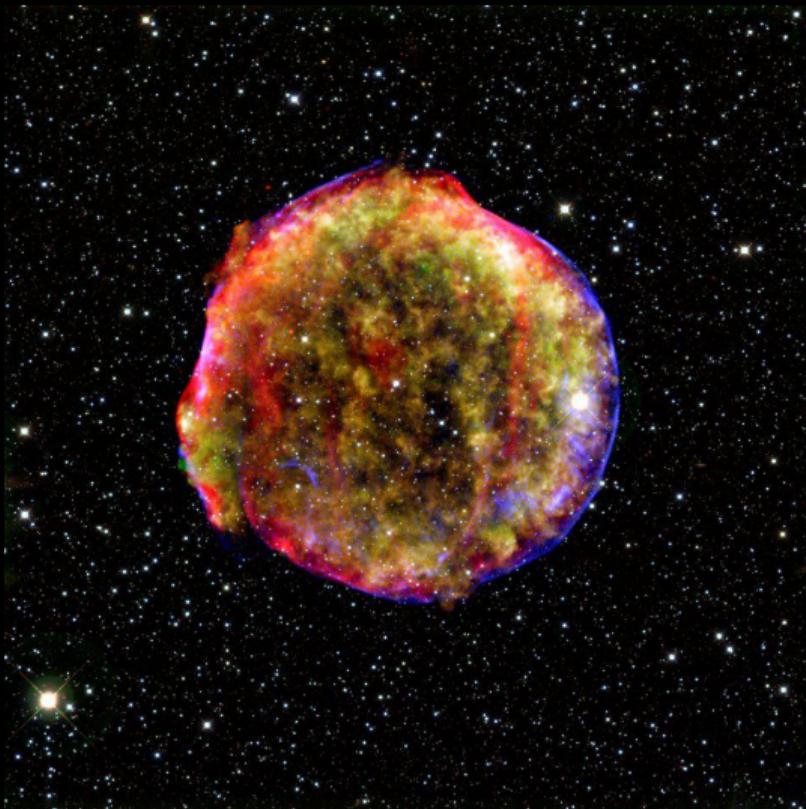


# Estrellas II: Objetos del Cielo Profundo

Ernesto Nicola

Palma, 15-11-2024



Supernova de Tycho (SN 1572 en Cassiopea), NASA

## **1** Recapitulación

- Clasificación de los objetos del cielo profundo
- Evolución Estelar
- Formación de las estrellas

## **2** Objetos Relacionados con el Nacimiento de Estrellas

- Nebulosas de Emisión, Reflexión y Oscuras
- Cúmulos estelares

## **3** Objetos Relacionados con la Extinción de Estrellas

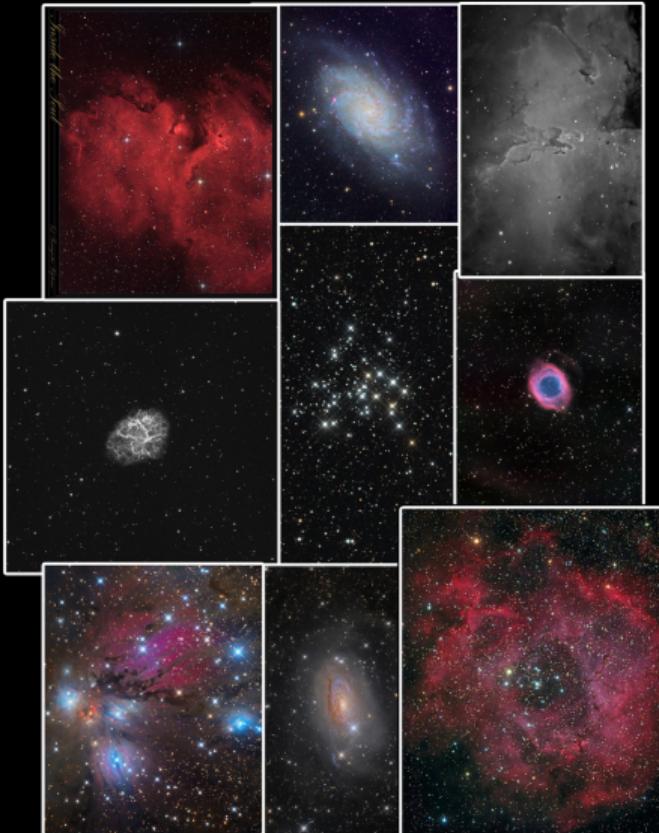
- Nebulosas Planetarias
- Remanentes de Supernova

# 1 Recapitulación

# 1 Recapitulación

## 1.1 Clasificación de los objetos del cielo profundo

# ¿Cómo clasificamos los objetos del cielo profundo?



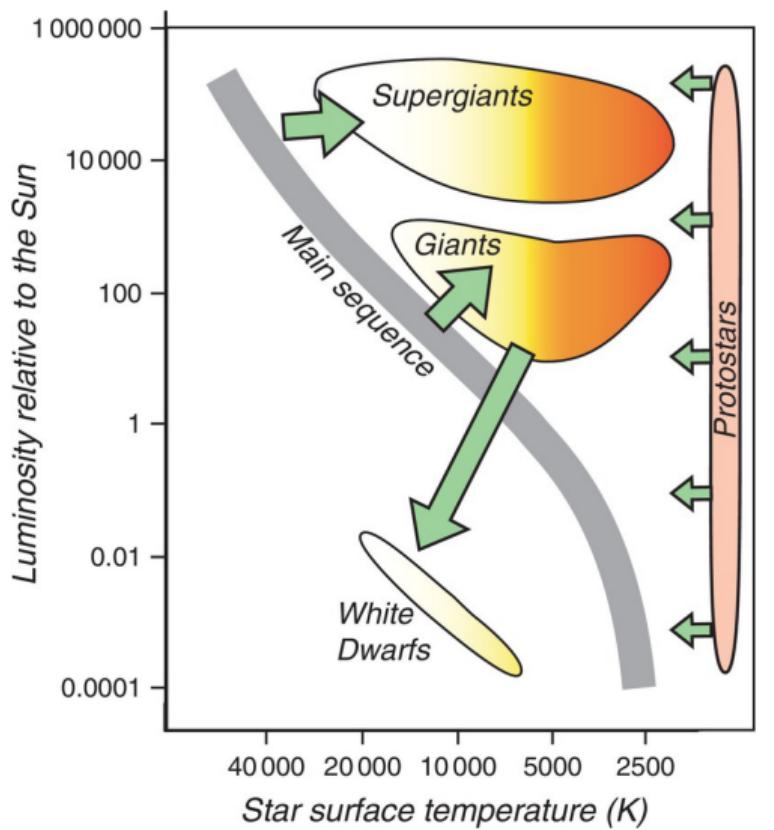
Los objetos del cielo profundo que podemos observar se pueden clasificar en:

- 1** Nebulosas (estructuras difusas)
  - 1** Nebulosas de emisión
  - 2** Nebulosas de reflexión
  - 3** Nebulosas oscuras (o nebulosas absorción)
  - 4** Nebulosas planetarias
  - 5** Remanentes de supernova
- 2** Cúmulos estelares (acumulaciones de estrellas)
  - 1** Cúmulos abiertos
  - 2** Cúmulos globulares
- 3** Galaxias

# 1 Recapitulación

## 1.2 Evolución Estelar

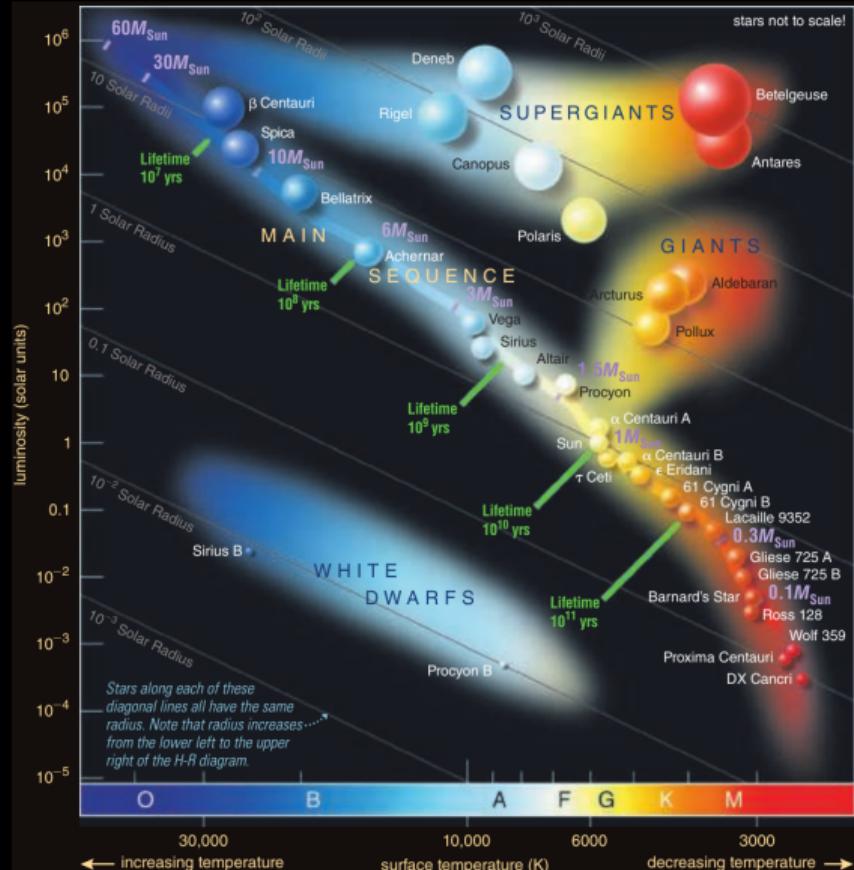
# Evolución estelar y diagrama de Hertzsprung-Russell



## Las estrellas

- nacen de nubes de gas y polvo
- pasan la mayor parte de su vida en la secuencia principal
- al acercarse a su fin, se agrandan y enfrian
- dependiendo de su masa inicial el resultado final puede ser
  - enana blanca
  - nebulosa planetaria + enana blanca
  - supernova + estrella de neutrones
  - supernova + agujero negro

# Evolución estelar y diagrama de Hertzsprung-Russell



Bennett et al 2017

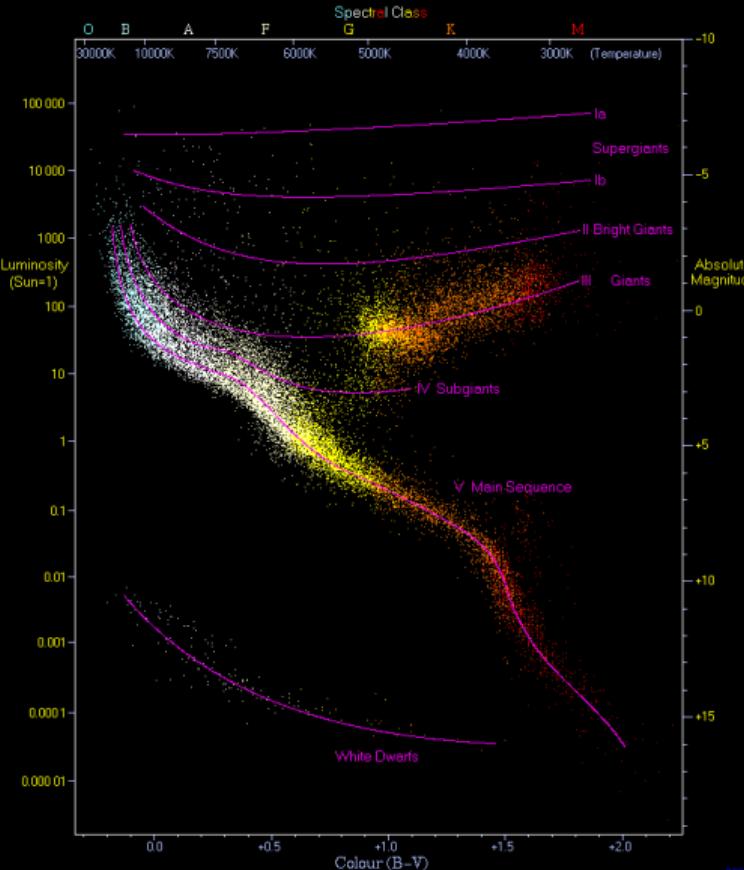
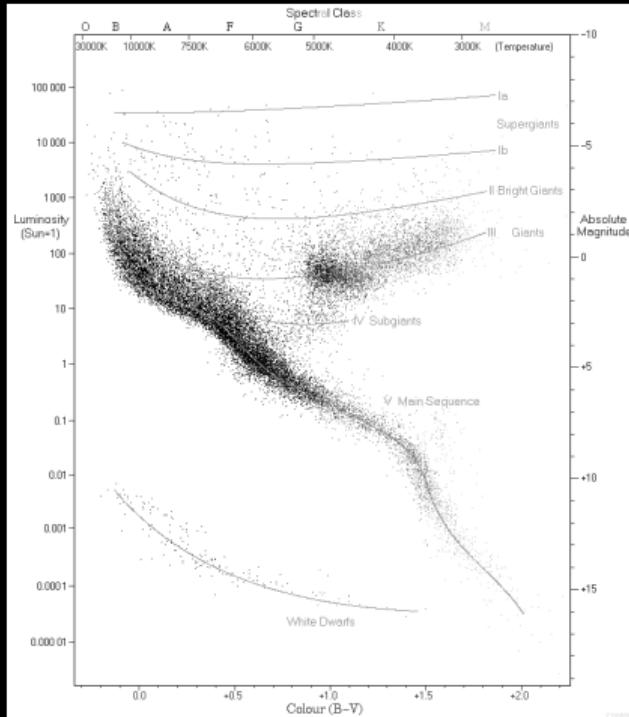


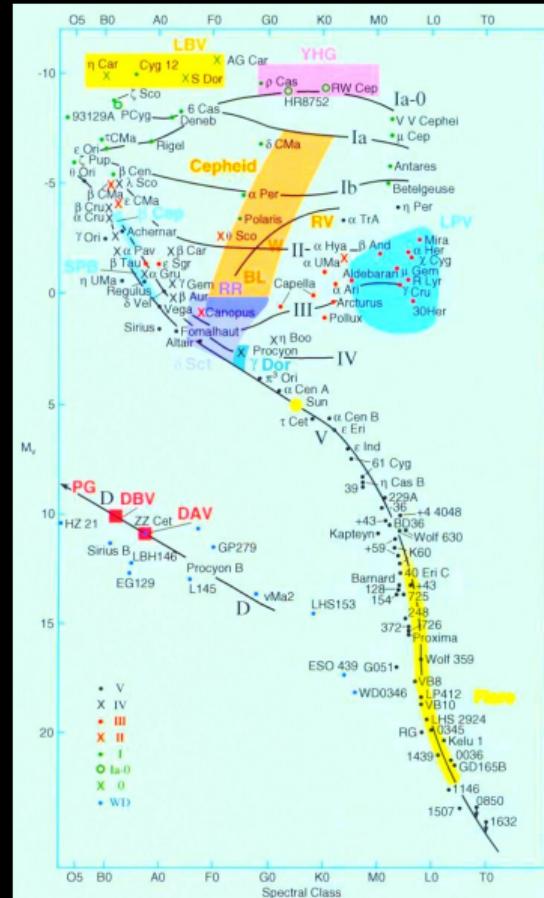
Diagrama H-R con datos de Hipparcos (ESA; 1990s)

cowell

# Diagrama de Hertzsprung-Russell de Hipparcos/ESA



Hipparcos/ESA 1990s



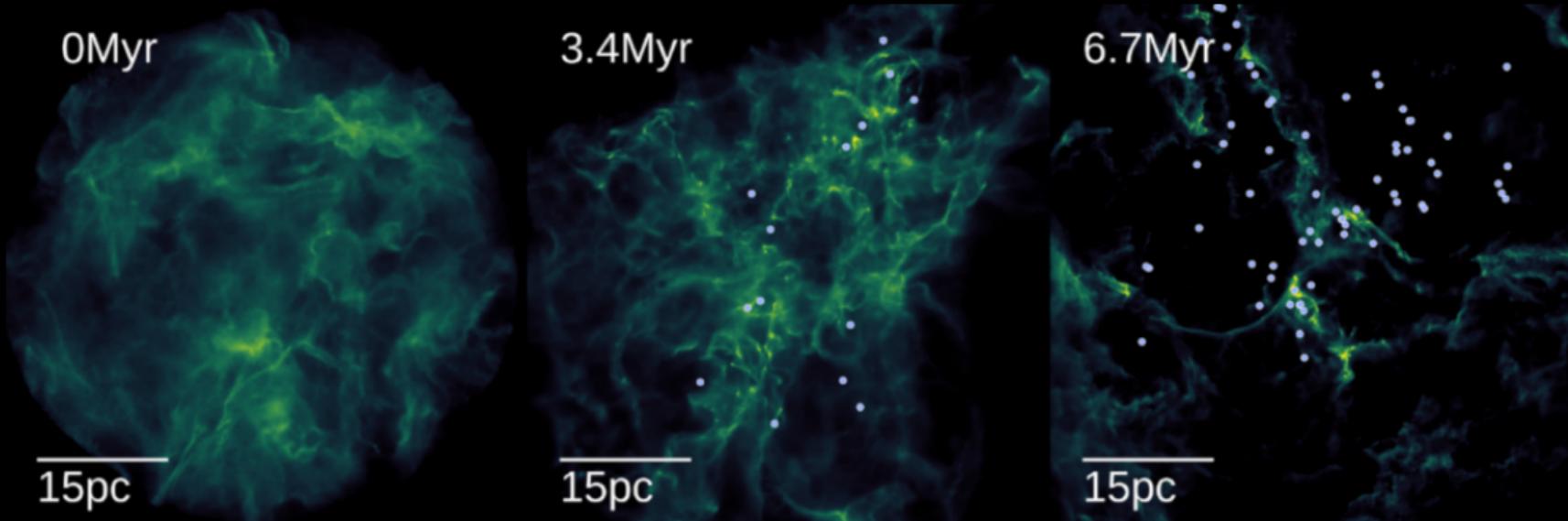
## Estrellas variables:

- LBV: Luminous Blue Variables
- YHG: Yellow Hypergiants
- Cepheid
- LPV: Long Period Variables
- DAV & DB: White dwarf variables
- Flare: Flare stars

# 1 Recapitulación

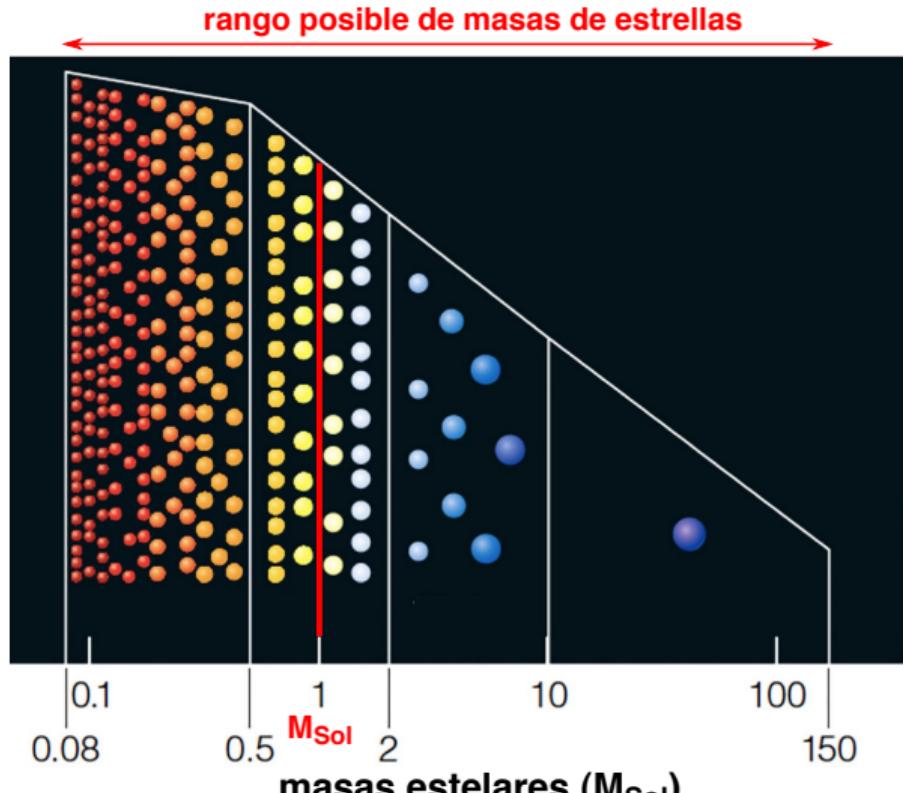
## 1.3 Formación de las estrellas

# ¡Las estrellas no nacen solas!



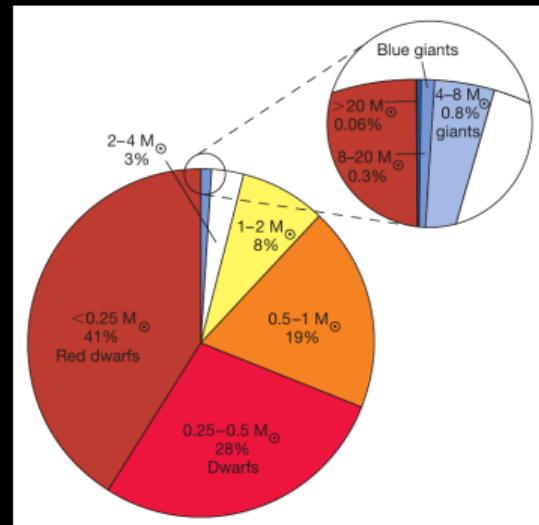
- Las estrellas nacen de grandes nubes de gas y polvo
- De una única nube de gas y polvo pueden nacer cientos o miles de estrellas

# Distribución de masa de las estrellas al nacer



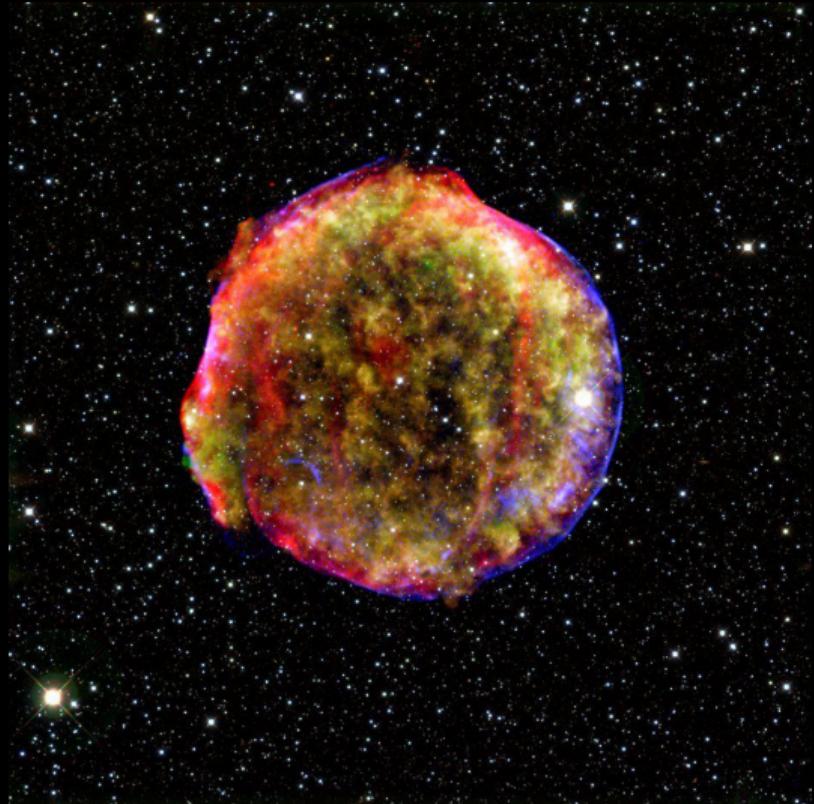
adaptado de David Sobral

- Estrellas menos masivas:  $0.08 M_{\text{Sol}}$
- Estrellas más masivas  $\approx 150 M_{\text{Sol}}$
- Hay muchas más estrellas pequeñas que el Sol que grandes
  - Menos masa que el Sol: 88%
  - Más masa que el Sol: 12%



Chaisson & McMillan 2016

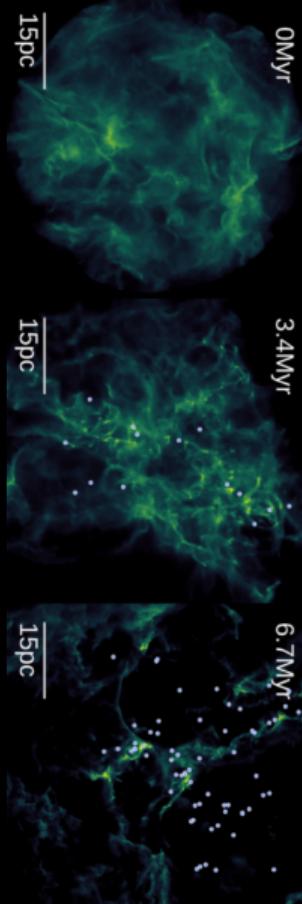
# ¿Preguntas?



Supernova de Tycho (SN 1572 en Cassiopeia), NASA

## 2 Objetos Relacionados con el Nacimiento de Estrellas

# Nebulosas y cúmulos relacionados con el nacimiento de las estrellas

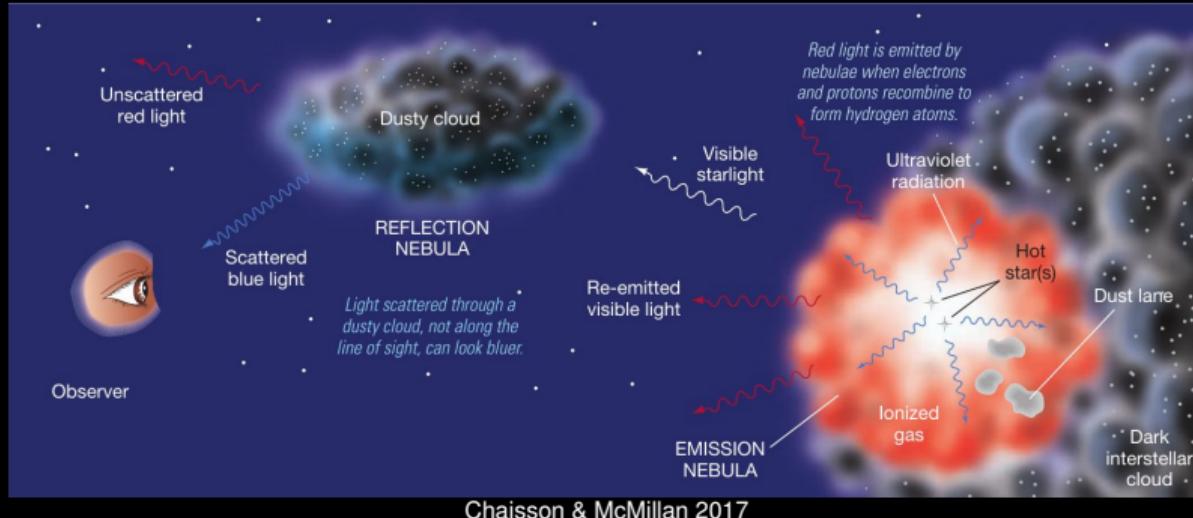


- La estrellas nacen de grandes nubes de gas y polvo interstelar
  - El gas es fundamentalmente hidrógeno y helio
  - El polvo, mucho más escaso, consiste en partículas sólidas
- De una gran nube de gas y polvo nacen cientos o miles de estrellas al mismo tiempo.
- Los siguientes tipos de nebulosas están directamente relacionados con la nube de gas y polvo:
  - 1 Nebulosas de emisión (nubes de gas)
  - 2 Nebulosas de reflexión (nubes de polvo)
  - 3 Nebulosas oscuras o de absorción (nubes de polvo)
- Los siguientes tipos de agrupaciones de estrellas nacen al mismo tiempo de la nube de gas y polvo:
  - 1 Cúmulos estelares abiertos
  - 2 Cúmulos estelares globulares

## 2 Objetos Relacionados con el Nacimiento de Estrellas

### 2.1 Nebulosas de Emisión, Reflexión y Oscuras

# Mecanismo de las nebulosas de emisión y reflexión



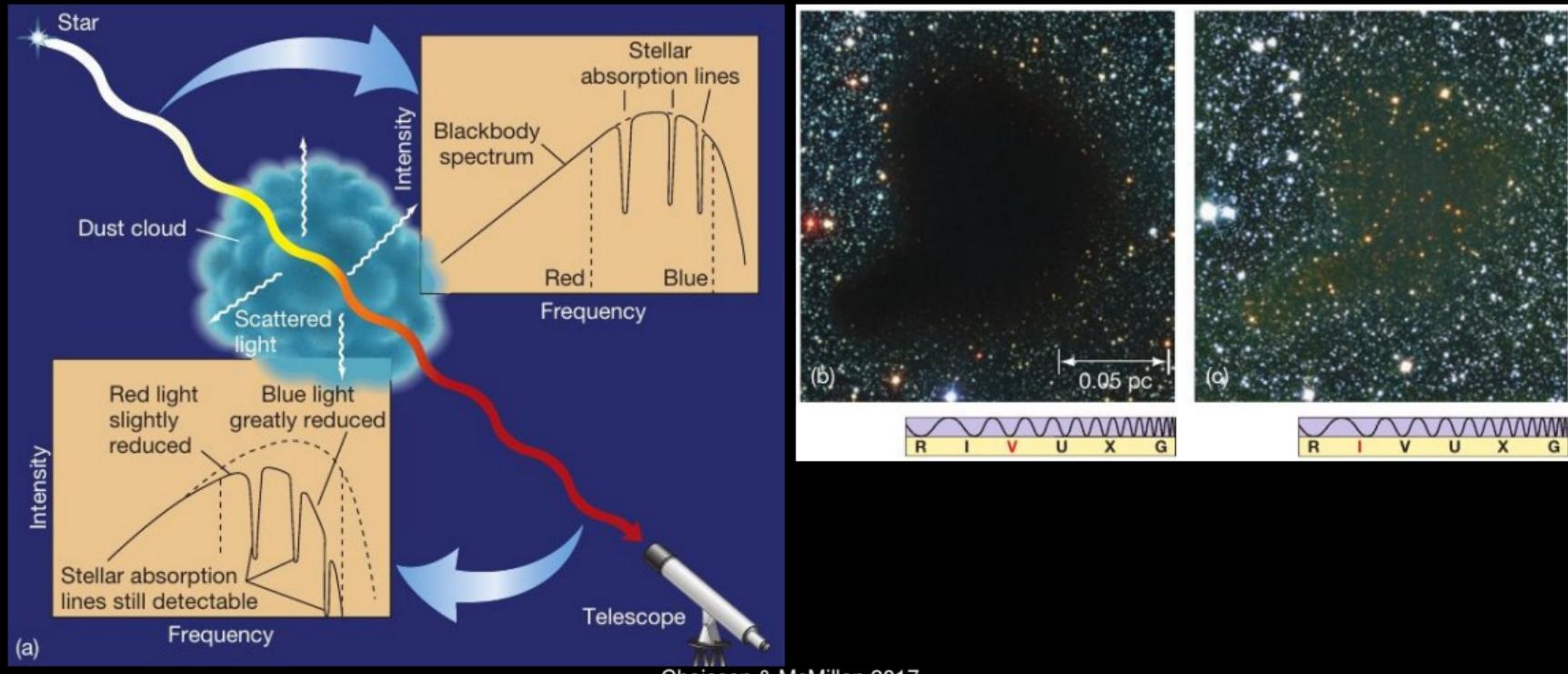
## 1 Nebulosas de Emisión

- La **nube de gas** emite luz debido a las estrellas brillantes que están naciendo
- El gas ionizado (fundamentalmente *Hidrógeno*) emite en  $H\alpha$  (rojo)

## 2 Nebulosas de Reflexión

- La **nube de polvo** refleja la luz producida por las estrellas brillantes jóvenes cercanas (usualmente estrellas supermasivas)
- Emiten típicamente en el azul

# Mecanismo de las nebulosas de absorción



## 1 Nebulosas Oscuras o de Absorción

- La **nube de polvo** "tapa" (absorbe) la luz de estrellas que están detrás.

## Regiones de Formación Estelar: **Nebulosas de Emisión**



NGC 896, nebulosa del corazón (en Cassiopeia)

# Ejemplos de Nebulosas de Reflexión



IC 2118, nebulosa "Cabeza de Bruja" (en Eridanus)



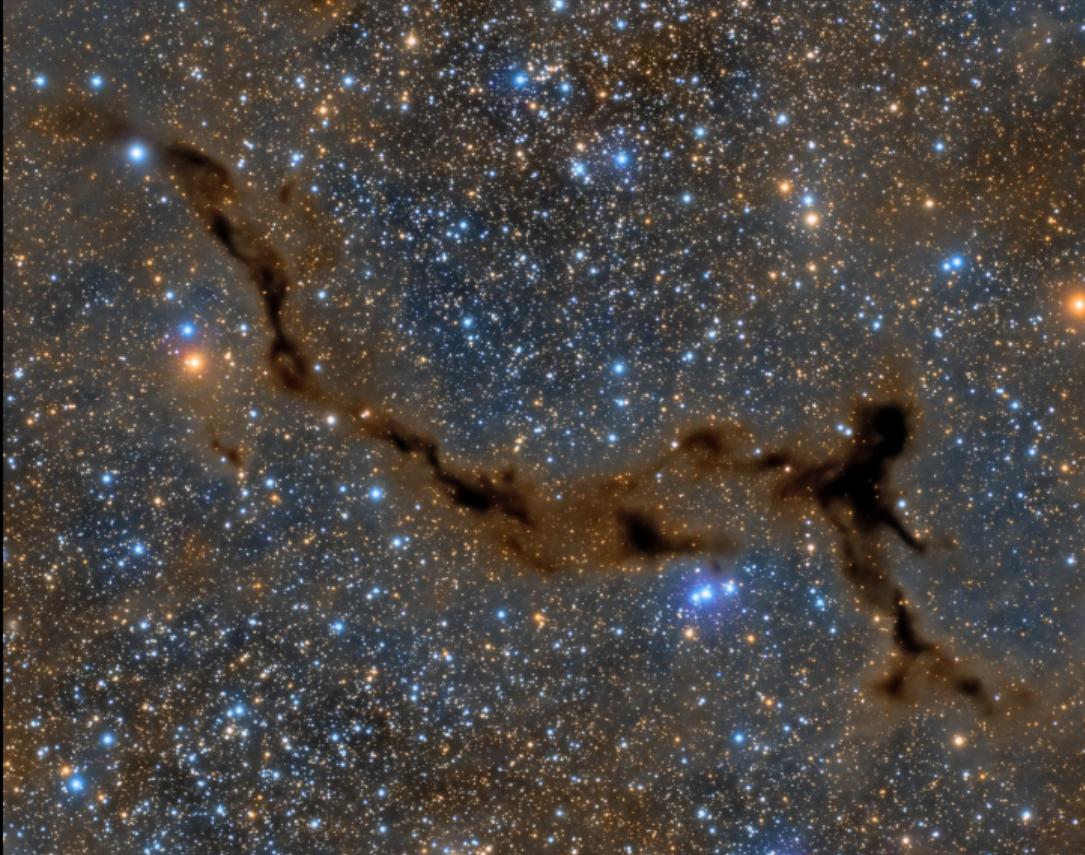
Messier 45, nebulosa de reflexión rodeando el cúmulo abierto de las Pléyades (en Tauro)

# Ejemplo de Nebulosas Oscuras



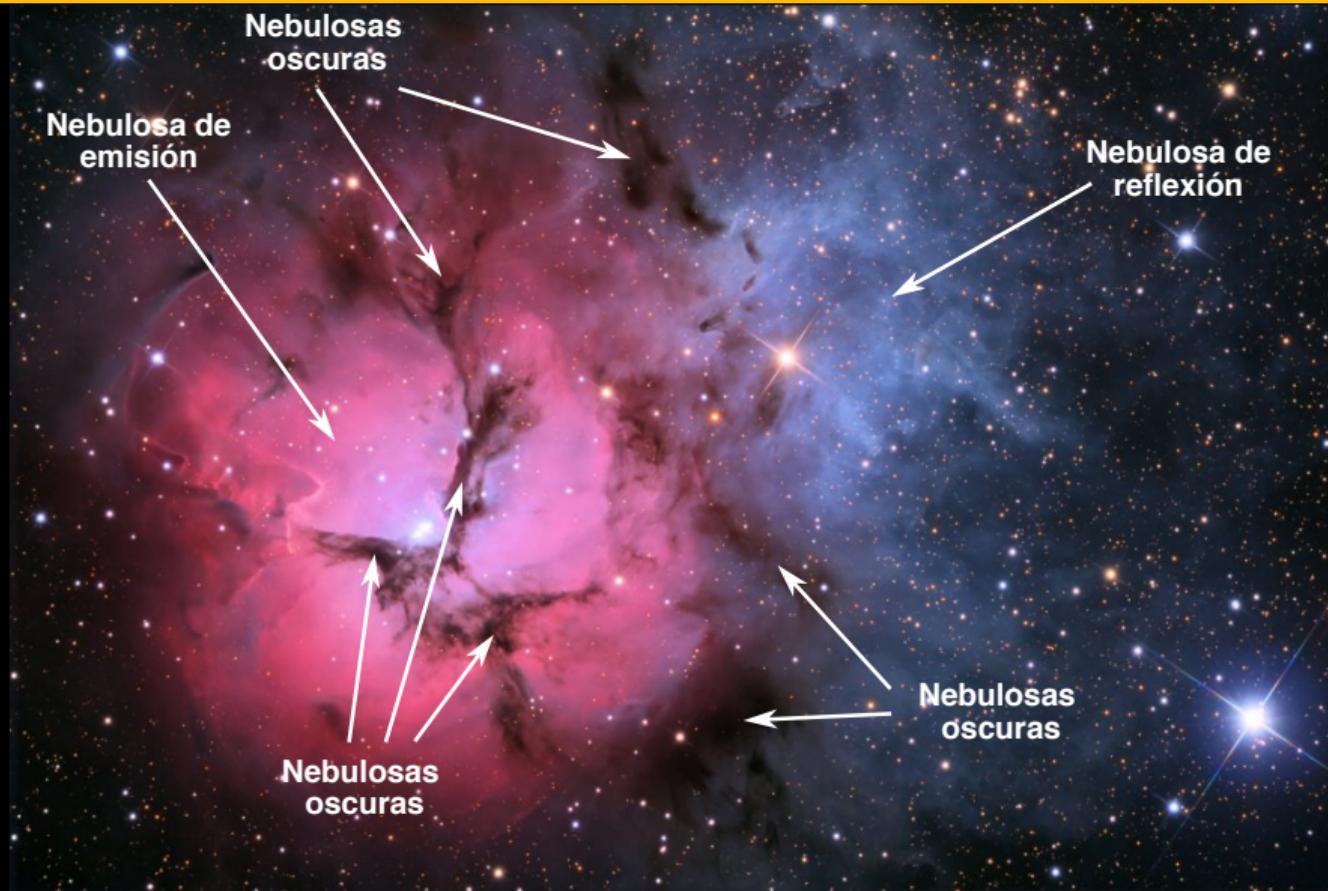
Barnard 72, nebulosa de la serpiente (en Ophiuchus)

# Ejemplo de Nebulosas Oscuras



Barnard 150, nebulosa del caballito de mar (en Cepheus)

# Nebulosas de emisión, reflexión y oscuras



Messier 20 o NGC 6514, nebulosa trifida (en Sagittarius)

# Nebulosas de emisión, reflexión y oscuras



© José Jiménez Priego

Barnard 33, nebulosa de la cabeza de caballo y NGC 2024, nebulosa de la llama (en Orión)

## 2 Objetos Relacionados con el Nacimiento de Estrellas

### 2.2 Cúmulos estelares

# Cúmulos estelares relacionados con el nacimiento de las estrellas

- Los **cúmulos estelares** están formados por estrellas que nacen de una misma nube de gas y polvo permanecen juntas por mucho tiempo debido a la atracción gravitatoria mutua.



■ Cúmulos abiertos



■ Cúmulos globulares

# Cúmulos abiertos o galácticos



Cúmulo de las Pléyades (Messier 45 en Taurus)

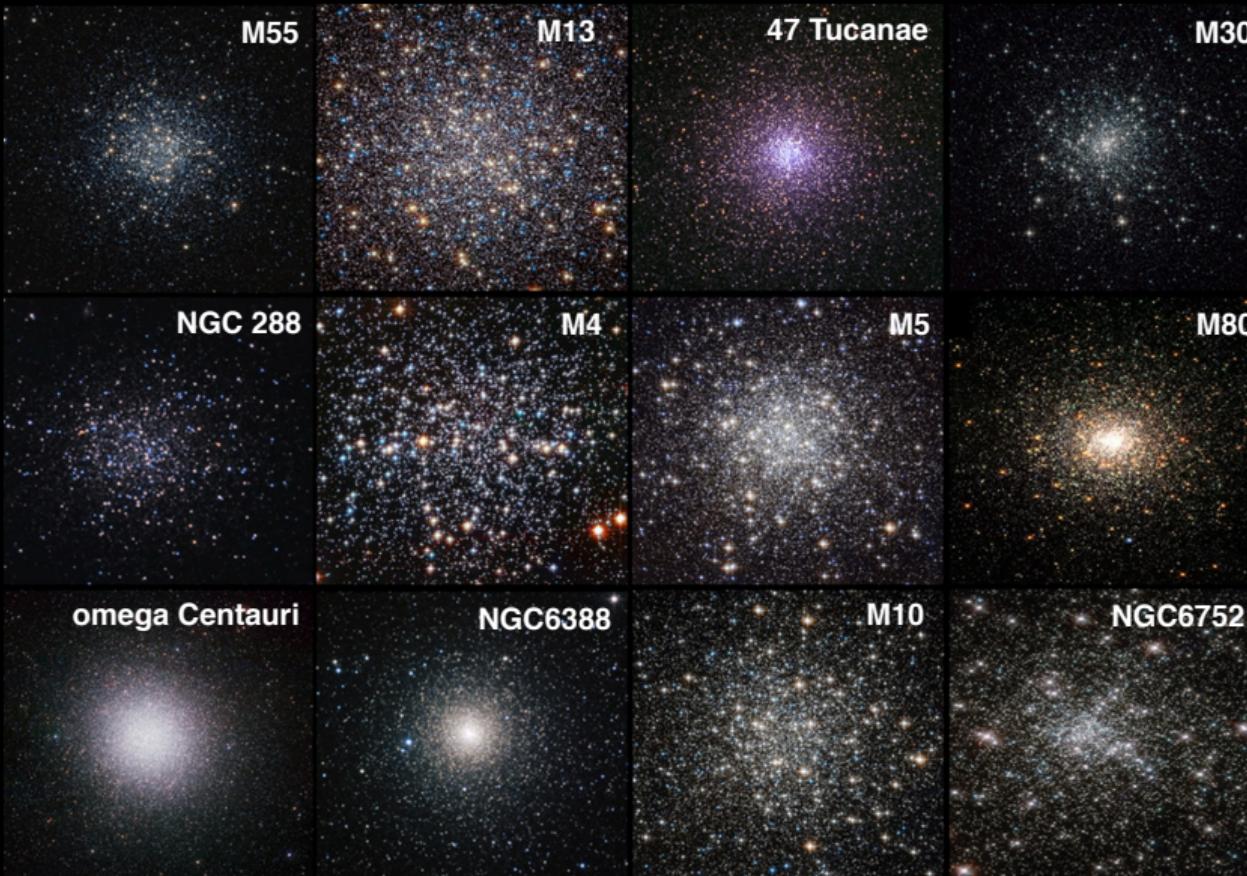


Doble Cúmulo de Perseo (NGC 869 y NGC 884)

- Entre 100 y 10.000 estrellas
- Diámetro típicamente menor de  $30/ly$
- Densidad:  $\sim 1.5$  estrellas por  $/ly^3$
- Forma irregular

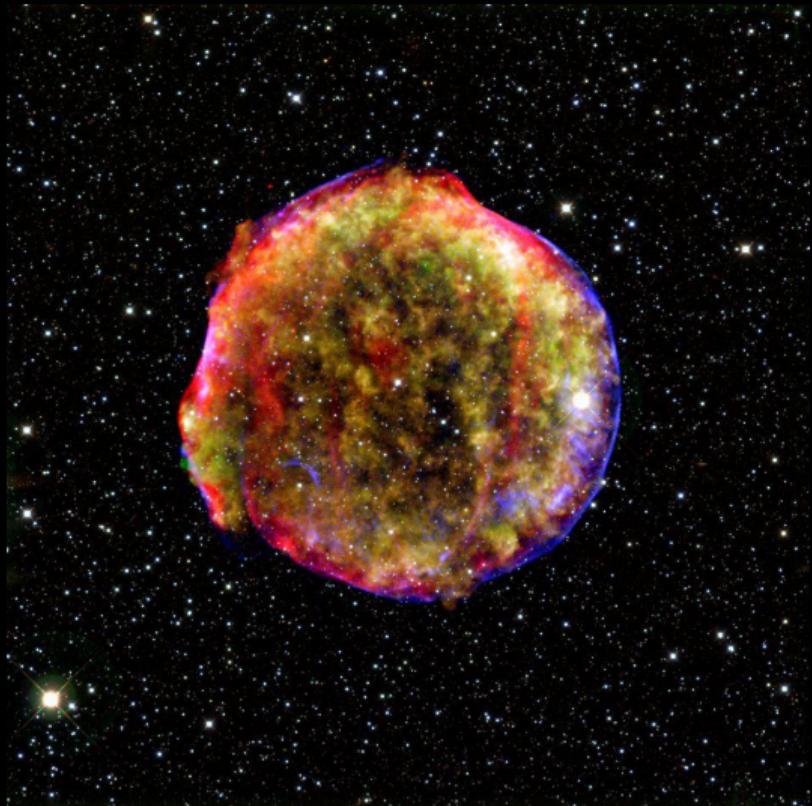
- Ubicados en el disco de la galaxia
- $\sim 1000$  conocidos en la Vía Láctea
- Relativamente jóvenes
- Con el tiempo tienden a desaparecer.

# Cúmulos globulares



- Entre 10.000 y 1.000.000 estrellas
- Diámetro: 10 – 300/ $ly^3$
- Densidad:  $\sim 2$  estrellas por  $/ly^3$
- Muy compactos, con forma esférica
- Concentración máxima en el centro de la esfera
- En la parte exterior de la galaxia
- La Vía Láctea posee unos 150

# ¿Preguntas?



Supernova de Tycho (SN 1572 en Cassiopeia), NASA

## 3 Objetos Relacionados con la Extinción de Estrellas

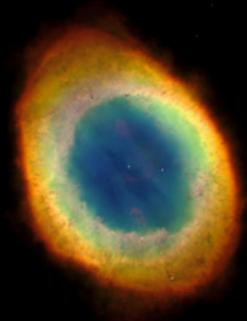
# Nebulosas relacionadas con la extinción de las estrellas

## ■ Nebulosas Planetarias



Nebulosa de la hélice (NGC 7293 en Aqr)

Nebulosa del ojo de gato (NGC 6543)



Nebulosa del anillo (Messier 57 en Lyra)

## ■ Remanentes de Supernova



Nebulosa del velo en Cygnus

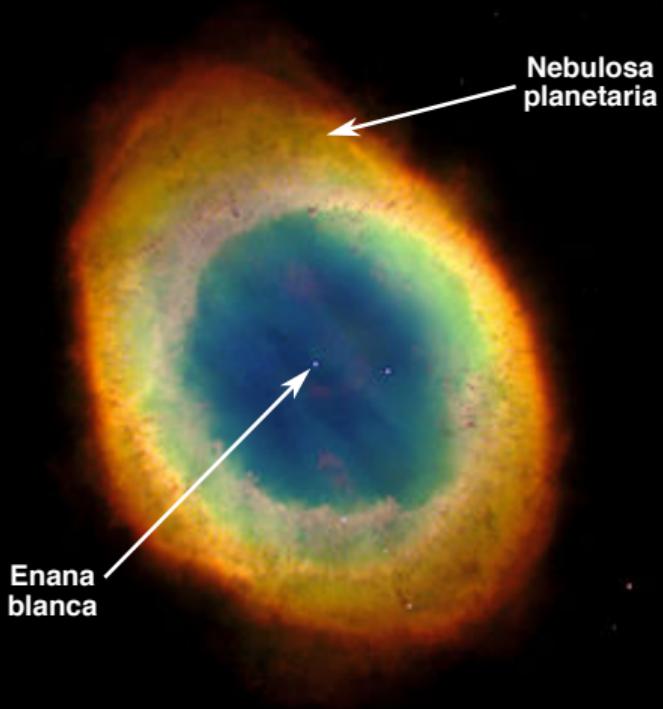


Nebulosa del cangrejo (Messier 1 en Taurus)

# 3 Objetos Relacionados con la Extinción de Estrellas

## 3.1 Nebulosas Planetarias

# Producto final de la evolución: nebulosa planetaria



- Las estrellas de tamaño intermedio ( $0.5 < M/M_{Sol} < 8$ ) finalizan su vida:
  - Las capas exteriores de la estrella son eyectadas formando una nube que rodea la enana blanca que contiene las partes más interiores de la estrella
  - Las partes eyectadas aumentan su tamaño con el tiempo
  - Las nebulosas planetarias (o de eyección) solo duran unos pocos miles de años

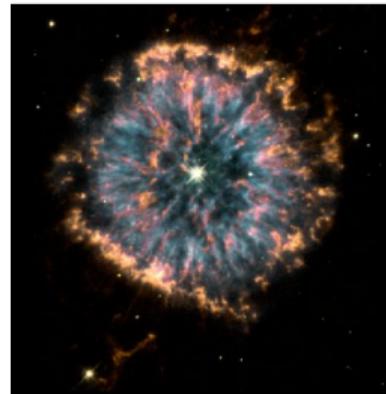
# Producto final de la evolución: nebulosas planetarias



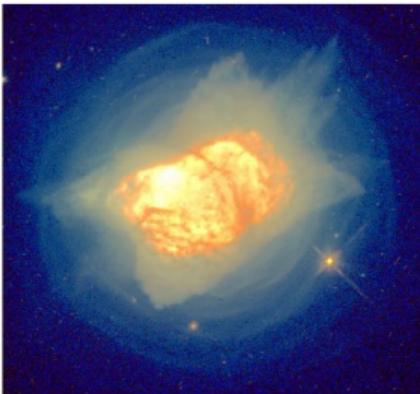
(a)



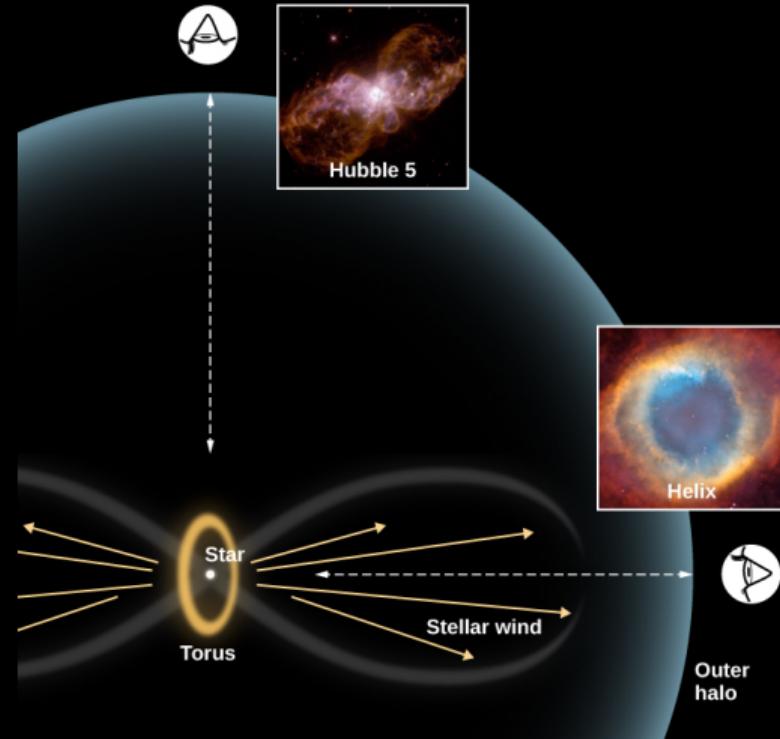
(b)



(c)

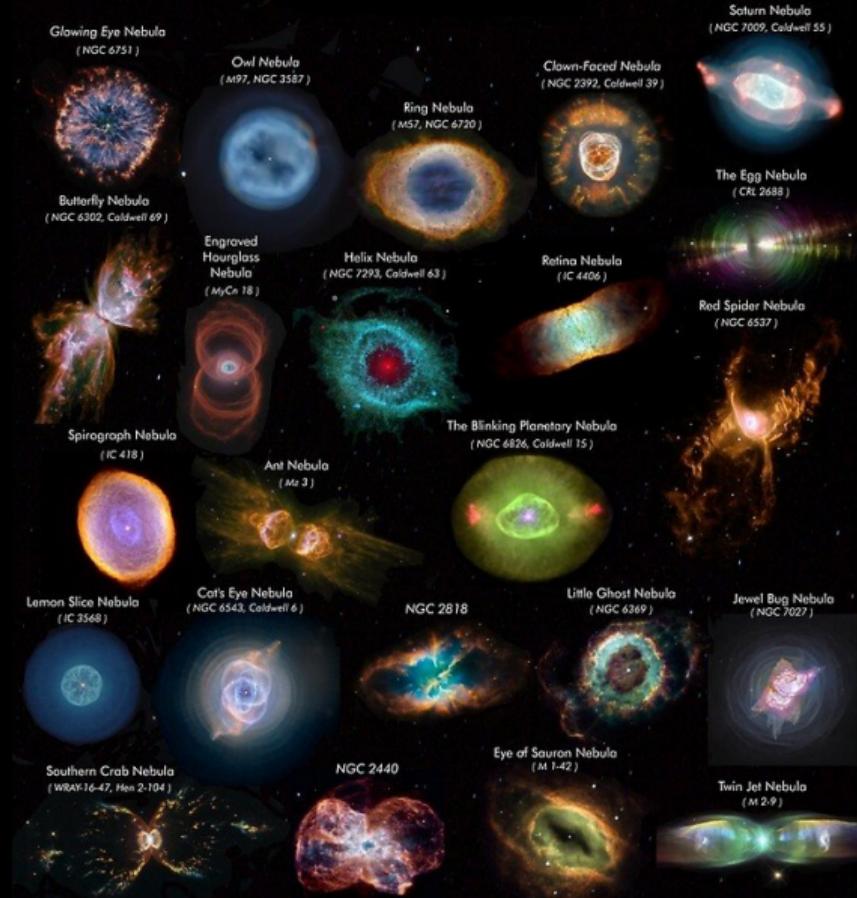


(d)



- Las nebulosas planetarias tienen distinto aspecto en función de la perspectiva en las que las observamos desde la Tierra

# Producto final de la evolución: nebulosa planetaria



## Producto final de la evolución: nebulosas planetarias



# 3 Objetos Relacionados con la Extinción de Estrellas

## 3.2 Remanentes de Supernova

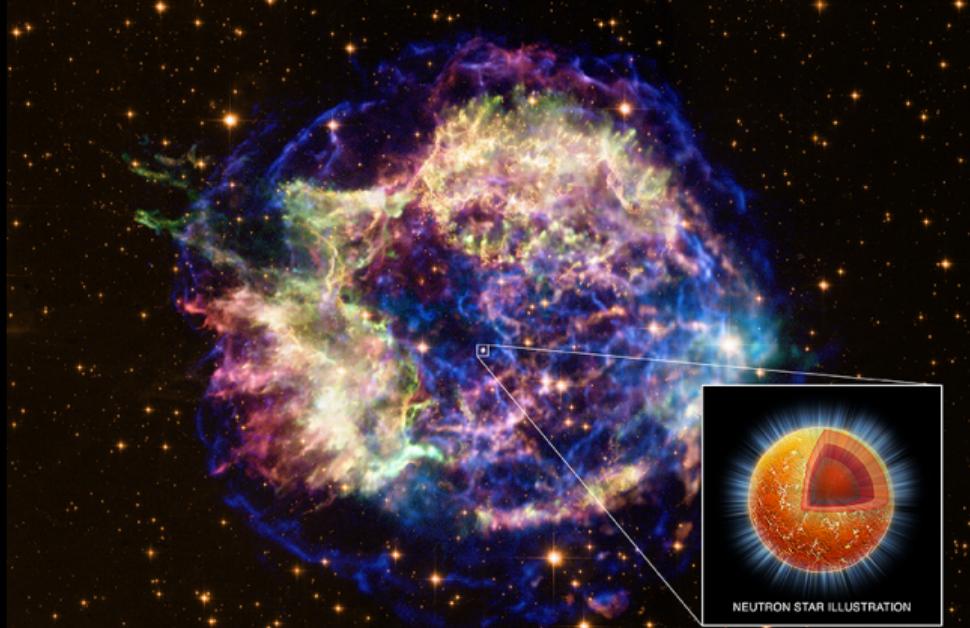
# Fin de las estrellas grandes: Supernova de Colapso de Núcleo



Ejemplo: Animación de la Supernova Cassiopeia A (distancia: 11,000 ly; su luz llegó a la Tierra en 1690s)

- Las estrellas grande y muy grandes (entre 8 y 150  $M_{Sol}$ ) terminan su vida en una supernova de colapso de núcleo
- La energía producida en un evento de supernova de colapso de núcleo es transitoria
- Una supernova puede brillar con tanta luminosidad como una galaxia entera!

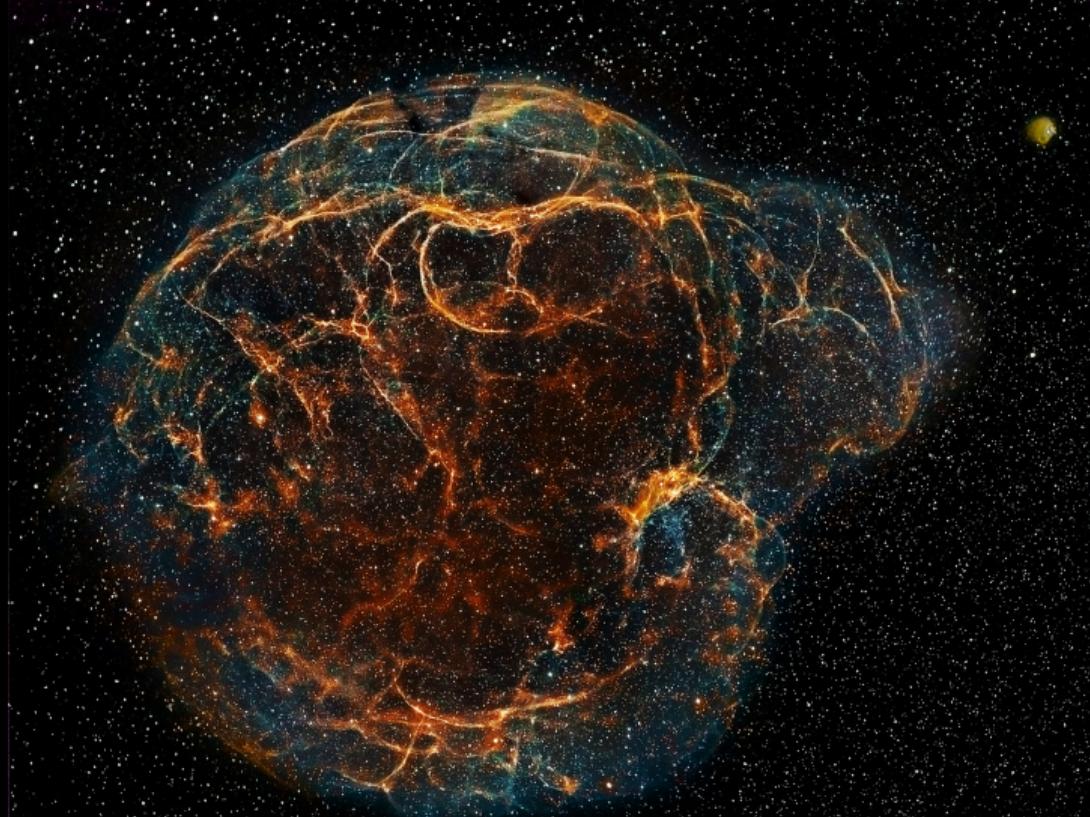
# Producto Final de la Evolución: Remanente de Supernova



Supernova Cassiopeia A (Cas A). Chandra (rayos-X): Rojo y verde; Hubble (visible): amarillo

- Como resultado se produce una **remanente de supernova** que con el tiempo se termina dispersando
  - En este caso, en su centro hay una estrella de neutrones pero en estrellas más masivas se genera un agujero negro.

## Producto Final de la Evolución: Remanente de Supernova



Simeis 147 en Taurus ("nebulosa spaghetti"); explotó hace 40.000 años, tiene un pulsar en su centro

# Producto Final de la Evolución: Remanente de Supernova



# Producto final de la evolución: remanentes de supernova

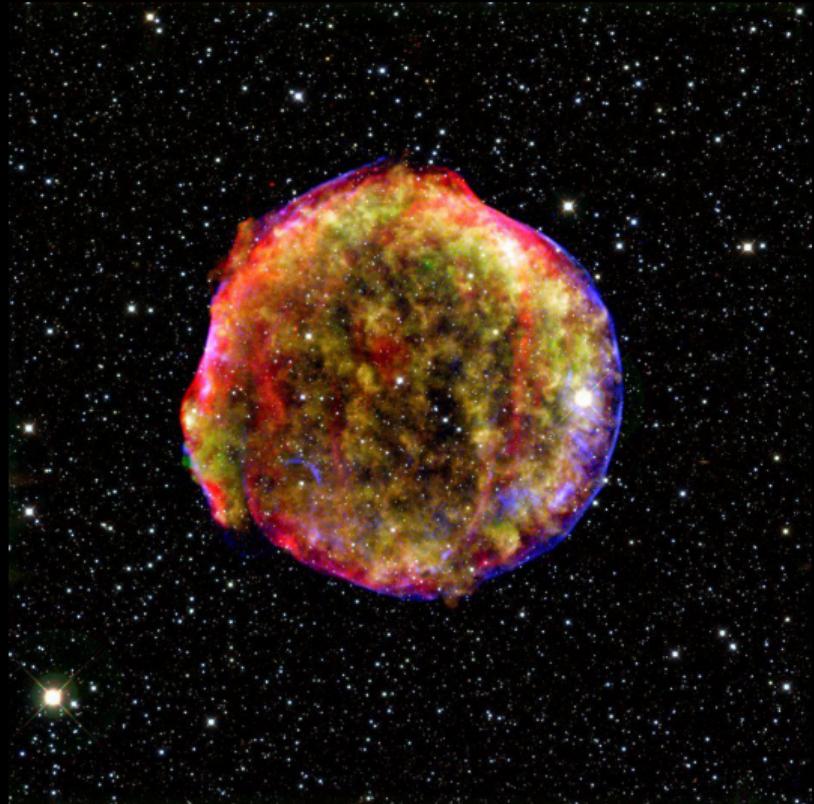


Fuente: NASA

# Objetos del cielo profundo: Tamaño aparente en el cielo



# ¿Preguntas?



Supernova de Tycho (SN 1572 en Cassiopeia), NASA