

WEBINAR DE FORMACIÓN DE PROFESORADO

Sesión 3. Medir el brillo de los objetos celestes



Nayra Rodríguez Eugenio

BRILLOS Y DISTANCIAS

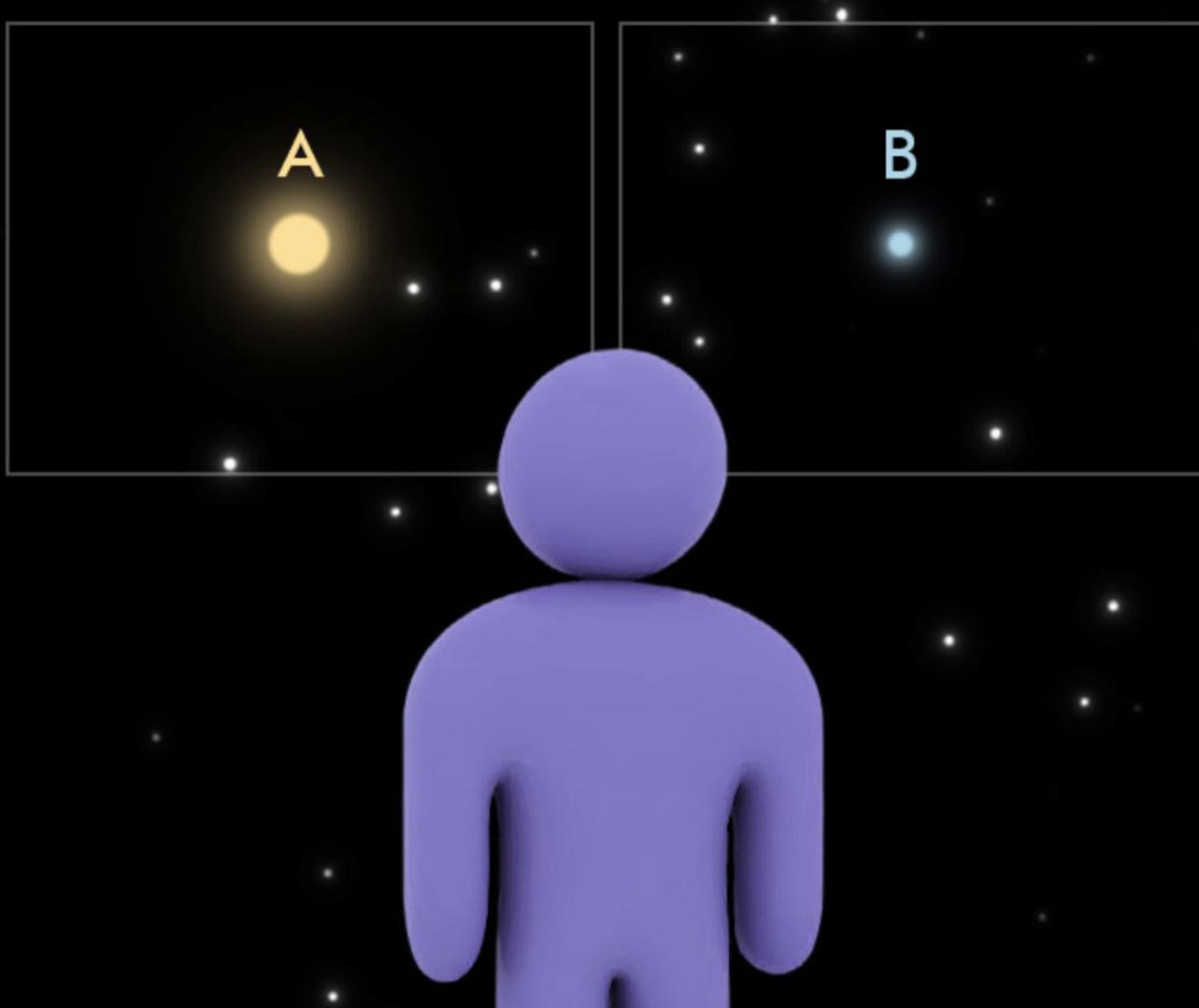


¿Cerca o lejos?



¿Cerca o lejos?

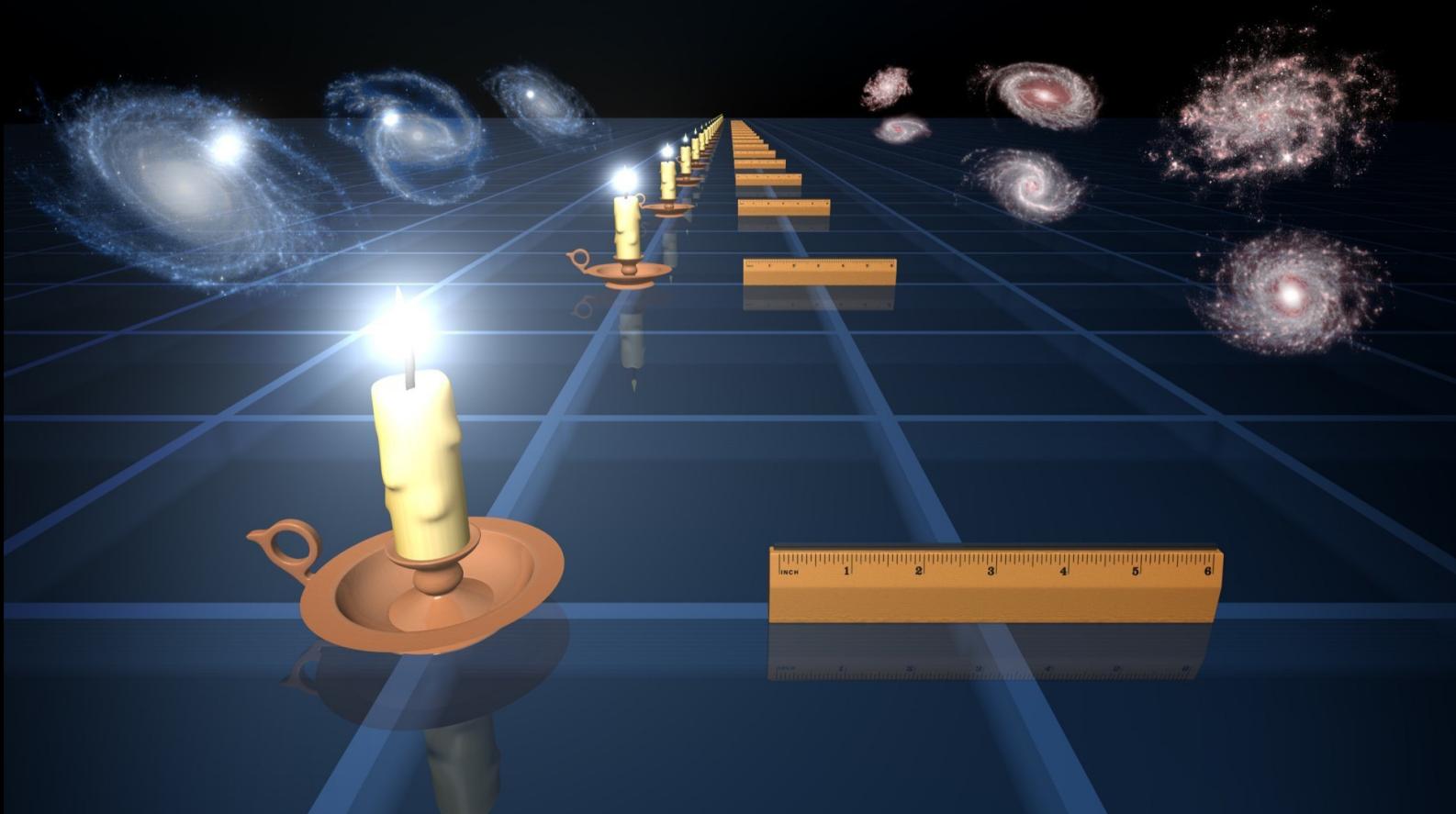
¿Cerca o lejos?



Brillo y Luminosidad

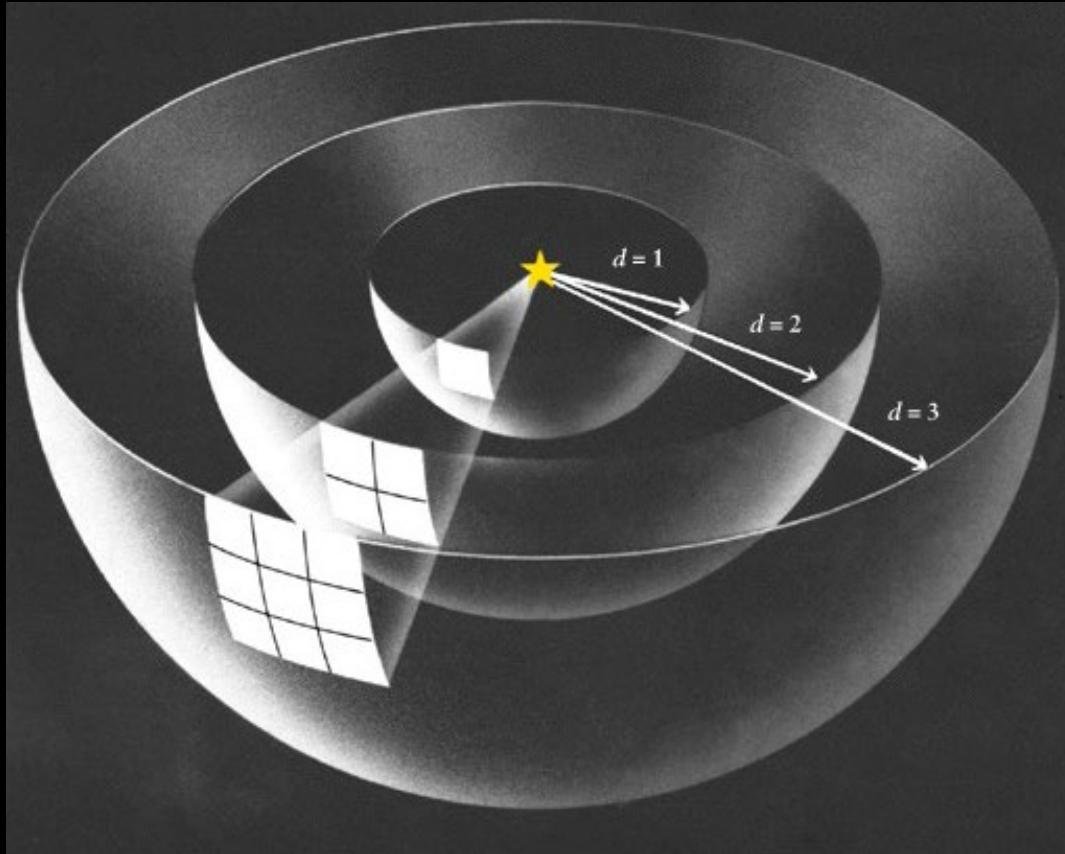
Luminosidad: energía EM emitida por un objeto celeste por unidad de tiempo.

Brillo aparente: energía recibida de un objeto celeste por unidad de tiempo y área.



Brillo y Luminosidad

El brillo decrece a medida que nos alejamos de un objeto como la inversa del cuadrado de la distancia.



Magnitud

La **MAGNITUD APARENTE** de un objeto en la banda 'x' del espectro se puede definir como:

$$m_x = -2.5 \log_{10}(F_x) + C$$

Donde:

- F_x = flujo luminoso observado en la banda x
- C = constante que depende de las unidades de flujo y de la banda

Para los griegos:

Estrellas más brillantes: $m_V = +1$

Estrellas más débiles: $m_V = +6$

→ La **MAGNITUD APARENTE** está relacionada con el **brillo observado** (**brillo aparente**)

Magnitud

La **MAGNITUD ABSOLUTA** (M) es la magnitud aparente (m) que tendría un objeto si estuviera a una distancia de 10 parsecs (en un medio sin extinción).

Se puede hallar, si se conoce la magnitud aparente (m) y la distancia (d) en parsec:

$$M_x = m_x + 5 - 5 \log_{10}(d)$$

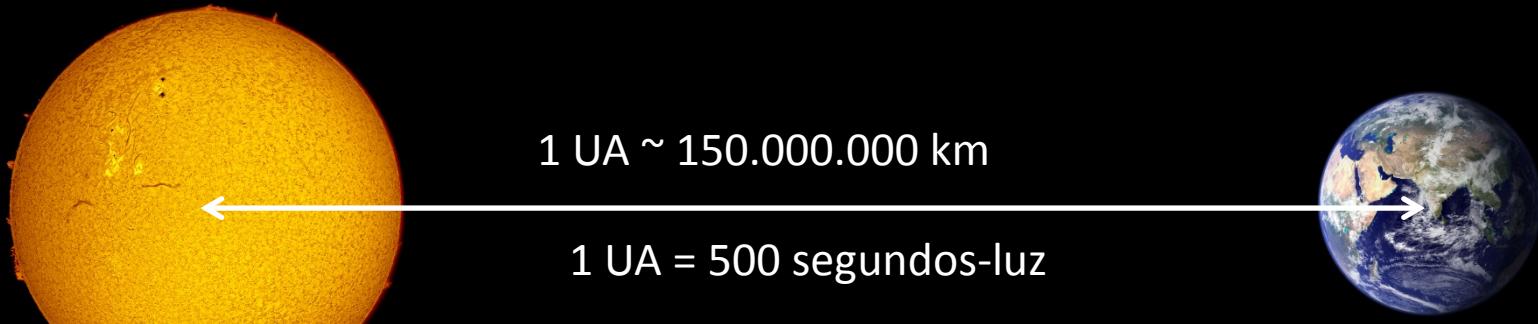
→ La **MAGNITUD ABSOLUTA** está relacionada con el **brillo intrínseco**

Midiendo el Universo: Unidades

¿Qué es una **Unidad Astronómica** (UA) ?

Es una unidad de longitud igual a la distancia media entre la Tierra y el Sol y cuyo valor, determinado experimentalmente, es 149.597.871 km

Para recordarlo utilizaremos **1 UA ~ 150.000.000 km**



Velocidad de la luz en el vacío: casi 300.000 km/s

Midiendo el Universo: Unidades

¿Qué es un **pársec** (pc)?

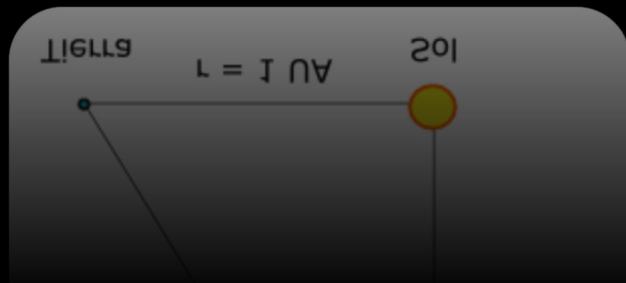
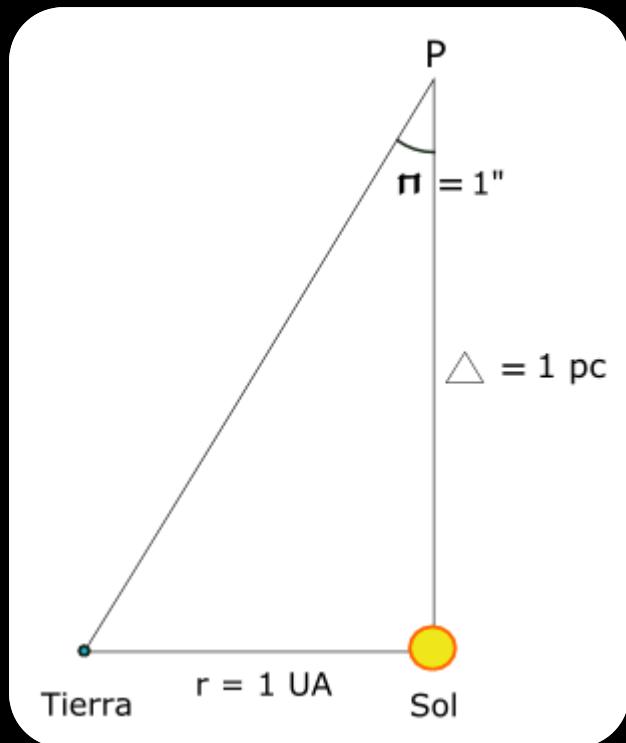
Pársec: distancia a la que una unidad astronómica (1 UA) subtiende un ángulo de un segundo de arco (1").

Su nombre se deriva del inglés *parallax of one arc second* (paralaje de un segundo de arco).

$$1 \text{ pc} = 206.265 \text{ UA}$$

Otras:

- **Kilo-parsec = 1.000 parsec**
- **Mega-parsec = 1.000.000 parsec**



Midiendo el Universo: Unidades

¿Qué es un **año-luz**?

Es la distancia que recorrería un fotón (partícula de luz) en el vacío durante un año Juliano (365,25 días de 86.400 s) a la velocidad de la luz (299 792 458 m/s), a una distancia infinita de cualquier campo gravitatorio o magnético.

Simplificando: **velocidad de la luz $\sim 300.000 \text{ km/s}$**

$$1 \text{ año luz (a.l.)} = 9.460.730.000.000 \text{ km} \sim 9,5 \cdot 10^{12} \text{ km}$$

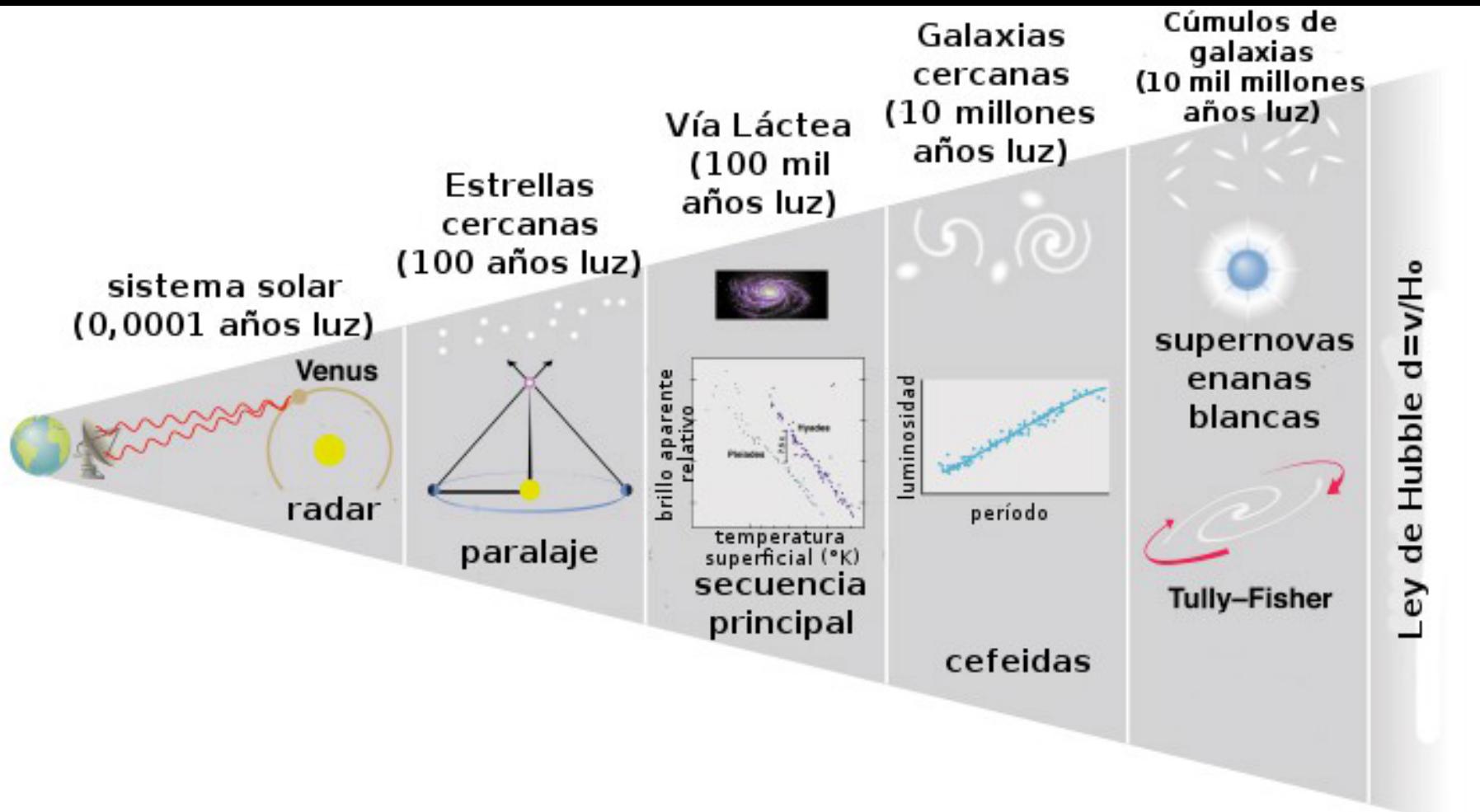
Equivalencias:

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ a.l.} = 206.265 \text{ UA}$$

Otras:

- **Segundo-luz**
- **Minutos-luz**

Escalera de Distancias



Radar

Rango: dentro del Sistema Solar

Se emite un pequeño pulso electromagnético en radio desde una antena de radar hasta un objeto y se mide el tiempo que tarda el eco en volver.

La distancia será la mitad del tiempo que tarda la onda en regresar multiplicado por la velocidad del pulso (300.000 km/s):

$$d = (c \cdot t) / 2$$

Donde:

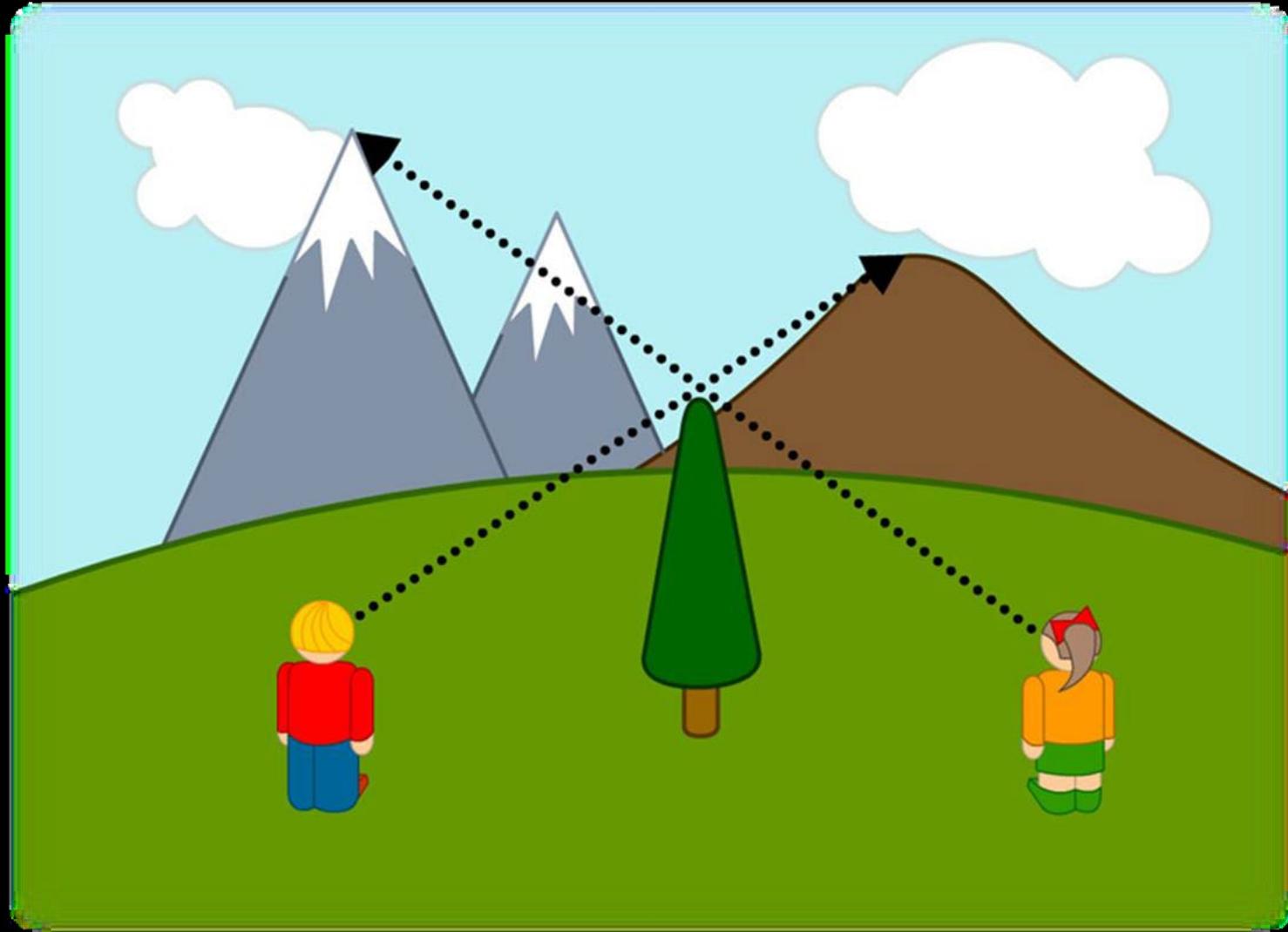
d = distancia al objeto

c = velocidad de la luz en el vacío

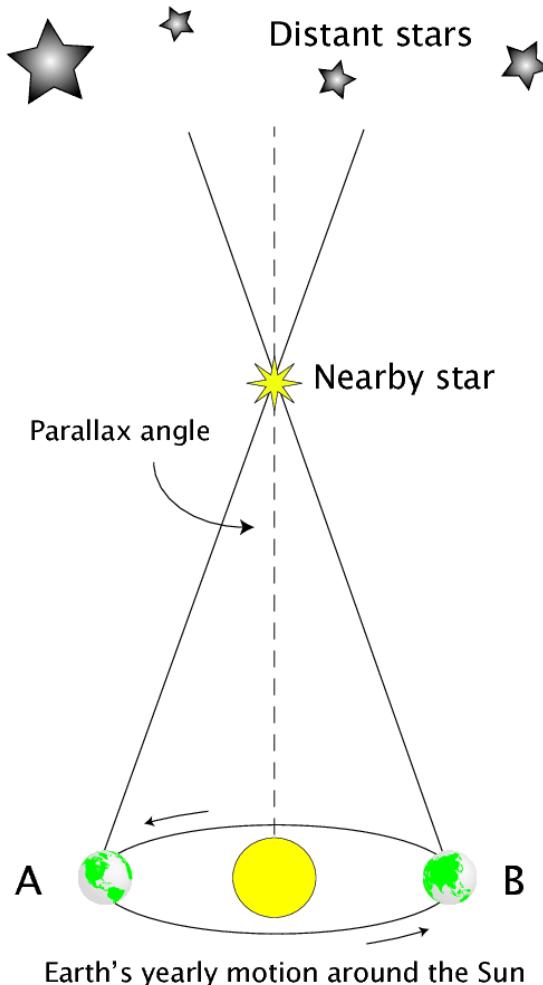
t = tiempo que tarda la onda en regresar



Paralaje



Paralaje



$$d \text{ (pc)} = 1 / p (\text{"})$$

d = distancia a la estrella
en pársecs
 p = ángulo de paralaje
en segundos de arco

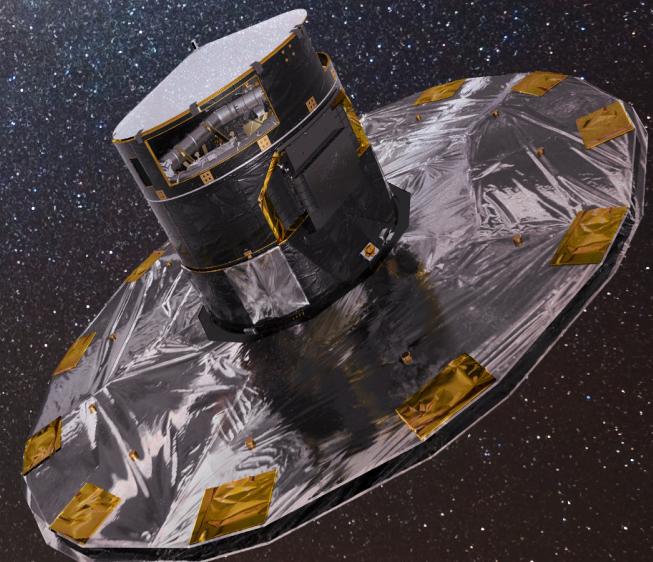
Próxima Centauri:
 $p = 0.76''$
 $\rightarrow d = 1 / 0''.76 = 1.31 \text{ pc}$

¿A qué distancia está
Antares? ($p = 0''.019$)

Paralaje

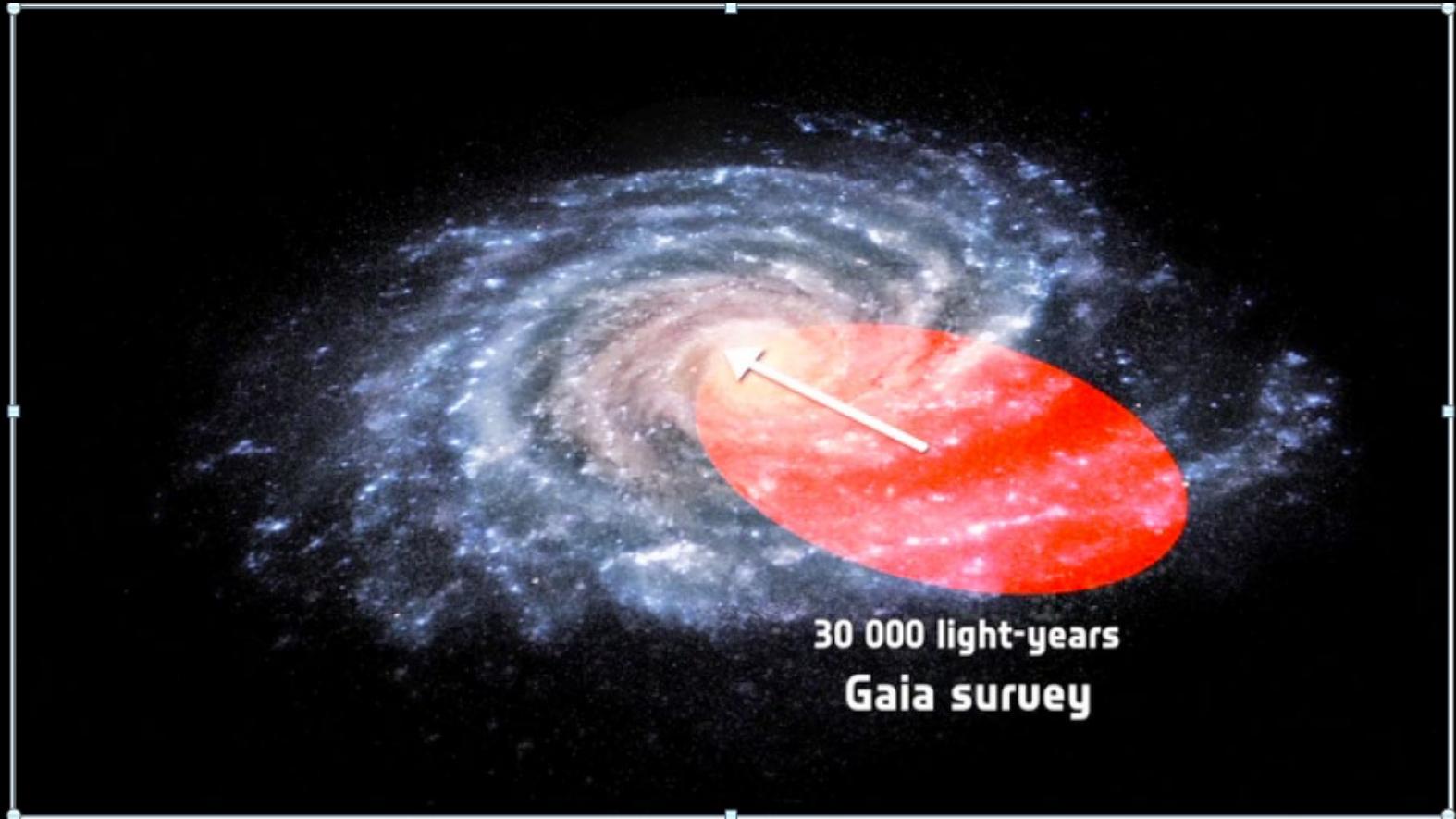


Satélite Hipparcos (ESA)
Rango: < 200 pc



Misión GAIA (ESA)
Rango: < 10.000 pc

Paralaje



GAIA: Midiendo 1.000.000.000 de estrellas

Vídeo: <https://youtu.be/G5AdrupH788>

Candelas estándar

RR Lyrae

Rango: < 100 kpc

Estrellas variables pulsantes

En cúmulos globulares

Tienen $M_V \approx 0.6$ (promedio)

Midiendo la magnitud aparente promedio m_V se puede calcular su distancia :



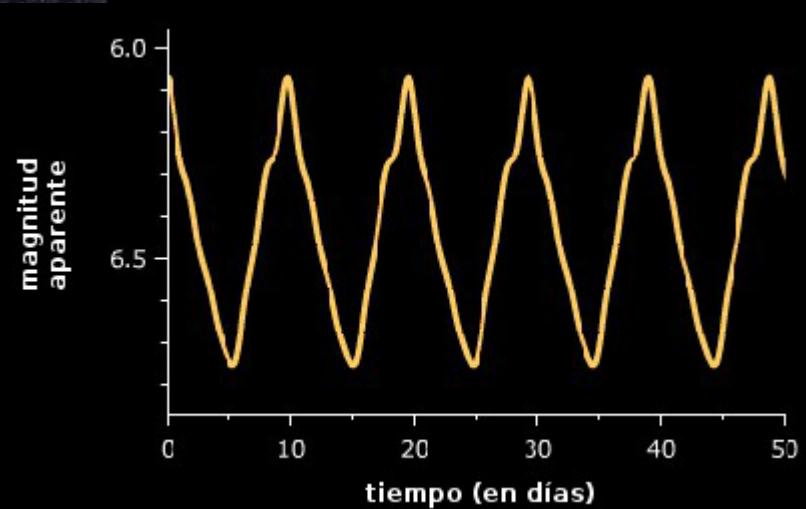
$$m_V - M_V = -5 + 5 \log_{10}(d)$$

M 54, a unos 27 kpc

Candelas estándar



Cefeidas



Cefeidas

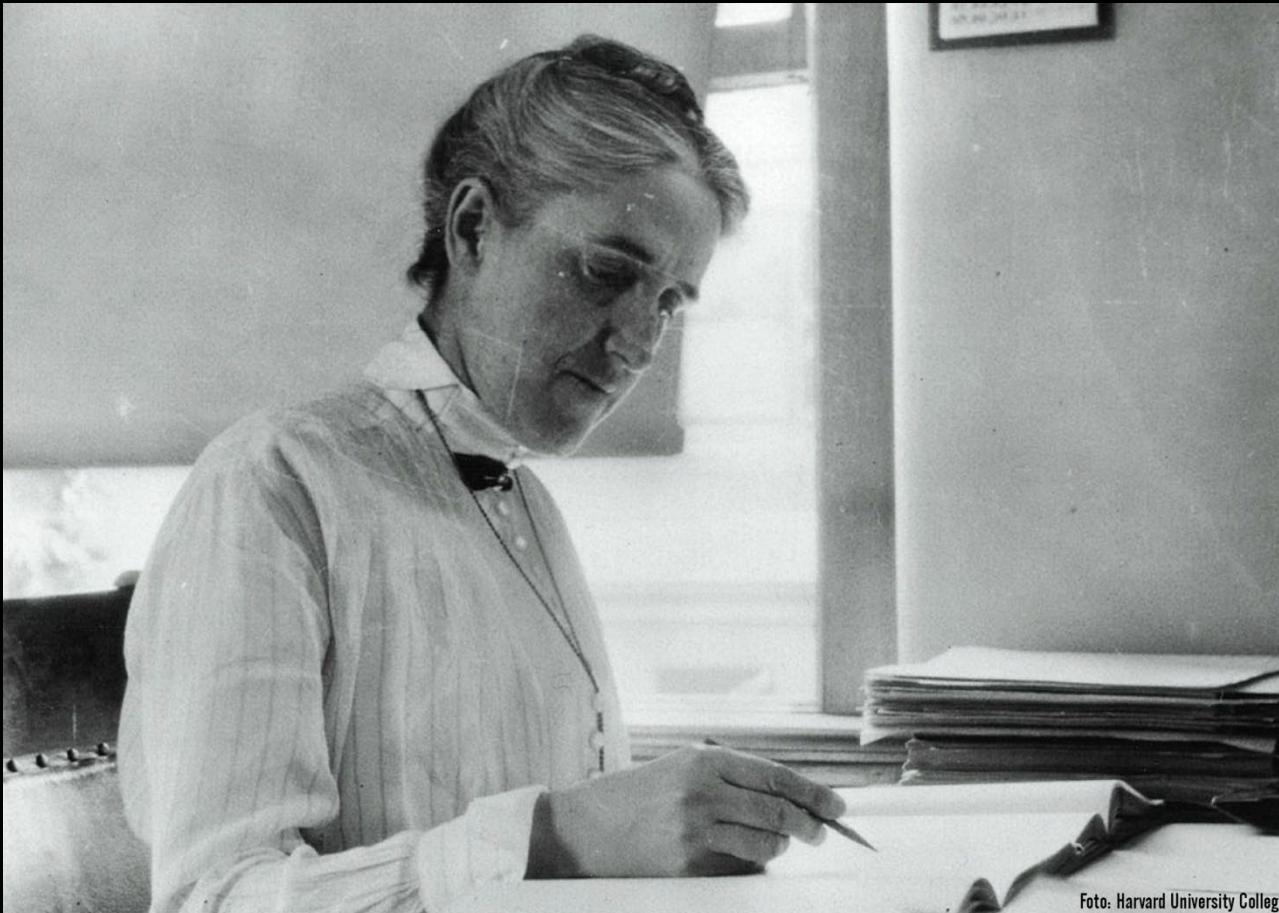


Foto: Harvard University College

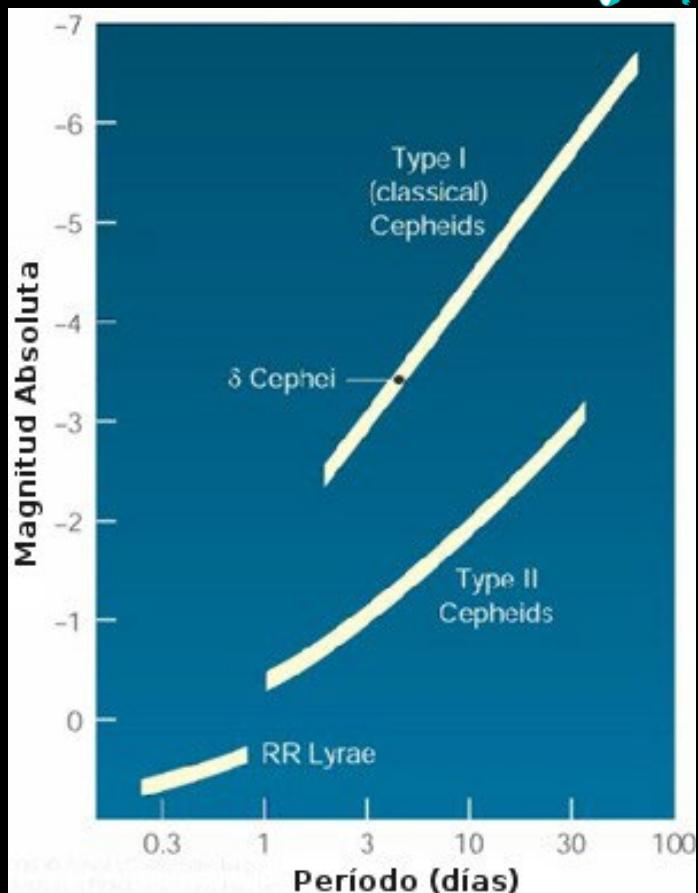
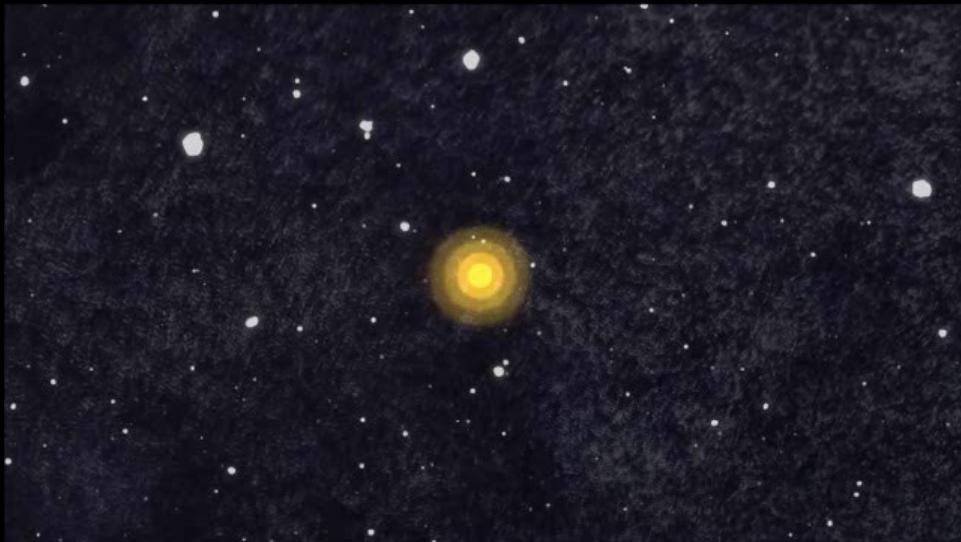
Henrietta Leavitt
1912, Harvard College Observatory

Cefeidas

Rango: 1 kpc - 30 Mpc

Estrellas variables pulsantes

Relación entre período de pulsación y brillo intrínseco (magnitud absoluta):
las Cefeidas MÁS BRILLANTES tienen PERIODOS MÁS LARGOS

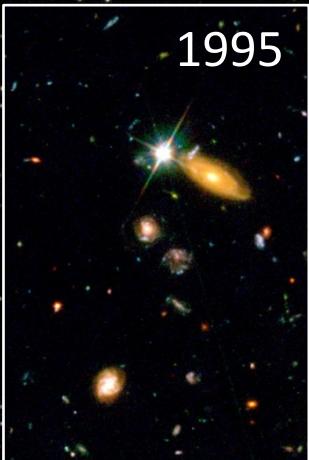


Midiendo la magnitud aparente promedio y el período, se puede calcular su distancia :

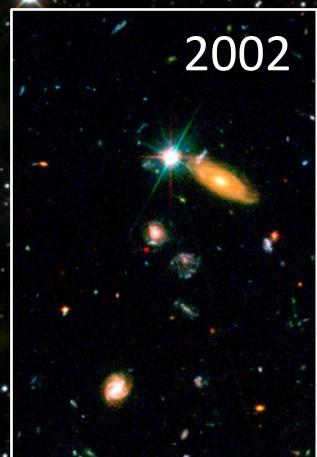
$$m - M = -5 + 5 \log_{10}(d)$$

Supernova tipo Ia

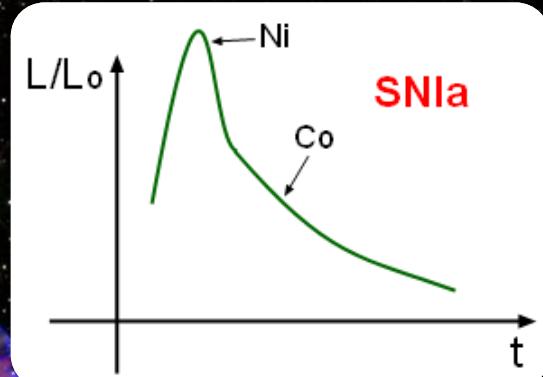
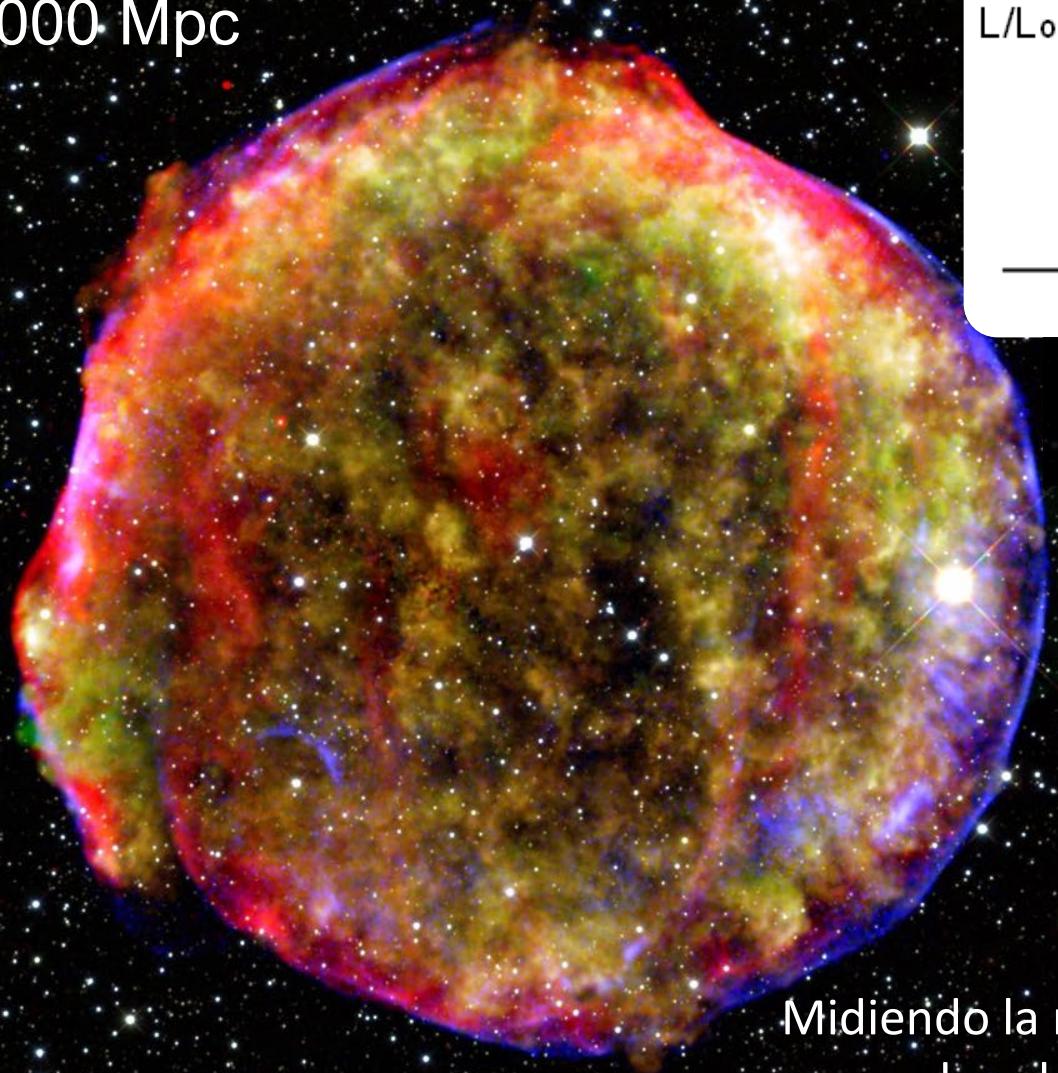
Rango: < 5.000 Mpc



1995



2002

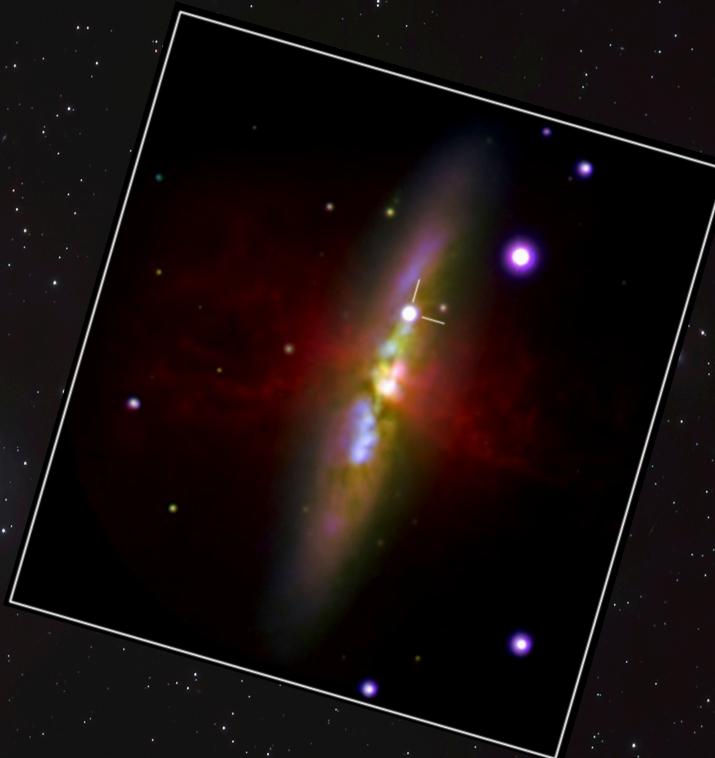


Tienen $M_V = -19.3$
en el máximo

Midiendo la magnitud aparente,
se puede calcular su distancia

Supernova tipo Ia

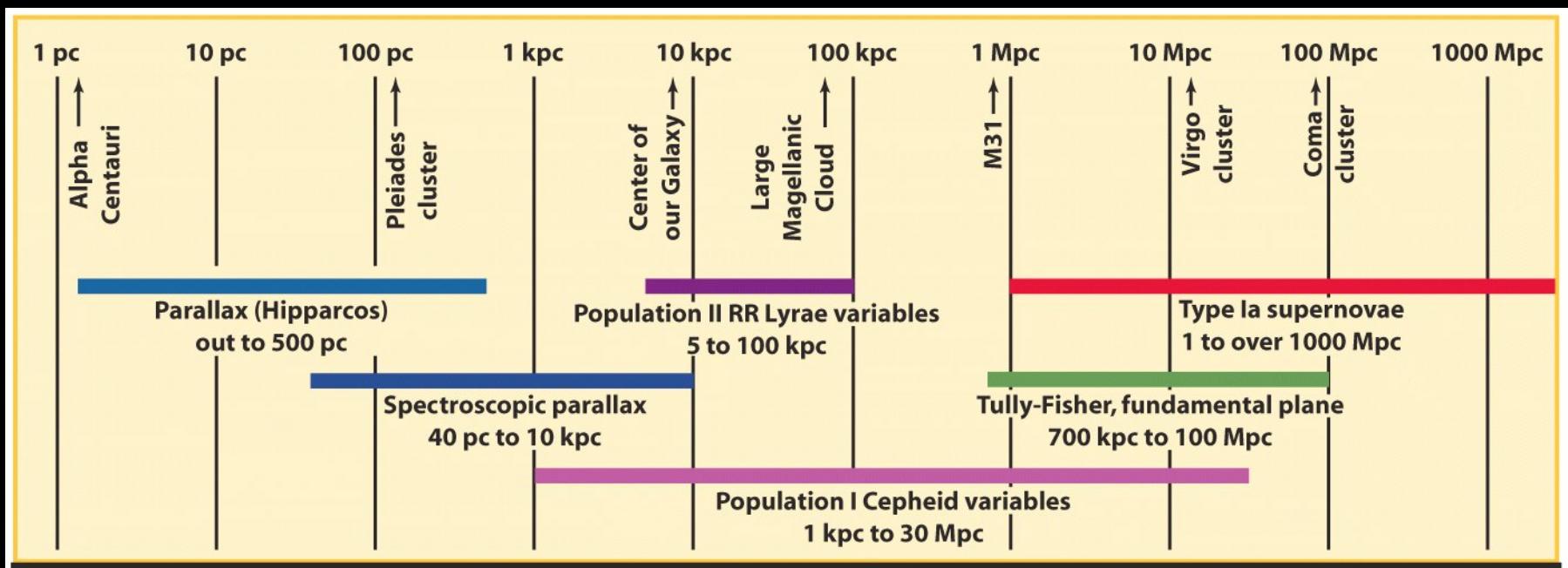
Rango: < 5.000 Mpc



Supernova en M82 (2014)

Escalera de Distancias:

Resumen



Vídeo “The known Universe”: <https://youtu.be/17jymDn0W6U>

UNIDAD 3

ACTIVIDAD:
Curva de luz de un cuásar

Galaxia = ‘universo isla’

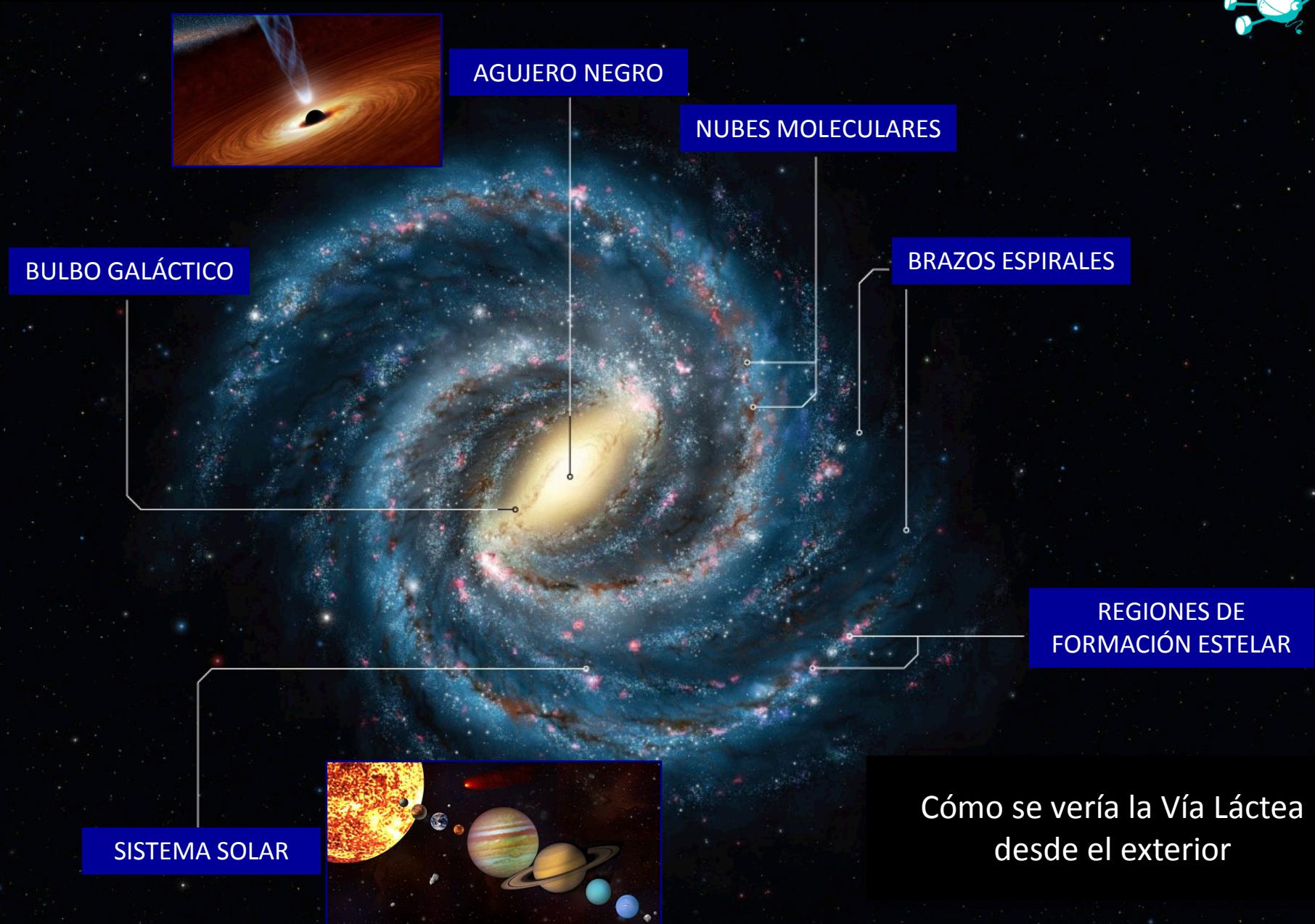


Galaxia = Estrellas + Planetas + Polvo + Gas + Materia Oscura

La Vía Láctea - 100.000.000.000 (10^{11}) estrellas

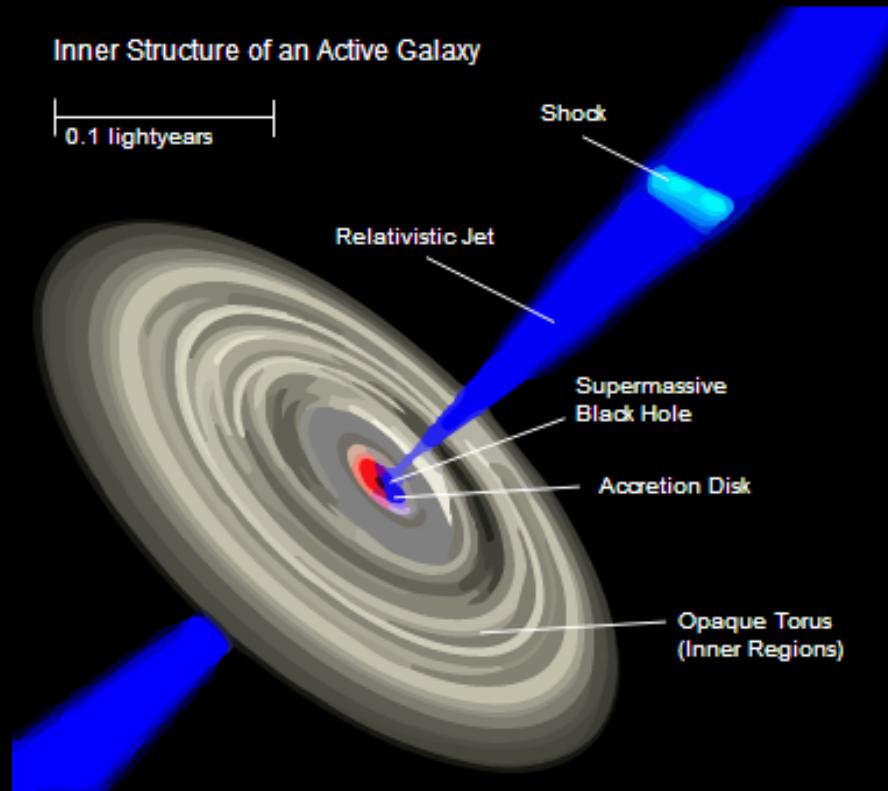


La Vía Láctea - 100.000.000.000 estrellas



Núcleo Galáctico Activo (AGN)

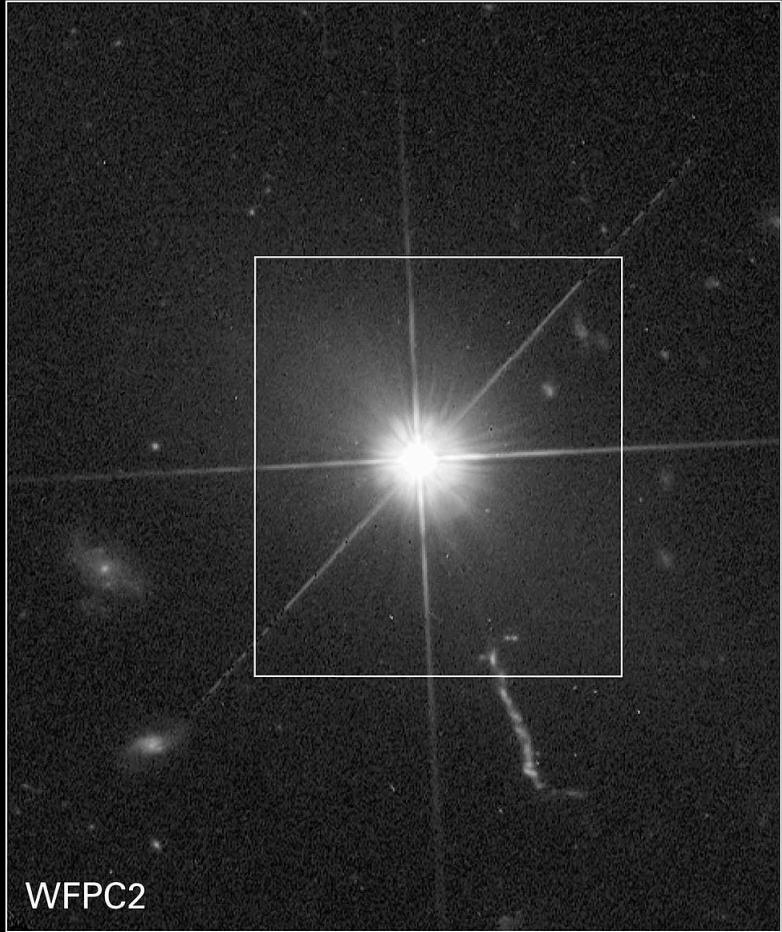
Región compacta en el centro de una galaxia que tiene una luminosidad mucho más alta que la normal para el tipo de galaxia.
El exceso de luminosidad no está producido por estrellas.



Origen de la radiación: acreción de la materia por un agujero negro supermasivo en el centro de su galaxia anfitriona.

CUÁSAR o QUASAR (*quasi-stellar object*)

Los AGN más potentes y más luminosos



WFPC2



ACS • HRC

ACTIVIDAD: CURVA DE LUZ DE UN CUÁSAR

PROCEDIMIENTO

1. Descarga e instala en tu ordenador el programa de visualización y análisis de imágenes:

PeterSoft: <https://www.iac.es/peter/software/>

2. Accede a la Actividad en la web de PETeR:

<https://www.iac.es/peter/distancias-brillos-quasares/>

- Descarga las imágenes del QUÁSAR
- Puedes ver la guía de la actividad
- Puedes descargar la hoja de cálculo

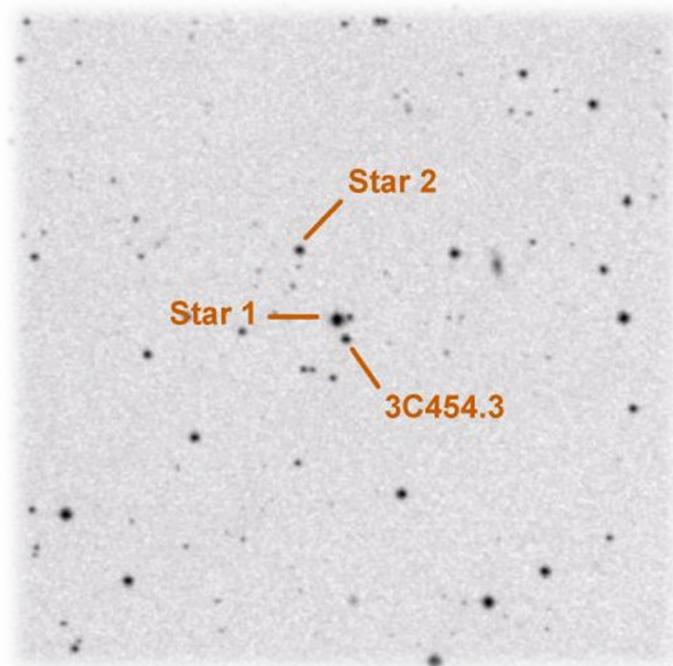
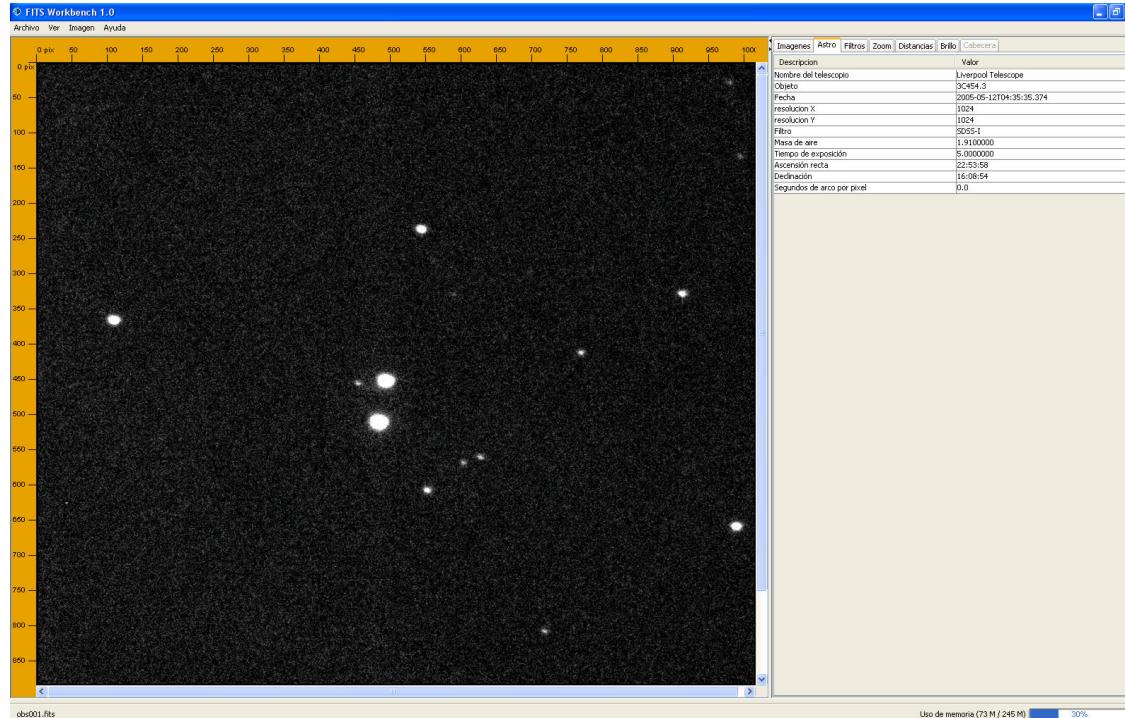
3. Ejecuta PeterSoft:

Windows: doble click en el fichero “iniciar.bat”

Linux, Mac: java -jar FITS.jar

ACTIVIDAD: CURVA DE LUZ DE UN CUÁSAR

4. Abre las imágenes
5. Encuentra el cuásar y las estrellas de comparación (usando la carta celeste)



ACTIVIDAD: CURVA DE LUZ DE UN CUÁSAR

6. Usa la pestaña BRILLO para medir el brillo del cuásar y de las estrellas en cada imagen.



The image shows two windows of the FITS Workbench 1.0 software. The left window displays a black image of a quasar with a central bright point and concentric rings. The right window shows the 'Brillo' (Brightness) analysis results for the central point.

Brillo Analysis Results:

Categoría	Datos
Centro del círculo	(199, 302)
Radio	10,11
Radio del anillo interno	20,22
Radio del anillo externo	30,34
Objeto	6,84
Total en círculo	6,92
En el anillo del cielo	3,69
Área del círculo	293

Escala numérica (Numerical Scale):

- Escala natural
- Escala logarítmica (base 10)

Calcular (Calculate) button:

Brillo Analysis Results (Second Window):

Categoría	Datos
Centro del círculo	(206, 251)
Radio	10,11
Radio del anillo interno	20,22
Radio del anillo externo	30,34
Objeto	6,84
Total en círculo	6,92
En el anillo del cielo	3,69
Área del círculo	293

Calcular (Calculate) button:

Escala numérica (Numerical Scale):

- Escala natural
- Escala logarítmica (base 10)

ACTIVIDAD: CURVA DE LUZ DE UN CUÁSAR

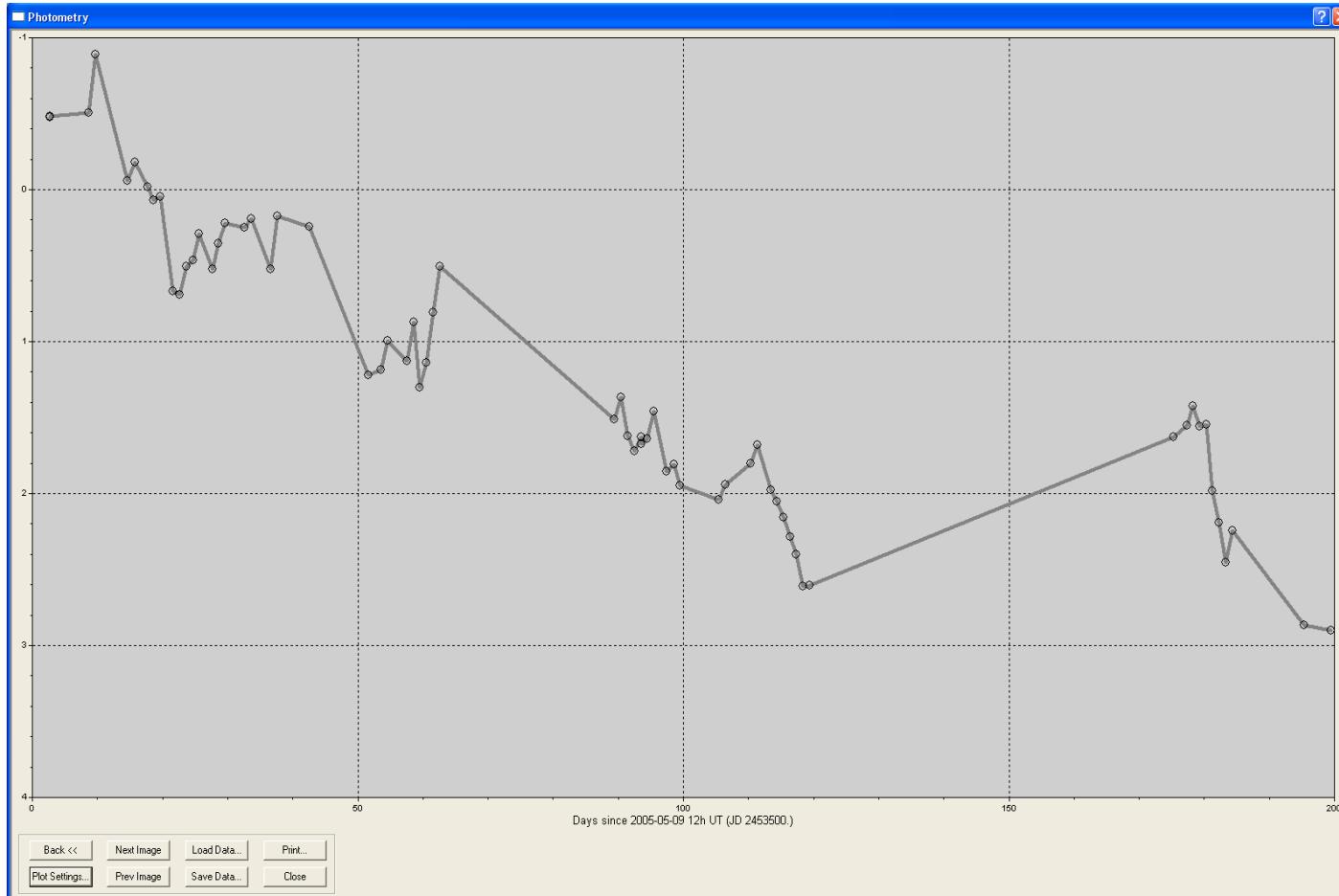
- Realiza la misma medida en todas las imágenes y obtén una tabla con los datos.

Imagen	Fecha y hora	Brillo de 3C454	Brillo estrella referencia	Brillo cuásar / Brillo estrella
Obs001				
Obs002				
Obs003				
Obs004				
Obs005				
Obs006				
Obs007				
Obs008				
Obs009				
Obs010				

RESULTADOS



Variación de brillo del cuásar a lo largo de 200 días:



Autora:

Nayra Rodríguez Eugenio (IAC), nre@iac.es

Diapositivas:

Nayra Rodríguez Eugenio (IAC)
Alfred Rosenberg (IAC)

Imágenes:

IAC

Inés Bonet (IAC)

Daniel López

Telescopio Liverpool

NASA

ESA

ESO

Wikimedia Commons

