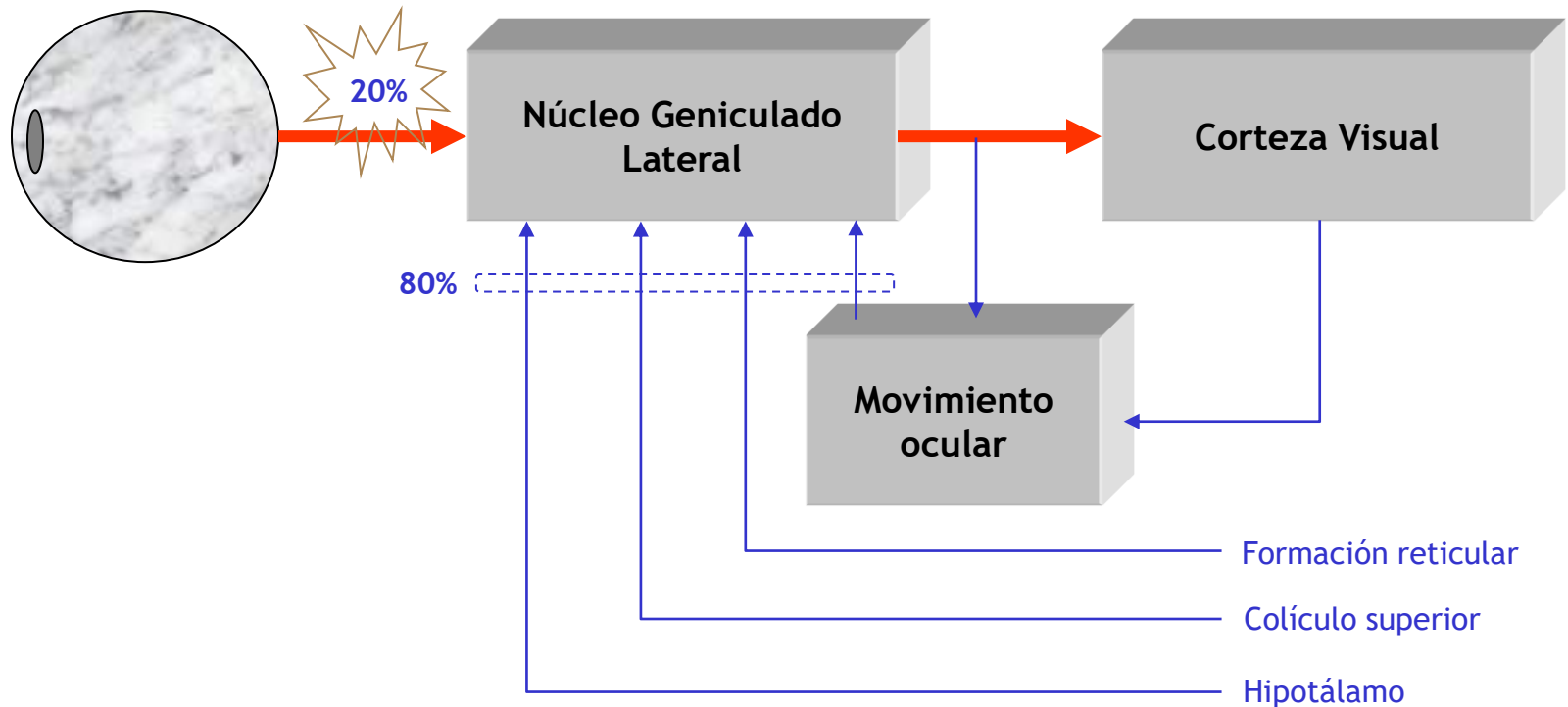






## Conexiones en la senda visual de los mamíferos (modelo clásico)

Fuente: Varela, F.; Thompson, E.; Rosch, E.: *De cuerpo presente*, Gedisa editorial, Barcelona, 1992



## Conexiones en la senda visual de los mamíferos (modelo nuevo)

## [ Percepción visual: Ejemplos ]





## [ Percepción visual: Ejemplos ]

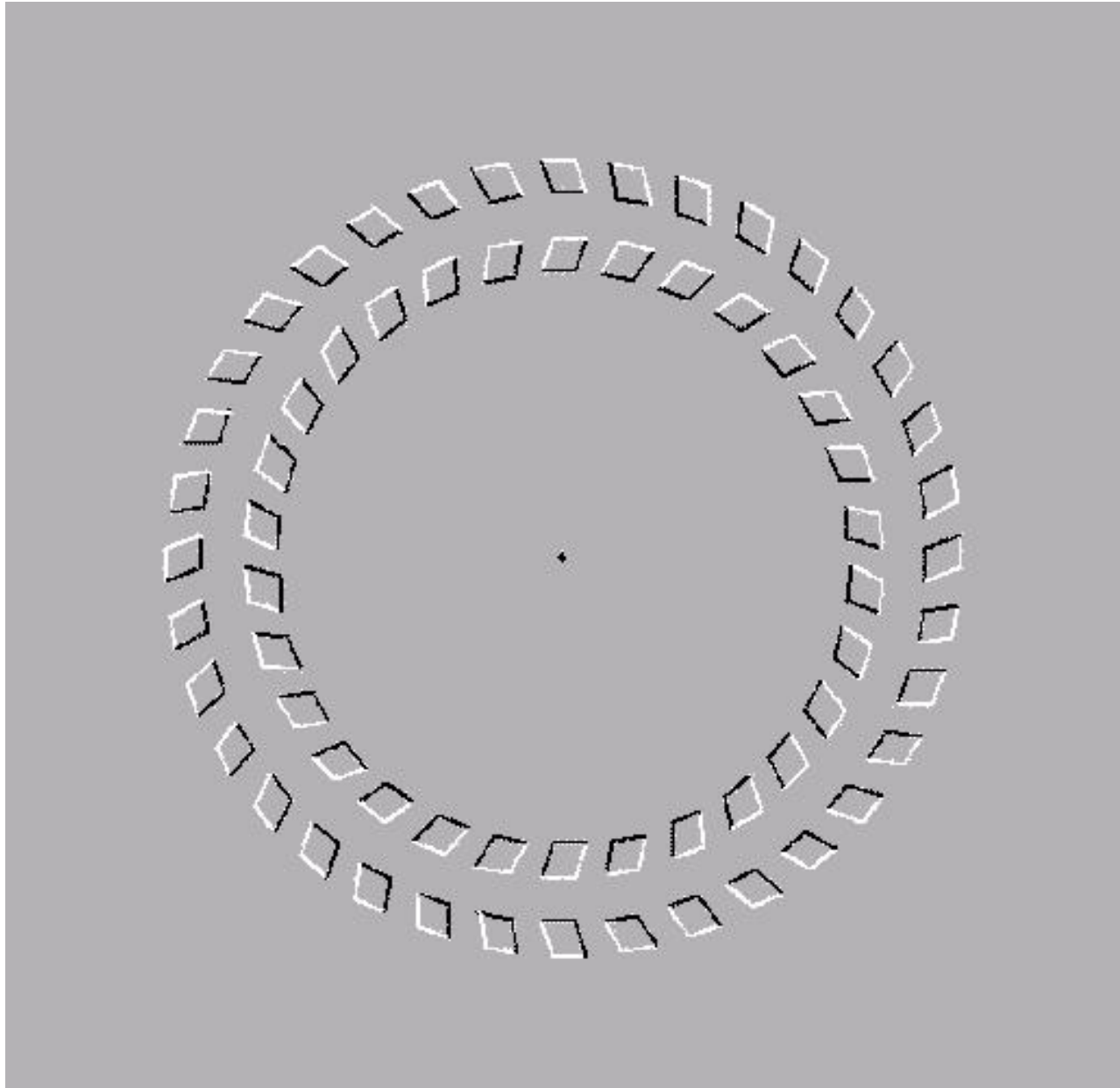




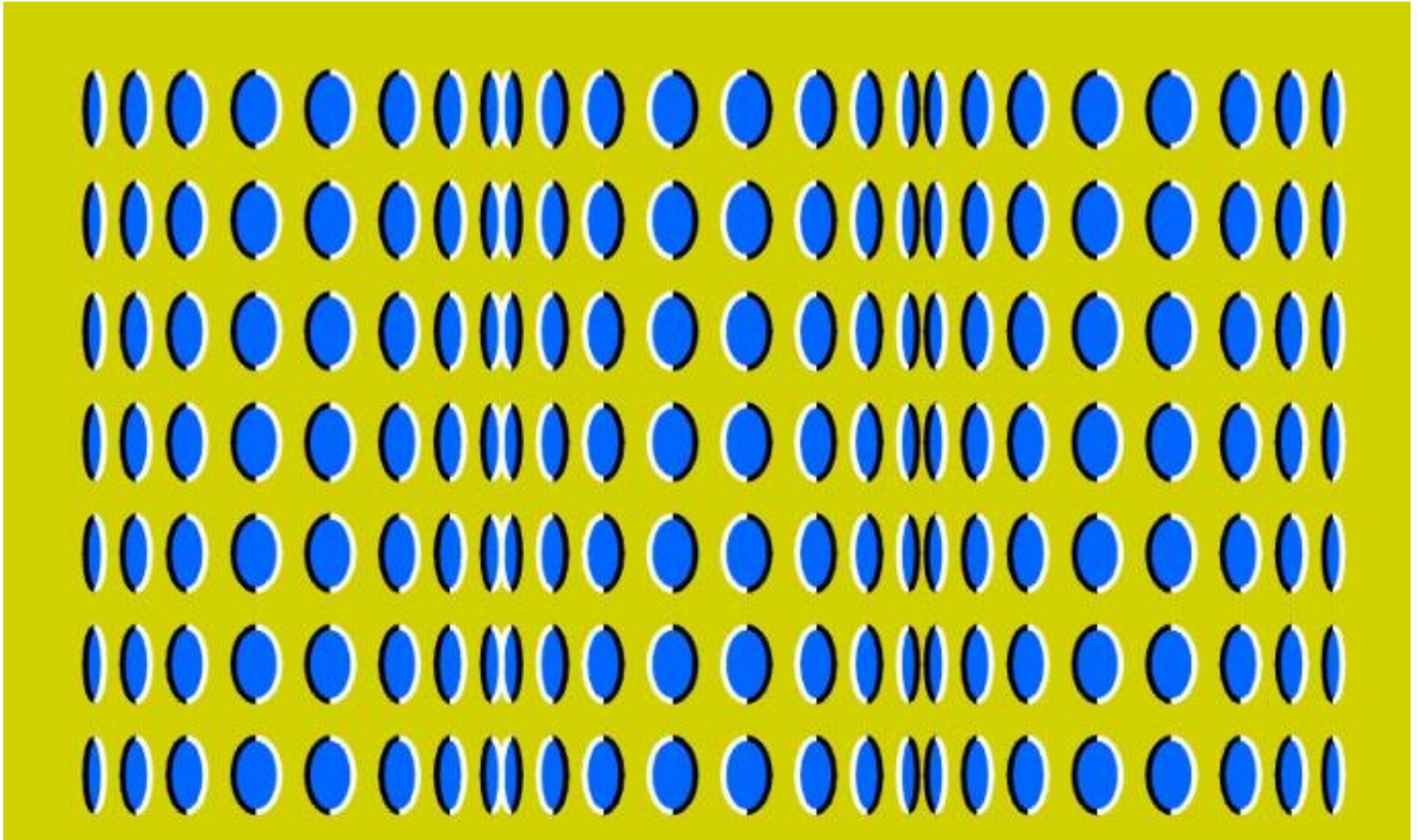
## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]



## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]

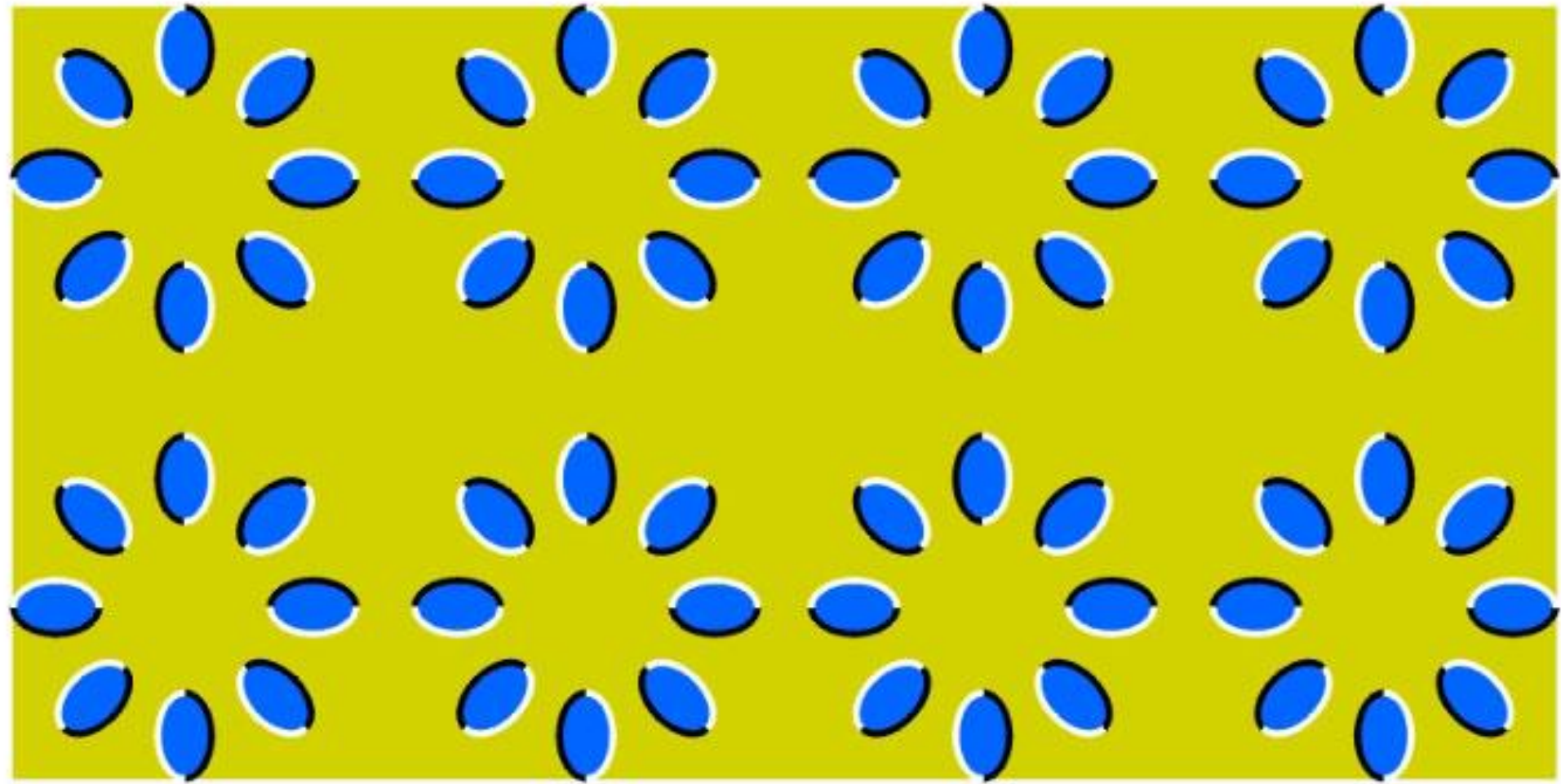


## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]



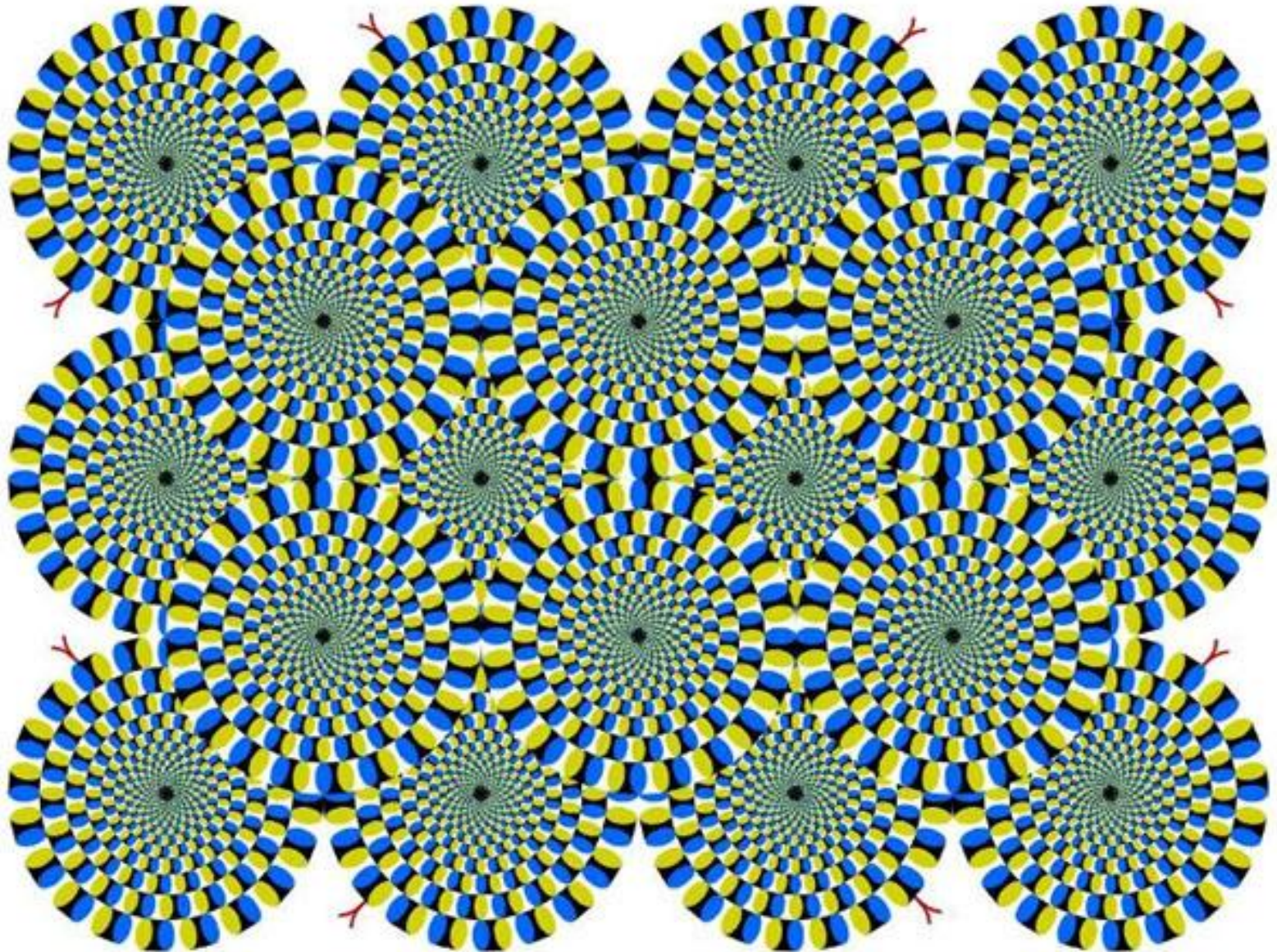


## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]





## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]





## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]



## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]

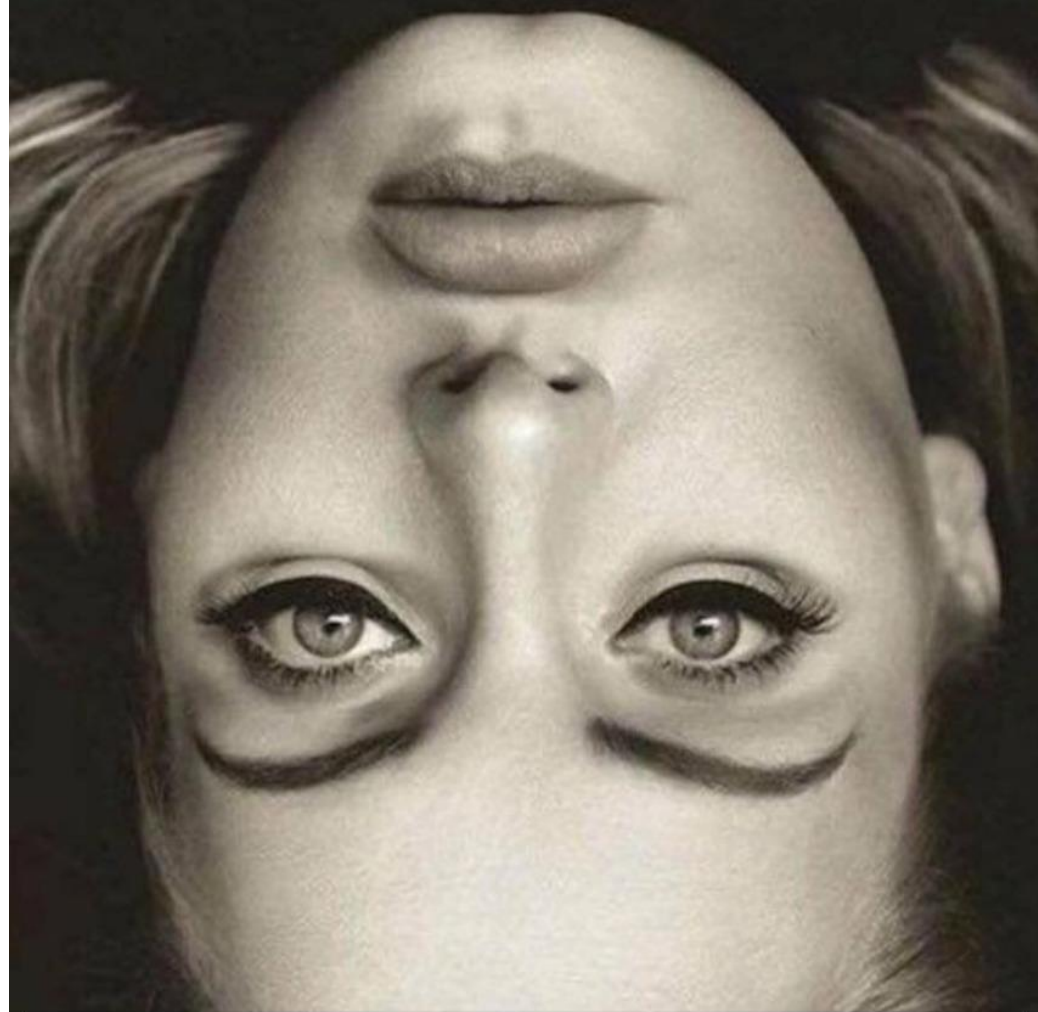


## [ Percepción visual: Ilusiones Ópticas ]





## [ Percepción visual: Thatcher Effect ]



**IlluminEyes Vision Care** está con Kathleen Jean Scholl y 11 personas más.

19 de octubre de 2018 · 🌐

**The Thatcher Effect.**

This illusion highlights a flaw in how our brains work - we can't process an upside-down face because we are programmed to recognise faces the right way up.

We create a mental map by recognising the face in pieces - eyes, mouth, and nose.

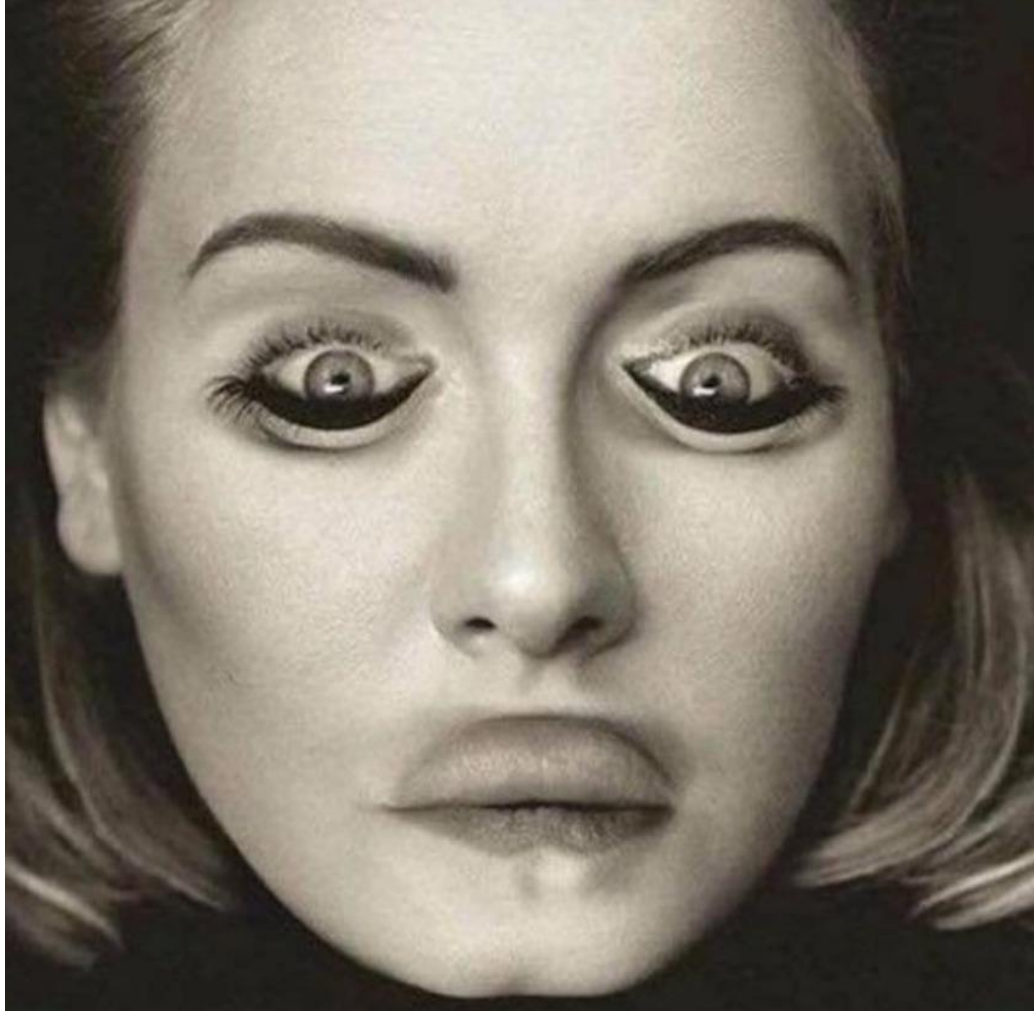
So when we're presented with an upside-down, Thatcherised image, it's not processed properly.

We know it's upside down, but because we so rarely encounter upside-down faces, we haven't evolved to interpret the expressions on them.

The facial features look fine, so our brains assume the rest of the face is as well.

That's why we don't see anything out of the ordinary until we turn the face the 'right way' up.

## [ Percepción visual: Thatcher Effect ]



IlluminEyes Vision Care está con Kathleen Jean Scholl y 11 personas más.

19 de octubre de 2018 · 🌐

The Thatcher Effect.

This illusion highlights a flaw in how our brains work - we can't process an upside-down face because we are programmed to recognise faces the right way up.

We create a mental map by recognising the face in pieces - eyes, mouth, and nose.

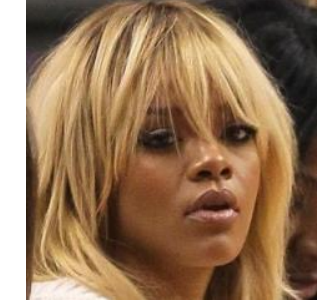
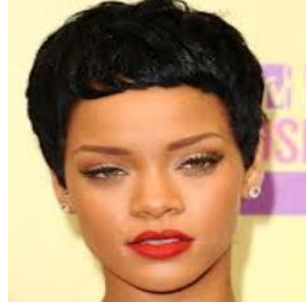
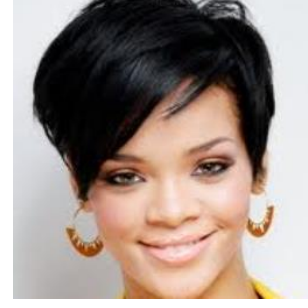
So when we're presented with an upside-down, Thatcherised image, it's not processed properly.

We know it's upside down, but because we so rarely encounter upside-down faces, we haven't evolved to interpret the expressions on them.

The facial features look fine, so our brains assume the rest of the face is as well.

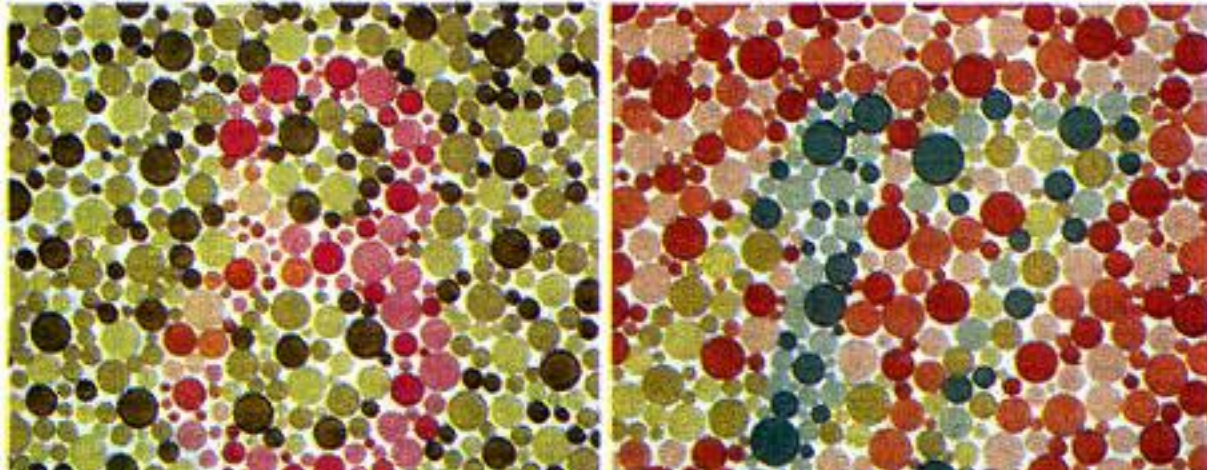
That's why we don't see anything out of the ordinary until we turn the face the 'right way' up.

## [ Percepción visual: ¿Es la misma persona? ]

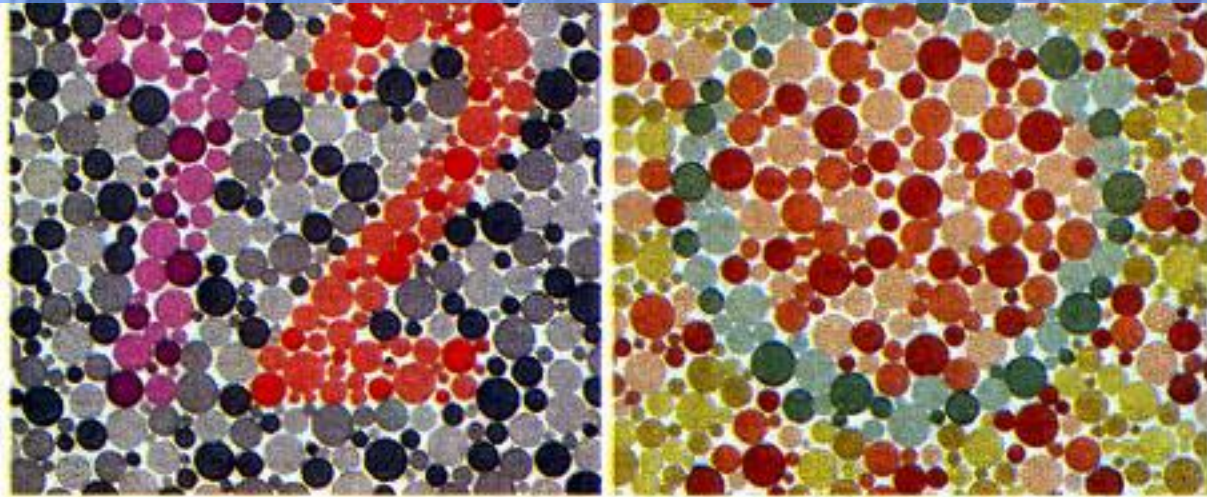




[ Percepción visual: ¿Qué números se ven en cada cuadrado? ]



Si no aprecias en sus respectivos cuadrados el 8, el 17 y el 0, es que tienes un daltonismo bastante común: la confusión del rojo con el verde, en distintos grados de intensidad. Si no percibes el número 12, es porque tienes una ceguera total al rojo



# [ Percepción visual: ¿Es tan cierto esto? ]

**16 millones  
de colores**



|                         |   |          |
|-------------------------|---|----------|
| Marrasquino             | ● | Rojo     |
| Pimentón                | ● |          |
| Marrón                  | ● |          |
| Ciruelo                 | ● | Morado   |
| Morado Oscuro/Berenjena | ● |          |
| Uva                     | ● |          |
| Orquidea                | ● |          |
| Lila                    | ● | Rosado   |
| Rosa Clavel/Carne       | ● |          |
| Fresa                   | ● |          |
| Chicle                  | ● |          |
| Magenta                 | ● | Naranja  |
| Salmon                  | ● |          |
| Tangelo                 | ● |          |
| Melon                   | ● | Amarillo |
| Banana                  | ● |          |
| Limon                   | ● |          |
| Verde Melon/Pastel      | ● | Verde    |
| Lima                    | ● |          |
| Primavera               | ● |          |
| Trebol                  | ● |          |
| Helecho                 | ● |          |
| Musgo                   | ● | Azul     |
| Aquamarina              | ● |          |
| Flora                   | ● |          |
| Rocio de Mar            | ● |          |
| Creceta (verdeazulino)  | ● |          |
| Cielo                   | ● | Azul     |
| Turquesa                | ● |          |

**8bit  
de colores**

