

# Un estudio de eclipses de Luna y de Sol

*Rosa M. Ros*

*International Astronomical Union  
Universidad Politécnica de Cataluña, España*



# Objetivos

- Comprender por qué la Luna tiene fases
- Comprender la causa de los eclipses de Luna
- Comprender el motivo de los eclipses de Sol
- Determinar distancias y diámetros del sistema Tierra- Luna-Sol



# Visión de luces y sombras

- Sistema Tierra-Luna-Sol: fases y eclipses
- Posiciones relativas y sombras



# Modelo de la cara oculta de la Luna

- 2 voluntarios: uno en el centro (la Tierra) y el otro que girará en torno (la Luna). Situamos la Luna de cara a la Tierra y hacemos que gire por traslación  $90^\circ$  y también, sobre sí misma, por rotación  $90^\circ$ , quedando de nuevo de cara y así sucesivamente.



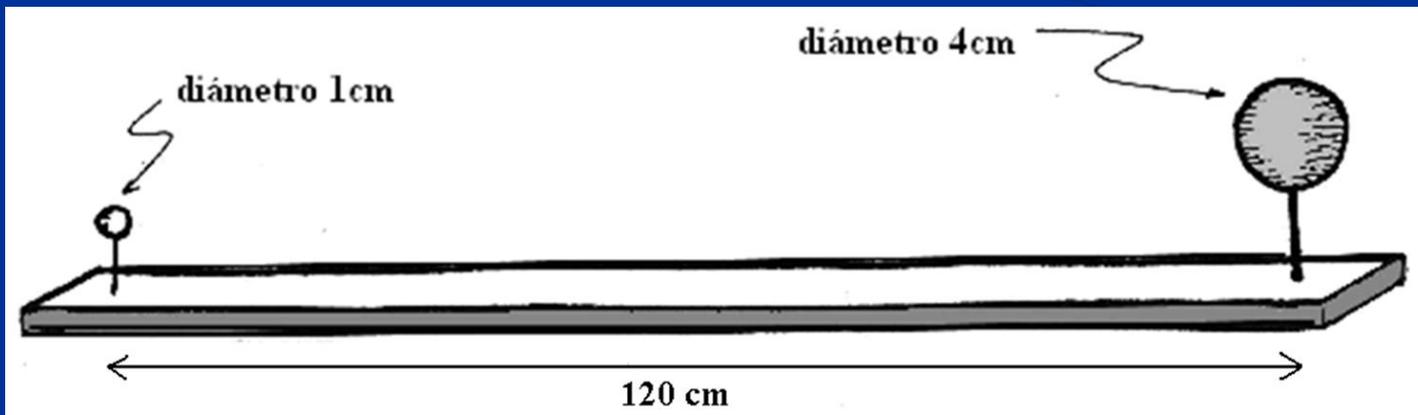
# Modelo con linterna (Sol): Fases de la Luna

- 5 voluntarios: uno en el centro (la Tierra) y los otros 4 simulan las 4 fases de la Luna con una máscara (que se ve completamente iluminada, sólo parcialmente o no se ve iluminada).



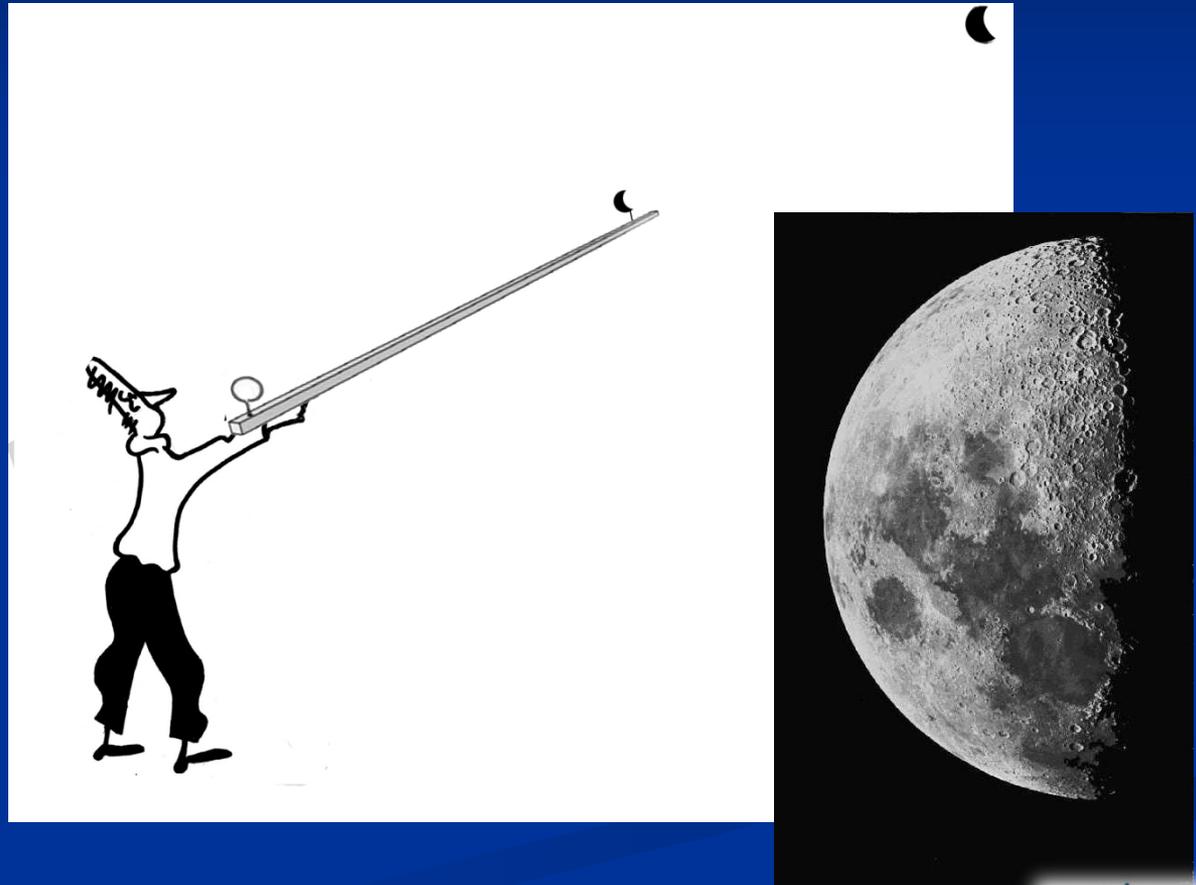
# Distancias y diámetros del Sistema Tierra-Luna-Sol

Diámetro Tierra	12 800 km		4 cm
Diámetro Luna	3 500 km		1 cm
Distancia TL	384 000 km		120 cm
Diámetro Sol	1400 000 km		440 cm = 4.4 m
Distancia TS	150 000 000 km		47000 cm = 0.47 km



# Simulación de las Fases de la Luna

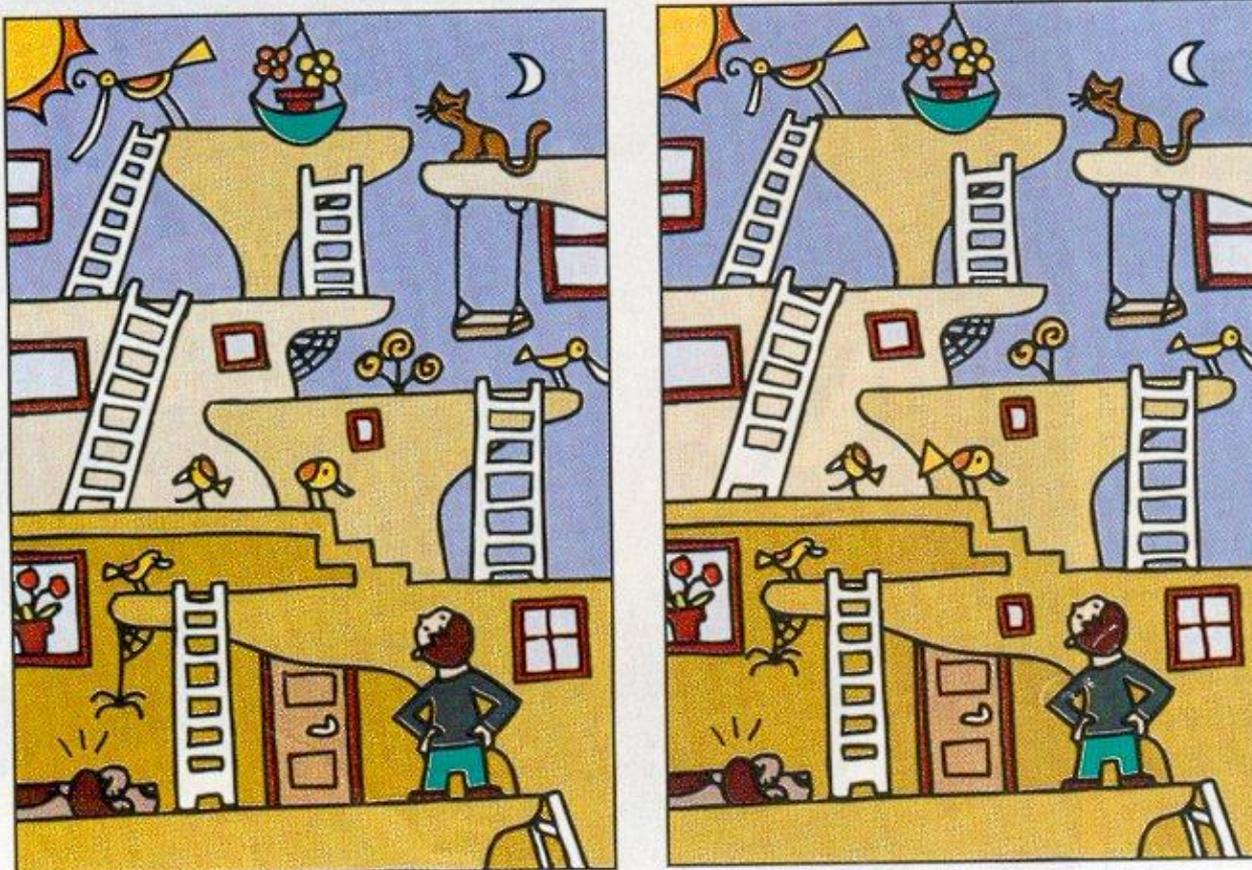
- Dirigir la lunita del modelo hacia la Luna y se ven las dos con la misma fase.
- (EN UN DIA SOLEADO)



# Errores y gazapos

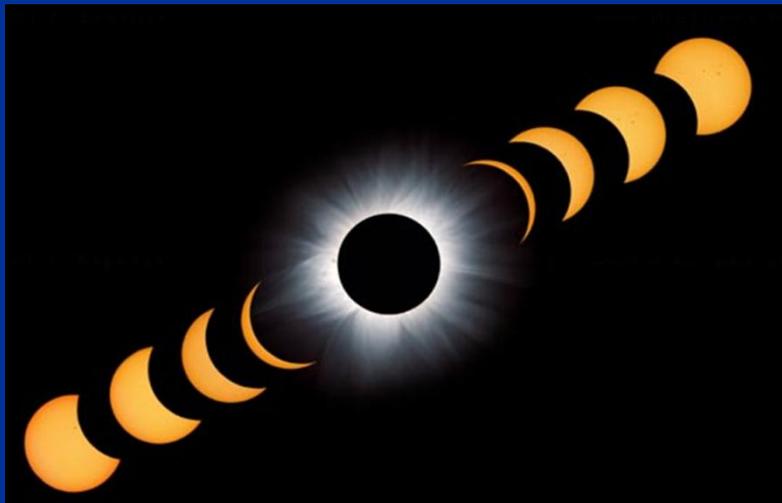
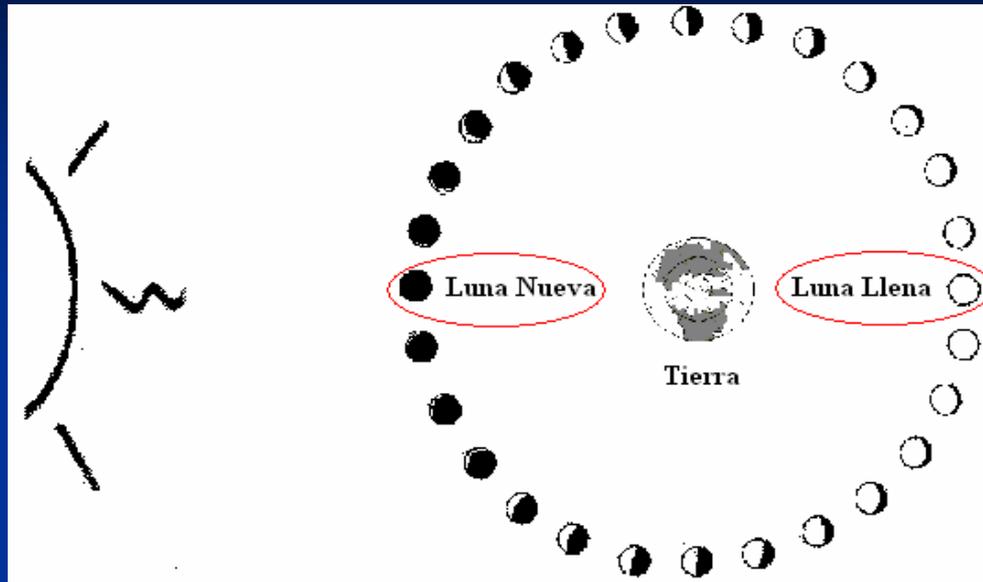
## Los 7 errores

Busca las 7 diferencias que hay entre el dibujo de la izquierda y el de la derecha.



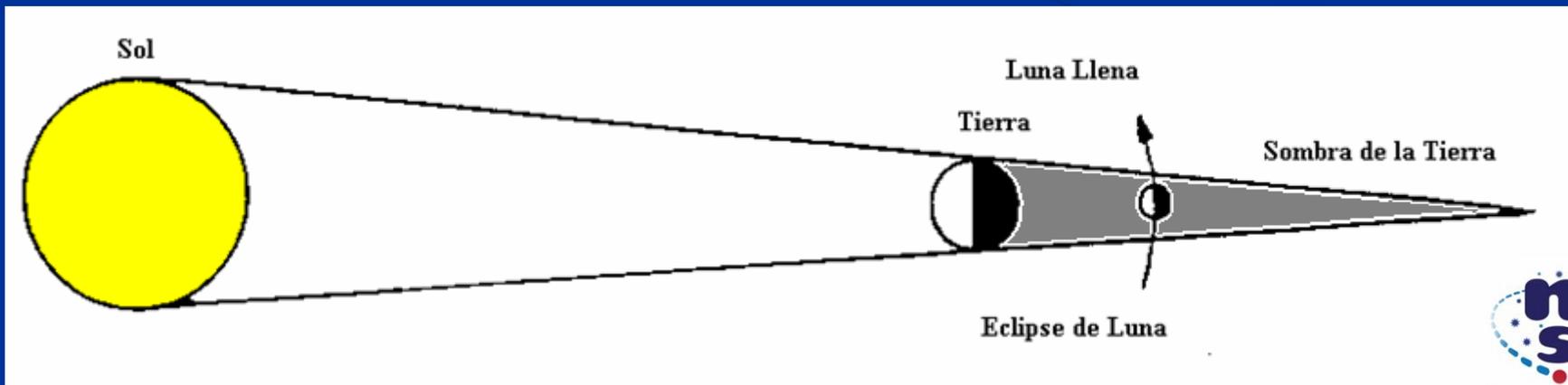
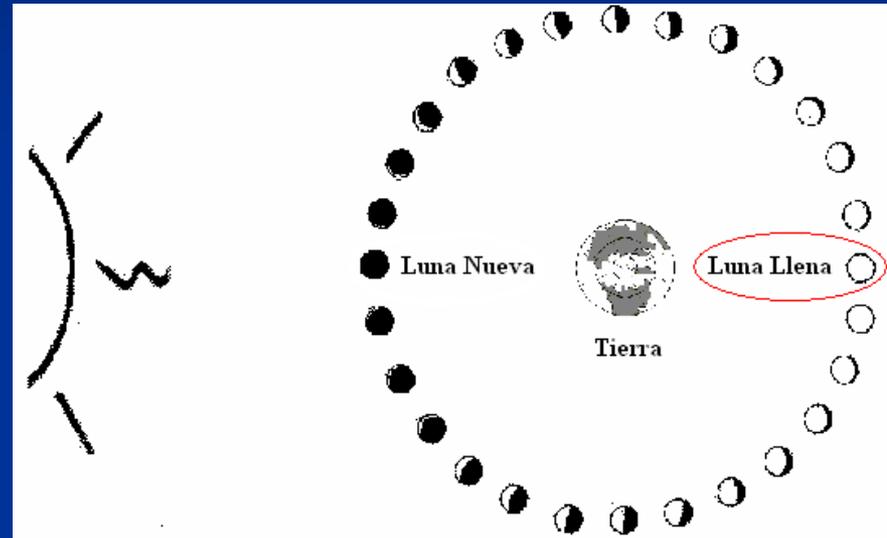
- Fases de la Luna según la posición del Sol

# Fases de la Luna y Eclipses

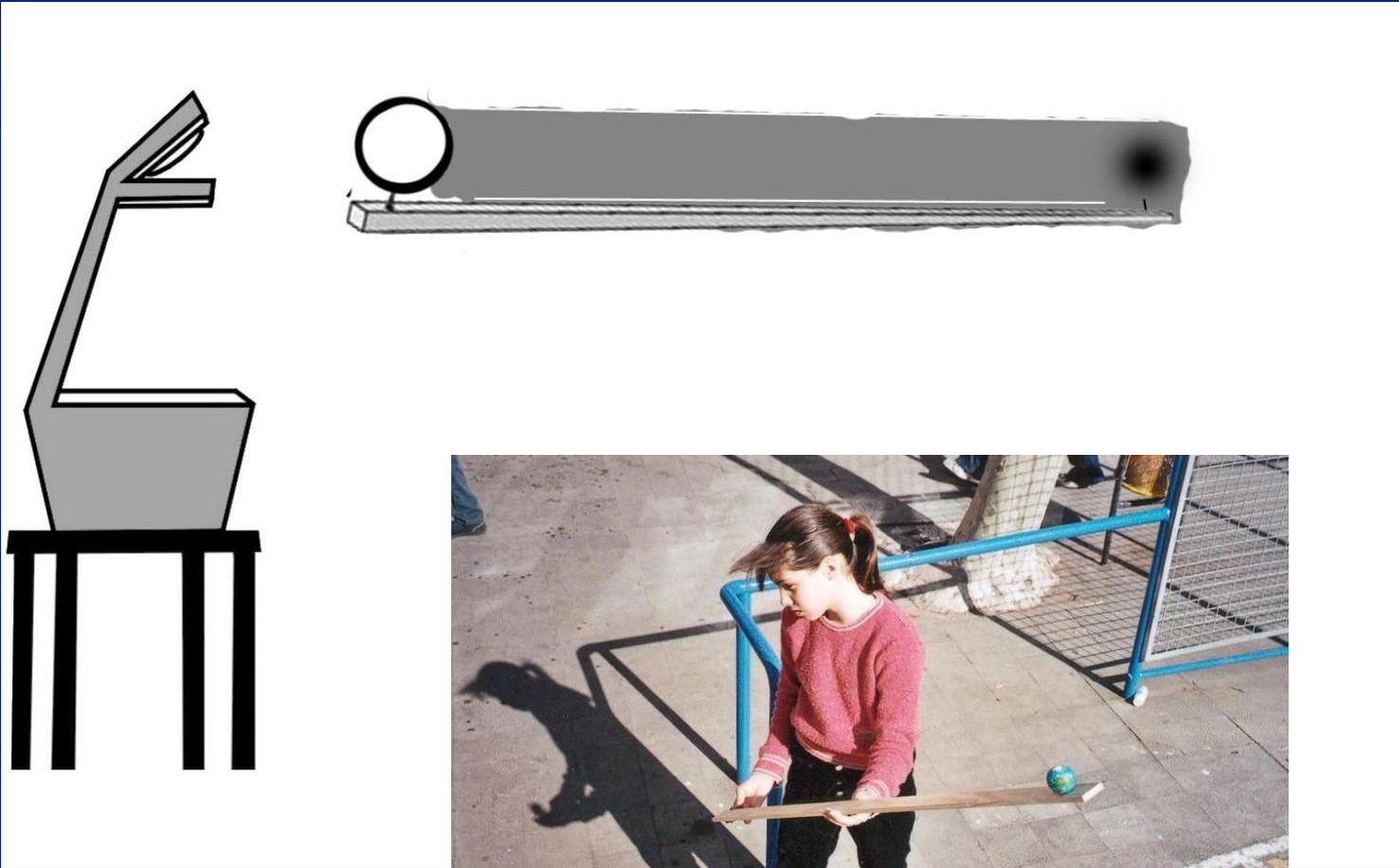


# Eclipses: de Luna

- Sólo hay eclipses de Luna cuando es Luna Llena



# Simulación de un Eclipse de Luna



# Eclipse de Luna



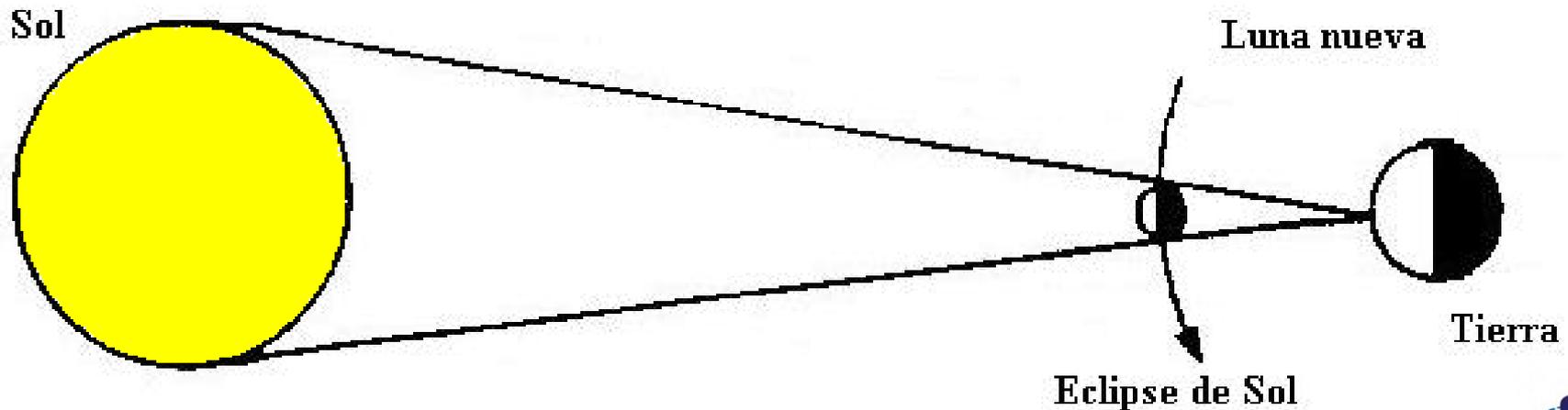
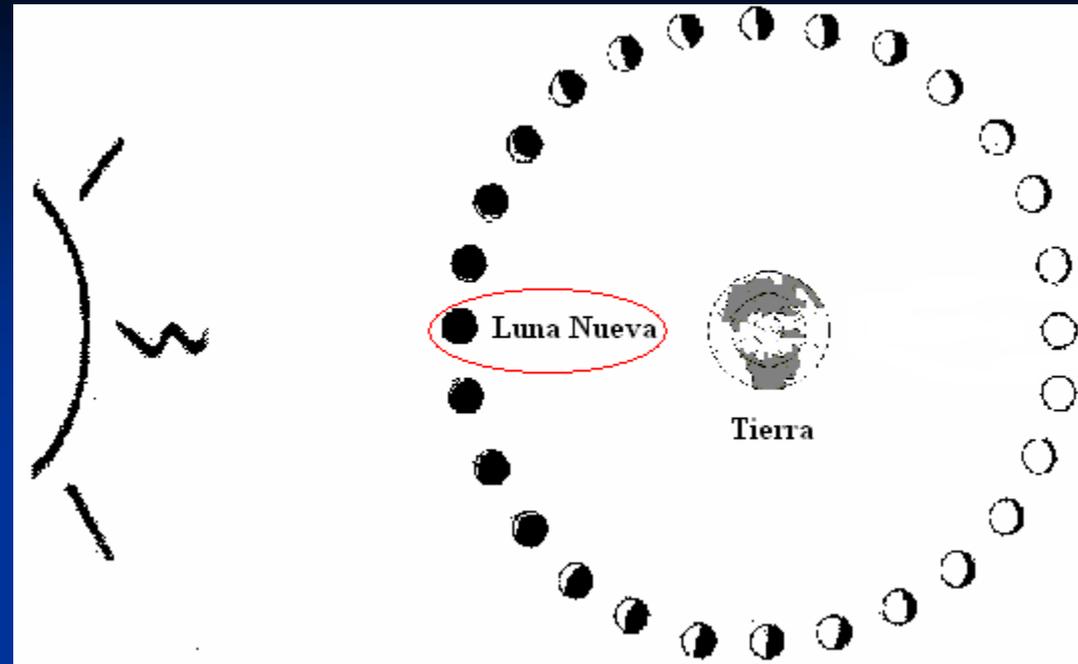
# Eclipses de Luna

- Eclipses lunares pueden ser visibles para la mitad de la Tierra (lado noche).



# Eclipses: de Sol

- Sólo hay eclipses de Sol cuando es Luna Nueva



# Simulación de un Eclipse de Sol



# Detalle del eclipse de Sol

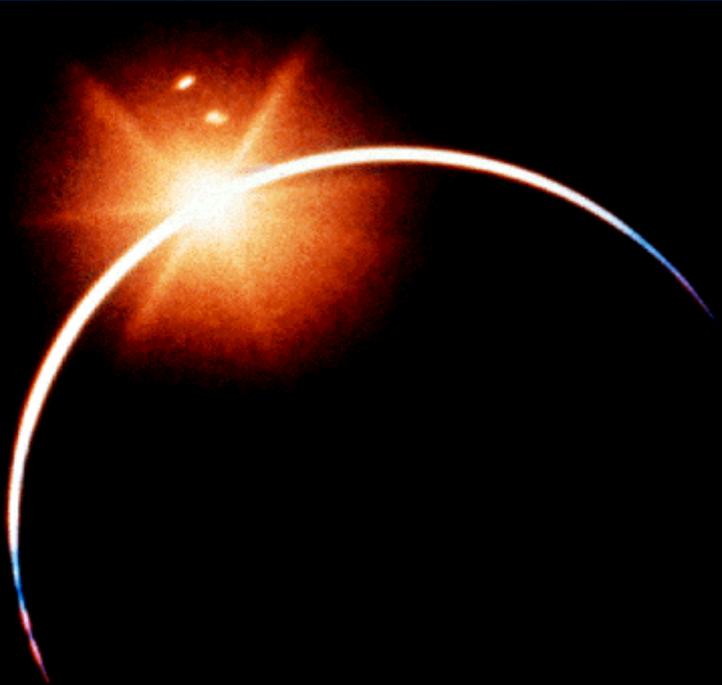
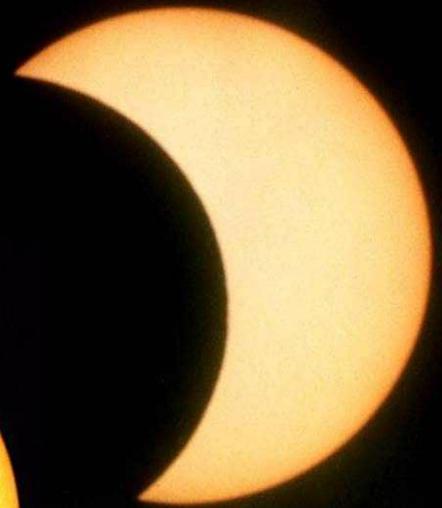
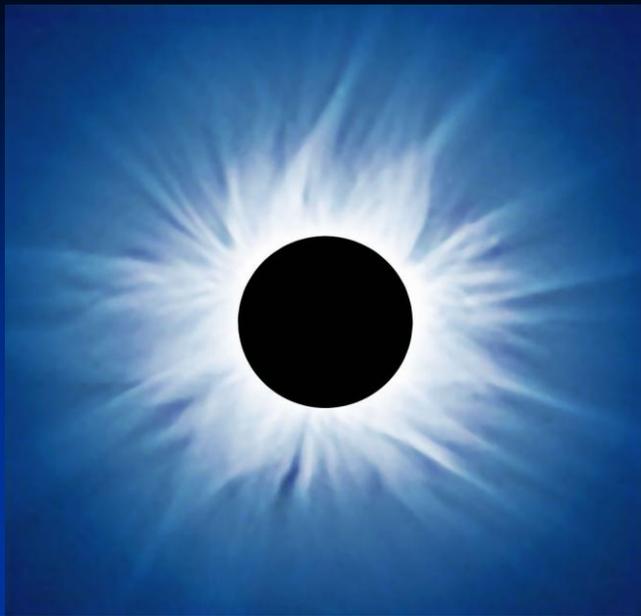




# Eclipse de Sol

- Eclipses solares sólo son visibles en una pequeña región de la Tierra.





... para emocionarnos!



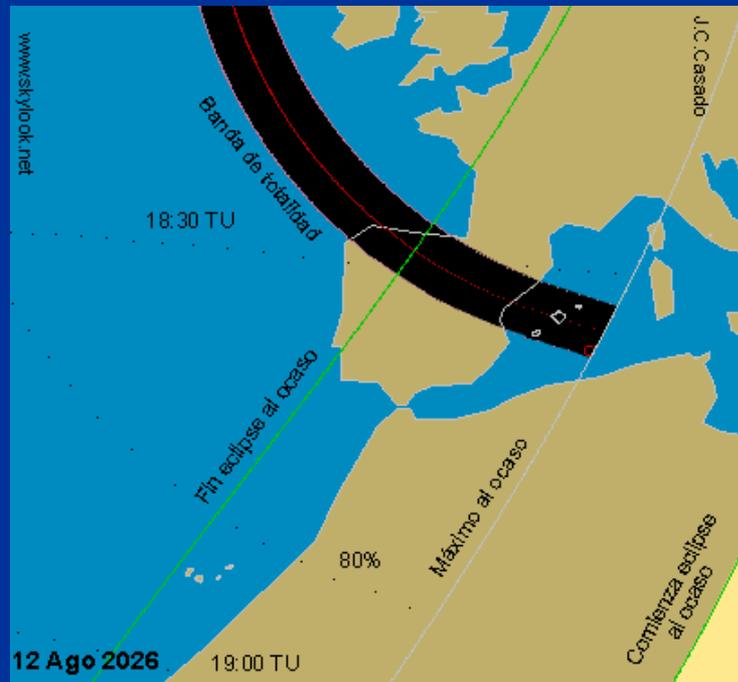
# Observaciones...

- Sólo puede tener lugar:  
un **eclipse de Luna cuando es Luna Llena**  
y un **eclipse de Sol cuando hay Luna Nueva.**
- Un eclipse solar sólo se ve en una zona reducida de la Tierra.
- Es muy difícil que la Tierra y la Luna estén “bien alineadas” para que se produzca un eclipse cada vez que sea Luna Nueva o Luna Llena.



# Para terminar ... a modo de ejemplo ...

- Próximo eclipse total de Sol en España: 12 agosto 2026 (ultimo en 2004 en diferente zona)



- Cada año hay 1 ó 2 eclipses de Luna



# Distancias y diámetros en otro pequeño modelo

(para visualizar y comprender mejor las distancias al Sol)

Diámetro Tierra	12 800 km		2.1 cm
Diámetro Luna	3 500 km		0.6 cm
Distancia TL	384 000 km		60 cm
Diámetro Sol	1 400 000 km		220 cm
Distancia TS	150 000 000 km		235 m

# Pintando el Sol

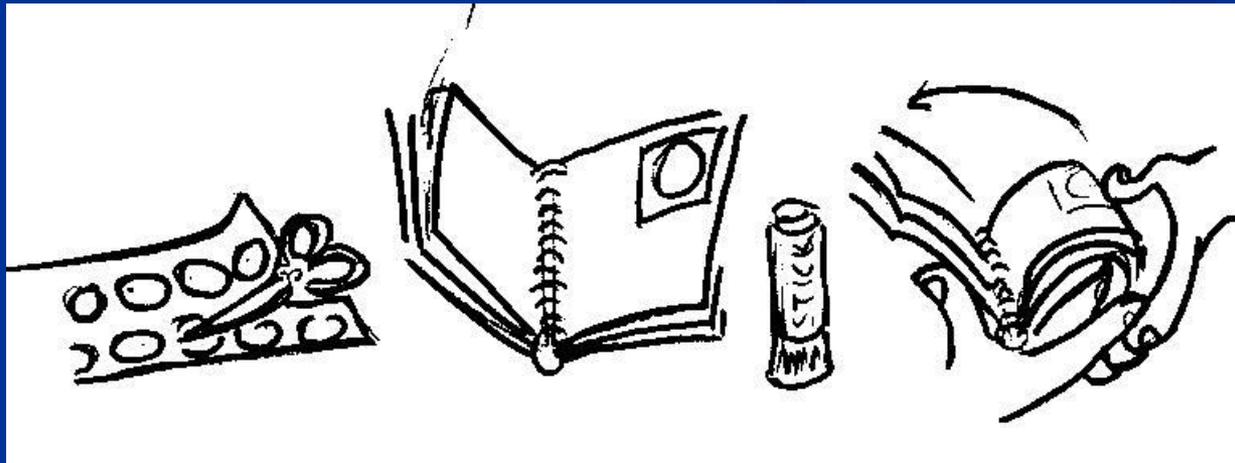


# Mirando el Sol desde la Tierra con la Luna próxima a eclipsarlo



# “Cine de Dedo” simulador de eclipses

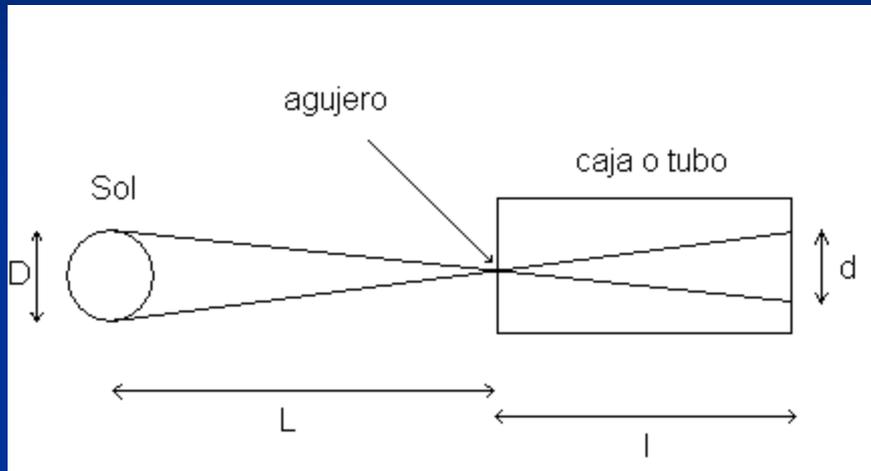
1. Recortar y numerar las fotografías por orden.
2. Pegar cada foto en una libreta espiral.
3. Pasar las páginas rápidamente y se tendrá el simulador.



# Determinación del diámetro solar: por cámara oscura, observación y mediciones



# Determinación del diámetro del Sol



podemos establecer la proporción

y despejar el diámetro del Sol

$$\frac{D}{L} = \frac{d}{l}$$

$$D = \frac{dL}{l}$$

$L = 150\,000\,000$  km distancia Tierra-Sol,  $l$  longitud del tubo,  
 $d$  diámetro del Sol sobre papel semitransparente

# Experimento de Aristarco

310 –230 a. C.

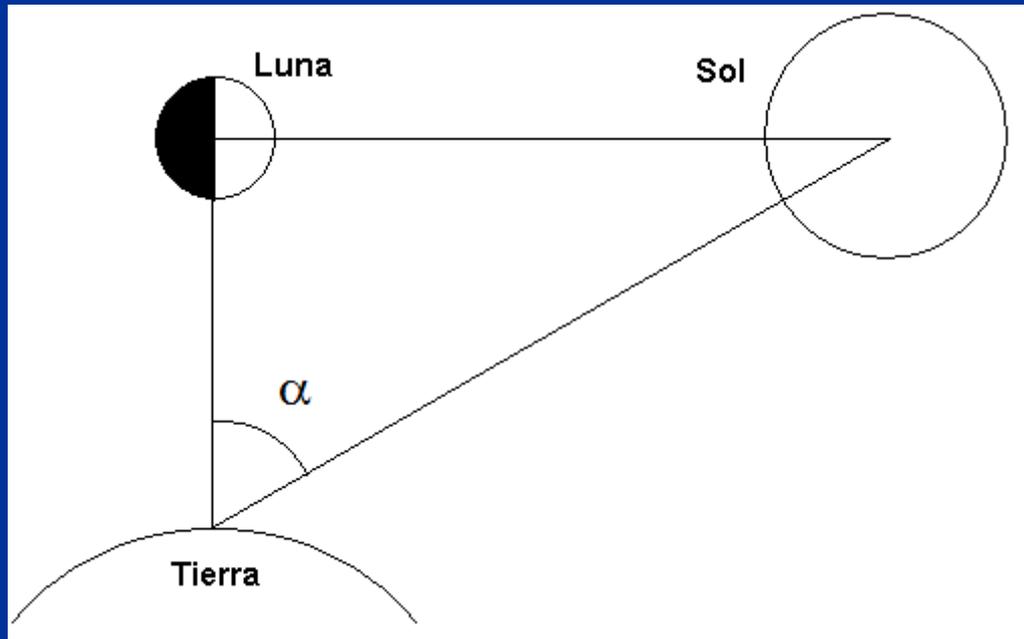
- Estableció relaciones entre distancias Tierra-Luna-Sol y sus diámetros (pero no consiguió determinar ningún valor absoluto) hubo que esperar a Eratóstenes.
  - 1) Distancias Tierra-Luna y Tierra-Sol
  - 2) Radio Luna y Radio Sol
  - 3) Distancia Tierra-Luna y Radio Luna  
ó Distancia Tierra-Sol y Radio Sol
  - 4) Cono de Sombra Terrestre y Radio Luna
  - 5) Relacionar todo



# 1) Distancias Tierra-Luna y Tierra-Sol

■  $\cos \alpha = TL/TS$  por tanto

$$TS = TL / \cos \alpha$$



# 1) Distancias Tierra-Luna y Tierra-Sol

- Aristarco  $\alpha = 87^\circ$   
entonces  $TS = 19 TL$
- Ahora  $\alpha = 89^\circ 51'$  por  
tanto  $TS = 400 TL$



## 2) Radio Luna y Radio Sol

- Desde la Tierra los diámetros lunar y solar se observan iguales a  $0.5^\circ$
- Por lo tanto, los radios verifican

$$R_s = 400 R_L$$

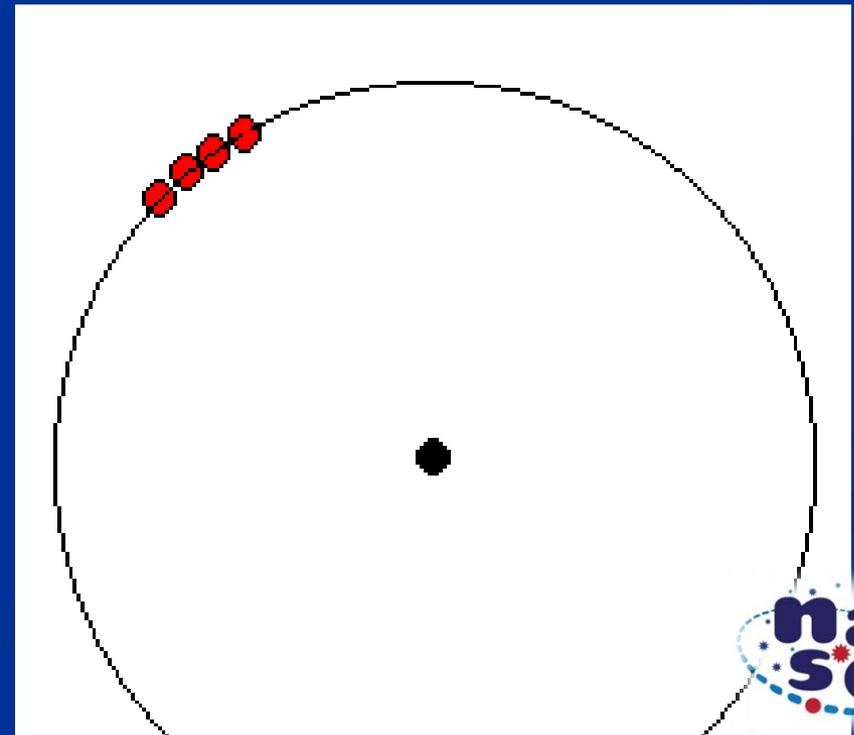


### 3) Distancia Tierra-Luna y Radio Luna

- Diámetro lunar observado desde la Tierra es  $0.5^\circ$
- Con 720 veces este diámetro se puede recubrir la trayectoria **circular** de la Luna

- $2 R_L 720 = 2 \pi TL$

- $TL = 720 R_L / \pi$

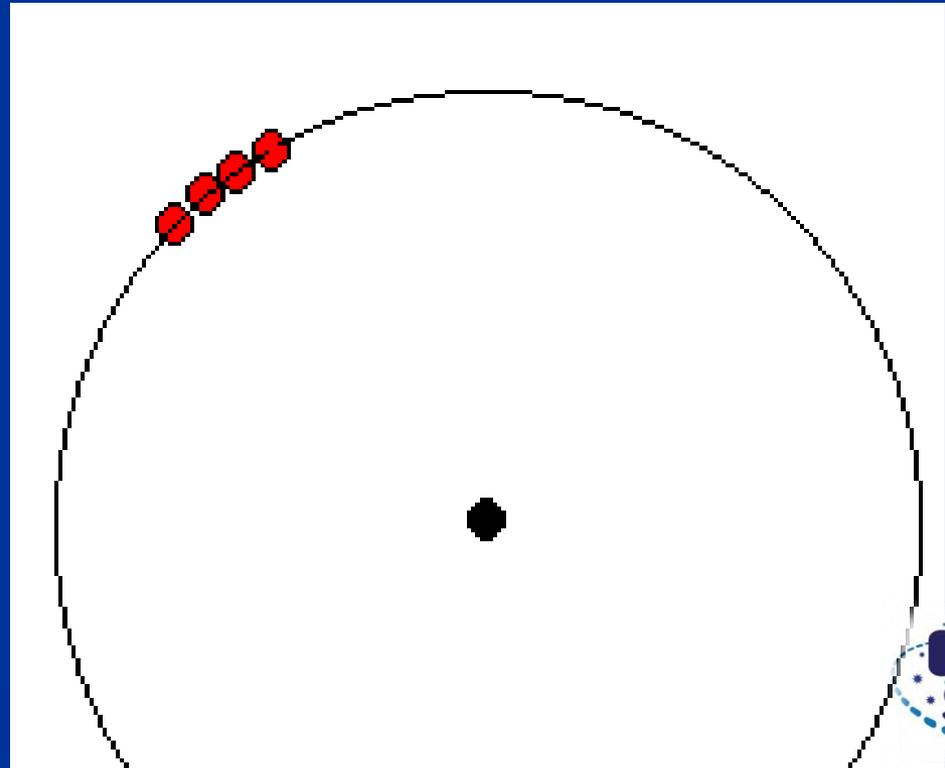


# 3) Distancia Tierra-Sol y Radio Sol

- Análogamente

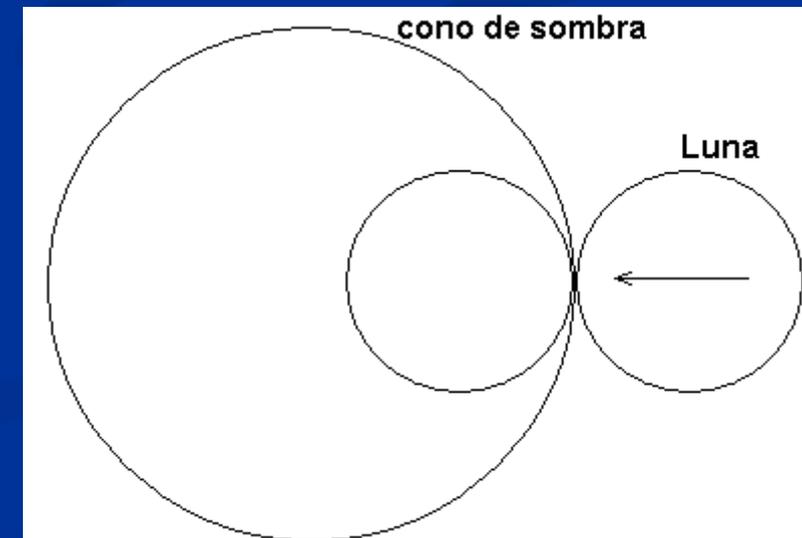
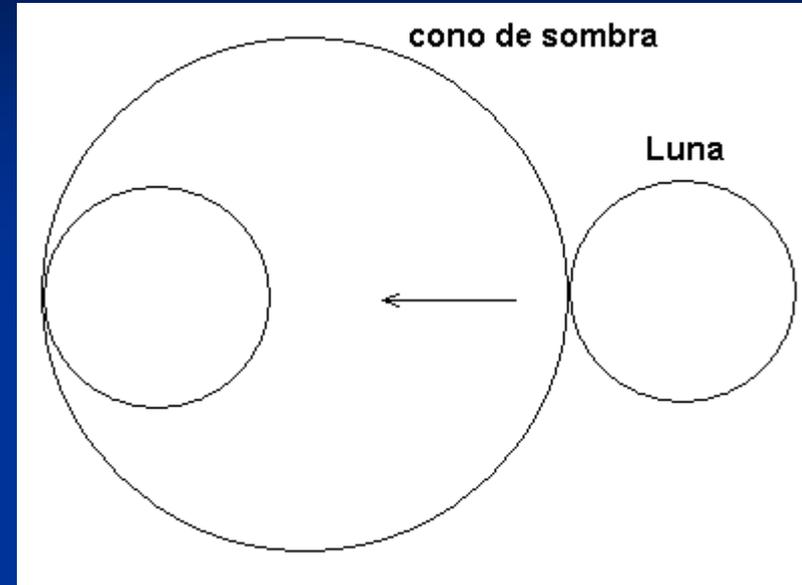
- $TS = 720 R_s / \pi$

**Aristarco**  
**1er modelo**  
**heliocéntrico**



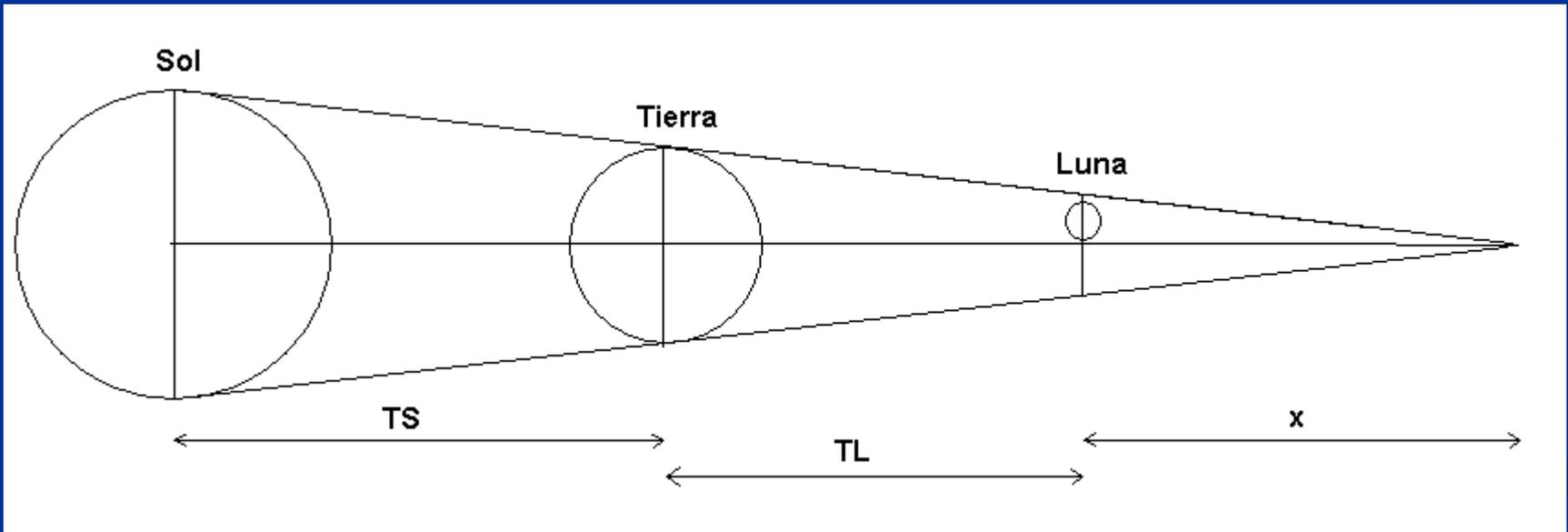
# 4) Cono de Sombra Tierra y Radio Luna

- En un eclipse de Luna Aristarco observó que el tiempo necesario para que la Luna cruce el cono de sombra de la Tierra era el doble del tiempo necesario para que la superficie de la Luna quedara cubierta (esto es 2:1)
- Realmente es **2.6:1**



# 5) Relacionar todo

- $$(x+TL+TS)/R_s = (x+TL) / R_T = x/(2.6 R_L)$$



Resolviendo el sistema se deduce todo en función del radio terrestre:

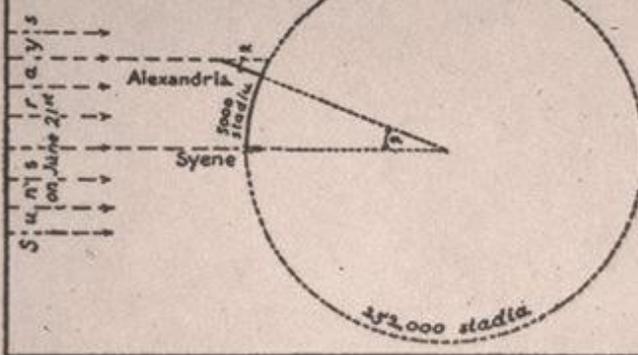
- $R_L = (401 / 1440) R_T$
  - $TL = (401 / (2 \pi)) R_T$
  - $R_s = (2005 / 18) R_T$
  - $TS = (80200 / \pi) R_T$
- 
- **Si adoptamos  $R_T = 6378$  km**
  - $RL = 1776$  km (real 1738 km)
  - $TL = 408\ 000$  km (real 384 000 km)
  - $R_s = 710\ 000$  km (real 696 000 km)
  - $TS = 162\ 800\ 000$  km (real 149 680 000 km)



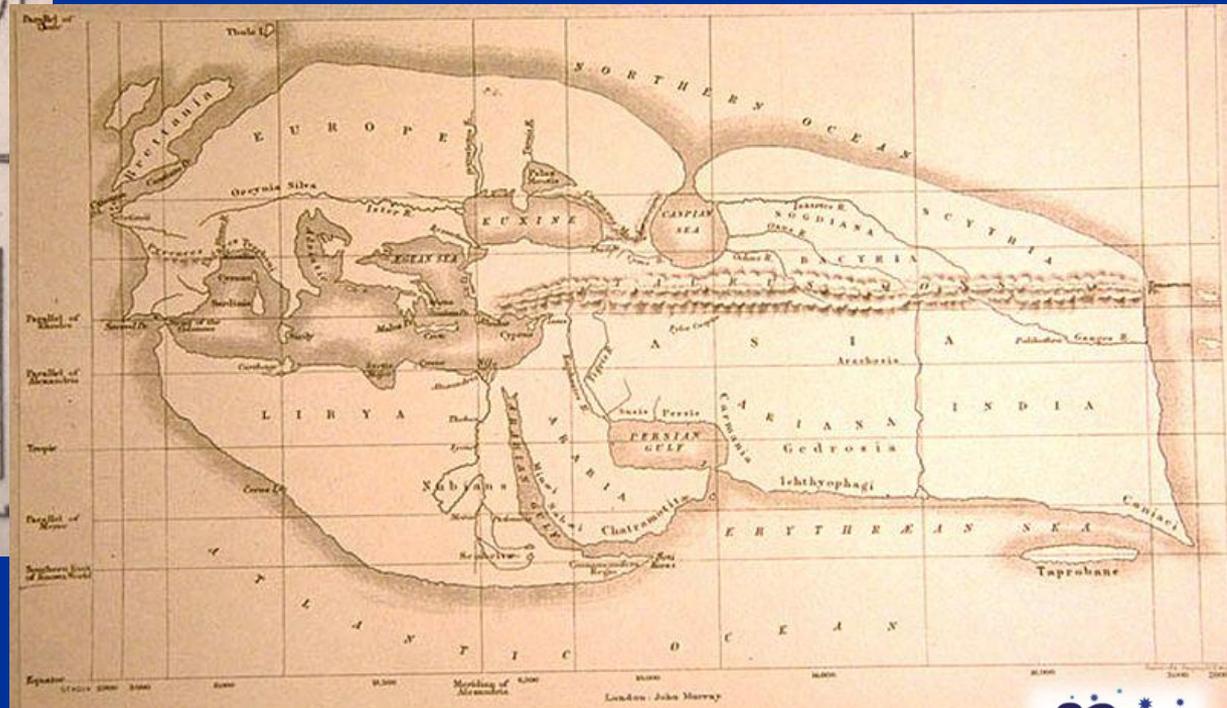
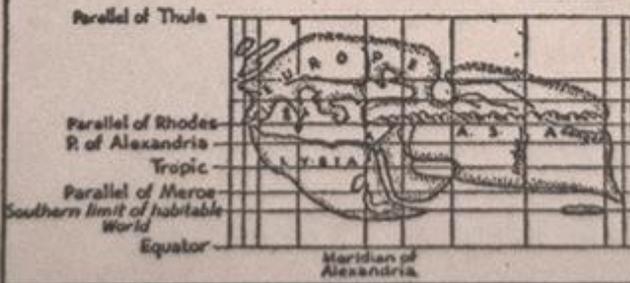
# Experimento de Eratóstenes

280 –192 a C

SIZE OF THE EARTH AS MEASURED BY ERATOSTHENES (276-195 B.C.)



THE PARALLELS AND MERIDIANS OF ERATOSTHENES



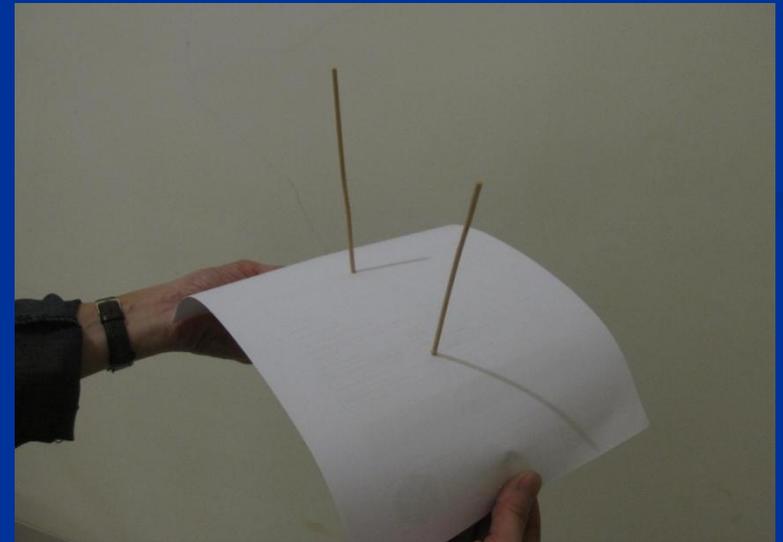
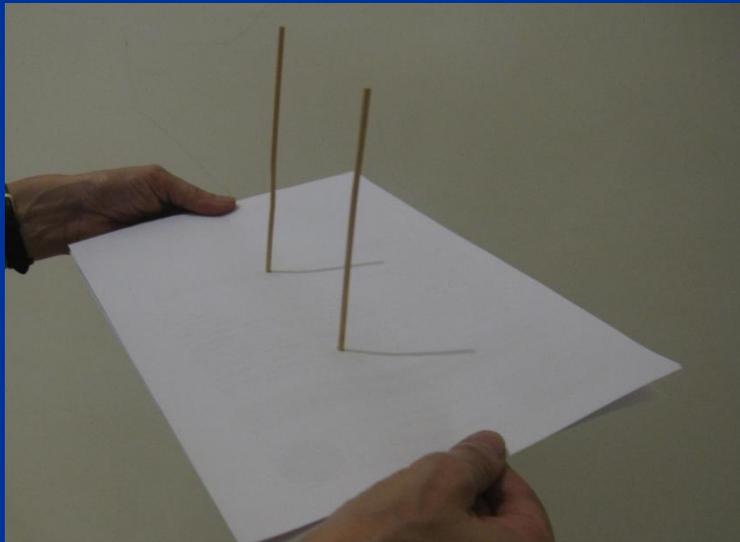
# Eratóstenes de nuevo

- Dos ciudades sobre el mismo meridiano.
- Observaciones simultáneas.



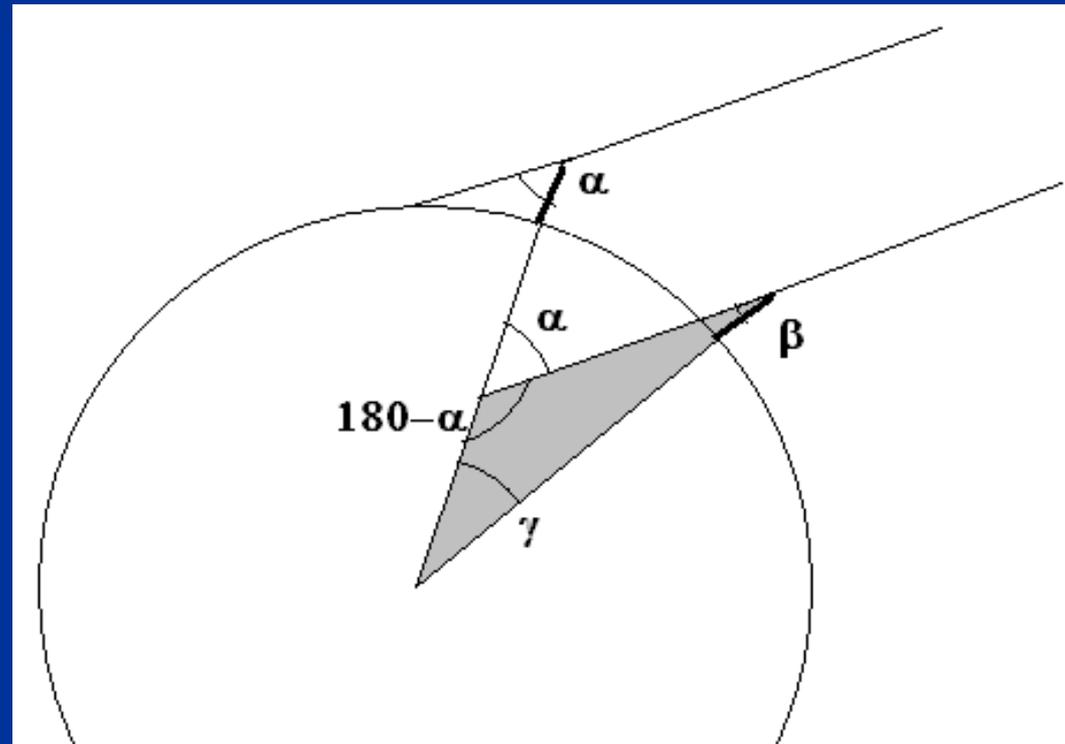
# Distintas sombras ...

- Luego la Tierra es una esfera!



# Eratóstenes

- $\pi = \pi - \alpha + \beta + \gamma$
- por lo tanto  $\gamma = \alpha - \beta$
- donde  $\alpha$  y  $\beta$  se miden



# Eratóstenes



- Medimos la longitud de la plomada ( o del palo) y su sombra.

$$\alpha = \arctan (\text{plomada}) / (\text{sombra})$$

# Eratóstenes

- por proporcionalidad

$$2\pi R_T / 2\pi = d / \gamma$$

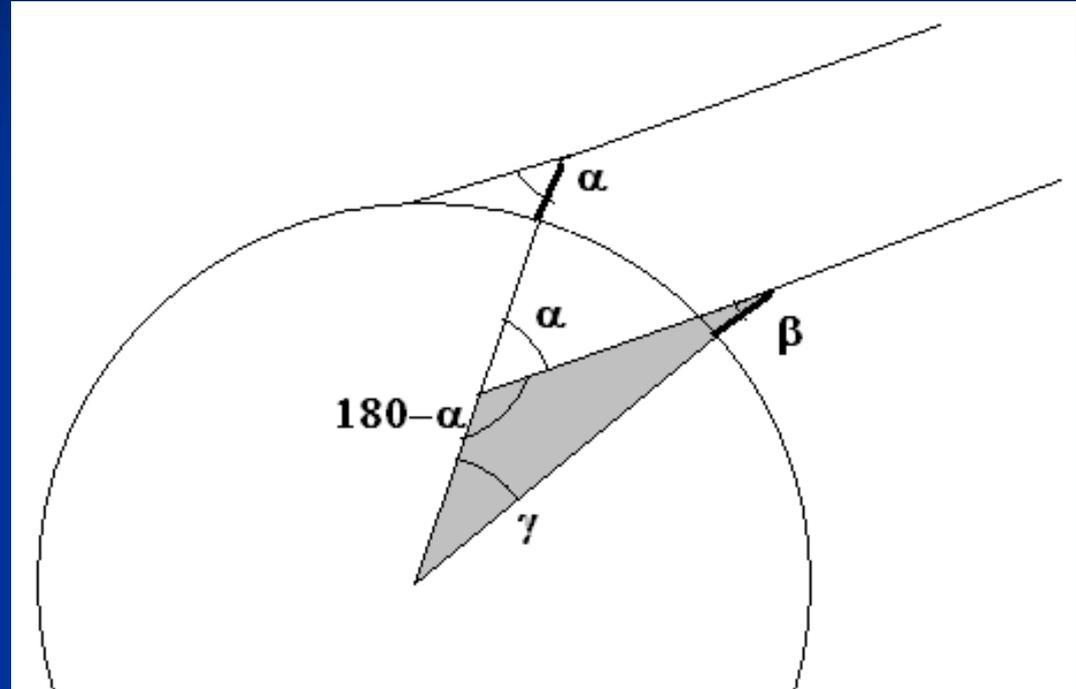
- se deduce

$$R_T = d / \gamma$$

- $\gamma$  lo conocemos

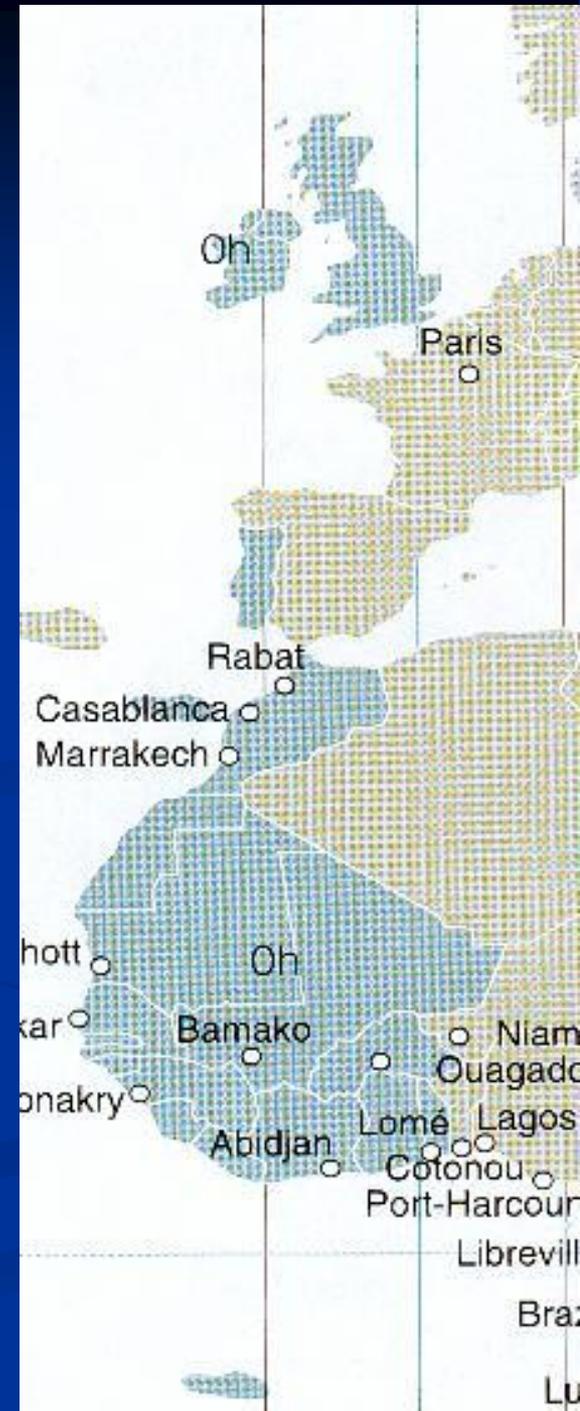
$$\gamma = \alpha - \beta$$

- $d$  es la distancia entre ciudades (mapa ejército)



# Nuestros resultados con el método de Eratóstenes

- Ripoll- Barcelona
- $\alpha = 0.5194$  radianes  
 $\beta = 0.5059$  radianes  
 $\gamma = 0.0135$  radianes
- $d = 89.4$  km
- $R_T = 6600$  km (real 6378 km)



# Conclusiones

- Se comprenden los eclipses.
- Se establecen relaciones de tamaños para el sistema Tierra-Luna-Sol.
- Se comprueba que observando y elaborando los datos conseguidos se puede conocer mucho más a cerca del Universo.



¡Muchas gracias  
por su atención!

