

# 57 - Evolución de las estrellas - Formación Estelar



# Evolución estelar

- Las estrellas son como la gente en cuanto nacen, crecen, maduran y mueren.
- La **masa** de una estrella determina qué camino tomará su vida.
- Dividiremos todas las estrellas en tres grupos:
  - Masa baja ( $0.08 M_{\odot} < M < 2 M_{\odot}$ )
  - Masa intermedia ( $2 M_{\odot} < M < 8 M_{\odot}$ )
  - Masa alta ( $M > 8 M_{\odot}$ )
- El diagrama HR muestra un plan útil para el seguimiento de la evolución estelar.

- La vida de cualquier estrella puede ser descrita como una lucha entre dos fuerzas:
  - **Gravitación vs. Presión**
- La gravedad siempre quiere el colapso de la estrella.
- Presión sostiene la estrella.
  - el tipo de estrella se define por lo que proporciona la presión
- Recuerda la Ley de Gravedad de Newton!
  - la cantidad de la fuerza gravitatoria depende de la masa
  - la energía potencial gravitatoria se convierte en calor cuando una estrella colapsa

# Nubes moleculares:



Barnard 68

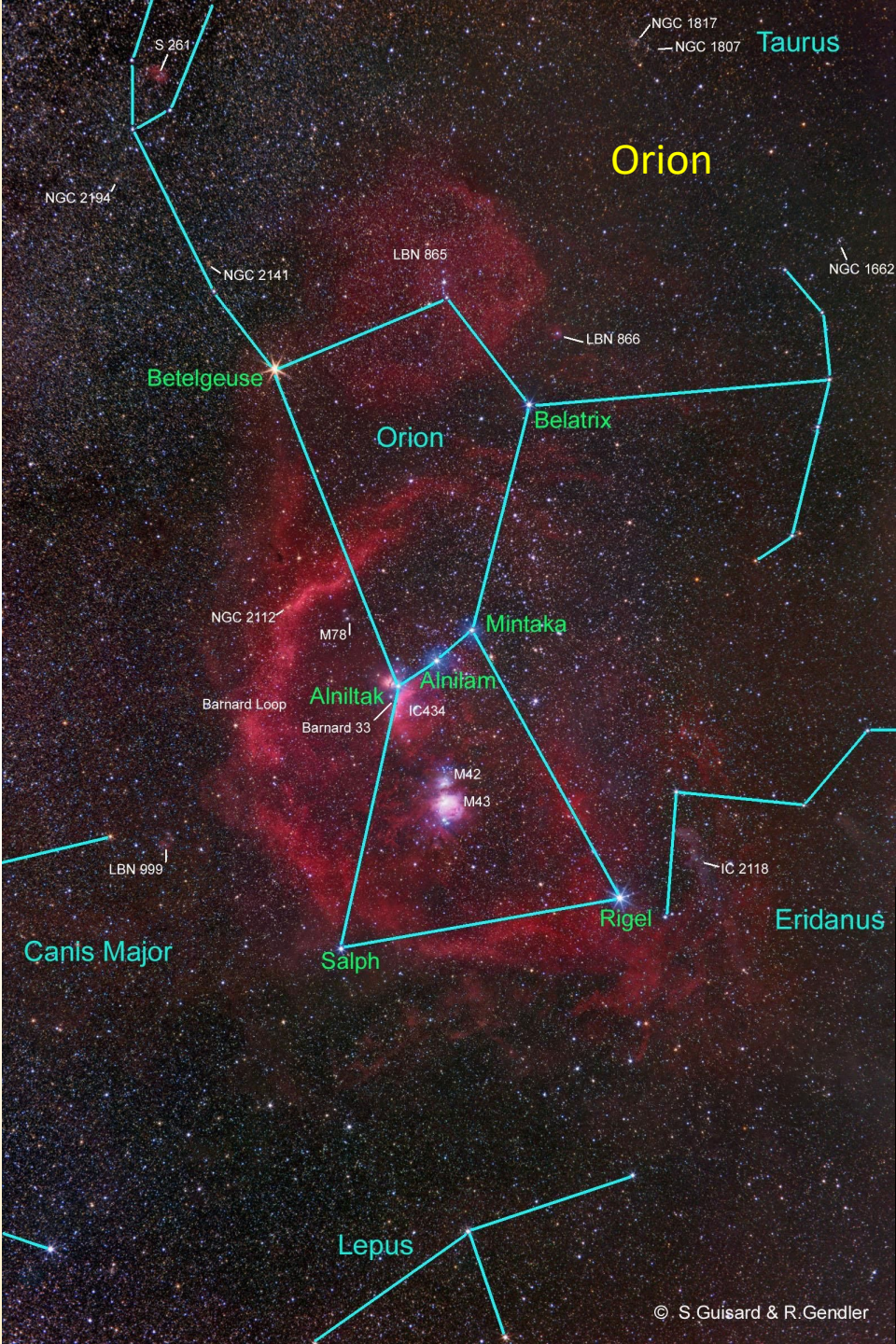
Las estrellas nacen en las nubes moleculares.

Las nubes son nebulasas frías (10 - 30 K) y densas.  
Tan frías que  $H_2$  pueda existir.

Una nube fría puede fragmentarse si la gravedad supera la presión térmica en las regiones densas. Estas regiones (núcleos) se vuelven más densas y compactas



Nube  
molecular  
con estrellas  
jóvenes.

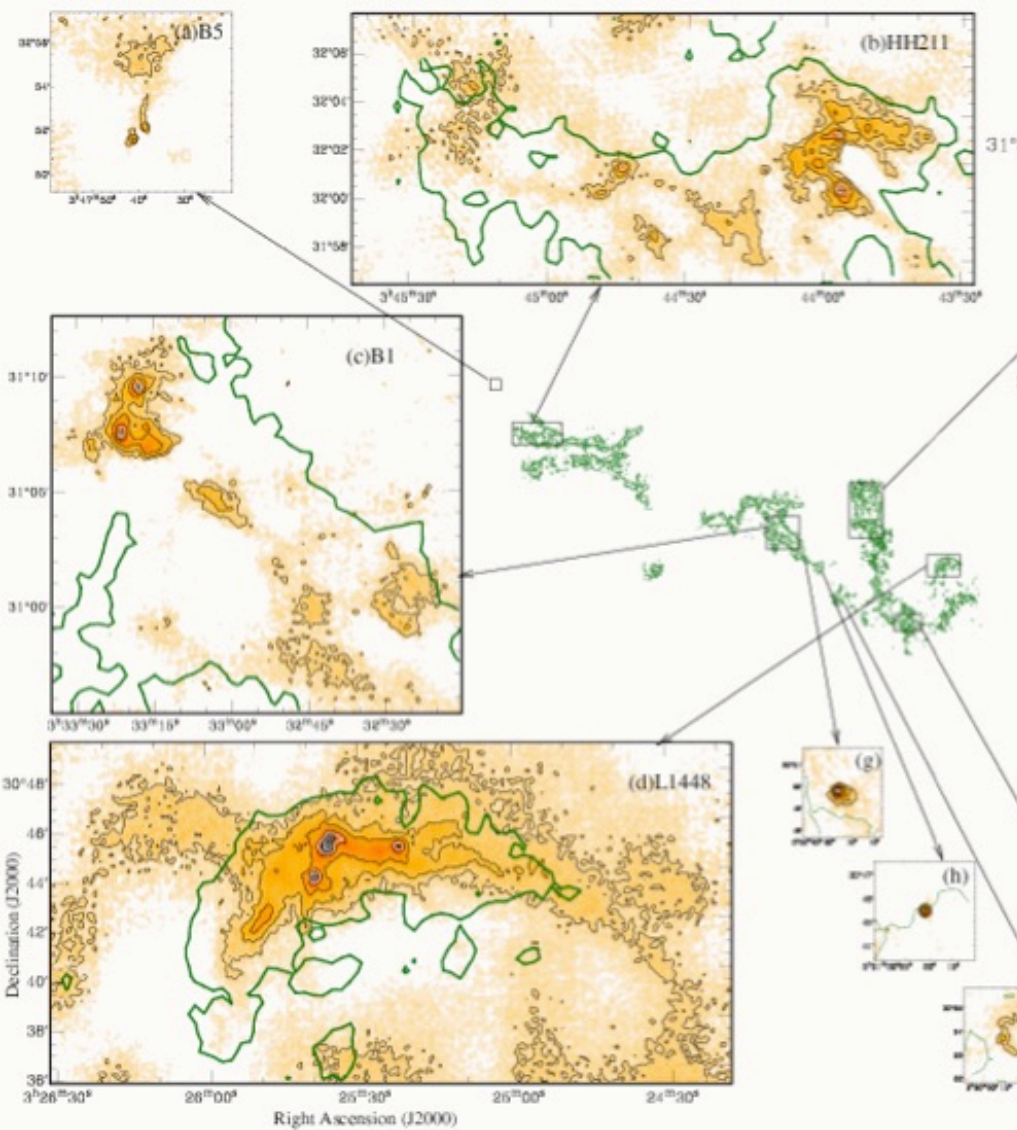


- La formación estelar ocurre en el colapso y la fragmentación de regiones en el interior de las nubes moleculares.

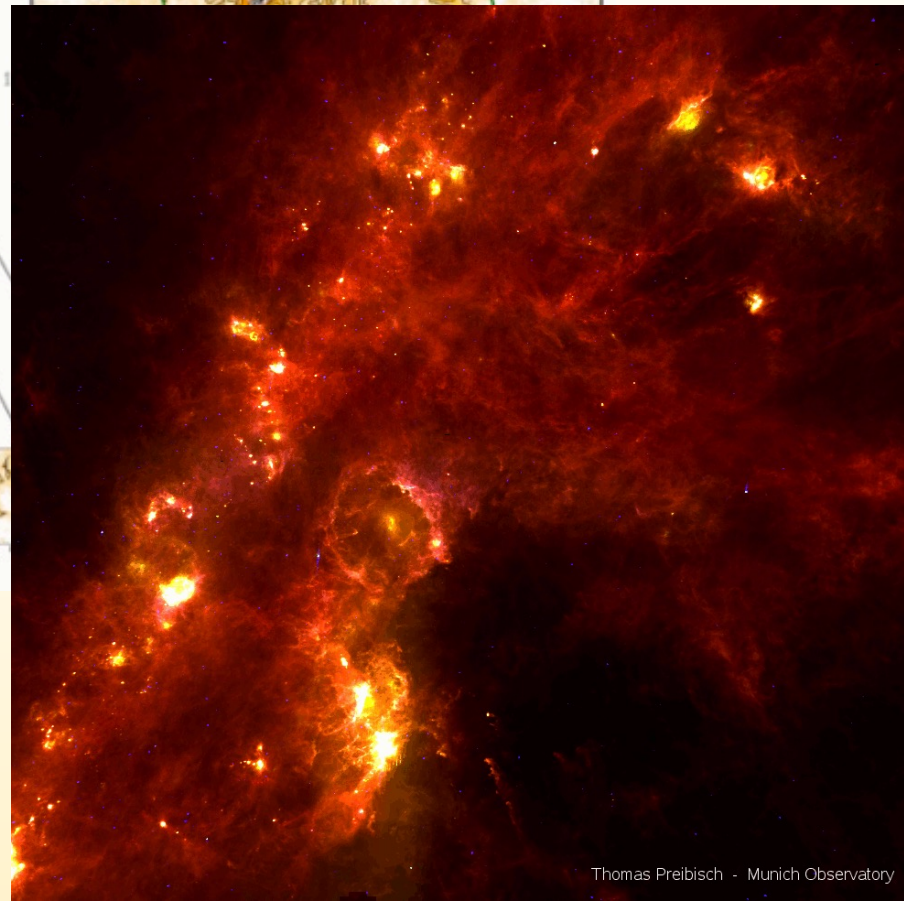




- Una región fría en una nube molecular no tiene suficiente presión de su temperatura para soportar la gravedad.
- El gas en esta región colapsa.
- Este colapso no es uniforme, sino que conduce a la fragmentación en grupos, los cuales colapsan adicionales.
- Dentro de estos grupos tenemos más fragmentación en núcleos de formación estelar.
- Un núcleo de formación de estrellas alberga una hasta tres proto-estrellas.



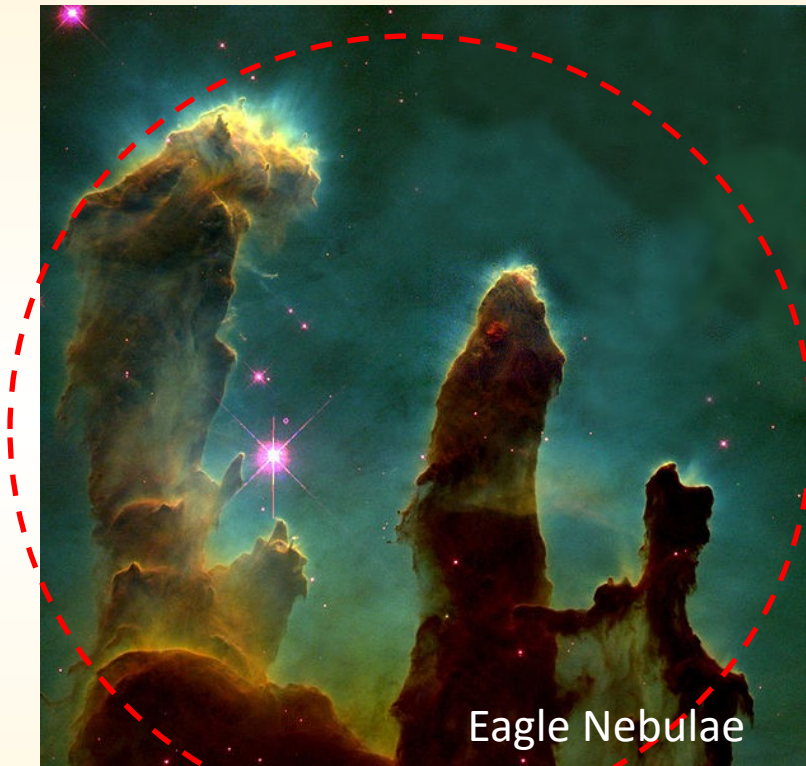
Perseus star forming region, stolen from Jennifer Hatchell, Exeter



Taurus, Perseus and Orion (IRAS)



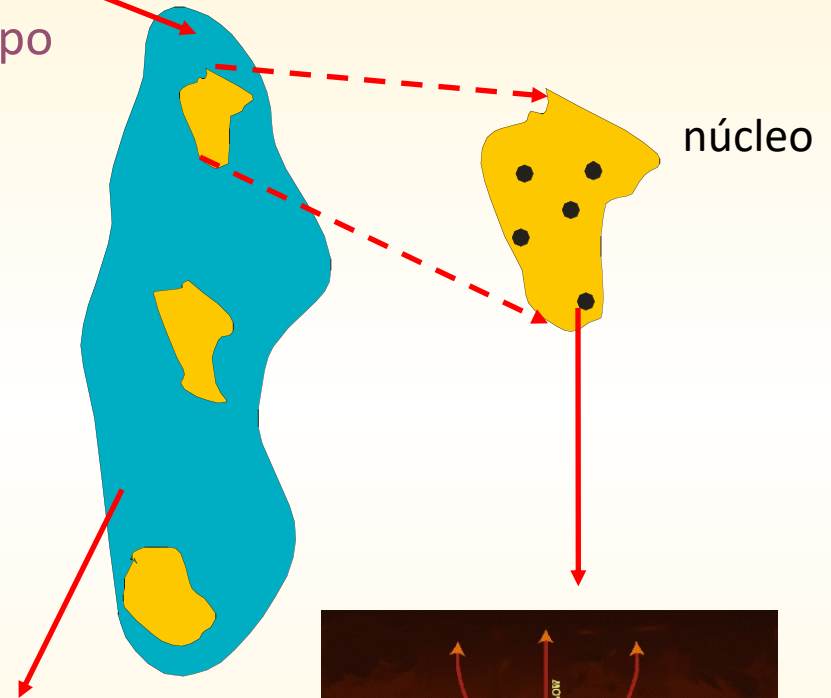
# Formación estelar y cúmulos estelares



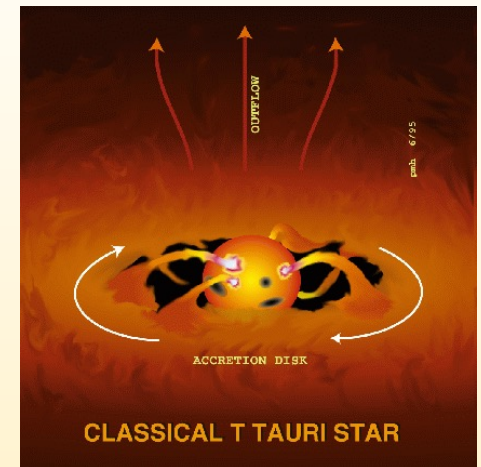
Nebulosa del Águila

gas molecular

Clump/  
Grupo



Proto-estrella



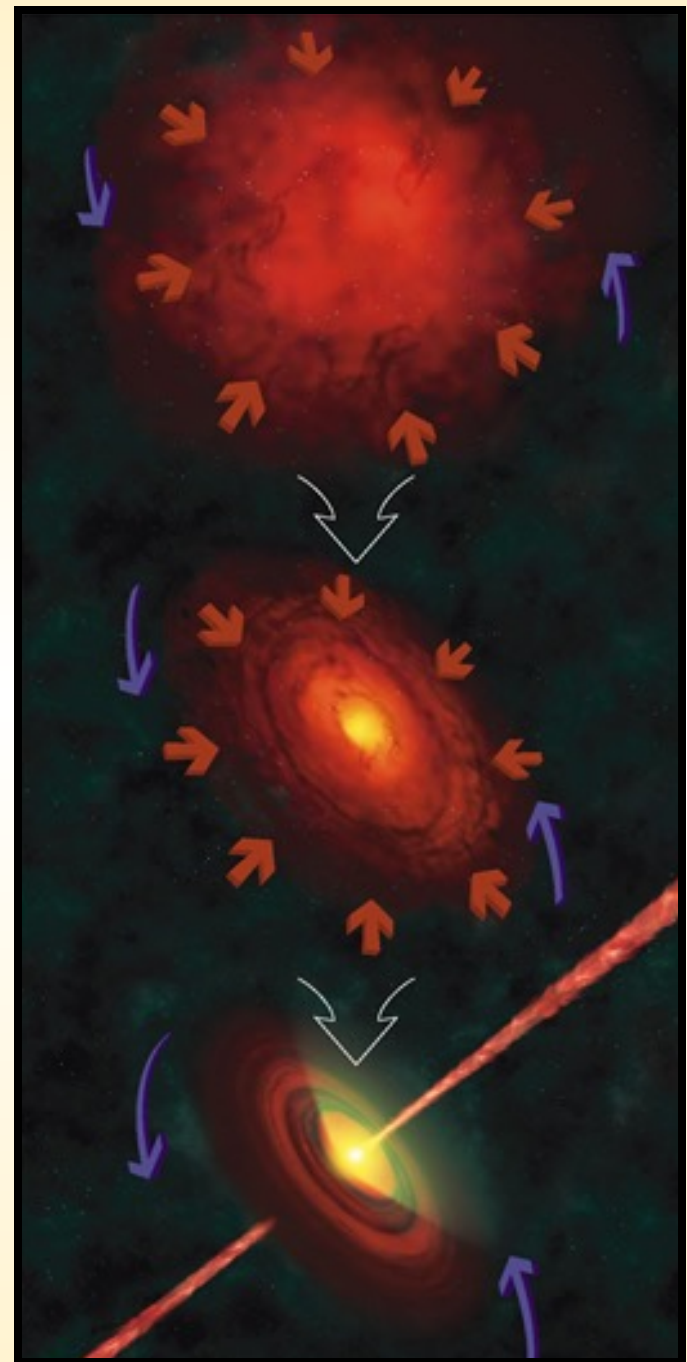
# Formación estelar

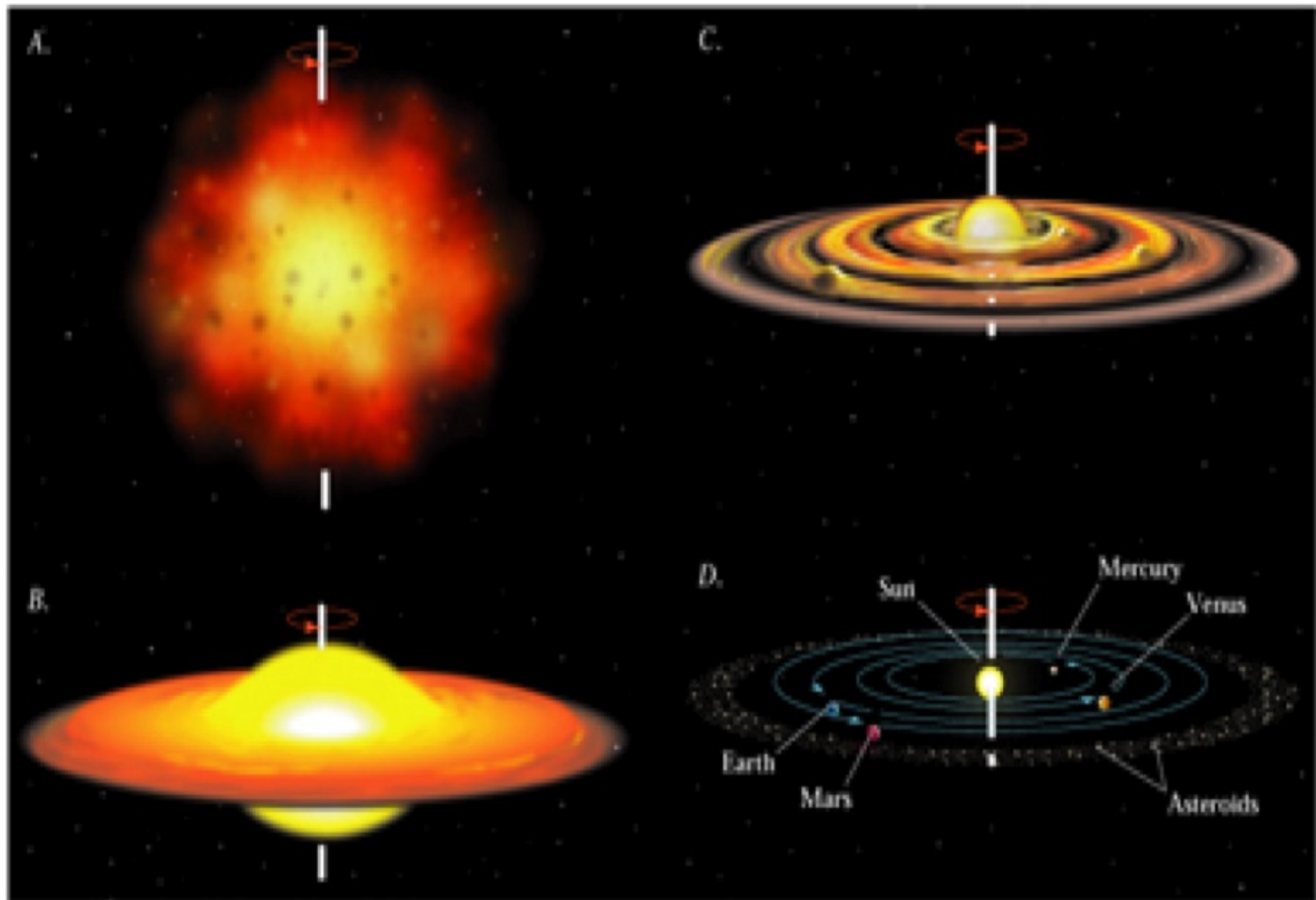
A medida que la proto-estrella se derrumba, el momento angular se conserva.

La proto-estrella gira más rápido.

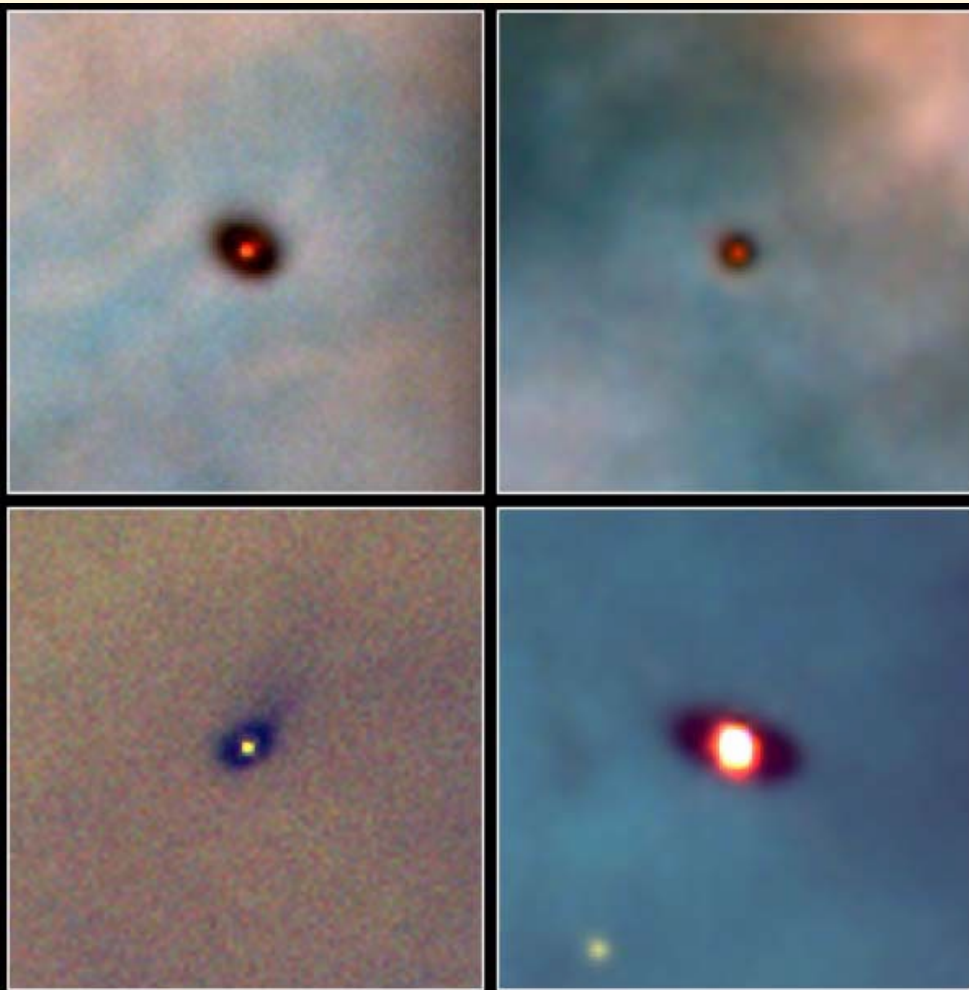
La materia que cae a la proto-estrella se aplana en un disco (proto-estelar).

Un sistema planetario podría formarse a partir de este disco.





# Discos Proto-planetarios en Orion:

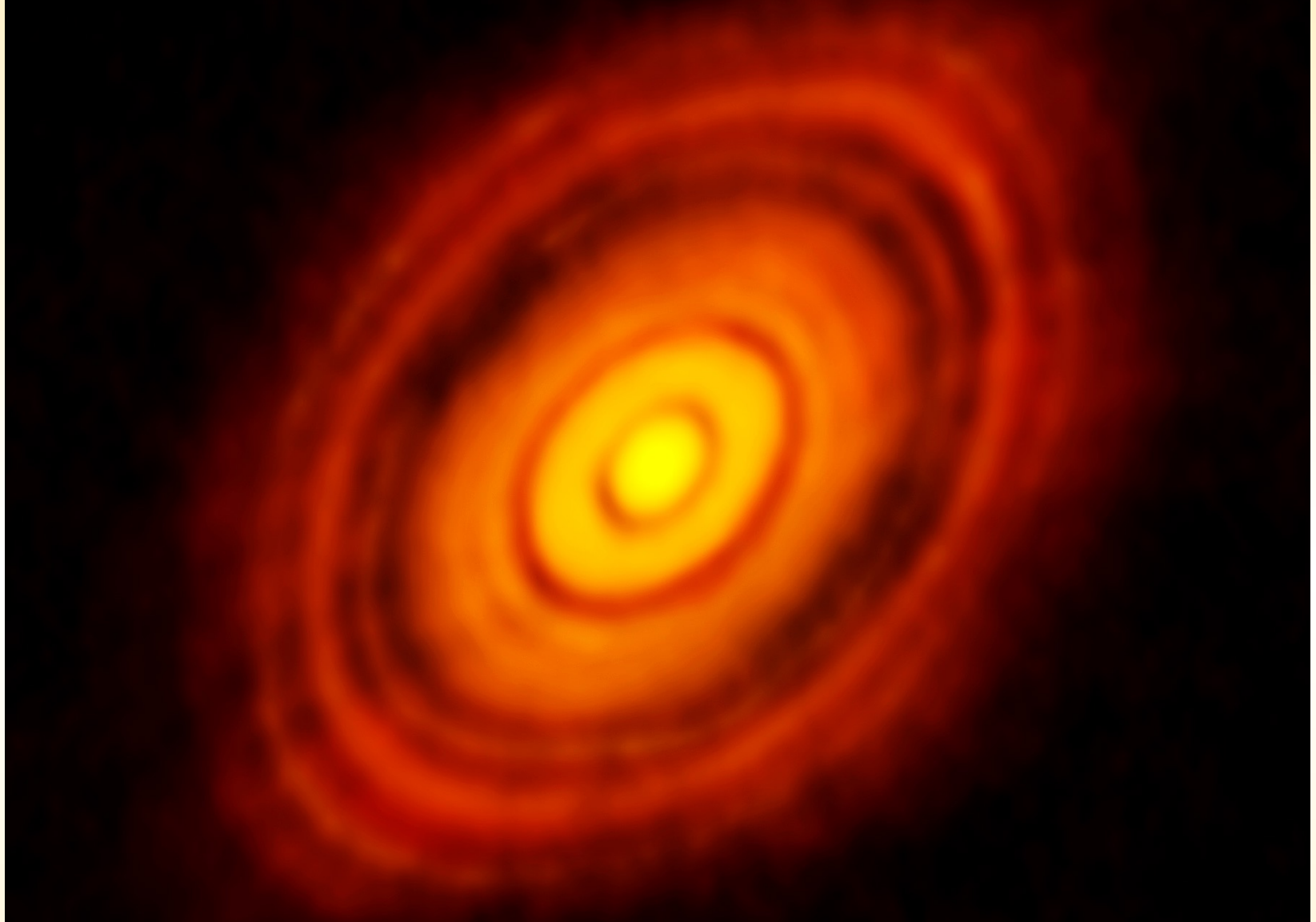


**Protoplanetary Disks  
Orion Nebula**

HST · WFPC2

PRC95-45b · ST ScI OPO · November 20, 1995  
M. J. McCaughrean (MPIA), C. R. O'Dell (Rice University), NASA

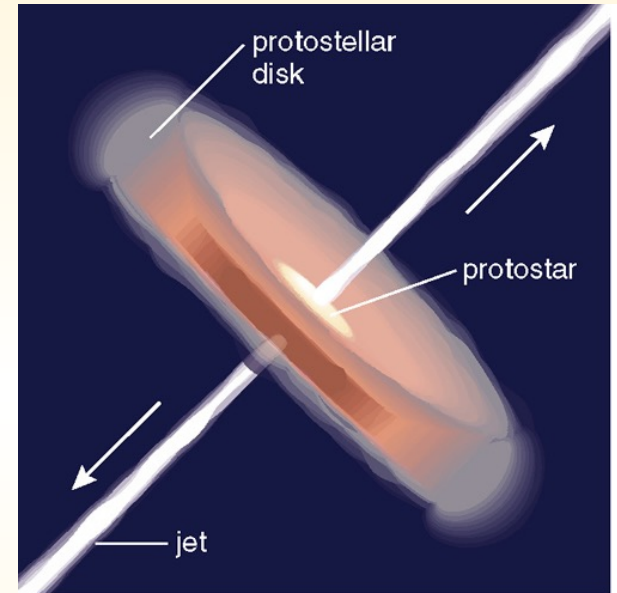
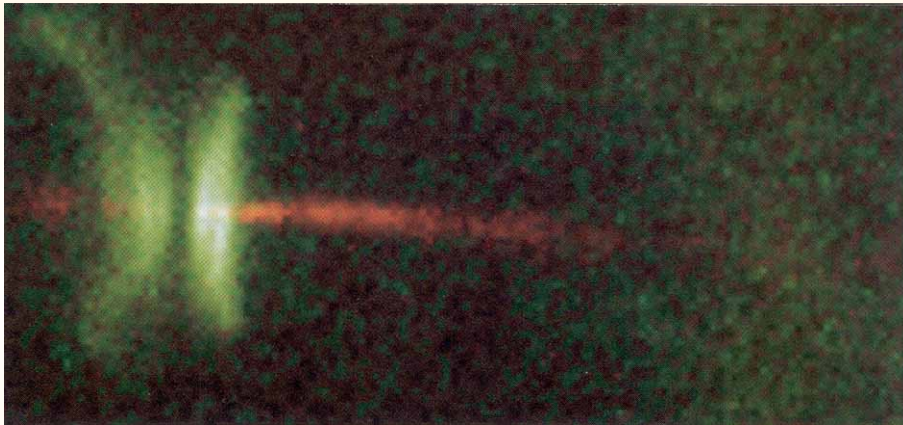
Normalmente son de un tamaño de 100 -1000 UA, con masas de 0.01 - 0.1 de la masa del Sol. La masa y el radio del disco aumenta con el aumento de masa estelar. Fueron encontrados alrededor de casi todas las estrellas jóvenes.



Nueva observacion (2015) de la estrella HL Tauri con su disco proto-planetario del telescopio ALMA.



# evidencia de chorros



A medida que la proto-estrella se calienta, suficiente energía térmica se irradia desde la superficie para permitir que el colapso continúe.

La energía se transporta a la superficie primeramente por convección.

Como el núcleo central es suficientemente caliente, la radiación transporta la energía.

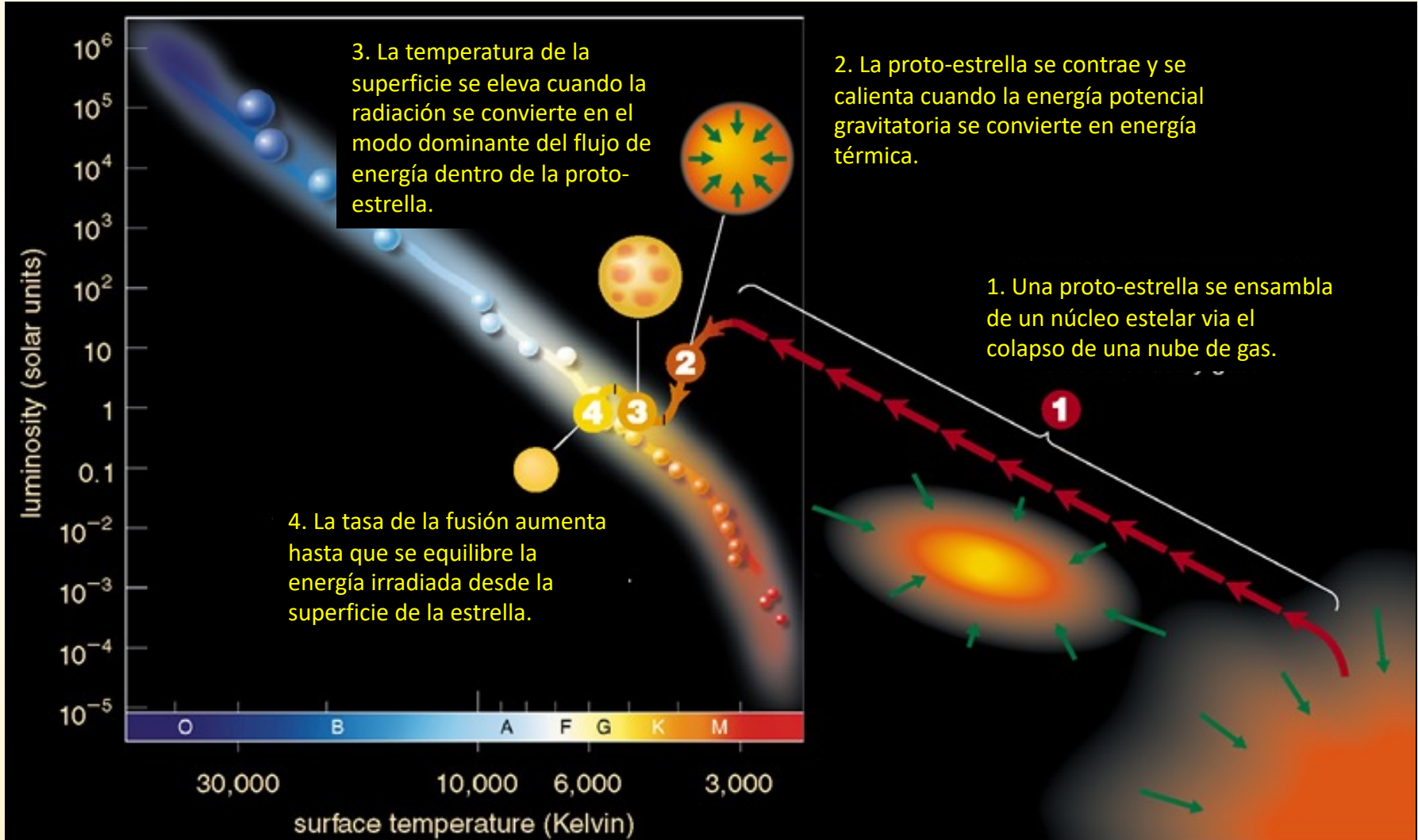
La proto-estrella debe librarse del momento angular, o se rompe.

Los campos magnéticos tiran del disco proto-estelar.

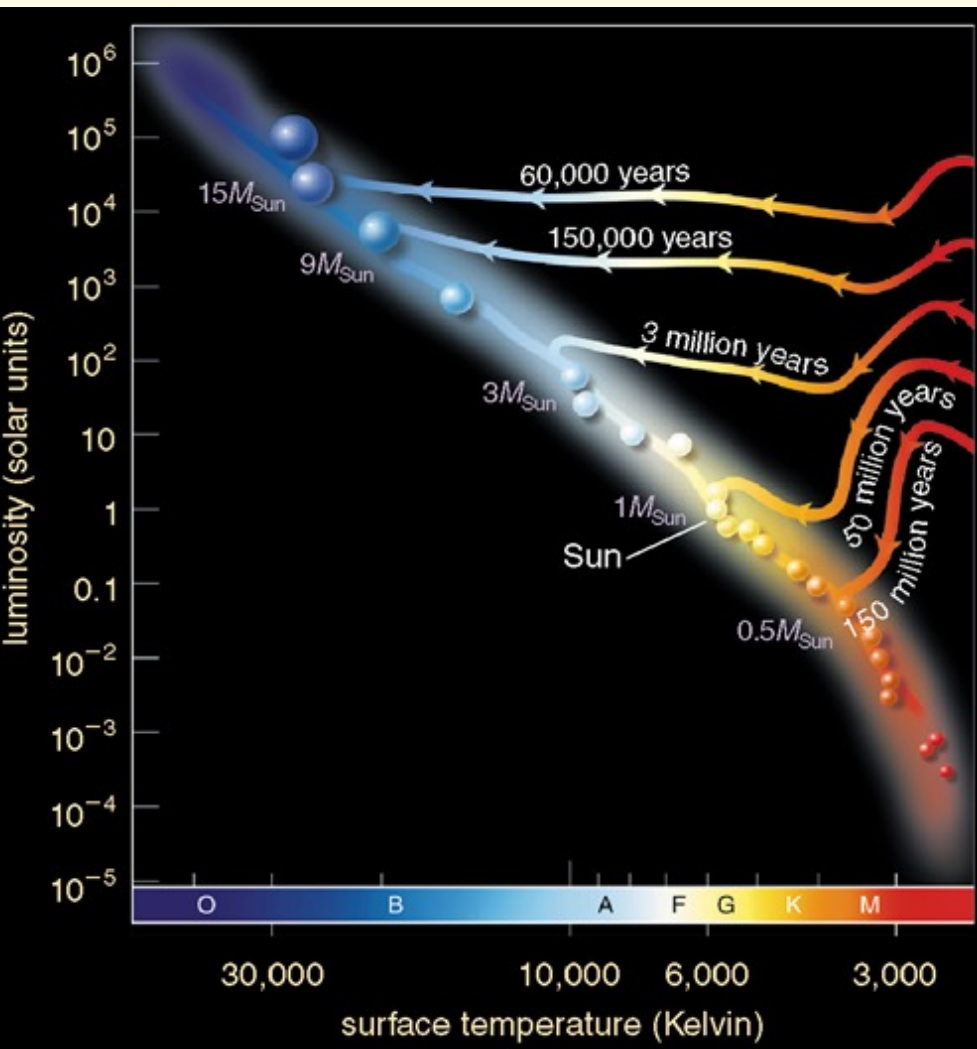
Podemos obtener fragmentación en binarios.

Las reacciones de fusión comienzan cuando el núcleo alcanza  $10^7$  K.

# Etapas de la formación estelar en el Diagrama H-R



# Llegada a la secuencia principal



La masa de la protoestrella determina:

- La duración de la fase de proto-estrella
- Donde la estrella se ubican en la MS, es decir, qué tipo espectral la estrella tendrá en la secuencia principal

# ¡Las estrellas se forman en cúmulos de estrellas!

- Sabemos que las estrellas no se forman de manera aislada o distribuida de manera uniforme.
- Se forman en cúmulos, asociaciones y grupos.



# Falta la Secuencia Principal

Si las protoestrellas tienen una masa

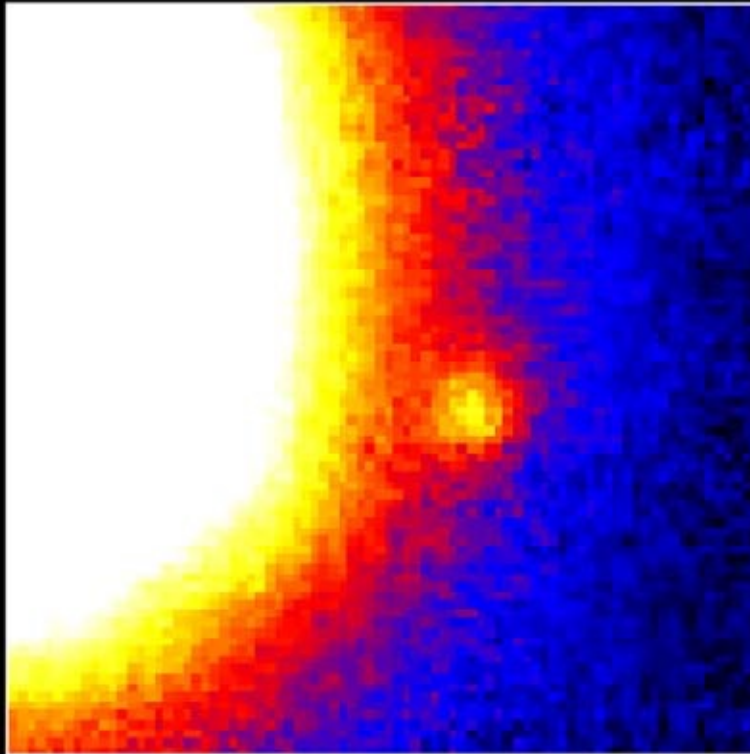
$$<0.08 M_{\text{Sol}} \text{ o } 80 M_{\text{Jupiter}}:$$

Llamamos a estos objetos **enanas marrones**.

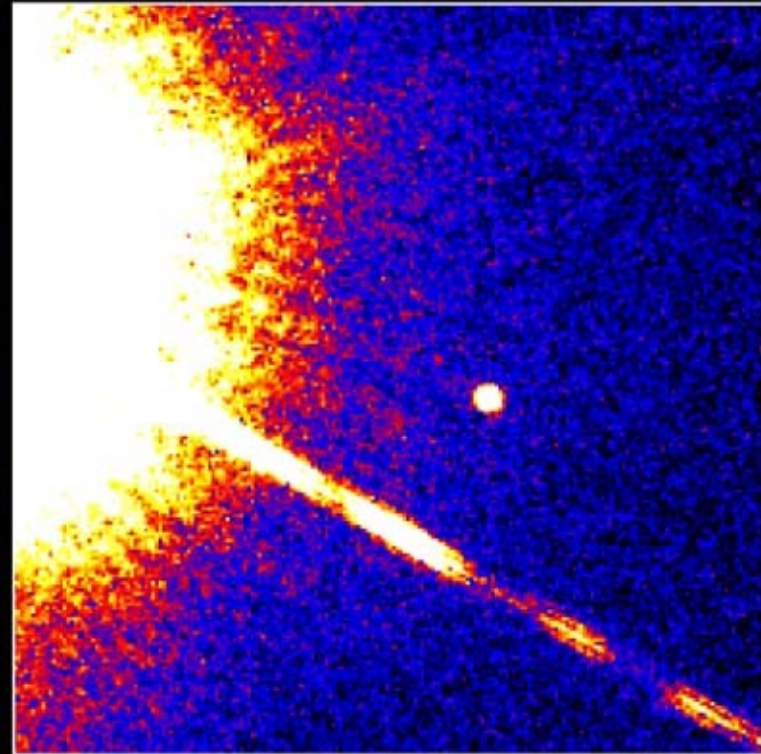
- No contienen suficiente energía gravitacional para alcanzar una temperatura interna de  $10^7$  K
- No se producen reacciones de fusión (excepción: deuterio y litio durante poco tiempo)
- Son muy débiles, emiten en infrarrojo, y han hecho núcleos de hidrógeno degenerado
  - Son convectivas en todas profundidades
- Limite bajo:  $13 M_{\text{jupiter}}$  .
- Tipos espectrales: L, T, Y

# El primer descubrimiento de una **enana marrón**

## Brown Dwarf Gliese 229B



**Palomar Observatory**  
Discovery Image  
October 27, 1994



**Hubble Space Telescope**  
Wide Field Planetary Camera 2  
November 17, 1995

PRC95-48 · ST Scl OPO · November 29, 1995

T. Nakajima and S. Kulkarni (CalTech), S. Durrance and D. Golimowski (JHU), NASA

