

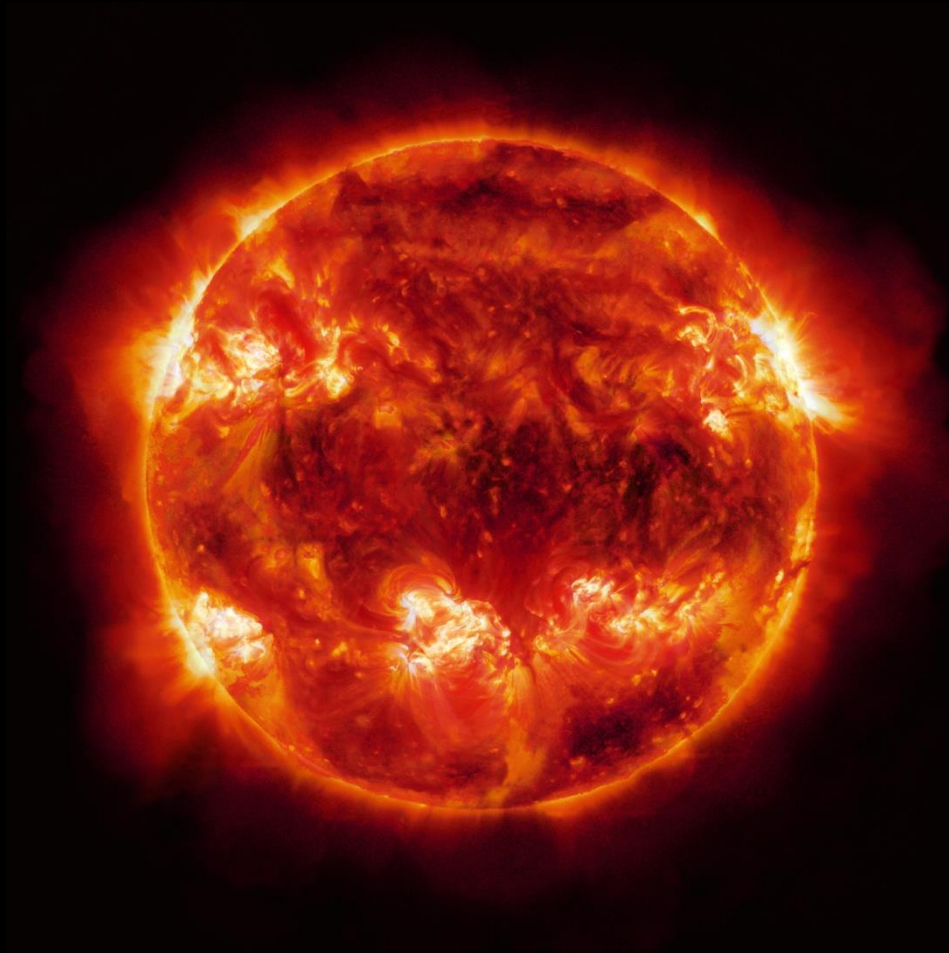
# Supernova 2014J: cálculo de la distancia a M82 y crónica de una imagen única en Colombia.

Diego Edison Umaña  
Universidad de los Andes  
Física y Astronomía

# Motivación

- Había una supernova visible en Colombia en momento...
- ¿Podré fotografiarla?
- Si obtengo imágenes, ¿qué utilidad práctica tendrán?

# La estrella mejor conocida

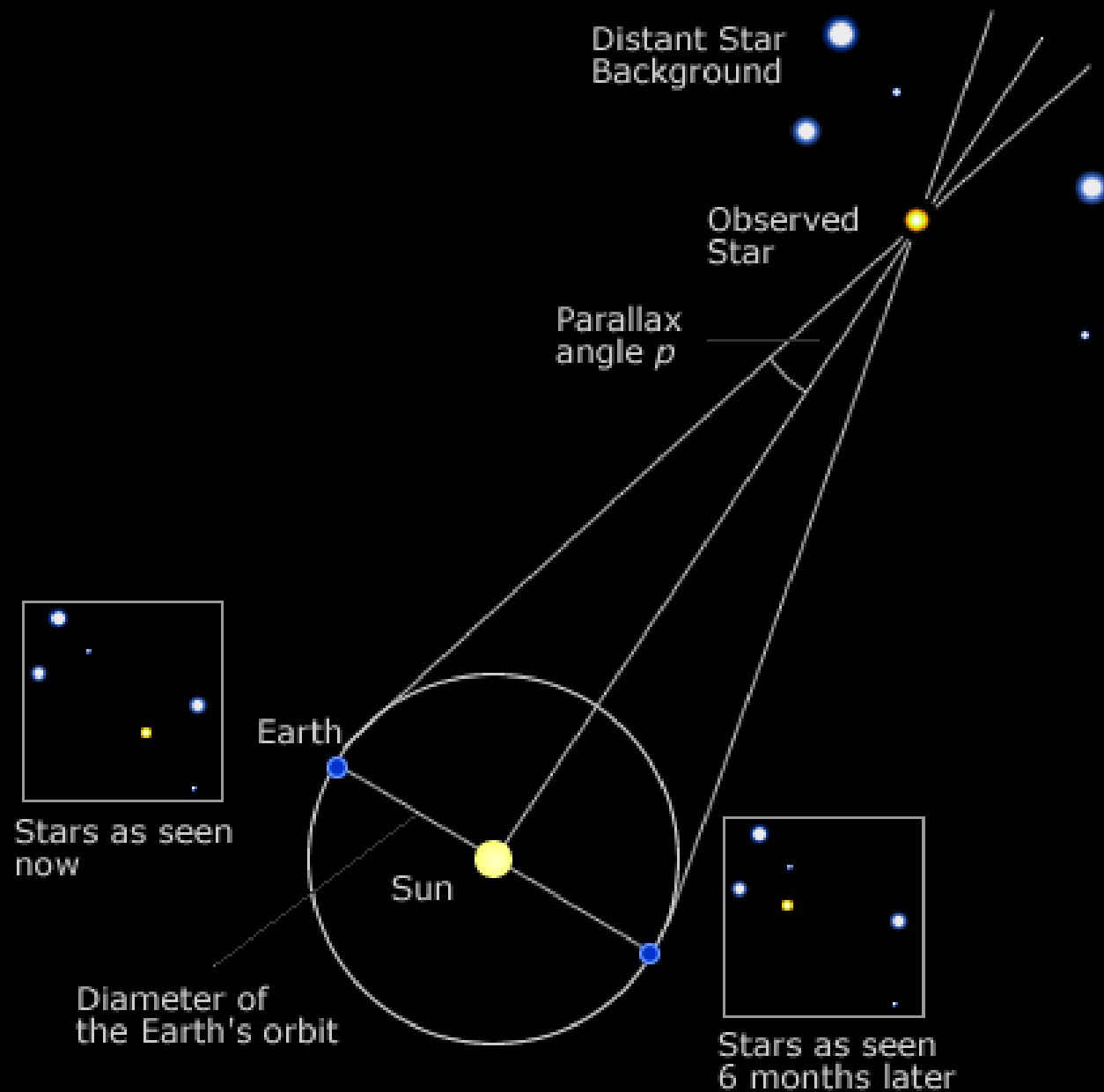


# Estándares

Relacionados con el sol:

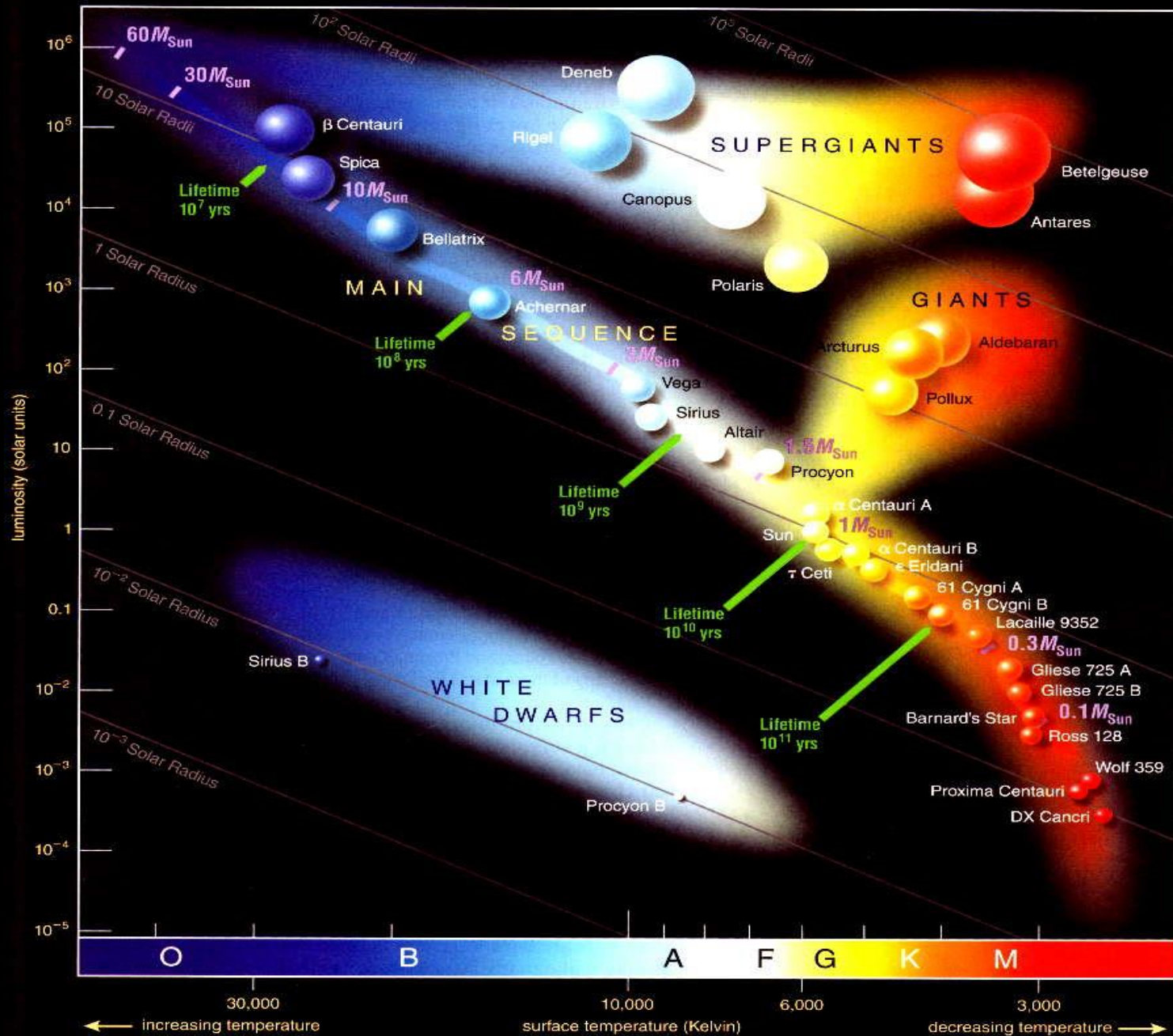
- Masa:  $1.989 \times 10^{30}$  Kg (332946 Tierras)
- Radio:  $6.96 \times 10^8$  m (696000 km o 109 Tierras)
- Luminosidad:  $3.827 \times 10^{26}$  W (Itaipú:  $98.2 \times 10^{12}$  W)
- Densidad:  $1470 \text{ Kg/m}^3$  (Agua:  $999.97 \text{ Kg/m}^3$  )
- Temperatura superficial: 5778 K (Agua hierve a 373 K)

Distancia (no relacionado con el sol): Parsecs (pc):= 3.26 a.l.



# Magnitudes

- Magnitud aparente ( $m$ ): observador en tierra.
- Hiparco: magnitudes de 0 a 6. 0 para las más luminosas; 6 para las apenas visibles a ojo desnudo. Actualmente también hay mag negativas.
- Escala logarítmica.
- Magnitud absoluta ( $M$ ): Se define como la magnitud aparente a una distancia de 10 pc.



# Supernovas

- Entre 8 y 15 (18) masas solares.
- Estrellas que evolucionan muy rápido, y agotan rápidamente su combustible (H, He)...
- Solo las supergigantes llegan a producir hierro.
- Se pierde el equilibrio hidrostático y colapsan, almacenando energía potencial.
- Al liberarse esta energía, se estima una luminosidad de  $4.72 \times 10^{36} \text{ W}$  ( $1.22 \times 10^{36} L_{\text{sol}}$ )

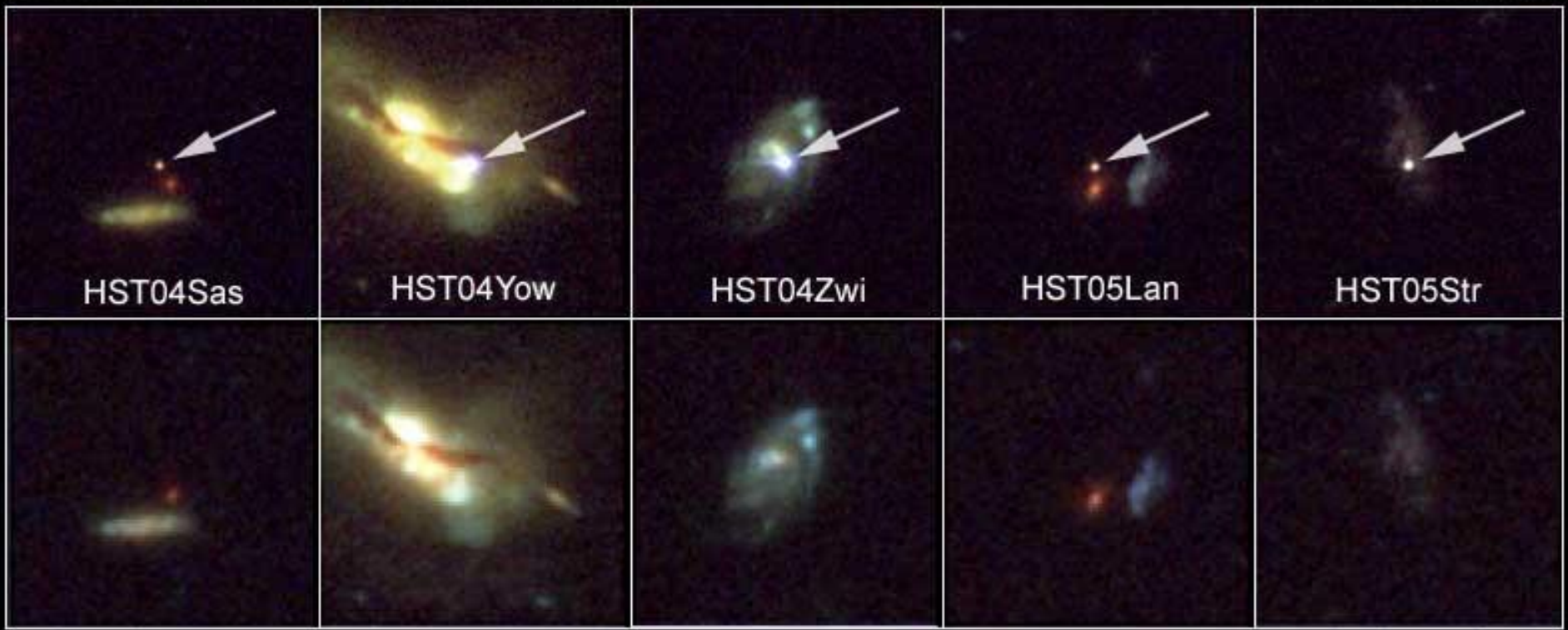



# Tipos de SN

Supernova taxonomy						
Type I No hydrogen	Type Ia		Presents a singly ionized silicon (Si II) line at 615.0 nm (nanometers), near peak light		Thermal runaway	
	Type Ib/c	Type Ib	Shows a non-ionized helium (He I) line at 587.6 nm		Core collapse	
	Weak or no silicon absorption feature		Type Ic	Weak or no helium		
Type II Shows hydrogen	Type II-P/L/N	Type II-P/L	Reaches a "plateau" in its light curve			
	Type II spectrum throughout	No narrow lines	Type II-L	Displays a "linear" decrease in its light curve (linear in magnitude versus time). <sup>[44]</sup>		
		Type IIn	Some narrow lines			
	Type IIb		Spectrum changes to become like Type Ib			

Host Galaxies of Distant Supernovae

HST ■ ACS/WFC



A photograph of a galaxy, likely a spiral galaxy, viewed at an angle. The galaxy's core is a bright, concentrated point of light. The spiral arms are visible, showing a mix of blue and reddish-pink hues, possibly indicating star formation or dust. The background is a dark, deep blue space. In the bottom left corner, there is a bright, out-of-focus star with a four-pointed diffraction pattern.

¿Dónde está  
la supernova?



NGC4526  
(16,9Mpc)

SN 1994D



# Remanentes

Depende del tipo de supernova y la masa inicial de la estrella.

“Core collapse”(Tipos I b/c, II n/P/b,):

- Estrella de neutrones.
- Agujero negro.

SN Termonuclear (Tipo Ia):

- Nada

# Estrellas de neutrones, en datos

- Densidad:  $5 \times 10^{17} \text{ Kg/m}^3$  (núcleo atómico:  $2.3 \times 10^{17} \text{ Kg/m}^3$  o  $3 \times 10^{14} \rho_{\text{sol}}$ )
- Masa: 1.44 a 3.23  $M_{\text{sol}}$
- Temperatura:  $100 T_{\text{sol}}$
- Tamaño: ???

i12 a 13 km!





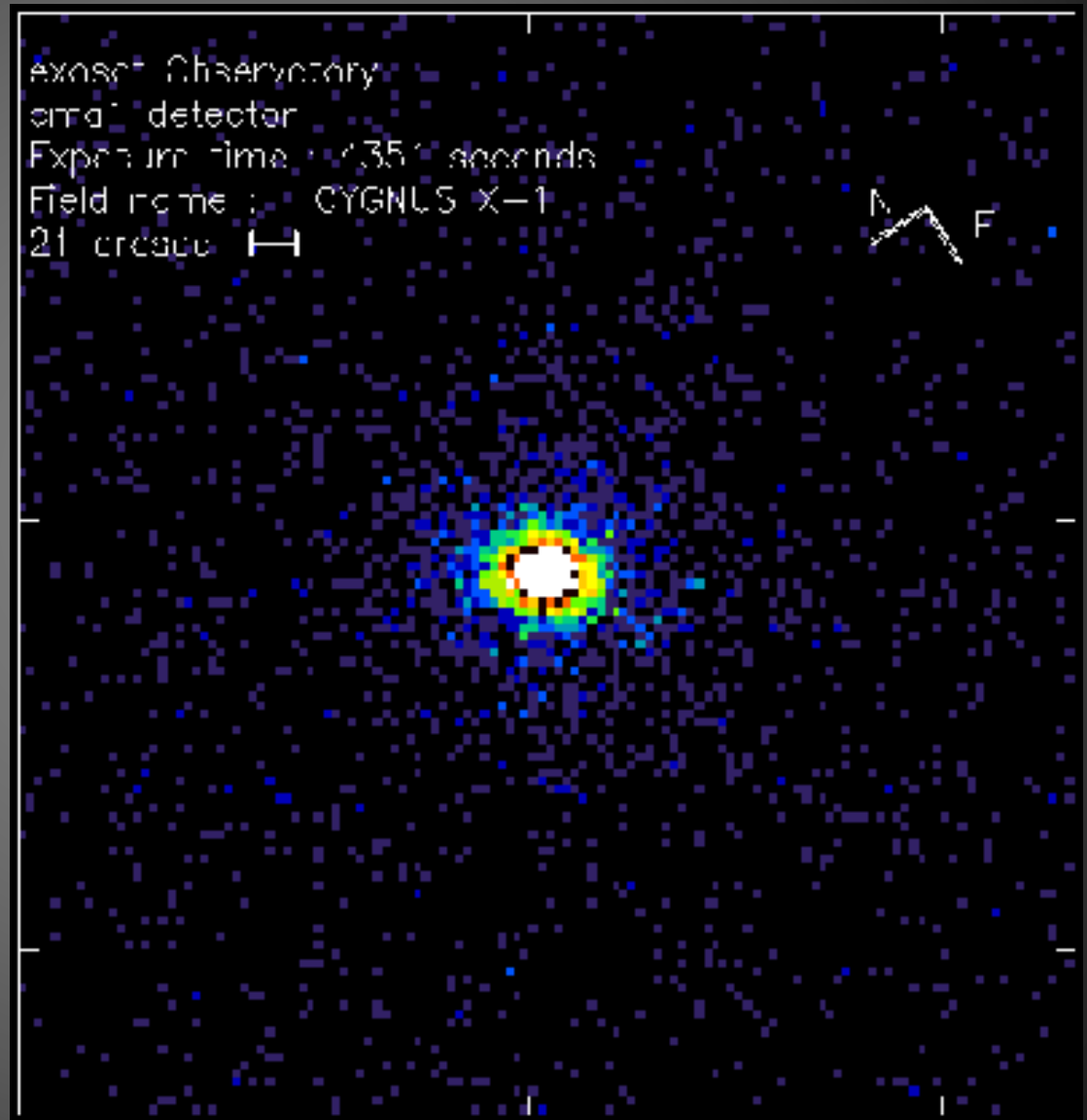
# Concepto artístico





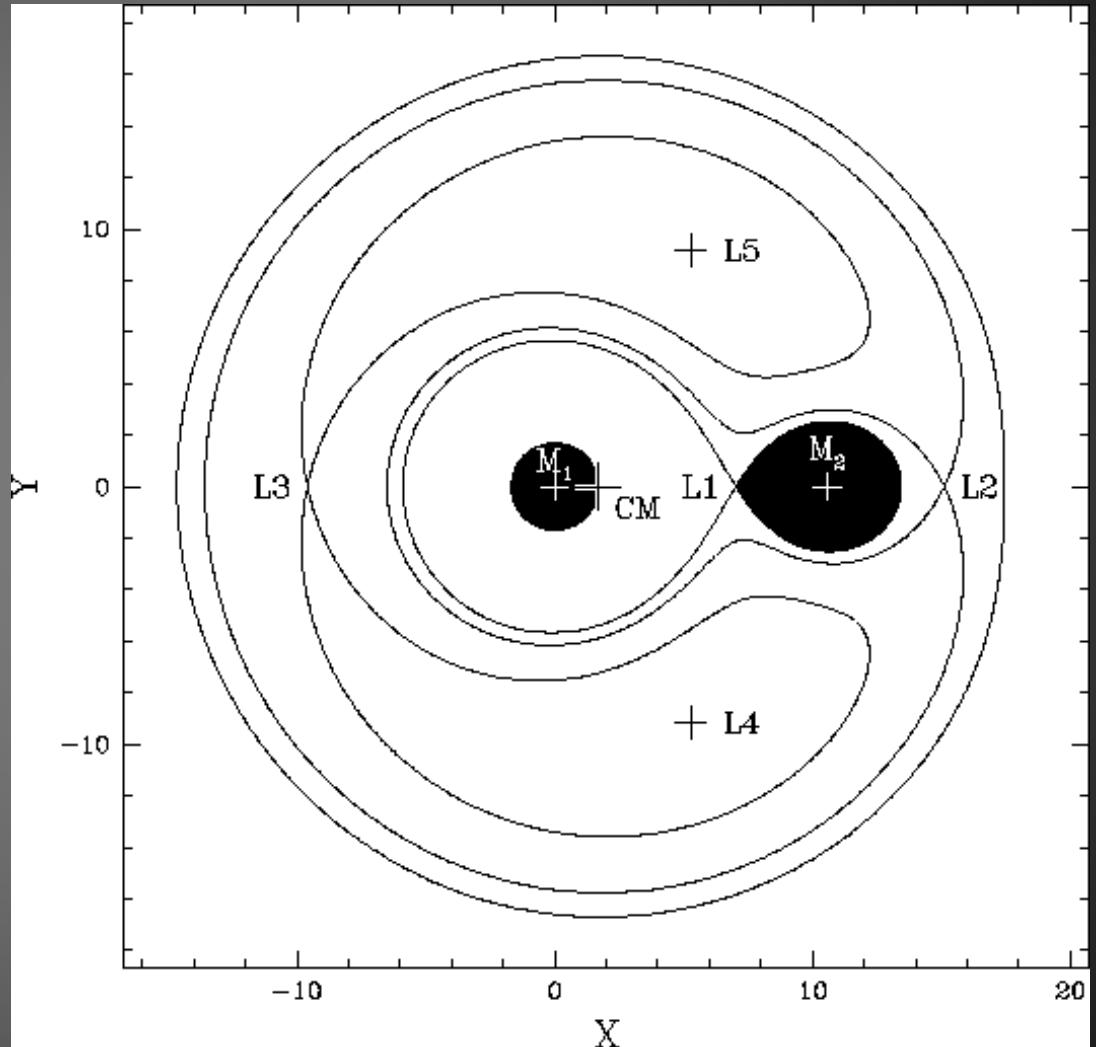
# Agujero negro

- Densidad:  
 $2 \times 10^{30} \text{ Kg/m}^3$
- Masa:  $> 4 M_{\text{sol}}$
- Tamaño: ???
- Luminosidad:  
???
- Temperatura:  
???

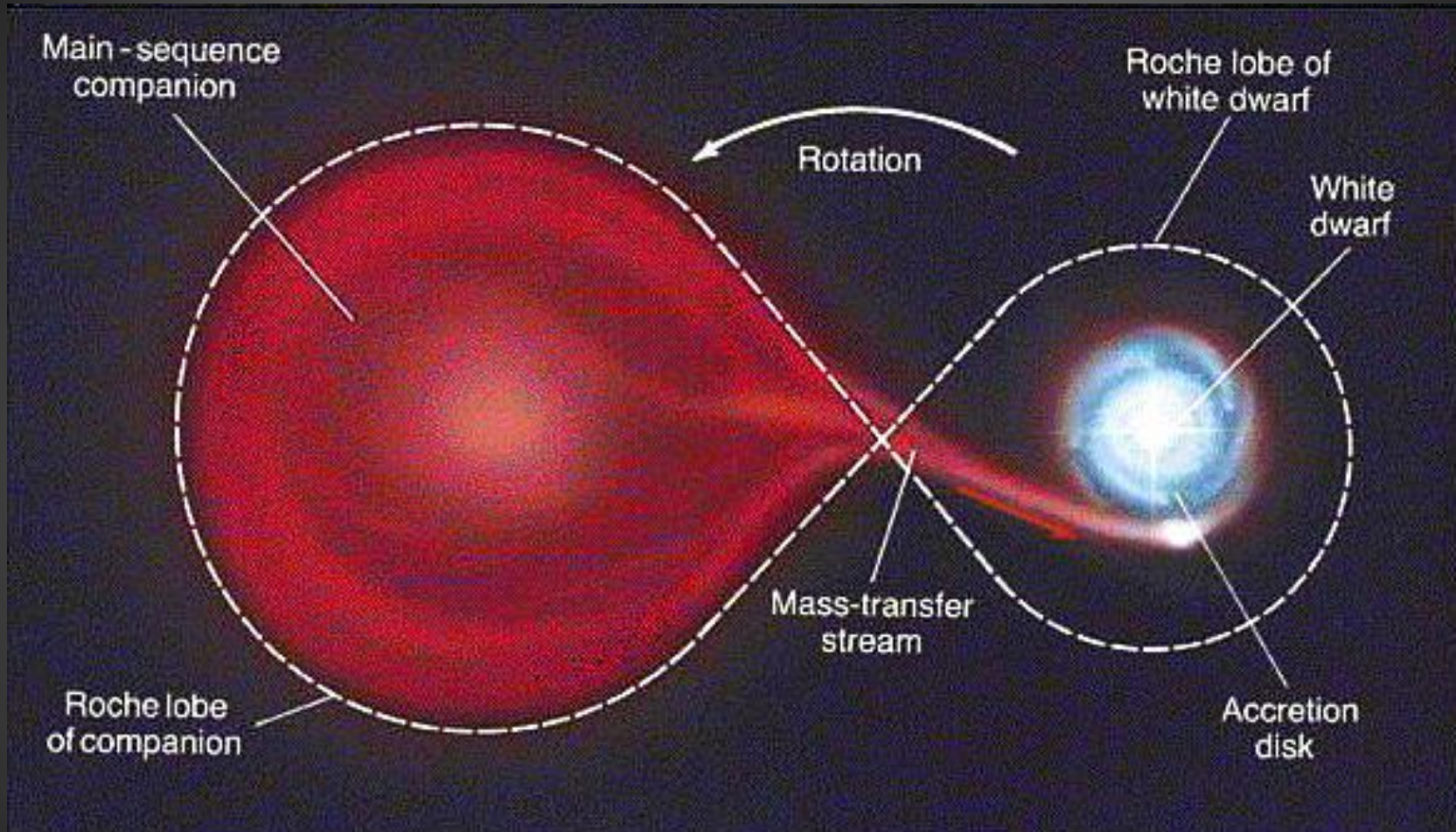


# Estrellas binarias

- Independientes.
- Semi-independientes.
- De contacto.



# Supernova Ia



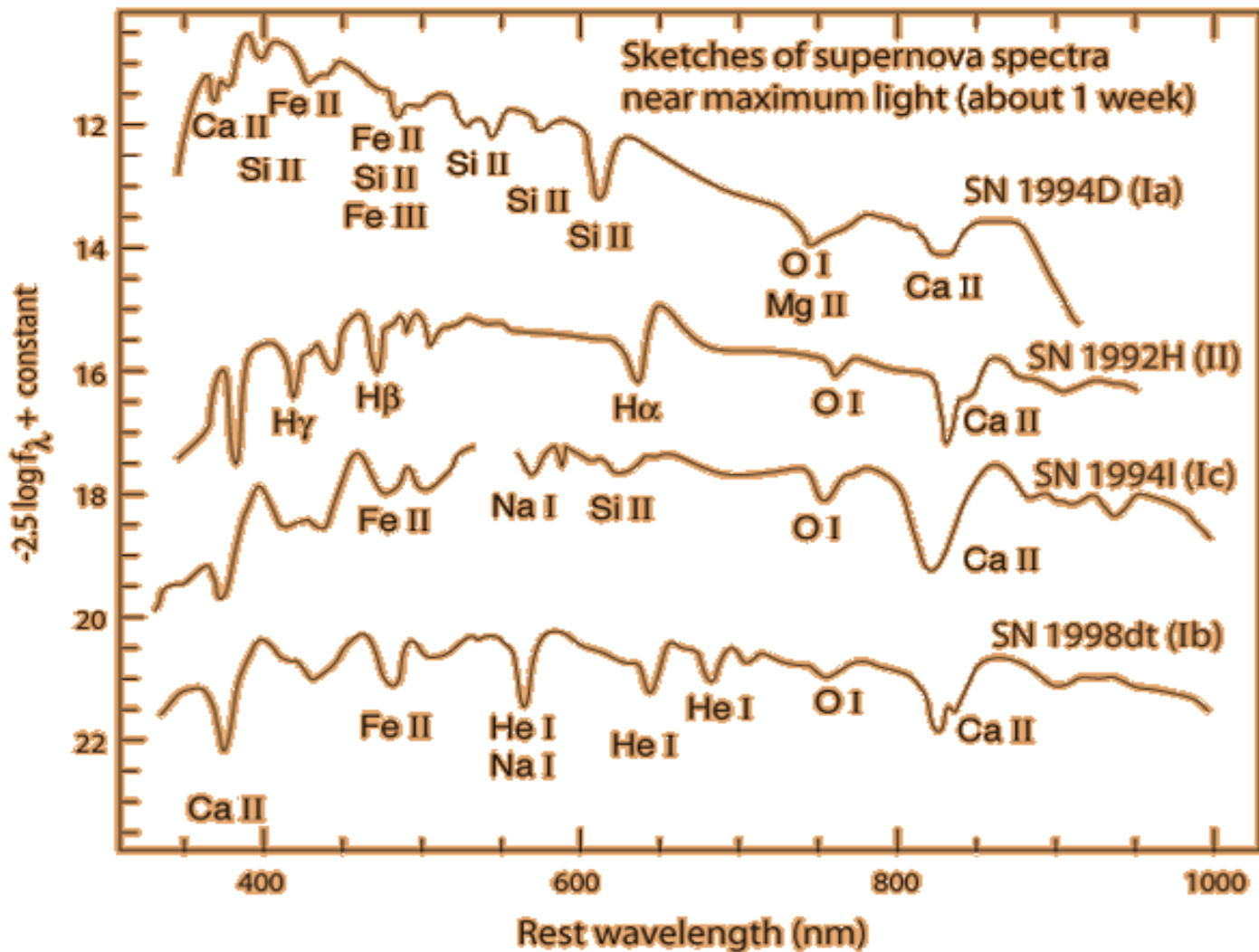
## Estrella 1

1.  $2 \text{ Msol} \rightarrow 0.6 \text{ Msol}$
2.  $0.6 \text{ Msol} \rightarrow 1.44 \text{ Msol}$

## Estrella 2

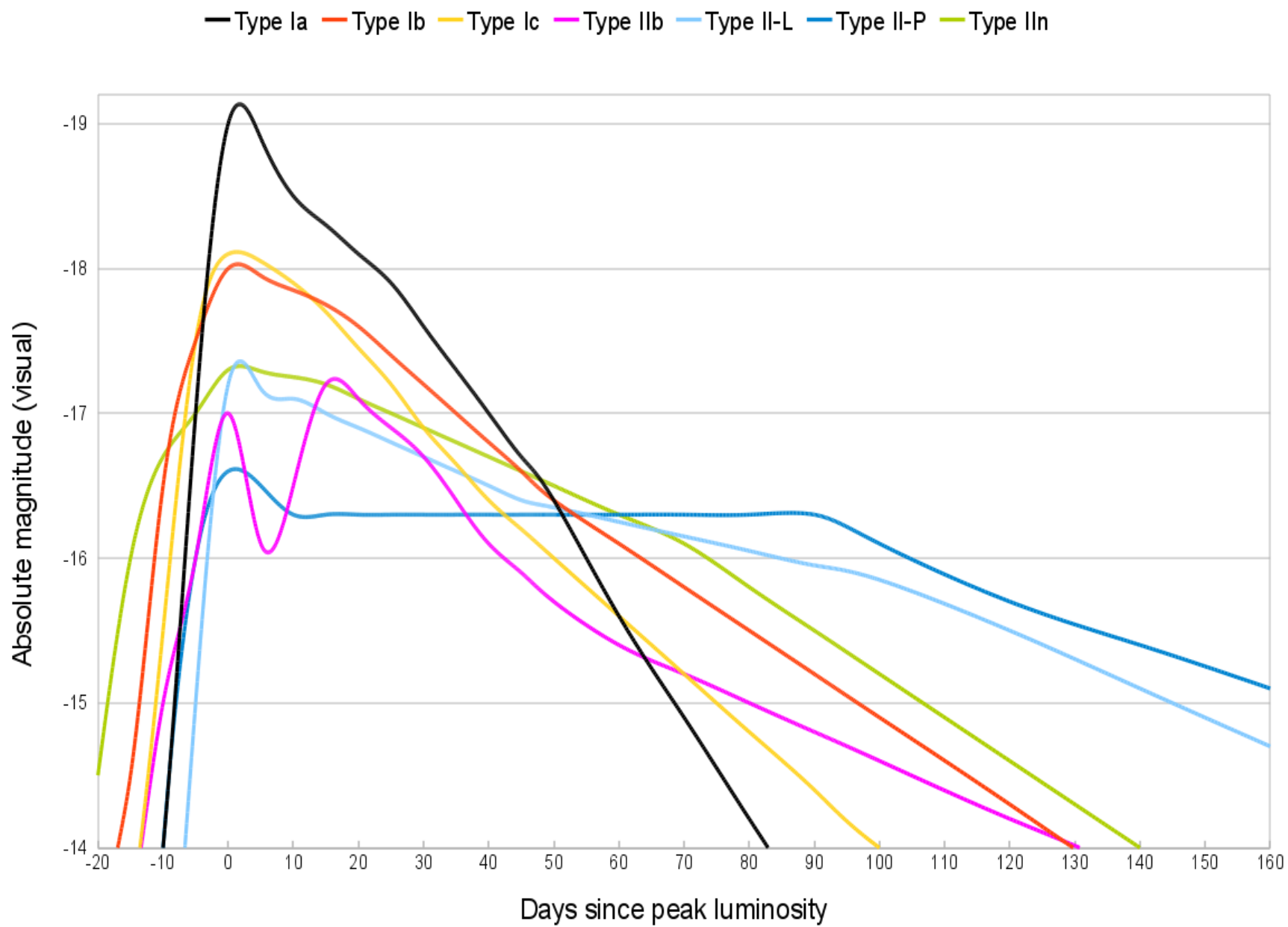
1.  $1 \text{ Msol} \rightarrow 2.4 \text{ Msol}$
2.  $2.4 \text{ Msol} \rightarrow 1.6 \text{ Msol}$

# ¿Cómo las identificamos?



Sketches of spectra from Carroll & Ostlie, data attributed to Thomas Matheson of National Optical Astronomy Observatory.





# Importancia

- Su magnitud absoluta es prácticamente igual para todas (aprox. -19,3 mag).
- Distancias astronómicas (1 Gpc).
- Escalera de distancias: variables (menos distancia), TRGB (distancias mayores), SN Ia (distancias cosmológicas).
- Permiten estimar parámetros cosmológicos.
- Esto último dio un Nobel de Física en 2011.



The Nobel Prize in Physics 2011

Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt, Adam G. Riess

*Share this:*

# The Nobel Prize in Physics 2011



Photo: U. Montan  
**Saul Perlmutter**

Prize share: 1/2



Photo: U. Montan  
**Brian P. Schmidt**

Prize share: 1/4

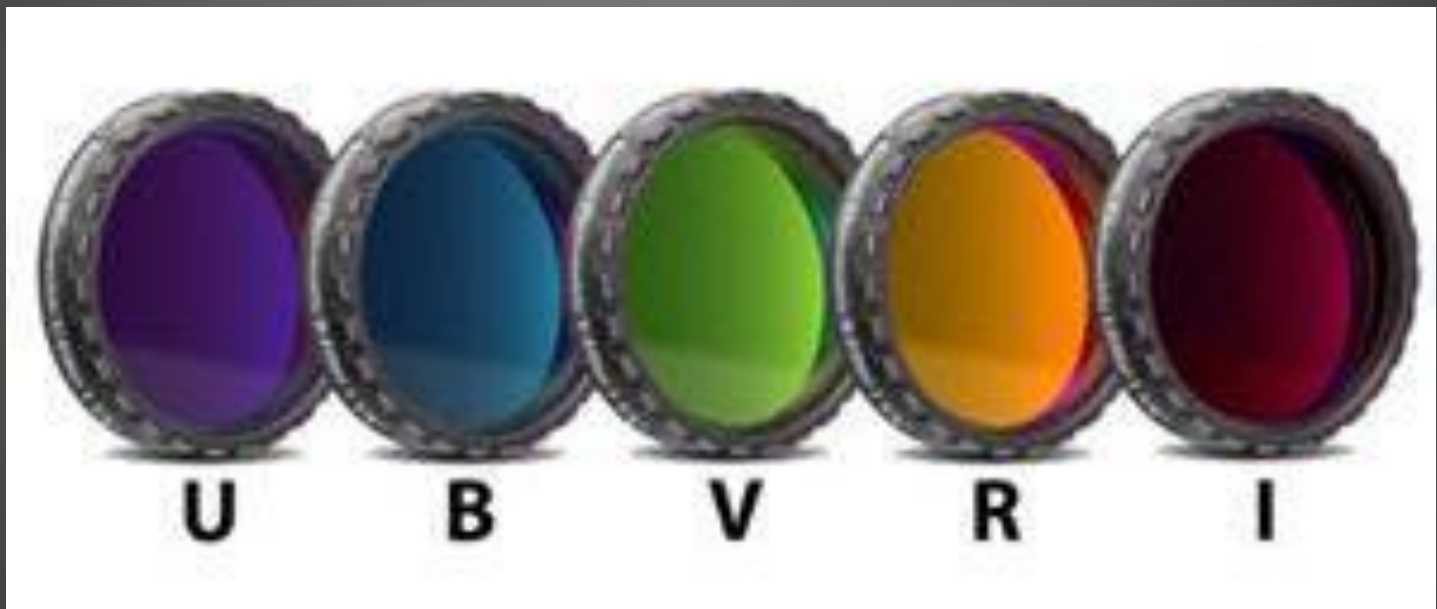


Photo: U. Montan  
**Adam G. Riess**

Prize share: 1/4

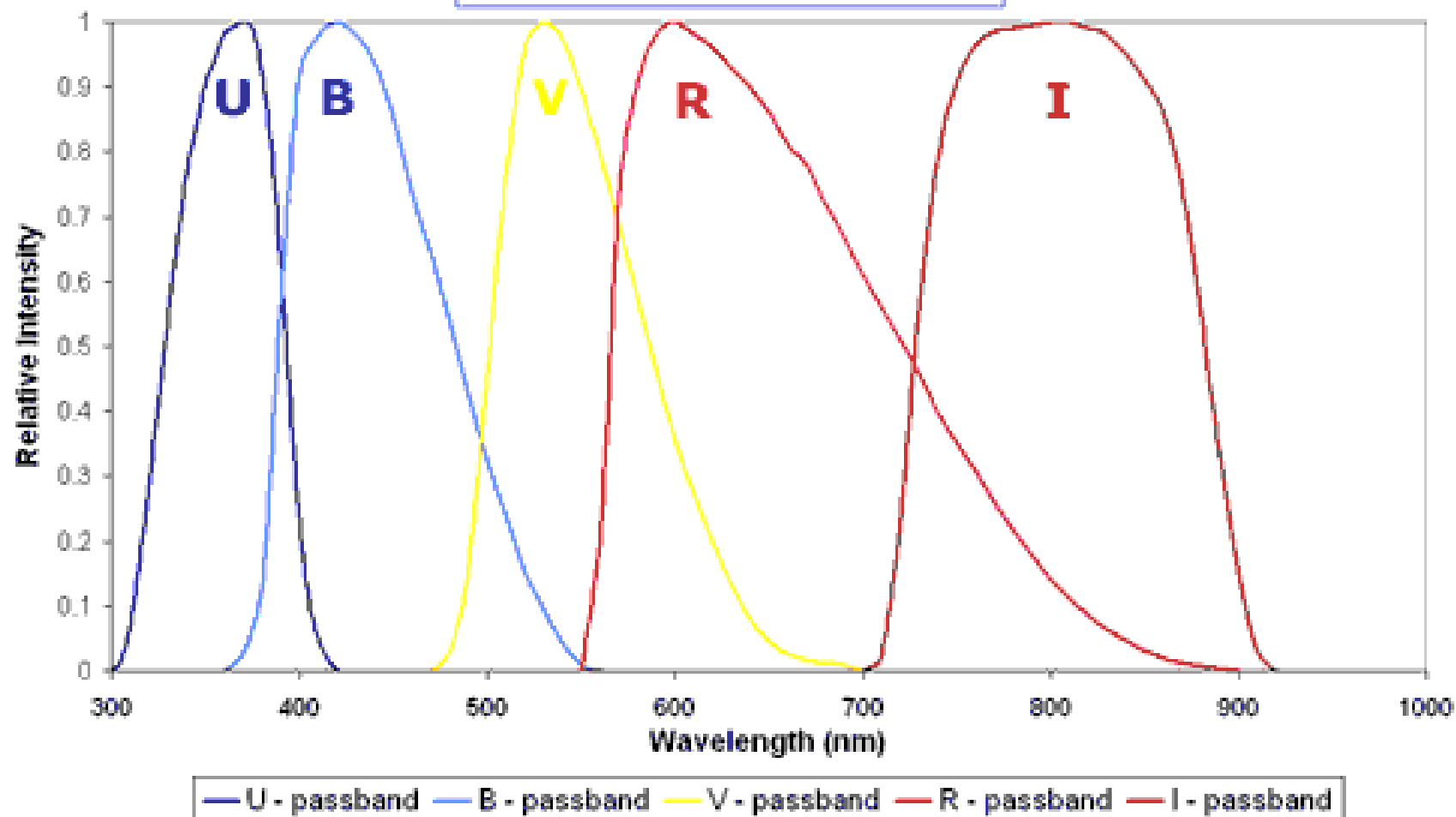
The Nobel Prize in Physics 2011 was divided, one half awarded to Saul Perlmutter, the other half jointly to Brian P. Schmidt and Adam G. Riess *"for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae".*

# Filtros Johnson





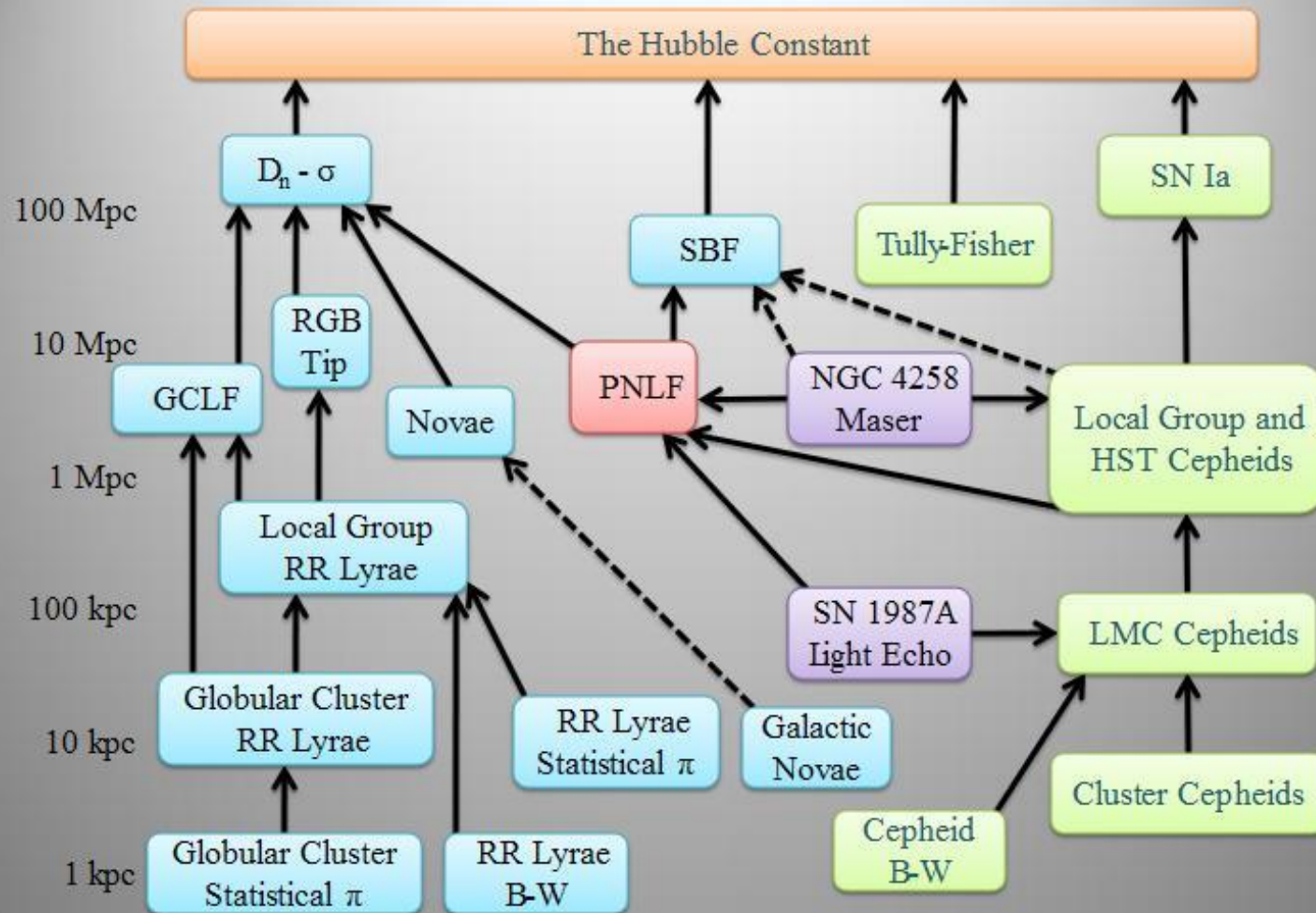
## UBVRI Photometry Passbands



# Algunos métodos para determinar distancias astronómicas

# Escalera de distancias

## Extragalactic Distance Ladder

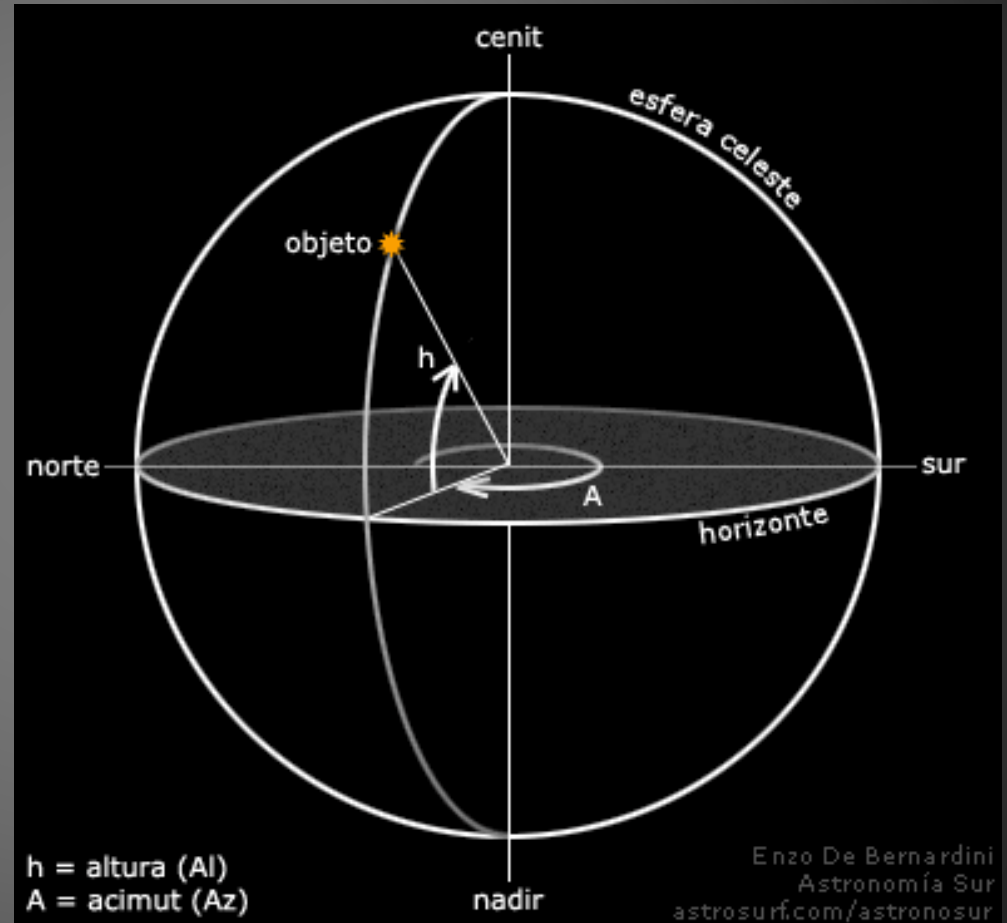


# Módulo de distancia

- $\mu = m_v - M_v = 5\log(d) - 5 + A_v + X$
- $d = 10^{((\mu+5- A_v)/5)}$
- $d$  en pc!
- $A_v$  es la extinción (en V), un parámetro que da cuenta de la presencia del medio interestelar.
- $X$  es la extinción por masa de aire.

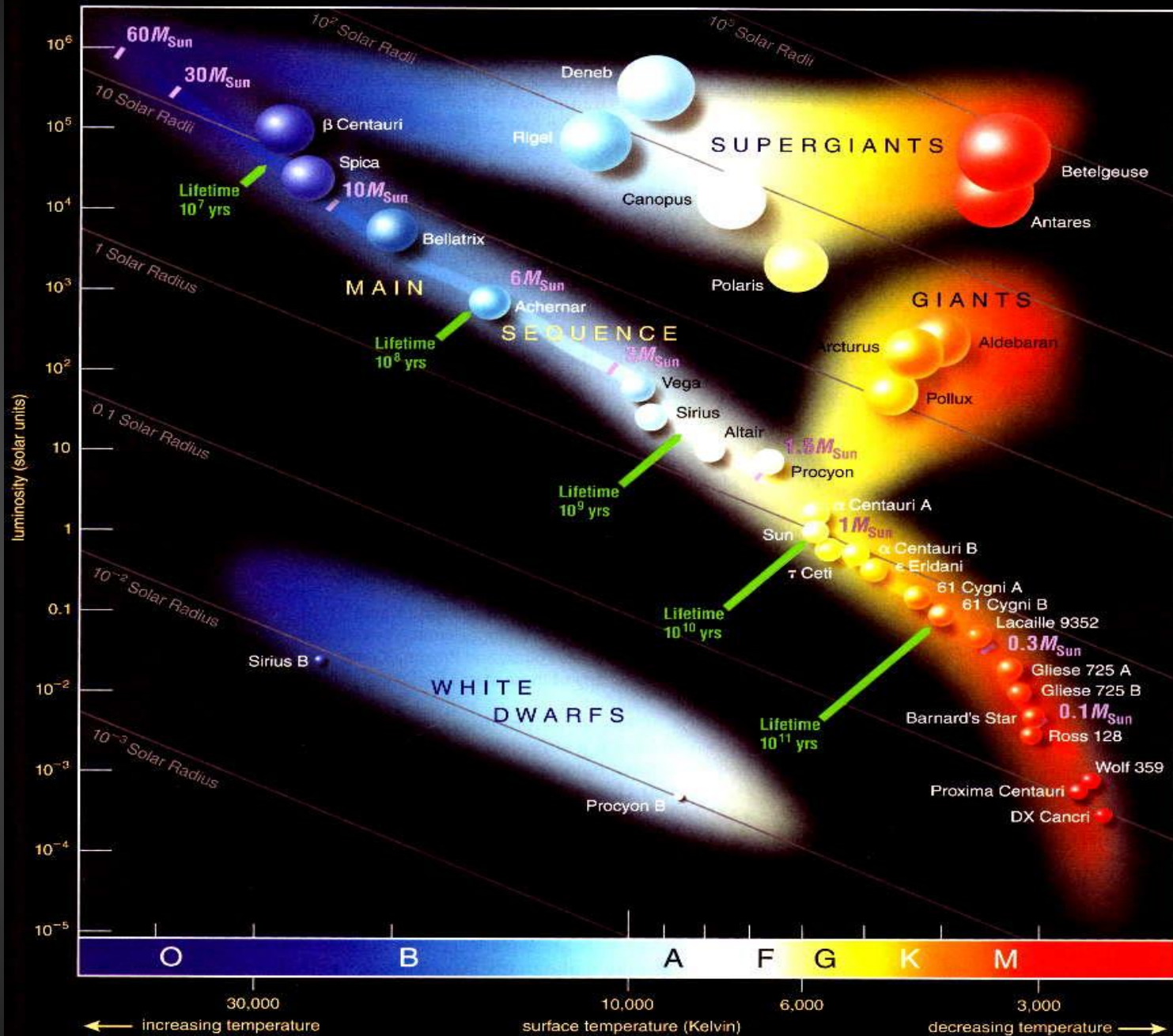
# Masa de aire

- Aumenta conforme nos acercamos al horizonte.
- $X = \sec(z)$
- $z = 90^\circ - h$



# Variables Cefeidas

- Son estrellas en transición de gigantes a supergigantes rojas.
- Su inestabilidad causa variaciones de luminosidad.
- Rango de 25 – 30 Mpc
- Incertidumbres entre 5% y 15%
- La relación entre el periodo de la variación y su luminosidad fue descubierta por Henrietta Leavitt en 1908.





# Cálculo con C Var

- Relación sencilla que permite calcular distancias astronómicas.

- Depende del tipo de Cefeida:

Tipo I (ricas en metales o jóvenes):

- $5\log_{10}(d) = V + (3.34)\log_{10}(P) - (2.45)(V-I) + 7.52$

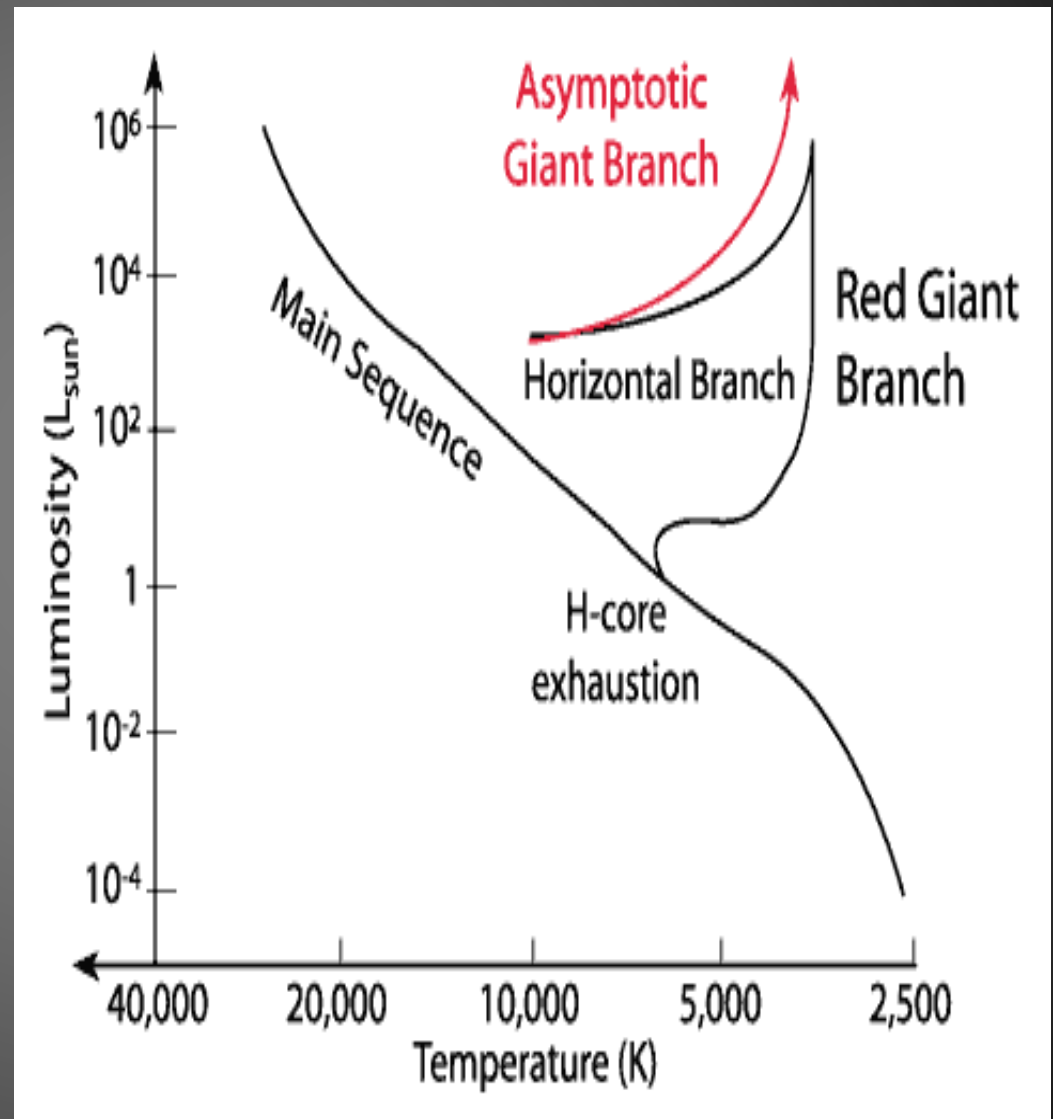
Tipo II (pobres en metales o primigenias) :

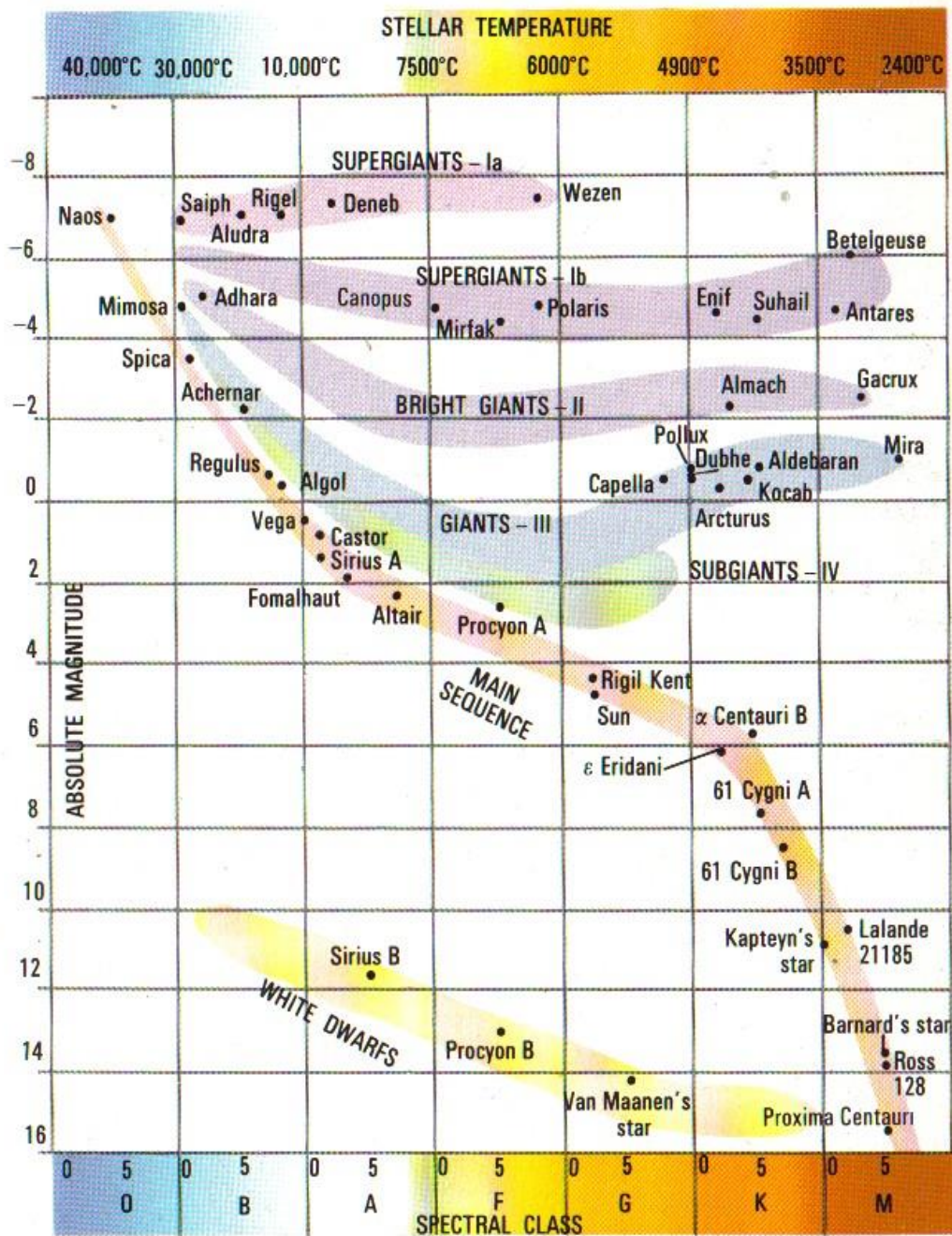
- $5\log_{10}(d) = V + (3.37) \log_{10}(P) - (2.55)(V-I) + 7.48$



# TRGB

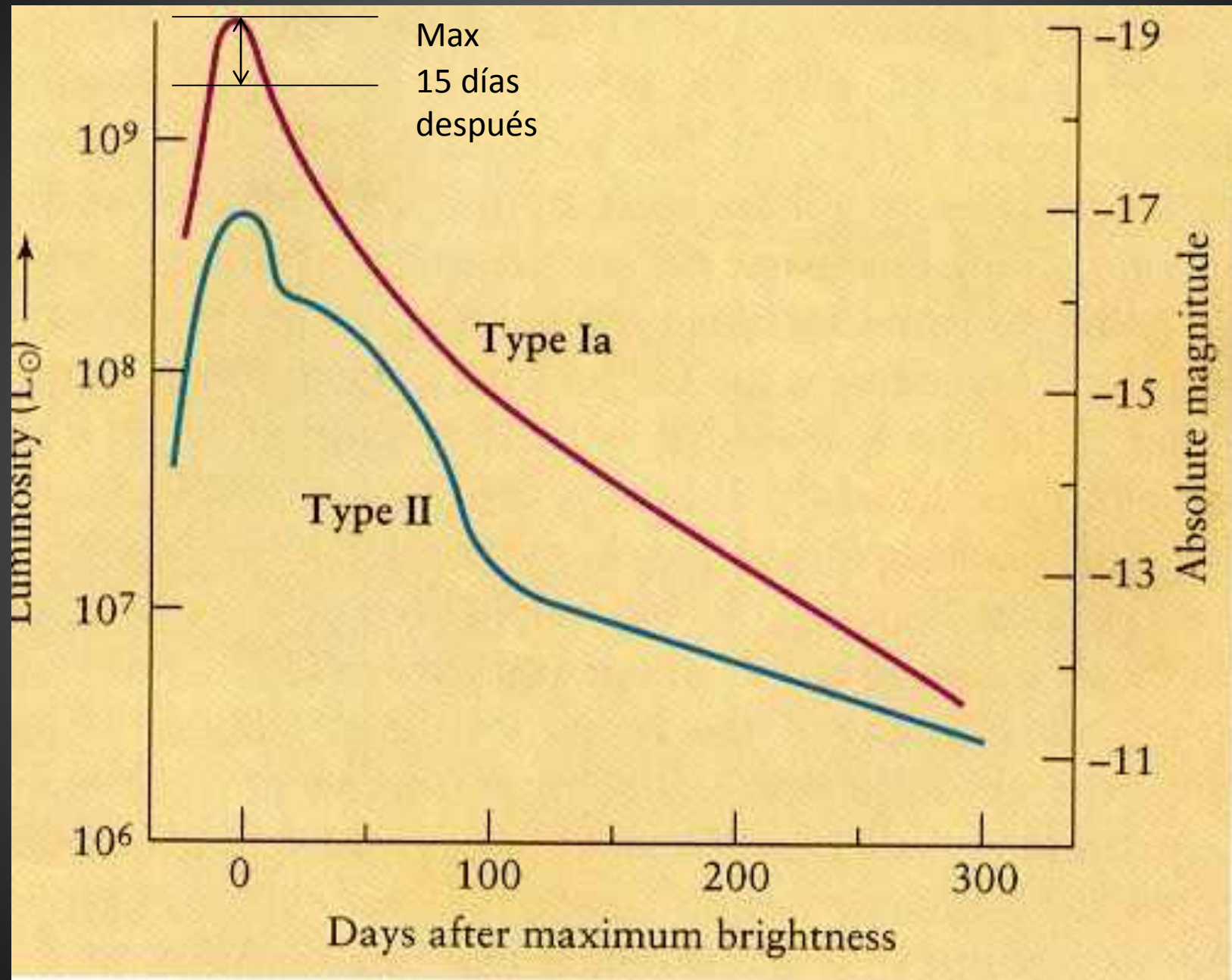
- La luminosidad de las RG depende de la metalicidad.
- La metalicidad depende de la edad (PII).
- Con lo anterior, dicha luminosidad sirve como indicador de distancia.
- Aproximadamente en el rango de las cefeidas (50 Mpc)
- Es un método muy preciso (6%)





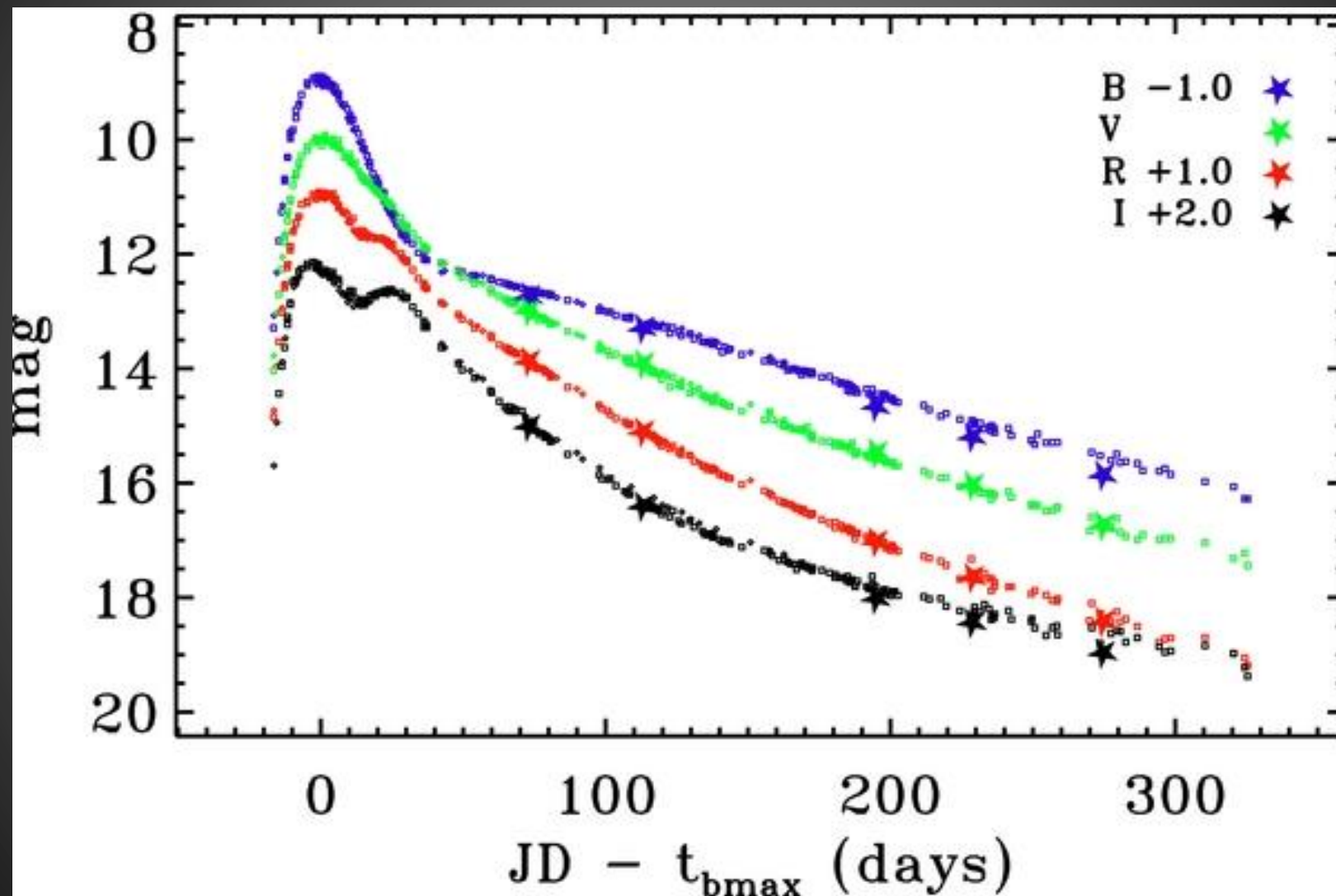
# Distancias con SN Ia: $\Delta m_{15}$

- Mark Phillips encontró una relación entre la velocidad con que se desvanece una SN y su máximo de brillo en 1993.
- $m_p - m_{15} = \Delta m_{15}$
- $M_{\max}(B) = -21.726 + 2.698\Delta m_{15}$
- $\mu = m_{\max} - M_{\max} = 5\log(d) - 5 + A_v$
- $d = 10^{((\mu+5 - A_v)/5)}$
- Rango: ¡1Gpc!

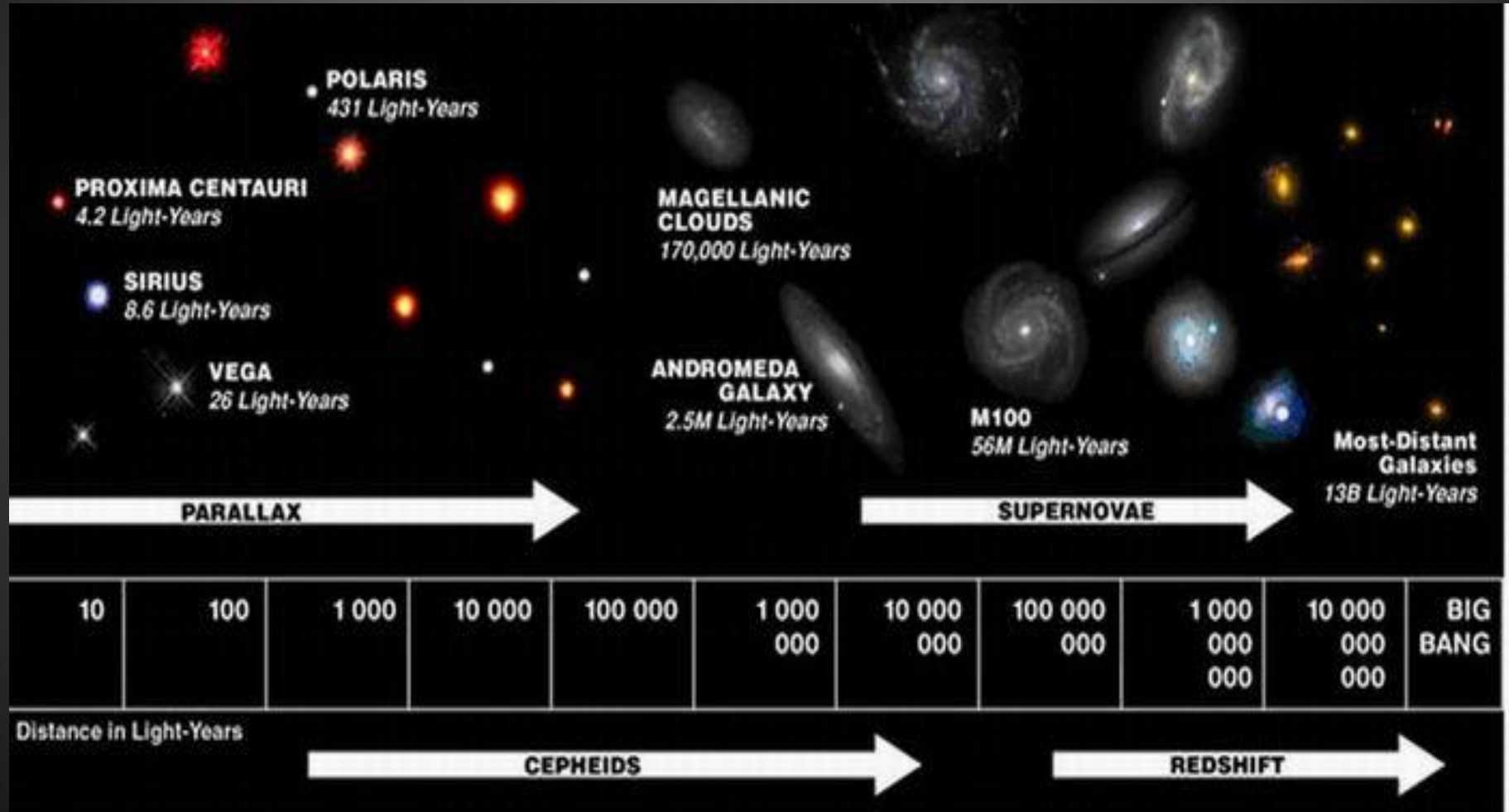




# Curvas de luz de una SN Ia

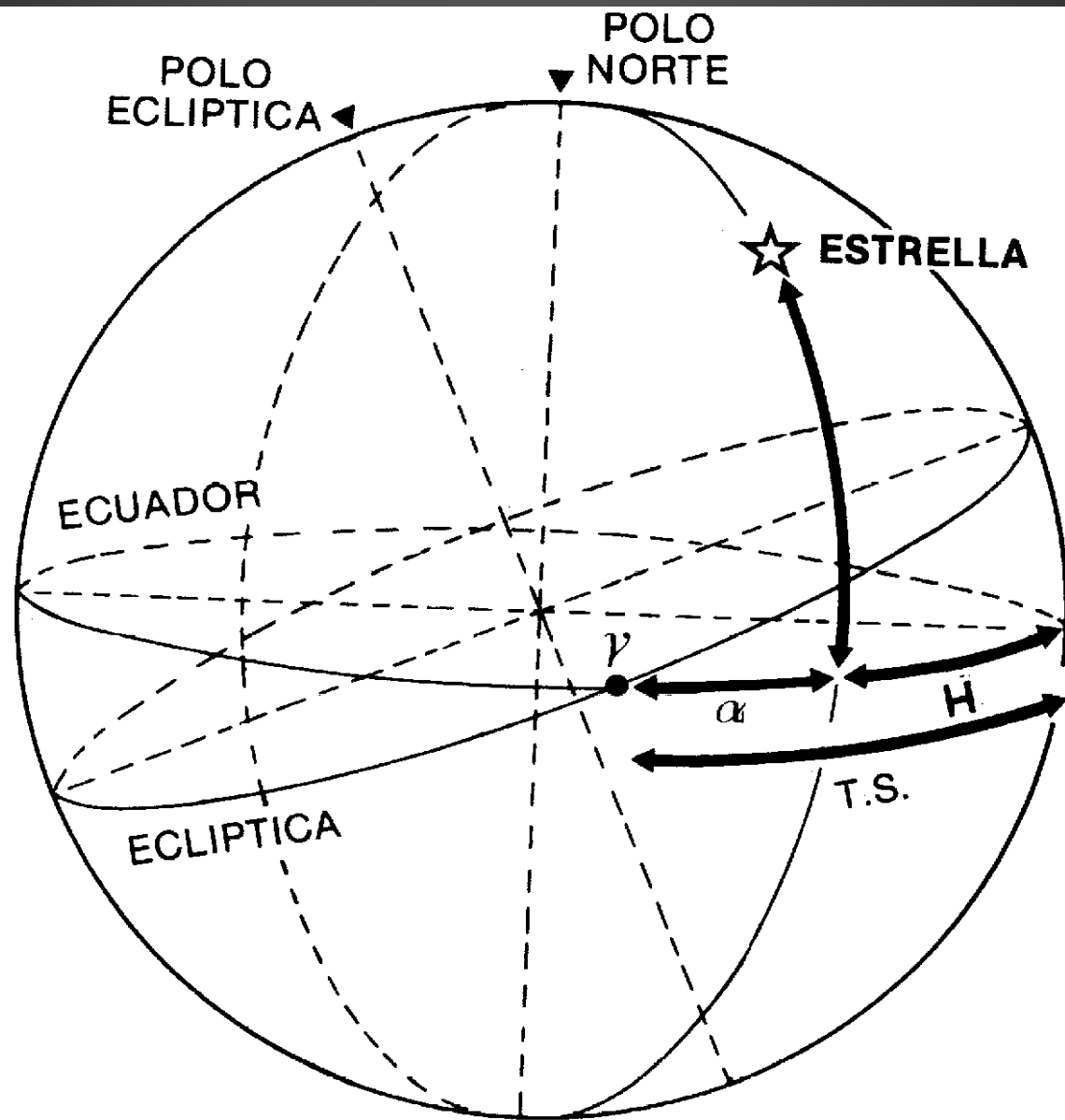


# Cosmic Distance Ladder



# Coordenadas ecuatoriales

- Ascensión recta ( $\alpha$ ): ángulo con respecto al punto vernal. Horas, minutos y segundos.
- Declinación ( $\delta$ ): ángulo con respecto al ecuador celeste. Grados, minutos y segundos.





M82



# M82 en datos

- $\alpha = 9^{\text{h}} 55^{\text{m}} 57.2^{\text{s}}$
- $\delta = +69^{\circ} 40' 46''$
- Osa Mayor
- Galaxia irregular, activa
- Visible particularmente en rayos X
- 9.3 mag (aparente)
- Velocidad: 203 km/s
- Distancia: 3.5 Mpc
- $A_V = 0,426$  (Shlafly et. al.)
- $A_B = 0,569$  (Shlafly et. al.)

# ¿Dónde encontrarla?

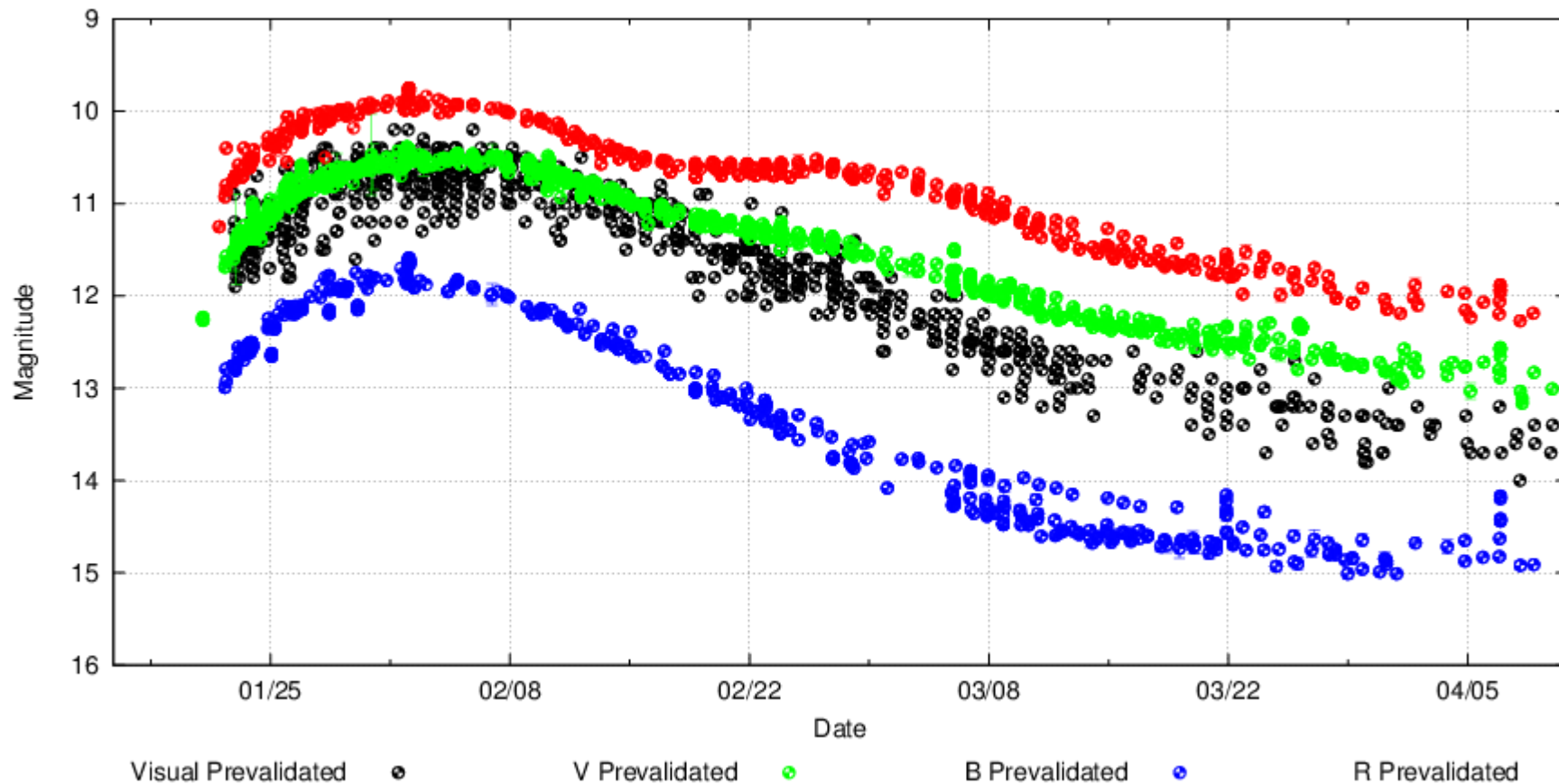


# M82 imagen compuesta



# Curva de luz SN2014J

AAVSO DATA FOR SN 2014J - WWW.AAVSO.ORG



# SN2014J en datos

A partir de la imagen:

- Estrella de referencia: TYC 438 1099 1
- $m_{\text{vref}} = 10,63$
- $m_{\text{vSN}} = (195/216^*)(10,63) = 9,56$
- $X = 2,406 - 2,398 = 0,008$

Curva de luz:

- $m_{\text{vSN}} = 10,46$
- $m_{15} - m_p = \Delta m_{15} = 0,94$
- $M_{\text{max}} (V) = -21.726 + 2.698\Delta m_{15} = -19,19$

\*Calculadas con Iris mediante *slice*



## Estimación de d (V)

$$d = 10^{((m_v - M_v + 5 - A_v - X)/5)}$$

$$= 3.6(5) \text{ Mpc}$$

$$d_A = 3,8(7) \text{ Mpc (NED IPac)}$$

$$\epsilon = 5\%$$

# Discrepancias

- Con respecto a la curva de luz:

$$\Delta m = (10,46 - \underline{9,08}) = 1,38 \text{ mag}$$

- Con respecto a la imagen:

$$\Delta m = (9,56 - \underline{9,08}) = 0,47 \text{ mag}$$

- Imagen con respecto a la curva de luz:

$$\Delta m = (10,46 - 9,56) = 0,9 \text{ mag}$$

# Recomendaciones

- El uso de filtros es crucial, desafortunadamente no contábamos con ellos. Se trabajó con luz blanca, para la cual no hay coeficientes calculados.
- Calcular M en el visual, ya que se implementó M en el B para usar  $\Delta m_{15}$
- El análisis fotométrico es más confiable, la cámara es más sensible que el ojo.
- La masa de aire dificulta mucho la estimación de d, por nuestra posición geográfica.
- El error con respecto a técnicas avanzadas no es muy grande (24%), esto es sumamente positivo.

Crónica





# Telescopio: Meade LX90 8" (203mm)



Propiedad de **Ignacio Londoño**, astrónomo aficionado.  
Agradecimiento especial.

# Cámara: Canon EOS Rebel T3i



Propiedad de Camilo Ramos.



# Oculares

## Meade Series 4000 Eyepieces:\*

Eyepiece	Magnifying Power	With #140 2x Barlow Lens
----------	------------------	--------------------------

### Super Plössl (4-elements)

SP 6.4mm	313X	626X
SP 9.7mm	206X	412X
SP 12.4mm	161X	322X
SP 15mm	133X	266X
SP 20mm	100X	200X
SP 26mm	77X	154X
SP 32mm	63X	126X
SP 40mm	50X	100X
SP 56mm	36X	72X

### Super Wide Angle (6-elements)

SWA 13.8 mm	145X	290X
SWA 18mm	111X	222X
SWA 24.5mm	82X	164X
SWA 32mm	63X	126X
SWA 40mm	50X	100X

### Ultra Wide Angle (8-elements)

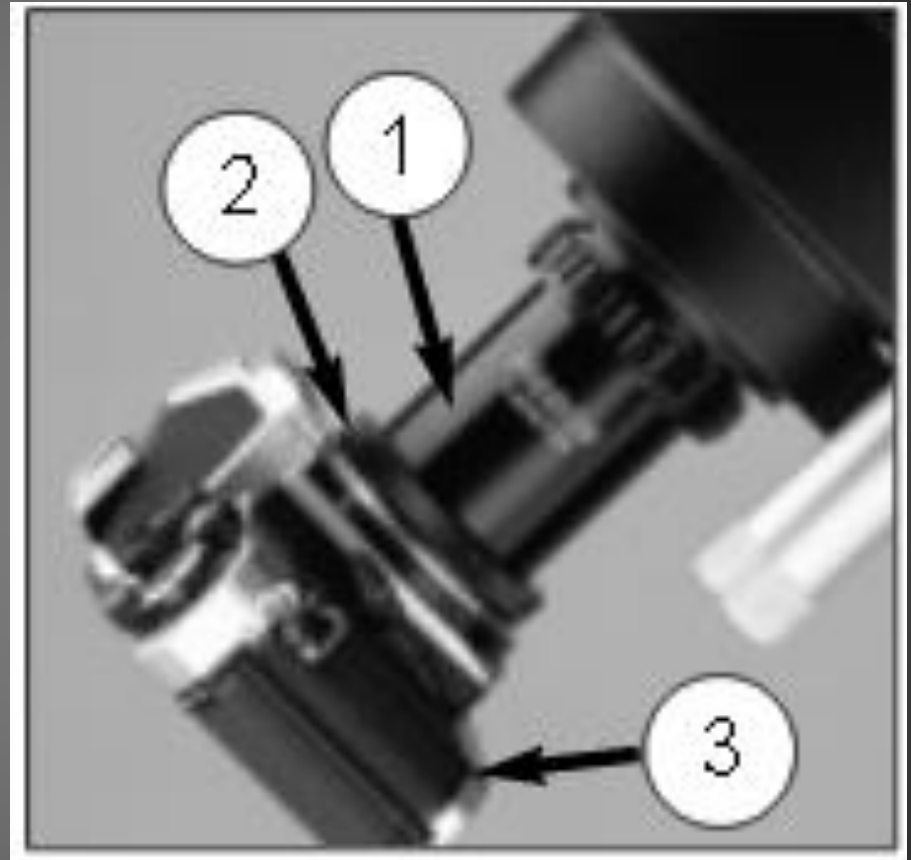
UWA 4.7mm	426X	852X
UWA 6.7mm	299X	598X
UWA 8.8mm	227X	454X
UWA 14mm	143X	286X



Fig. 15: Series 4000 Eyepieces.

# Montaje

1. Adaptador T.
2. Anillo.
3. Cámara.



# Algunos datos

## Cámara

Fabricante de cámara	Canon
Modelo de cámara	Canon EOS REBEL T3i
Punto F	f/D
Tiempo de exposición	30 s
Velocidad ISO	ISO-1600
Compensación de exposición	0 paso
Distancia focal	50 mm
Apertura máxima	
Modo de medición	Diseño
Distancia al objeto	
Modo de flash	Sin flash, obligatorio
Intensidad de flash	
Longitud focal de 35 mm	

Apagar las luces, i por  
favor!


# SN2014J en M82 (Original)



# SN2014J (Tratada con Iris)







¿Cuál es la  
supernova?



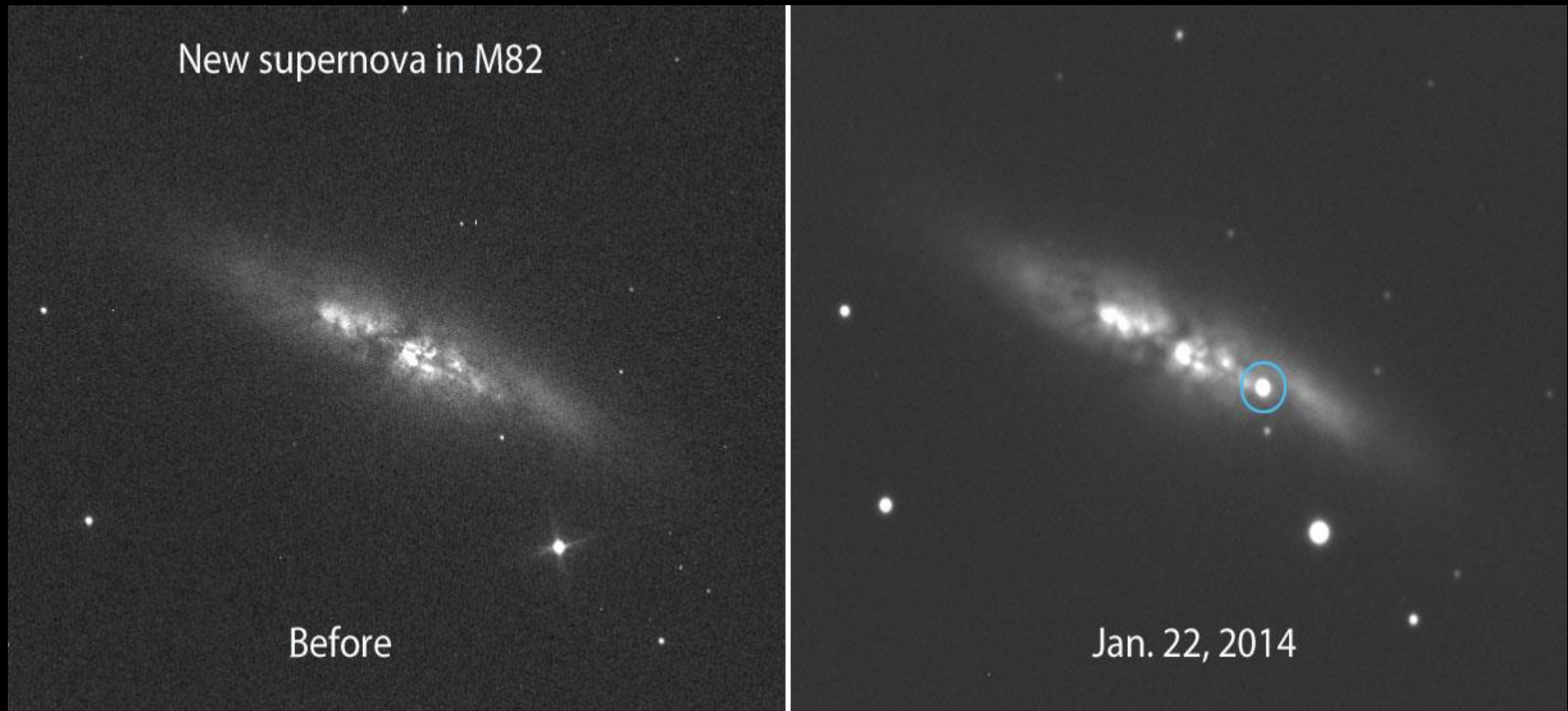


TYC 438 1099 1

This astronomical image shows the galaxy M33 (the Triangulum Galaxy) with the supernova SN2014J highlighted. The galaxy's spiral arms are visible as faint, glowing structures. Several bright stars are scattered across the field. A white arrow points to a star at the top, and another points to the supernova location in the lower-middle part of the image. The background is a deep black, representing the night sky.

SN2014J

# SN2014J. Telescopio 2m.





# Preguntas





¡Muchas gracias!

