

¡EMPEZAMOS A LAS 9:30!

FORMACIÓN, VIDA Y MUERTE ESTELAR

SESIÓN 3

NACIMIENTO DE ESTRELLAS



LA CLASE ANTERIOR VIMOS

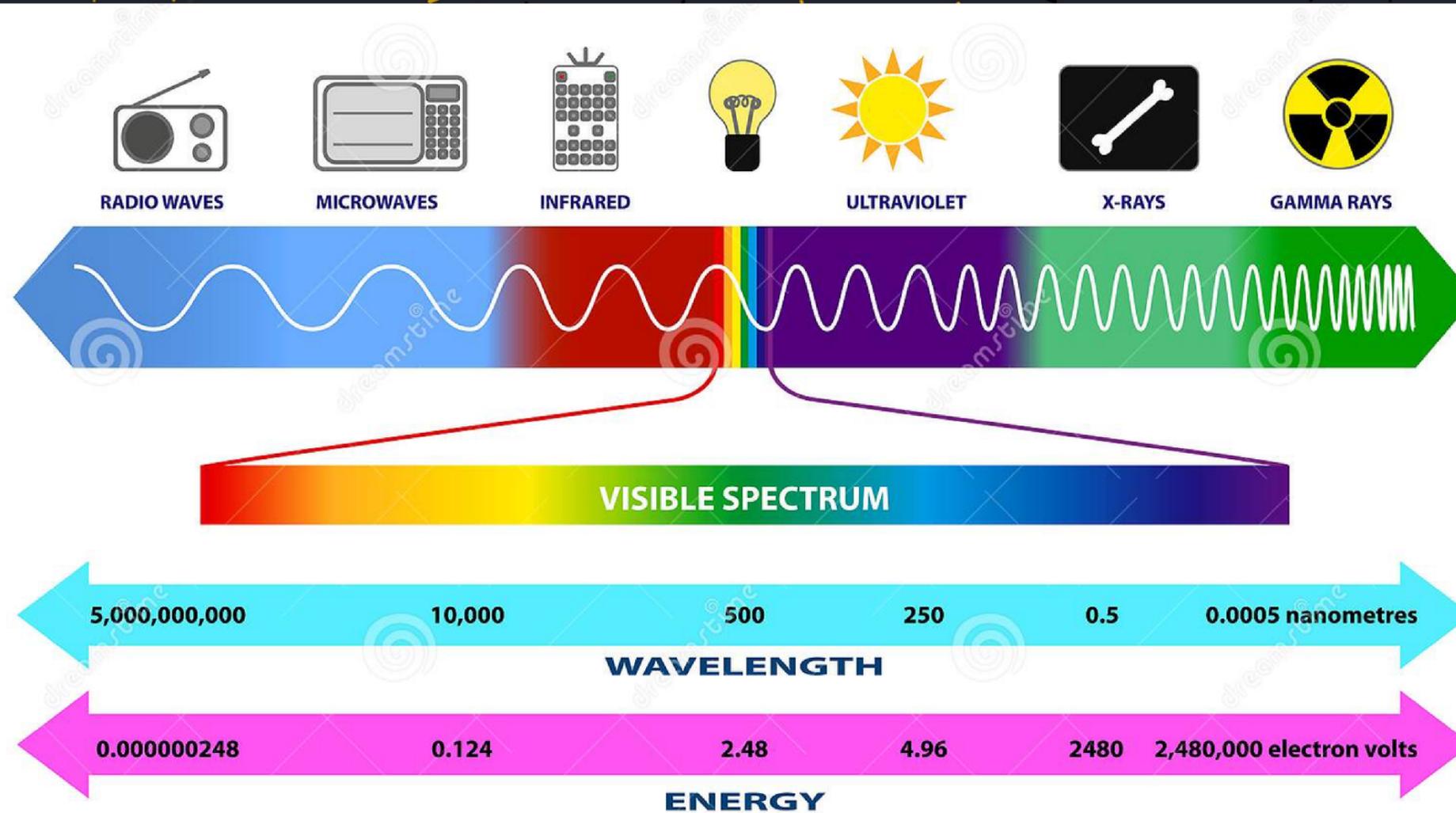
- DEFINICIONES BASICAS
- LUMINOSIDAD Y BRILLO
- TEMPERATURA DE UNA ESTRELLA
- LEY DE WIEN
- TIPOS DE ESTRELLAS
- DIAGRAMA HR
- TIPOS DE NEBULOSAS



REPASO!



REPASO!



$$f = \frac{c}{\lambda}, \quad \text{or} \quad f = \frac{E}{h}, \quad \text{or} \quad E = \frac{hc}{\lambda},$$

REPASO!

- LEY DE WIEN: RELACIÓN ENTRE LA TEMPERATURA Y EL MÁXIMO DE INTENSIDAD DE RADIACIÓN

CON LA LEY DE WIEN PODEMOS ESTIMAR LA TEMPERATURA DE UNA ESTRELLA OBSERVANDO DE QUE COLOR ES.

$$\lambda = \frac{0.290 K cm}{T}$$



$$\lambda = \frac{2.900.000 [K nm]}{T}$$

Ojo que debemos usar las unidades de medida correcta!

REPASO!

LA LUMINOSIDAD DE UNA ESTRELLA ES UNA CARACTERISTICA QUE NO DEPENDE DE LA DISTANCIA. SOLO DEPENDE DE SU TEMPERATURA Y DEL RADIO.

$$L_* = 4\pi R_*^2 \sigma T^4$$

REPASO!

EL BRILLO ES UNA CARACTERISTICA QUE SI DEPENDE DE LA DISTANCIA A LA QUE OBSRVAMOS UNA ESTRELLA.

2 ESTRELLAS DE LA MISMA LUMINOSIDAD APARECERAN CON UN BRILLO DIFERENTE SI SE ENCUENTRAN A DISTINTAS DISTANCIAS

PODEMOS UTILIZAR EL FLUJO O LA MAGNITUD PARA MEDIR EL BRILO

$$F = \frac{L}{4\pi D^2}$$

D es la distancia, mientras mas lejos esté el objeto menos flujo recibiremos y por lanto el objeto parecera menos brillos

REPASO!

PODEMOS RELACIONAR EL FUJO CON LA MAGNITUD DE LA SIGUENTE FORMA:

$$m = -2.5 \log(F) + cte$$

La constante dependera de el filtro y las unidades de medida en las que estemos realizando las observaciones

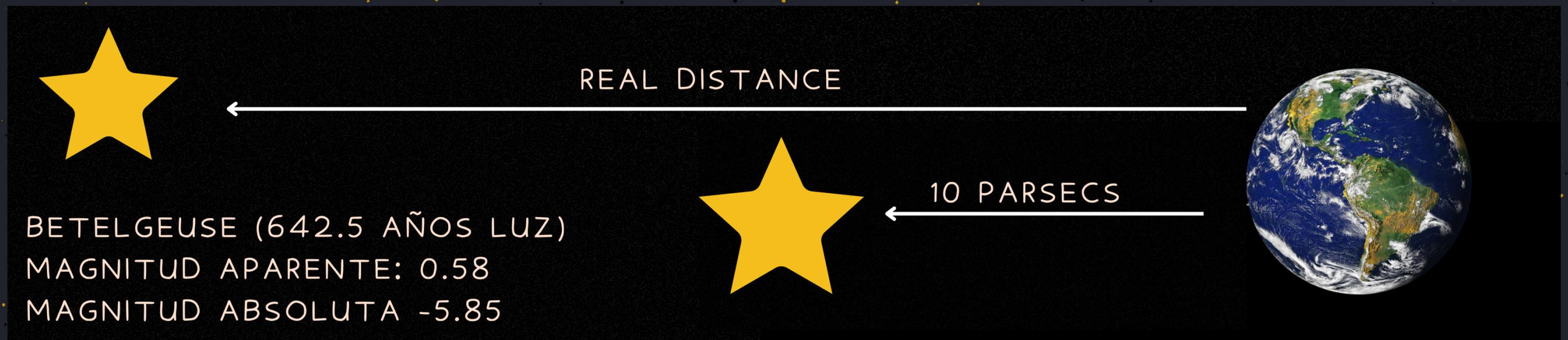
REPASO!

MAGNITUD APARENTE

BRILLO DE UN OBJETO TAL Y COMO ES OBSERVADO POR UN OBSERVADOR EN LA TIERRA

MAGNITUD ABSOLUTA

BRILLO QUE TENDRÍA EL OBJETO SI SE ENCONTRARA A UNA DISTANCIA DE 10 PÁRSECS (32.6 AÑOS LUZ)



¿CÓMO SE UTILIZA UNA
CALCULADORA CIENTÍFICA?

CASIO

fx-82MS

S-V.P.A.M.

sin 63° 52' 41" →
0.978590 120⁻⁰¹

Calculator keypad with the following buttons and labels:

- SHIFT, ALPHA, MODE CLR, ON
- x^{-1} , nPr, nCr, Pol(, x^3
- d/c, a/b/c, $\sqrt{\quad}$, x^2 , \wedge , 10^x , log, ln
- (-), 0.999, hyp, sin, cos, tan
- STO, RCL, ENG, (,), , M+
- 7, 8, 9, DEL, AC
- 4, 5, 6, X, ÷
- S-SUM, S-VAR, 1, 2, 3, +, -
- Rnd, Rnd#, π , DRG, %, 0, ., EXP, Ans, =

CASIO

fx-82MS

S-V.P.A.M.

sin 63° 52' 41" →
0.978590 120⁻⁰¹

Calculator keypad with the following buttons and labels:

- Row 1: SHIFT, ALPHA, MODE CLR, ON
- Row 2: x^{-1} , nPr, nCr, Recl, Pol(, x^3
- Row 3: d/c, a/b/c, $\sqrt{\quad}$, x^2 , \wedge (circled in red), log, e^x , e
- Row 4: (−), 0.999, hyp, sin, cos, tan
- Row 5: STO, RCL, ENG, (,), , M+
- Row 6: 7, 8, 9, DEL, AC
- Row 7: 4, 5, 6, X, ÷
- Row 8: 1, 2, 3, +, −
- Row 9: 0, ., EXP, Ans, =

¿QUÉ COLOR EMITE UNA ESTRELLA CON $T = 3000 \text{ K}$?

$$\lambda = \frac{2900000 [K \text{ nm}]}{T}$$



Respuesta:

¿QUÉ COLOR EMITE UNA ESTRELLA CON $T = 3800 \text{ K}$?

$$\lambda = \frac{29000000 [K \text{ nm}]}{T}$$



Respuesta: **ROJO**

¿QUÉ COLOR EMITE UNA ESTRELLA CON $T = 5200\text{K}$?

$$\lambda = \frac{29000000 [K nm]}{T}$$



Respuesta:

¿QUÉ COLOR EMITE UNA ESTRELLA CON $T = 5200 \text{ K}$?

$$\lambda = \frac{2900000 [K \text{ nm}]}{T}$$



Respuesta: **Verde**

SI UNA ESTRELLA A 100 PC TIENE UNA MAG. ABSOLUTA = 5,
¿CUÁL ES SU MAGNITUD APARENTE?

$$m - M = 5 \log \frac{d}{10}$$

RESPUESTA:

SI UNA ESTRELLA A 100 PC TIENE UNA MAG. ABSOLUTA = 5,
¿CUÁL ES SU MAGNITUD APARENTE?

$$m - M = 5 \log \frac{d}{10}$$

RESPUESTA:

MAGNITUD APARENTE = 10

SI UNA ESTRELLA A 20 AÑOS LUZ TIENE UNA MAG.
APARENTE = -3, ¿CUÁL ES SU MAGNITUD ABSOLUTA?

$$m - M = 5 \log \frac{d}{10}$$

1 año luz corresponde a
0.306601 parsec

RESPUESTA:

SI UNA ESTRELLA A 20 AÑOS LUZ TIENE UNA MAG.
APARENTE = -3, ¿CUÁL ES SU MAGNITUD ABSOLUTA?

$$m - M = 5 \log \frac{d}{10}$$

1 año luz corresponde a
0.306601 parsec

RESPUESTA:

MAGNITUD ABSOLUTA = -1.93

CLASIFICACIÓN ESPECTRAL CLÁSICA*

O



Clase O. ≥ 30000 K
Masas solares ≥ 16
Radios solares $\geq 6,6$
Luminosidad ≥ 30000

B



Clase B. 10000-30000 K
Masas solares 2,1-16
Radios solares 1,8-6,6
Luminosidad 25-30000

A



Clase A. 7500-10000 K
Masas solares 1,4-2,1
Radios solares 1,4-1,8
Luminosidad 5-25

F



Clase F. 6000-7500 K
Masas solares 1,04-1,4
Radios solares 1,15-1,4
Luminosidad 1,5-5

G



Clase G 5200-6000 K
Masas solares 0,8-1,04
Radios solares 0,96-1,15
Luminosidad 0,6-1,5

K



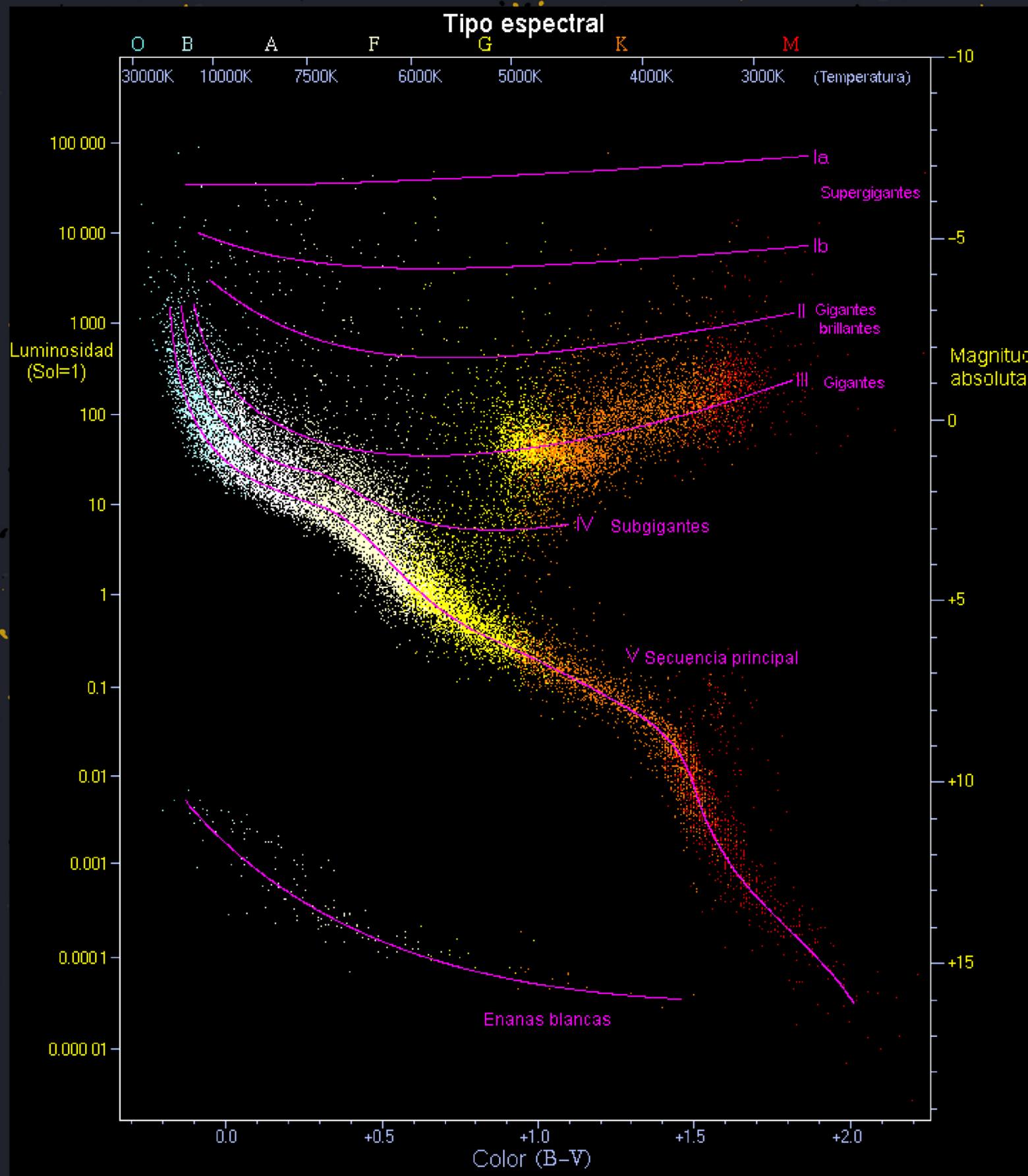
Clase K. 3200-5200 K
Masas solares 0,45-0,8
Radios solares 0,7-0,96
Luminosidad 0,08-0,6

M



Clase M. 2400-3700 K
Masas solares 0,08-0,45
Radios solares $\leq 0,7$
Luminosidad solar $\leq 0,08$

* Estrellas en secuencia principal

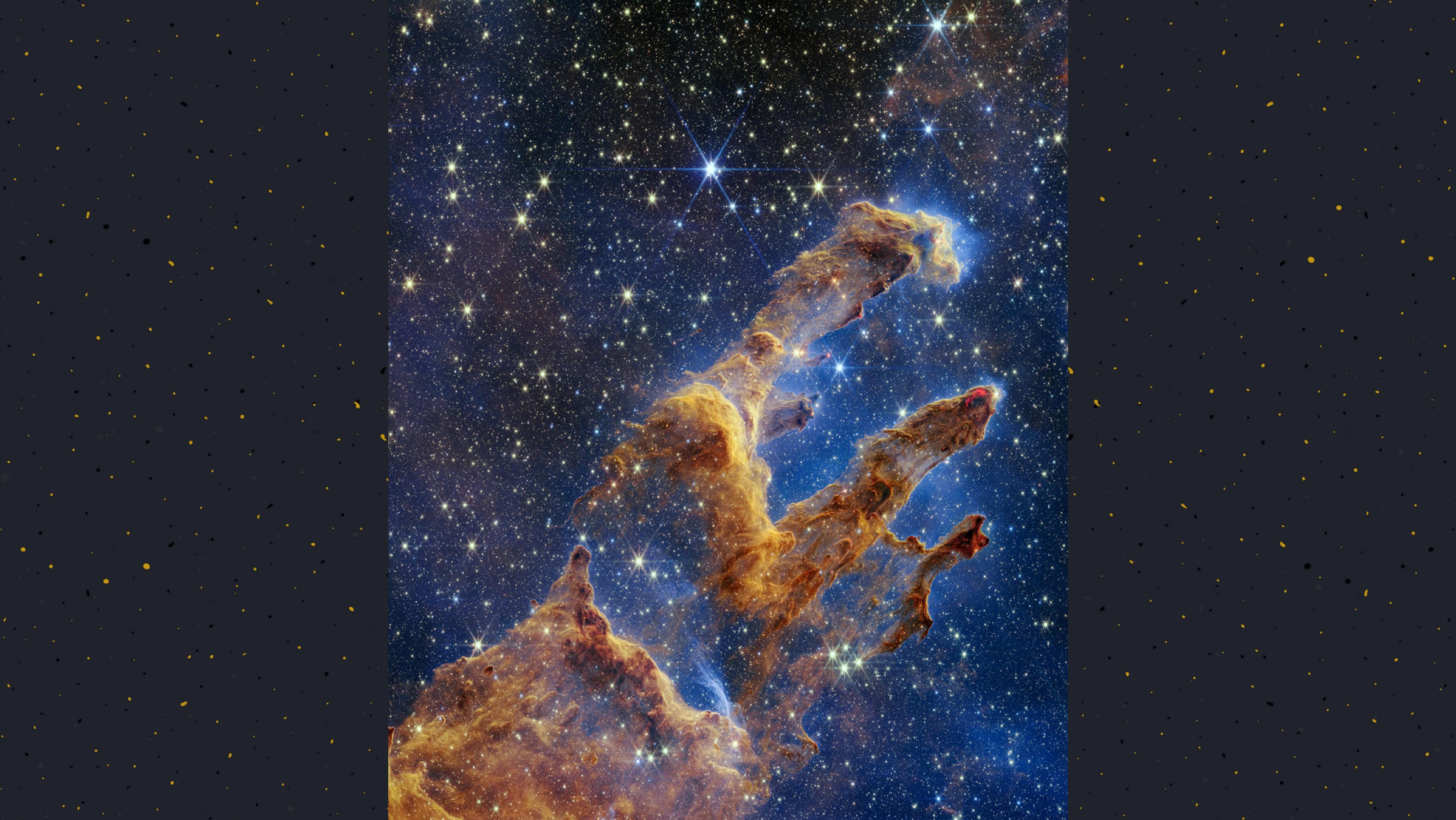












CONDICIONES PARA EL COLAPSO GRAVITACIONAL

- **NO** DEBE HABER EQUILIBRIO (TEOREMA DEL VIRIAL) ENTRE LA PRESIÓN RADIATIVA Y LA GRAVEDAD
- DEBE TENER SUFICIENTE MASA PARA QUE LA PRESIÓN NO "LO SOPORTE"
- LA MASA LÍMITE PARA QUE UNA NUBE MOLECULAR COLAPSE SE DENOMINA MASA DE JEANS



CONDICIONES PARA EL COLAPSO GRAVITACIONAL

- **NO** DEBE HABER EQUILIBRIO (TEOREMA DEL VIRIAL) ENTRE LA PRESIÓN RADIATIVA Y LA GRAVEDAD
- DEBE TENER SUFICIENTE MASA PARA QUE LA PRESIÓN NO "LO SOPORTE"
- LA MASA LÍMITE PARA QUE UNA NUBE MOLECULAR COLAPSE SE DENOMINA MASA DE JEANS



MASA DE JEANS

CALCULADA EN 1902 POR EL FÍSICO Y ASTRÓNOMO JAMES JEANS.

MASA CRÍTICA, SI SE SUPERA LA NUBE SE VUELVE INESTABLE Y PUEDE COLAPSAR.

LA NUBE SE VUELVE MÁS INESTABLE SI HAY UNA MAYOR MASA, MENOR TEMPERATURA Y MENOR RADIO (MÁS DENSA Y FRÍA)



MASA DE JEANS

$$M > \left(\frac{5kT}{\mu m_H G} \right)^{3/2} \left(\frac{3}{4\pi\rho} \right)^{1/2} = M_J$$

MASA DE JEANS

$$M > \left(\frac{5kT}{\mu m_H G} \right)^{3/2} \left(\frac{3}{4\pi\rho} \right)^{1/2} = M_J$$

COMO SE DERIVA ESTA EXPRESIÓN?

TEOREMA DEL VIRIAL

EL TEOREMA VIRIAL, DESCRIBE LA CONDICIÓN DE EQUILIBRIO DE UN SISTEMA GRAVITATORIO ESTABLE. EL TEOREMA DEL VIRIAL TAMBIÉN PUEDE UTILIZARSE PARA ESTIMAR LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA EL COLAPSO PROTOESTELAR.

$$2K + U = 0$$

U ES LA ENERGÍA POTENCIAL GRAVITATORIA (DEBIDO A LA ATRACCIÓN GRAVITACIONAL DE LAS PARTICULAS)

K ES LA ENERGÍA CINÉTICA INTERNA TOTAL DE LAS PARTICULAS EN LA NUBE MOLECULAR

TEOREMA DEL VIRIAL

SI EL DOBLE DE LA ENERGÍA CINÉTICA INTERNA TOTAL DE UNA NUBE MOLECULAR ($2K$) SUPERA EL VALOR ABSOLUTO DE LA ENERGÍA POTENCIAL GRAVITATORIA ($|U|$), LA FUERZA DEBIDA A LA PRESIÓN DEL GAS DOMINARÁ A LA FUERZA DE GRAVEDAD Y LA NUBE SE EXPANDIRÁ

$$2K > |U|$$



LA PRESIÓN GANA Y LA NUBE NO ES CAPAZ DE COLAPSAR

TEOREMA DEL VIRIAL

POR OTRO LADO, SI LA ENERGÍA CINÉTICA INTERNA (K) ES DEMASIADO BAJA, LA NUBE SE COLAPSARÁ. EL LÍMITE ENTRE ESTOS DOS CASOS DESCRIBE LA CONDICIÓN CRÍTICA PARA LA ESTABILIDAD CUANDO SE DESPRECIAN LA ROTACIÓN, LA TURBULENCIA Y LOS CAMPOS MAGNÉTICOS.

$$2K < U \Rightarrow 0$$



LA GRAVEDAD GANA Y LA NUBE ES CAPAZ DE COLAPSAR

TIEMPO DE CAIDA O COLAPSO

ES POSIBLE CALCULAR LA ESCALA DE TIEMPO DE CAÍDA LIBRE DE UNA NUBE QUE HA CUMPLIDO EL CRITERIO DE JEANS.

$$t_{ff} = \left(\frac{3\pi}{32G\rho_0} \right)^{1/2}$$



Densidad original de la nube

EL TIEMPO DE CAÍDA LIBRE ES INDEPENDIENTE DEL RADIO INICIAL DE LA ESFERA. EN CONSECUENCIA, SIEMPRE QUE LA DENSIDAD ORIGINAL DE LA NUBE MOLECULAR ESFÉRICA FUERA UNIFORME, TODAS LAS PARTES DE LA NUBE TARDARÁN LO MISMO EN COLAPSAR, Y LA DENSIDAD AUMENTARÁ AL MISMO RITMO EN TODAS PARTES. ESTE COMPORTAMIENTO SE CONOCE COMO COLAPSO HOMÓLOGO.

TIEMPO DE CAIDA O COLAPSO

POR EJEMPLO, PARA UNA NUBE DE DENSIDAD IGUAL A:

$$t_{ff} = \left(\frac{3\pi}{32G\rho_0} \right)^{1/2}$$



Densidad original de la nube

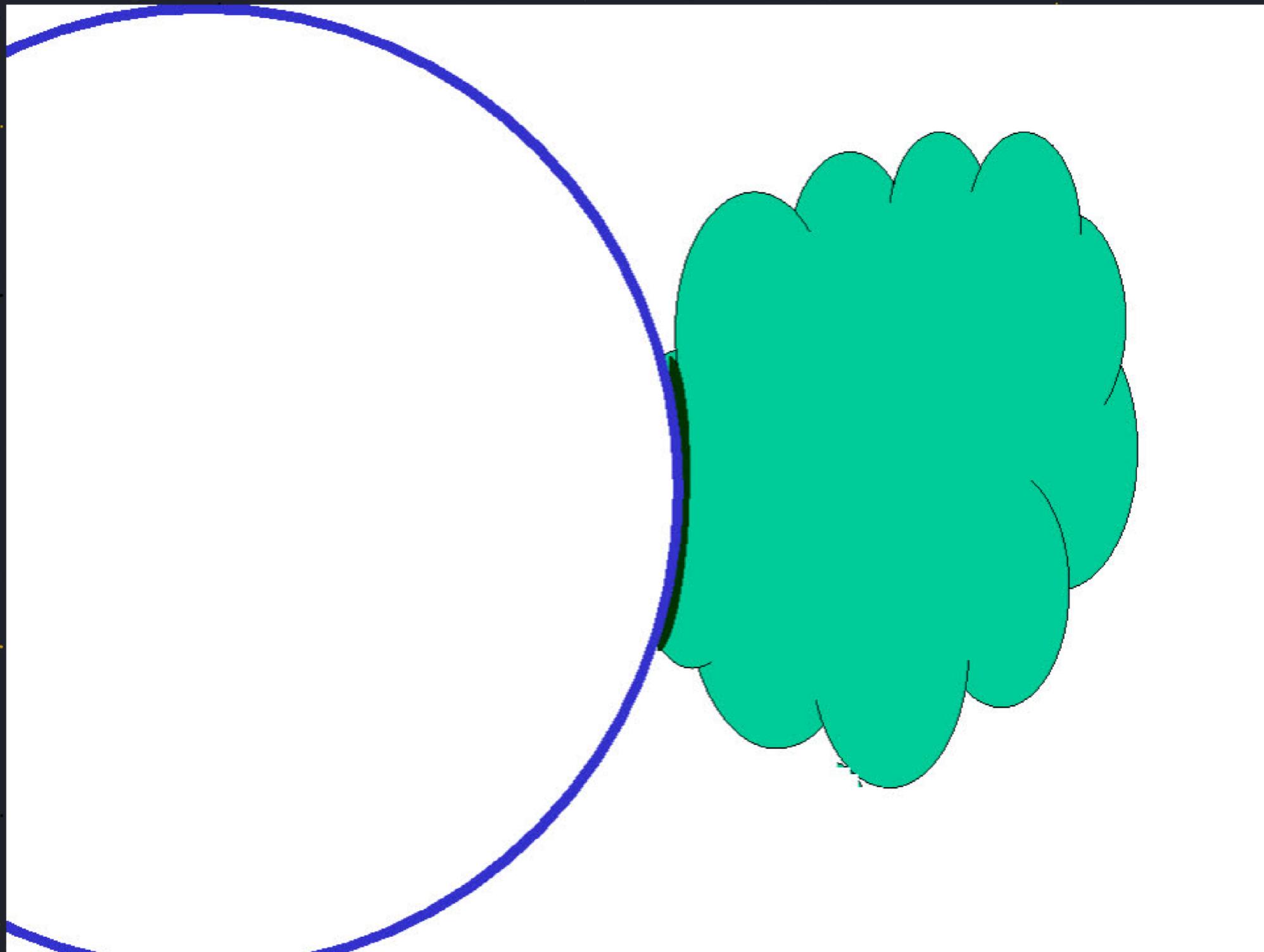
$$\rho_0 = 3 * 10^{-17} [kgm^{-3}]$$

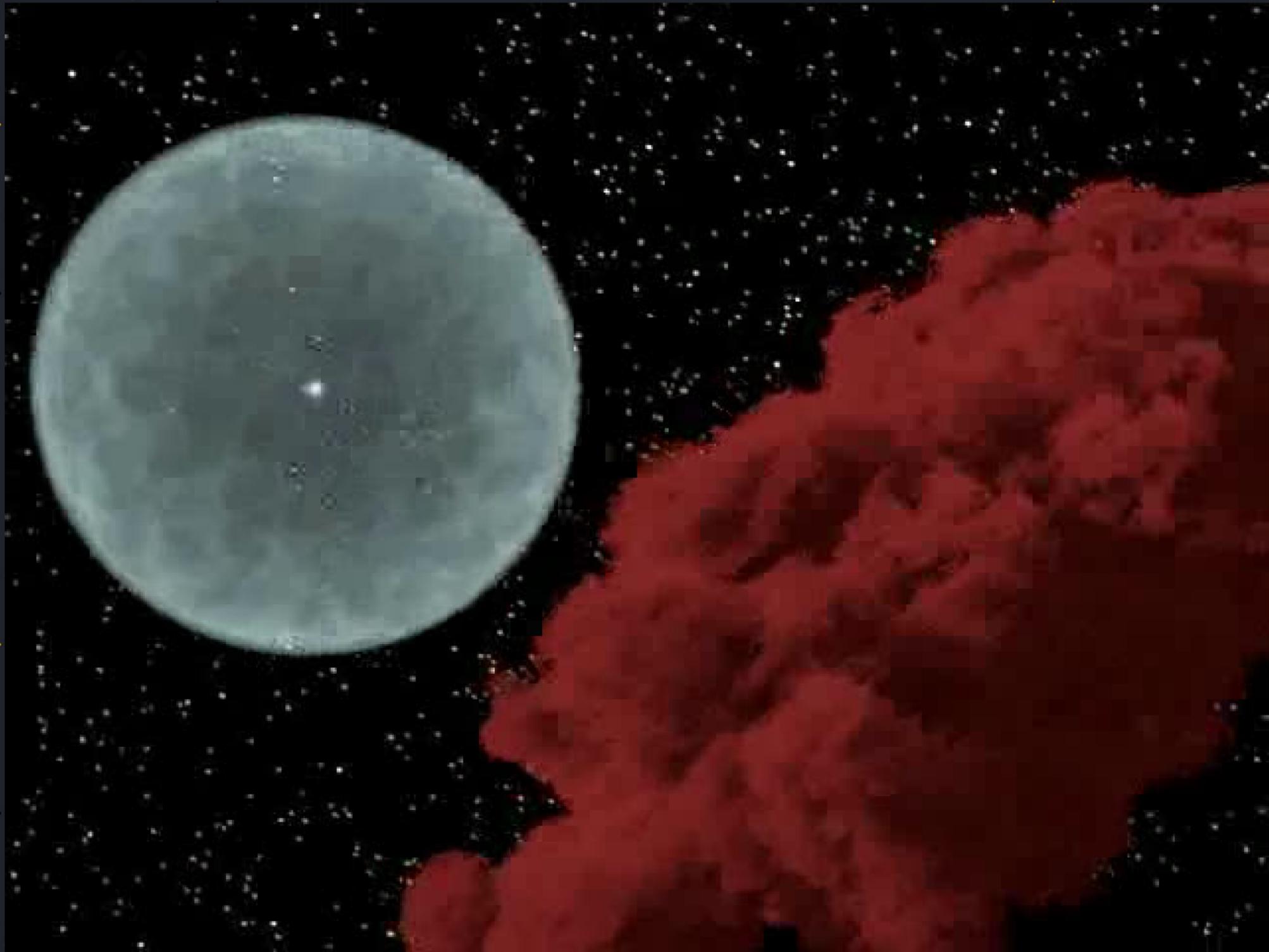
$$t_{ff} = 3.8 \times 10^5 \text{ yr.}$$

¿DE DÓNDE SALEN ESTAS INESTABILIDADES?

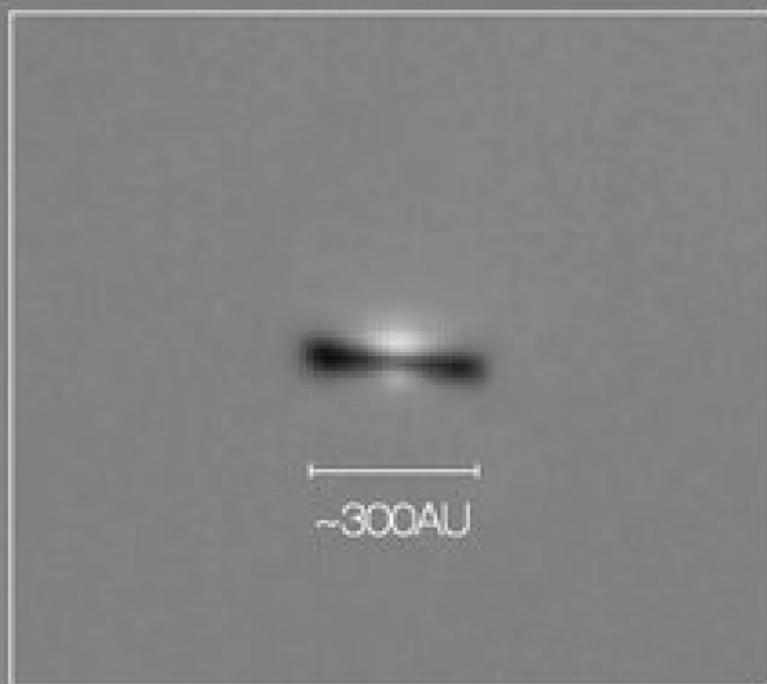
- CHOQUE ENTRE NUBES MOLECULARES
- EXPLOSIONES DE ESTRELLAS CERCANAS (SUPERNOVAS)
- COLISIONES GALÁCTICAS







**UNA VEZ QUE COLAPSA LA
NUBE, COMIENZA EL PROCESO
DE FORMACIÓN ESTELAR**

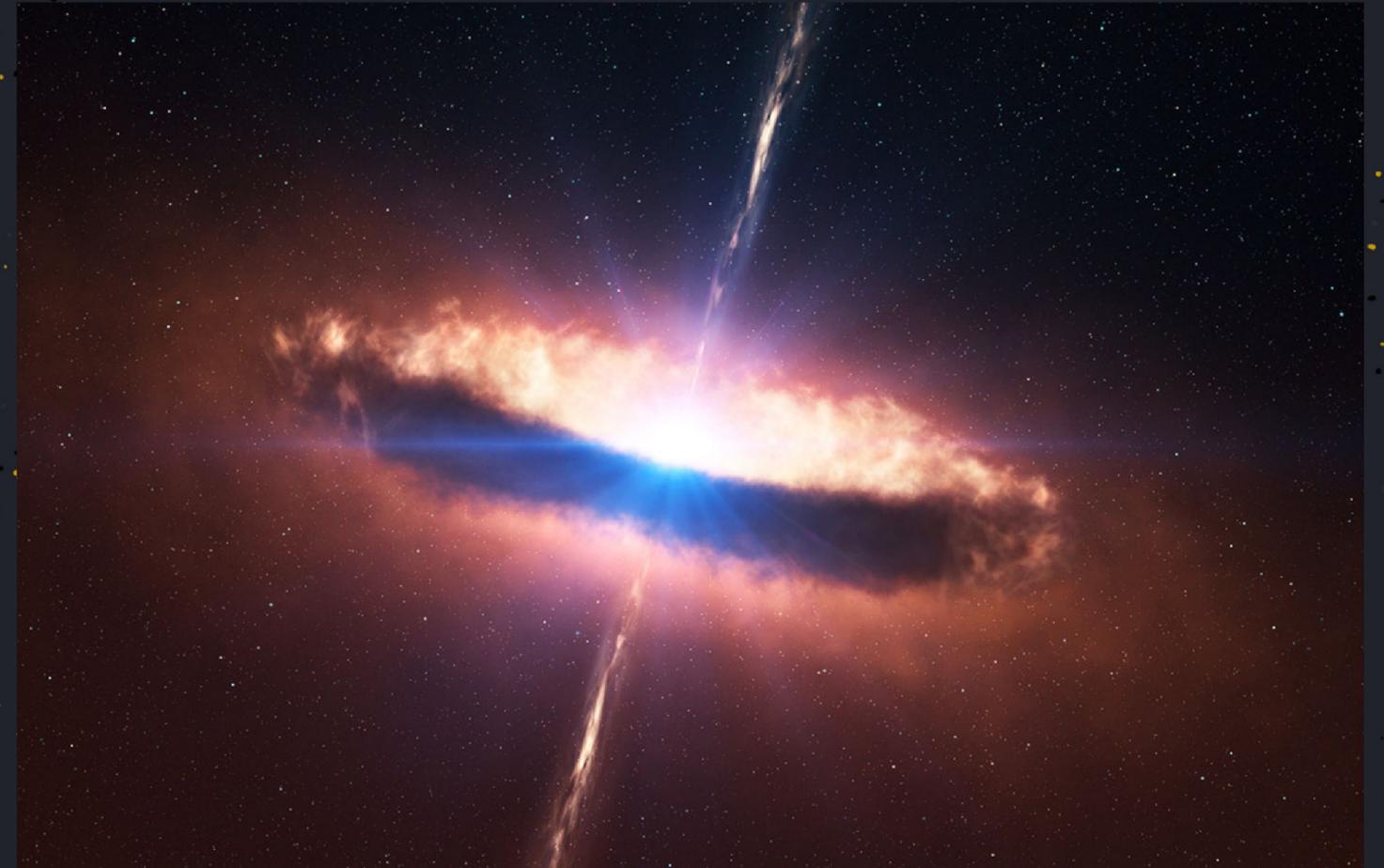


1

¿CÓMO NACE UNA ESTRELLA?

PROTOESTRELLA

UNA VEZ QUE LA NUBE
COLAPSA, DEBIDO A LA
GREVEDAD, EL POLVO Y EL
GAS COMIENZAN A
CONTRAERSE



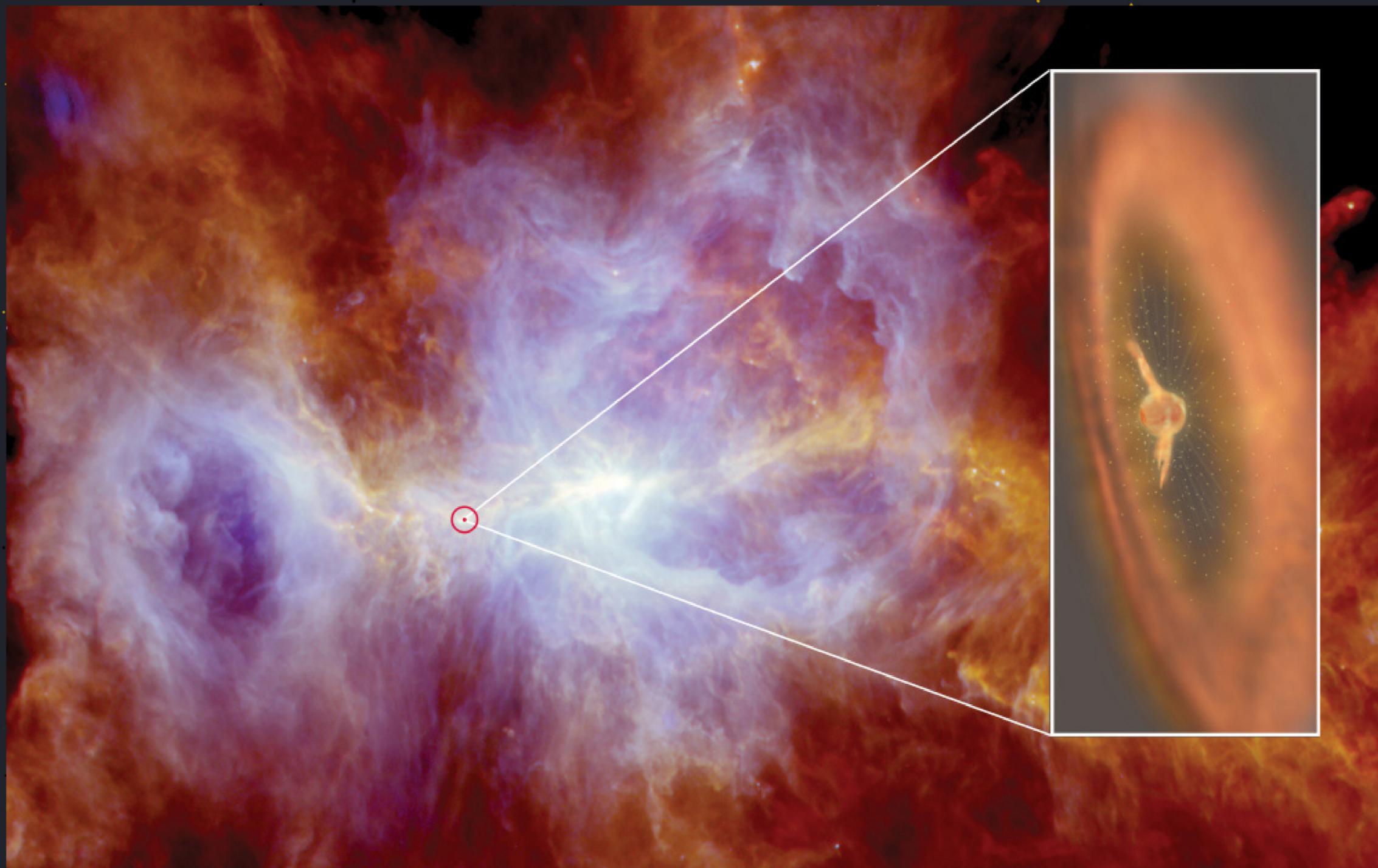
PROTOESTRELLA



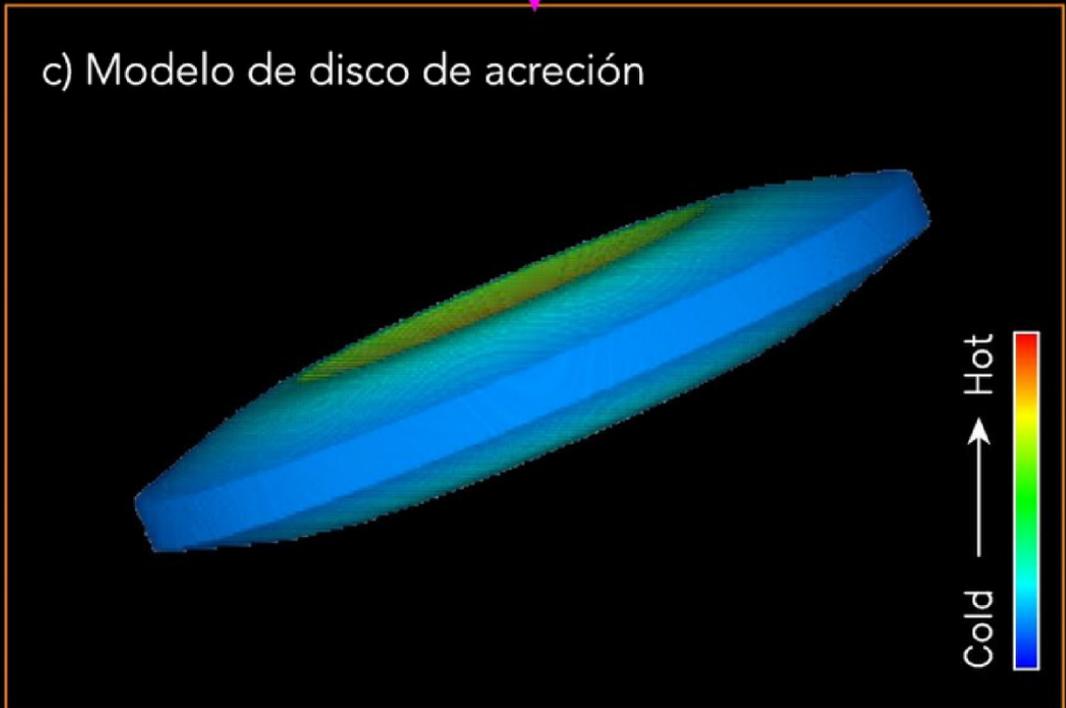
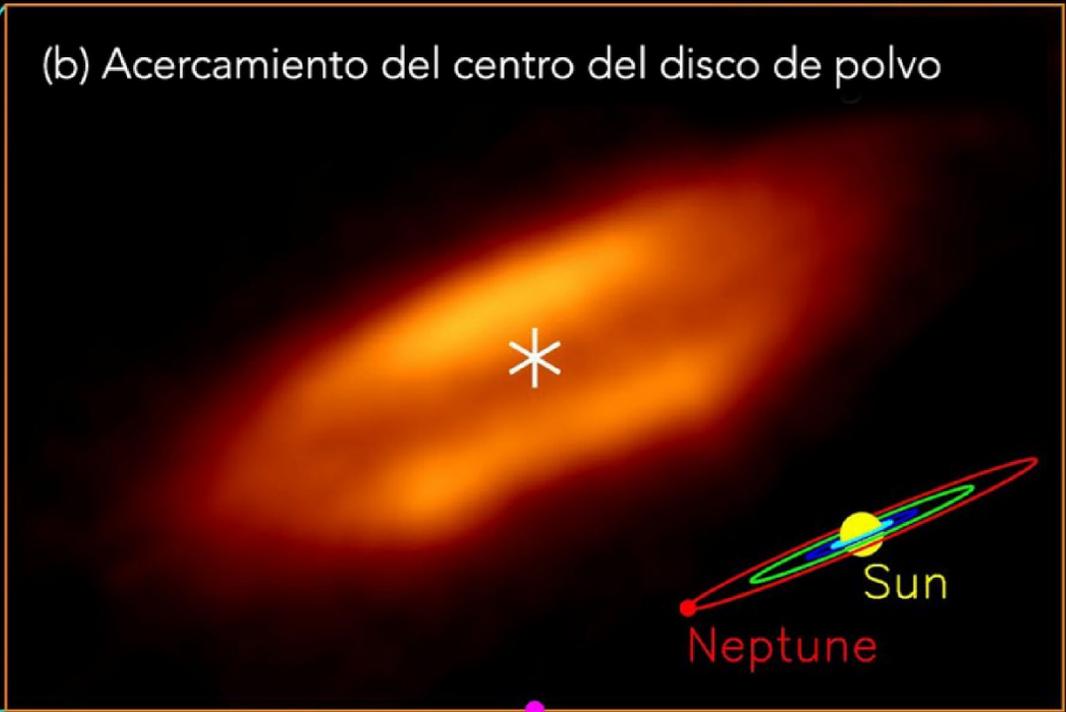
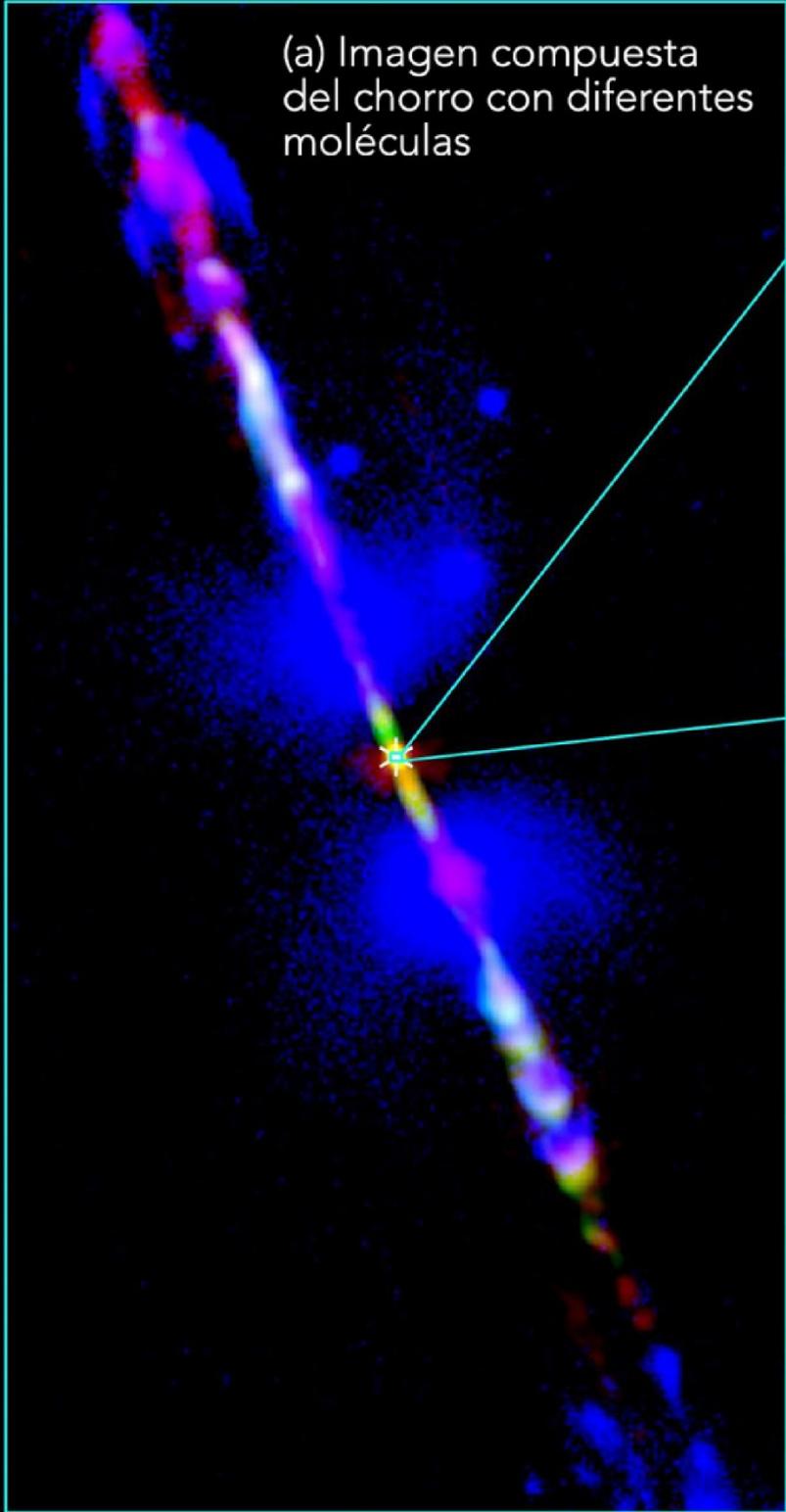
100.000 AÑOS

- MATERIAL EMPIEZA A JUNTARSE
- DENSIDAD AÚN BAJA
- NO AUMENTA MUCHO SU TEMPERATURA









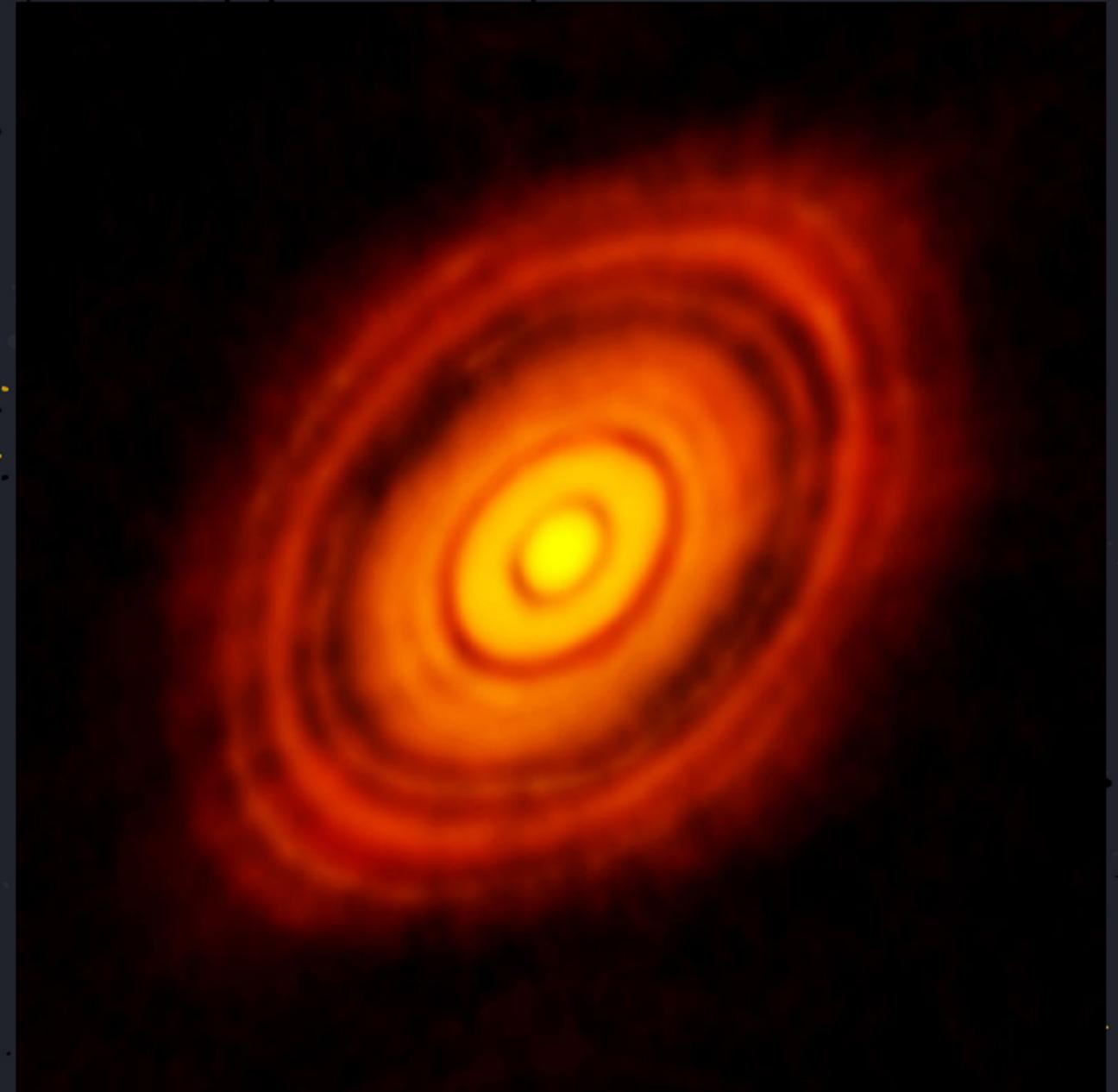
¿CÓMO NACE UNA ESTRELLA?

DISCO PROTOPLANETARIO

EL MATERIAL ALREDEDOR DE LA PROTOESTRELLA SE QUEDA GIRANDO FORMANDO UN DISCO.

ESTA ETAPA DE LA FORMACIÓN ESTELAR Y PLANETARIA ES MUY ESTUDIADA.

EXISTEN DISTINTOS TIPOS.

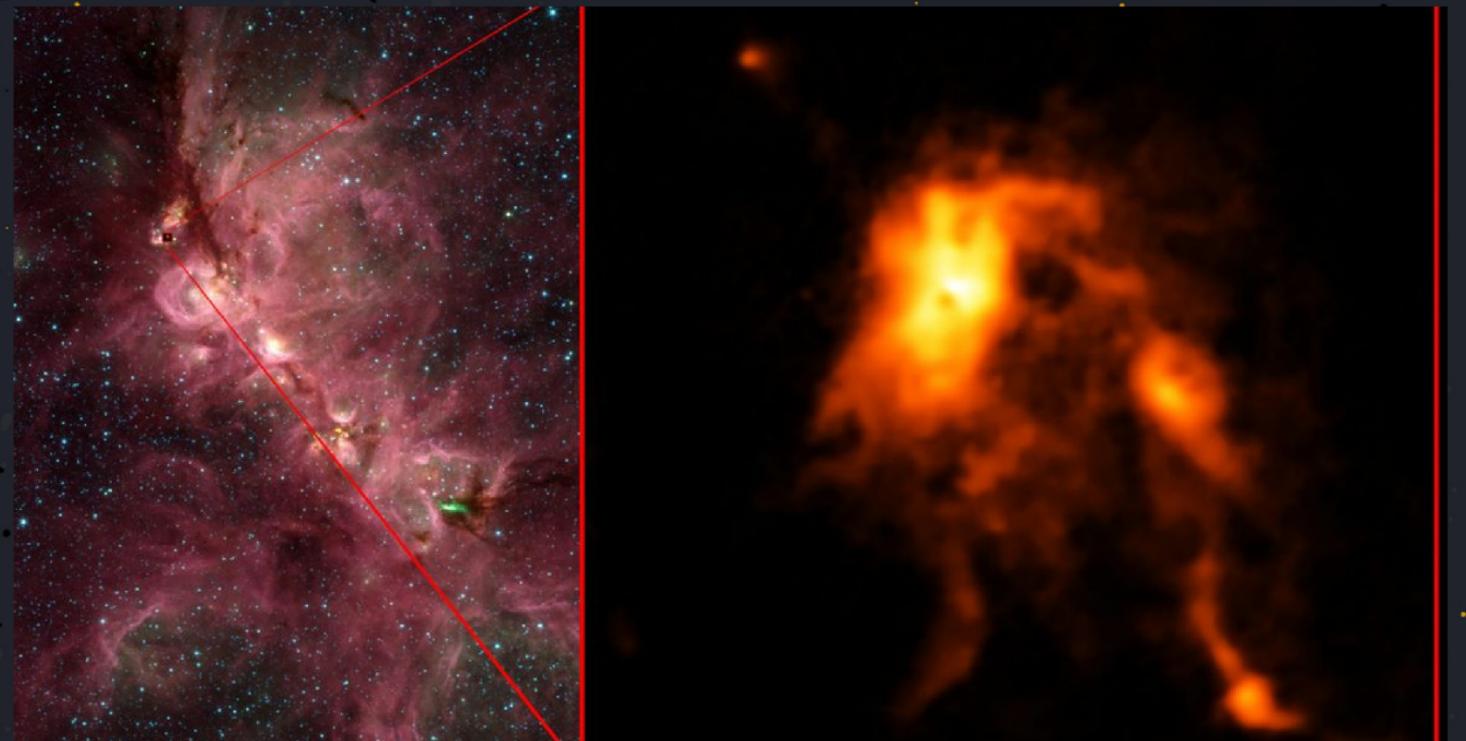


¿CÓMO NACE UNA ESTRELLA?

DISCO PROTOPLANETARIO

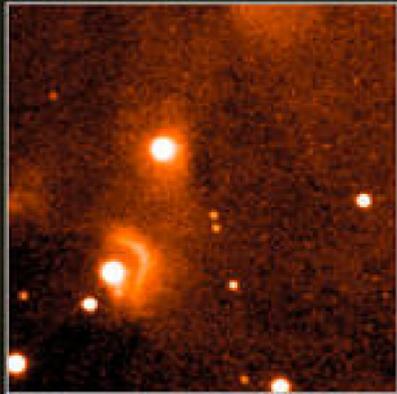
- CLASE 0:

SON LOS DISCOS MÁS JÓVENES, TIENEN MUCHO MATERIAL ALREDEDOR LO QUE HACE MUY DIFÍCIL ESTUDIARLOS.



HOPS 383: A deeply embedded protostar in outburst

KPNO, 2000



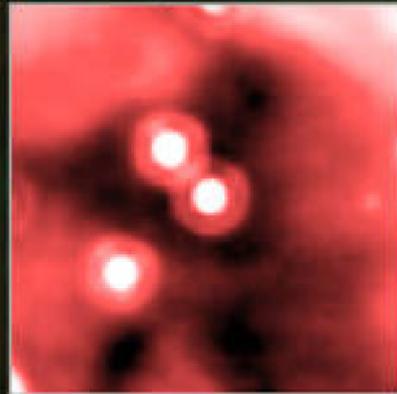
Spitzer, 2004



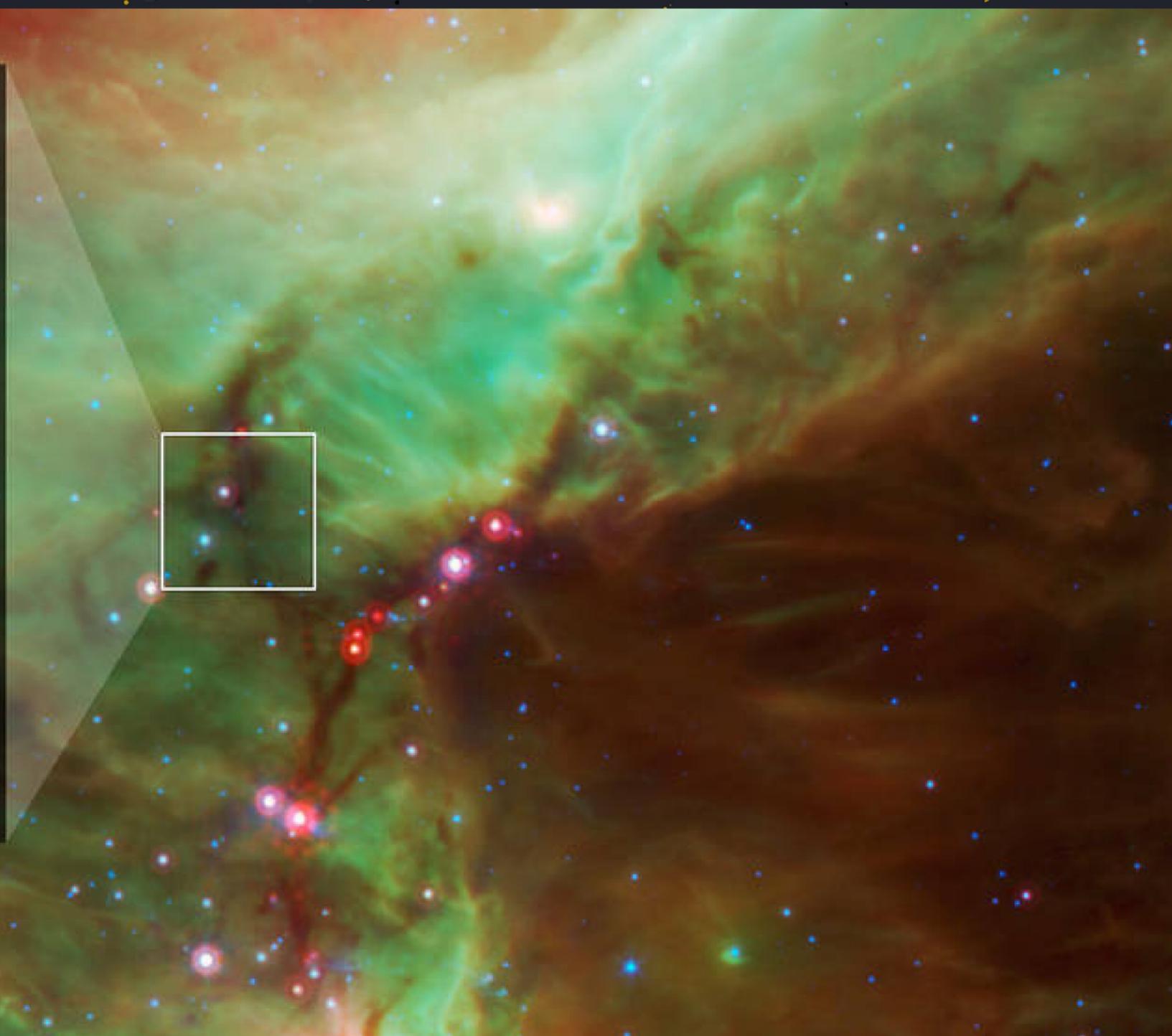
KPNO, 2009



Spitzer, 2008



1 arcminute



¿CÓMO NACE UNA ESTRELLA?

DISCO PROTOPLANETARIO

- CLASE I:

SIGUEN SIENDO MUY JÓVENES, PERO PUEDE SER MÁS FÁCIL OBSERVARLOS.

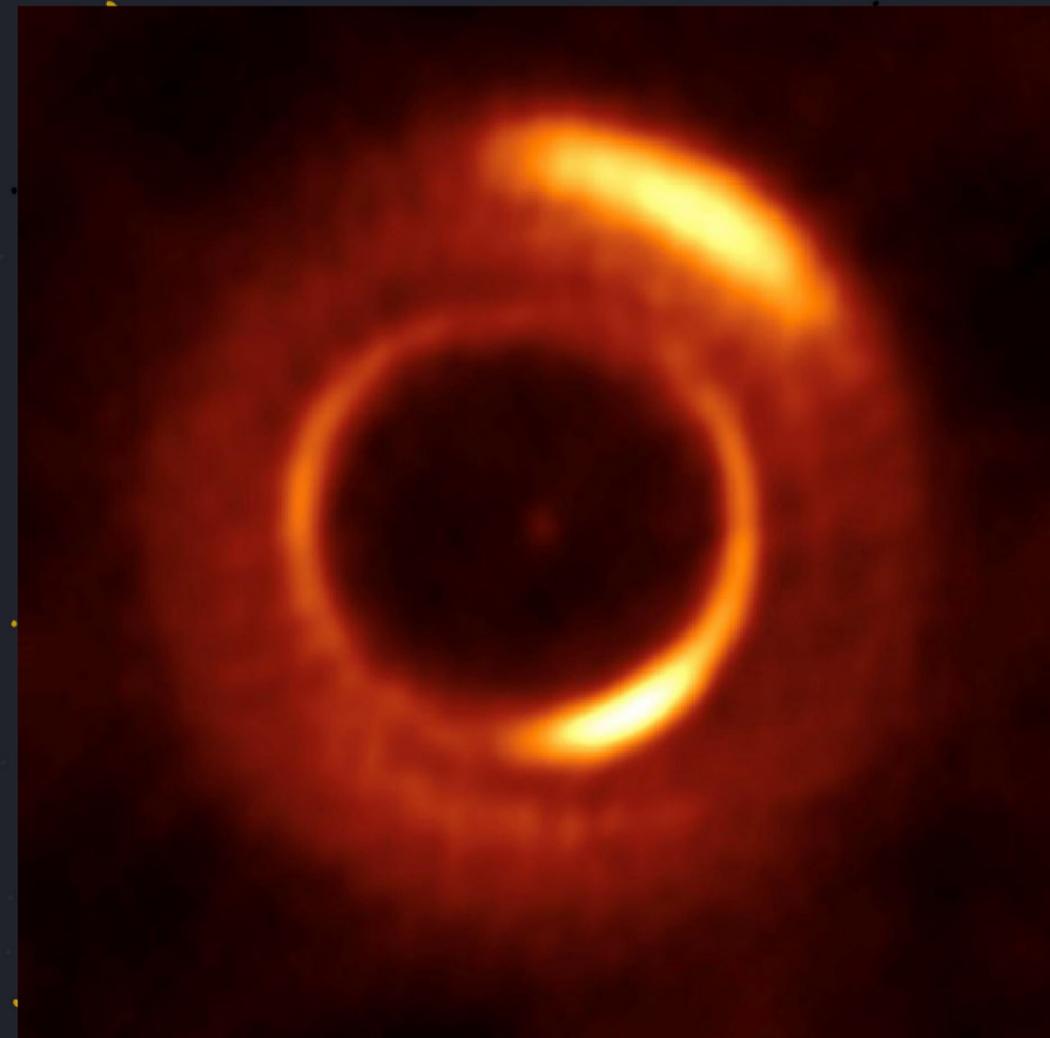


¿CÓMO NACE UNA ESTRELLA?

DISCO PROTOPLANETARIO

- CLASE II:

QUEDA MUY POCO MATERIAL ALREDEDOR DE LA ESTRELLA, PUEDEN OBSERVARSE SUB-ESTRUTURAS.

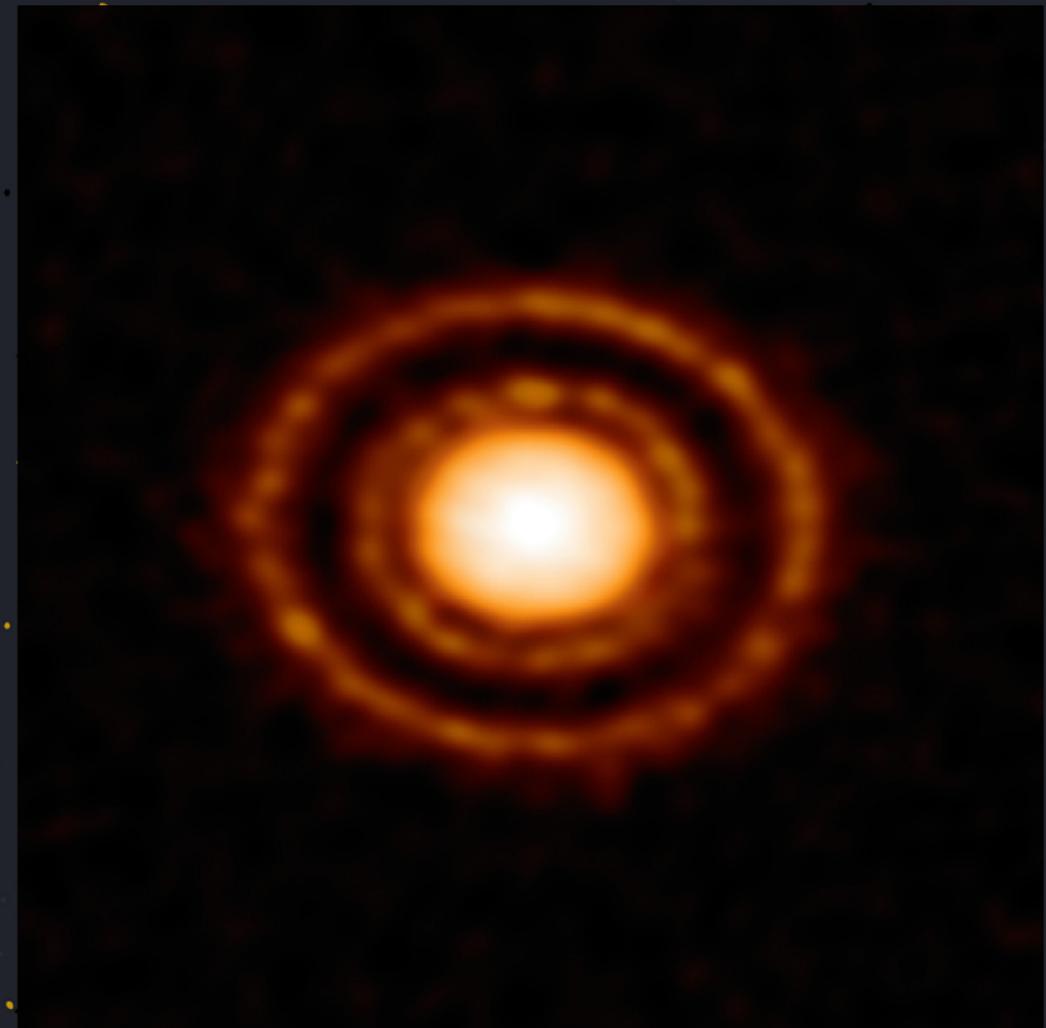


¿CÓMO NACE UNA ESTRELLA?

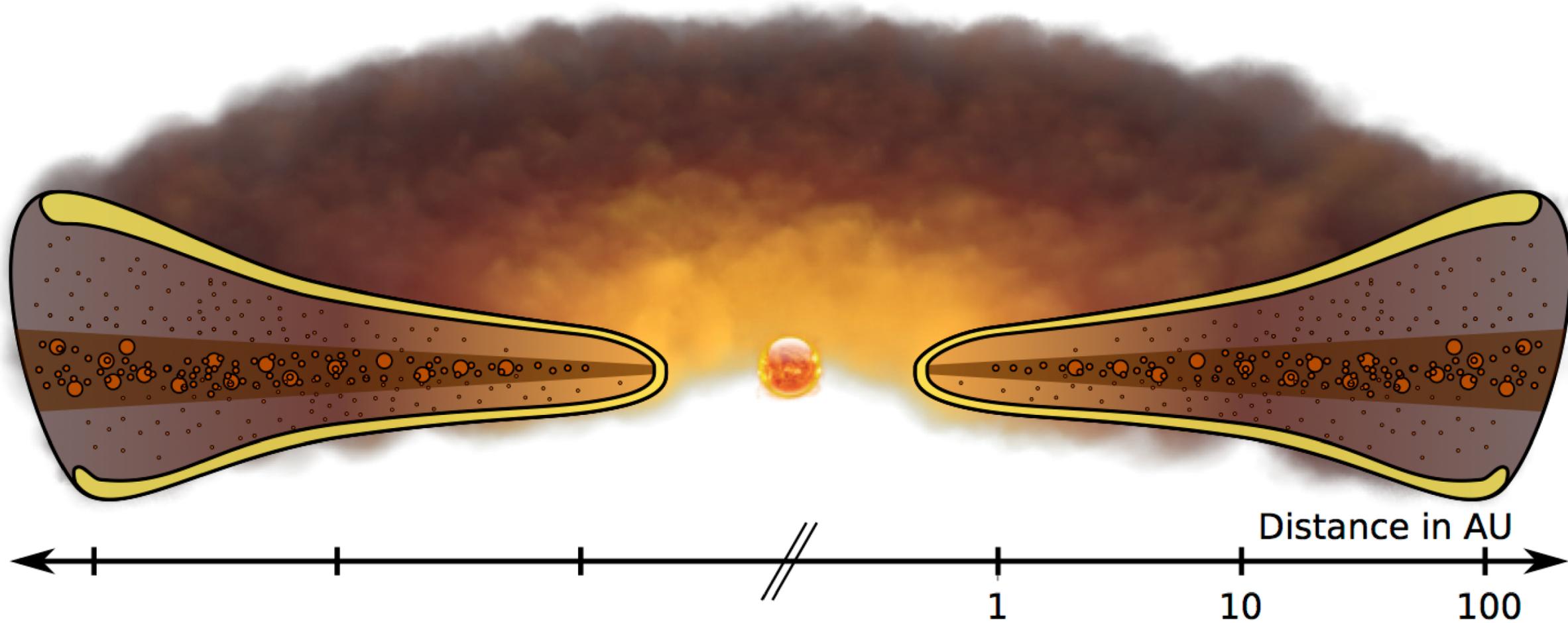
DISCO PROTOPLANETARIO

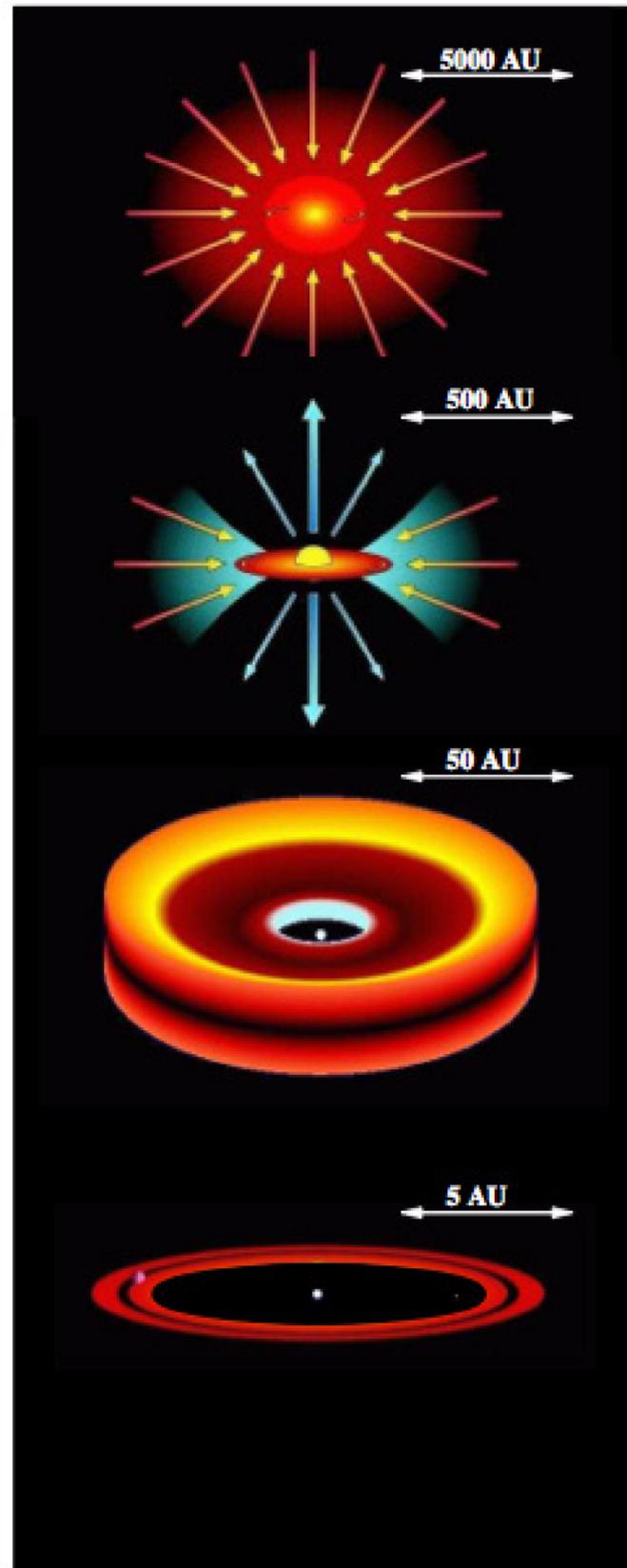
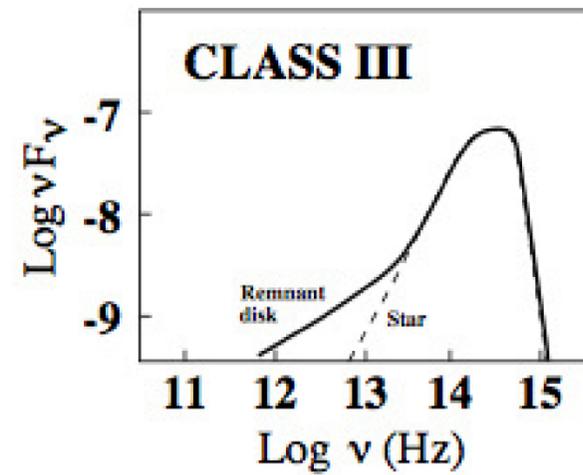
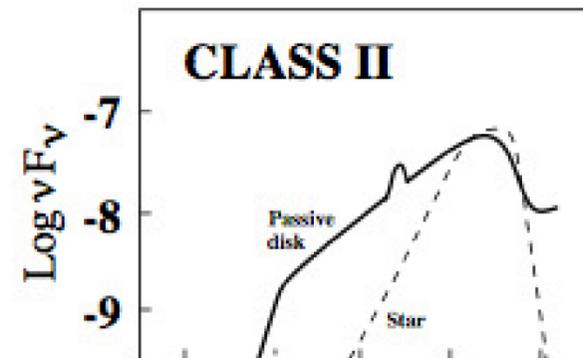
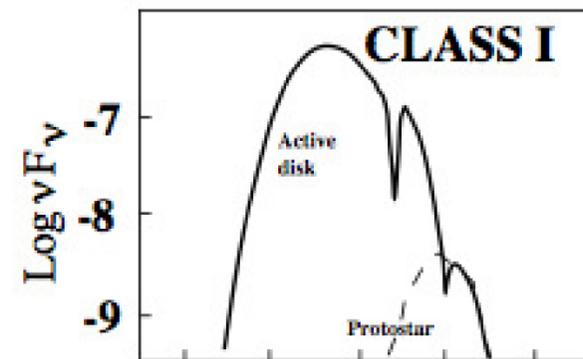
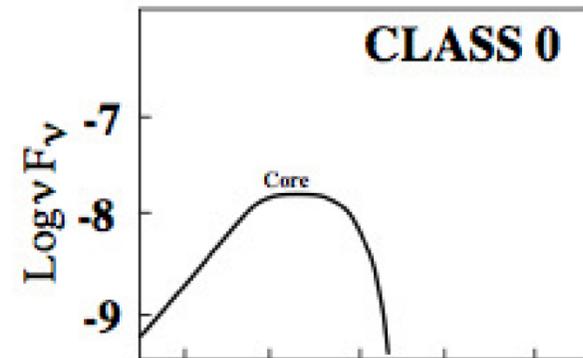
- CLASE III:

SON VISIBLES PROTOPLANETAS
O PLANETESIMALS, HAY MUY
POCO MATERIAL Y CLARAS
SUB-ESTRUCTURAS.

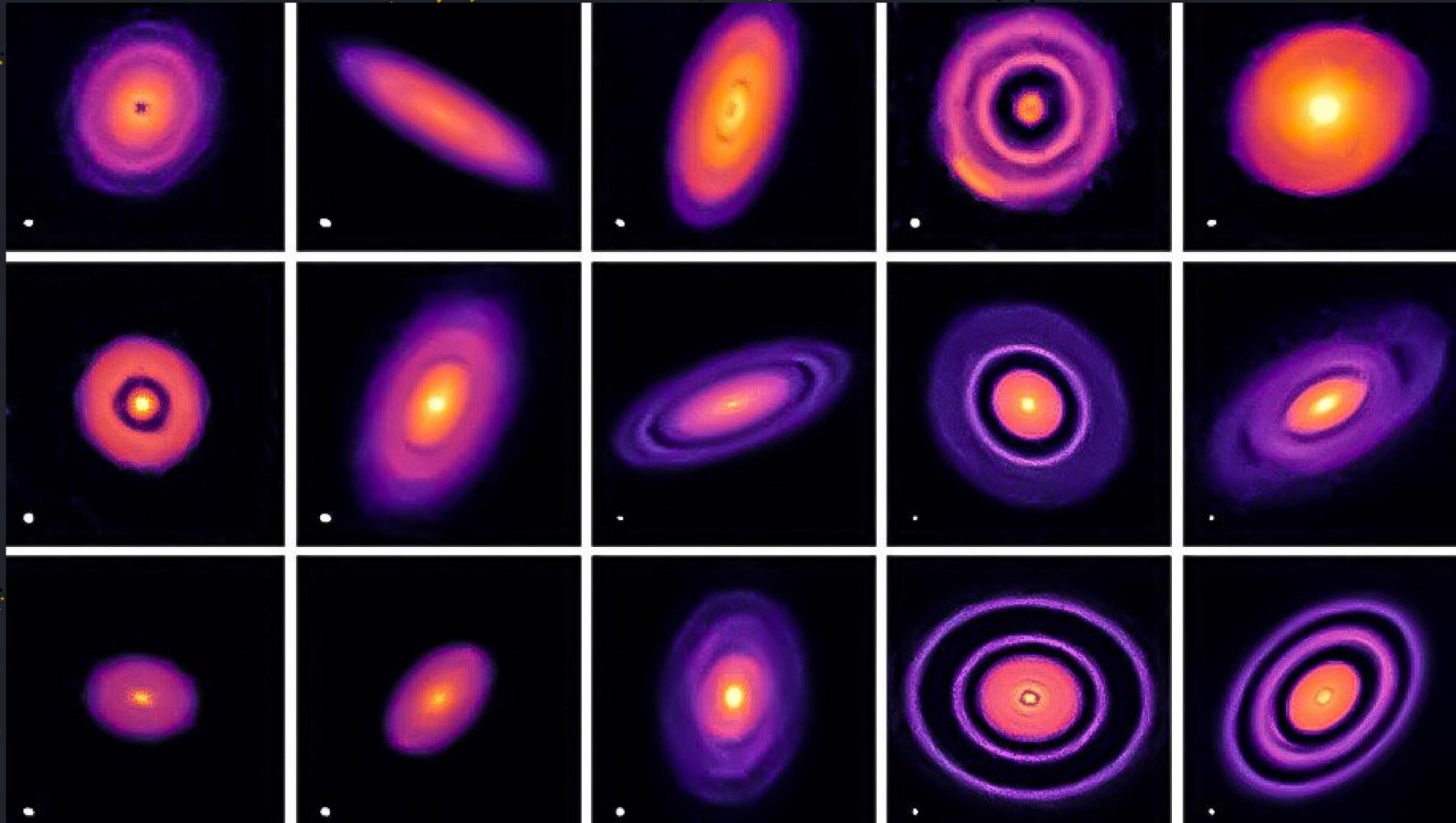


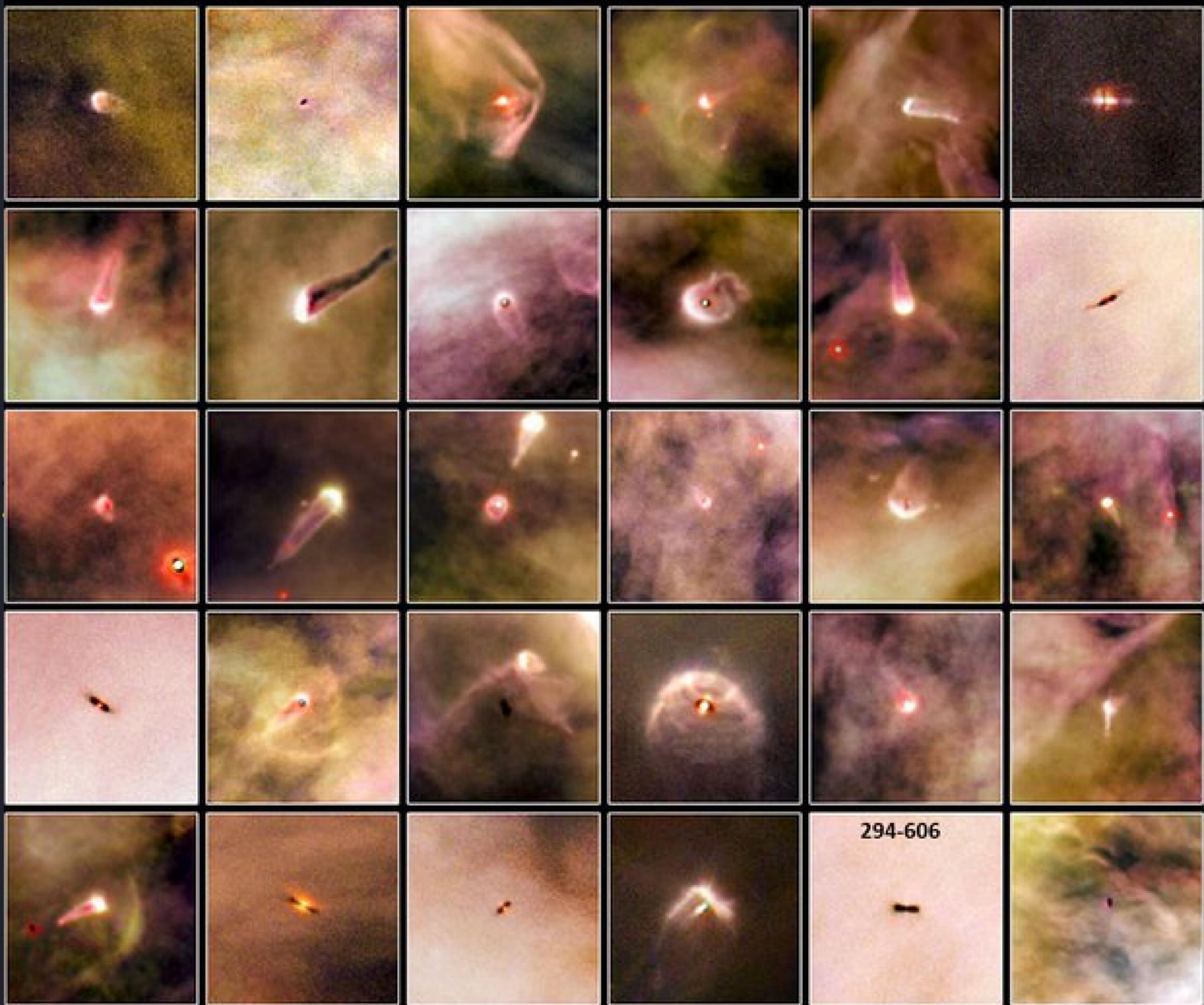
DISCO PROTOPLANETARIO

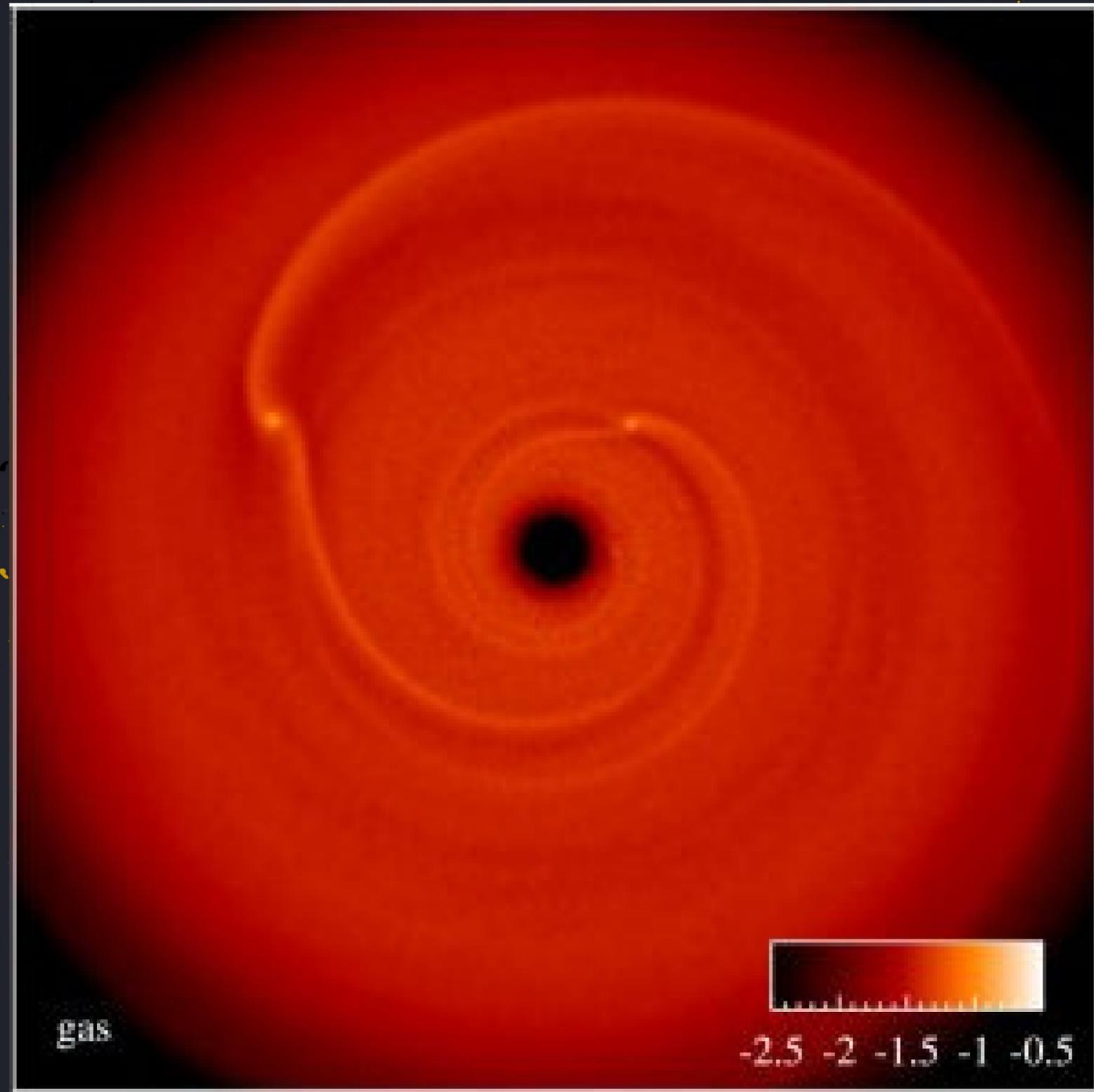




¿DE QUÉ TIPO SON LOS SIGUIENTES DISCOS?



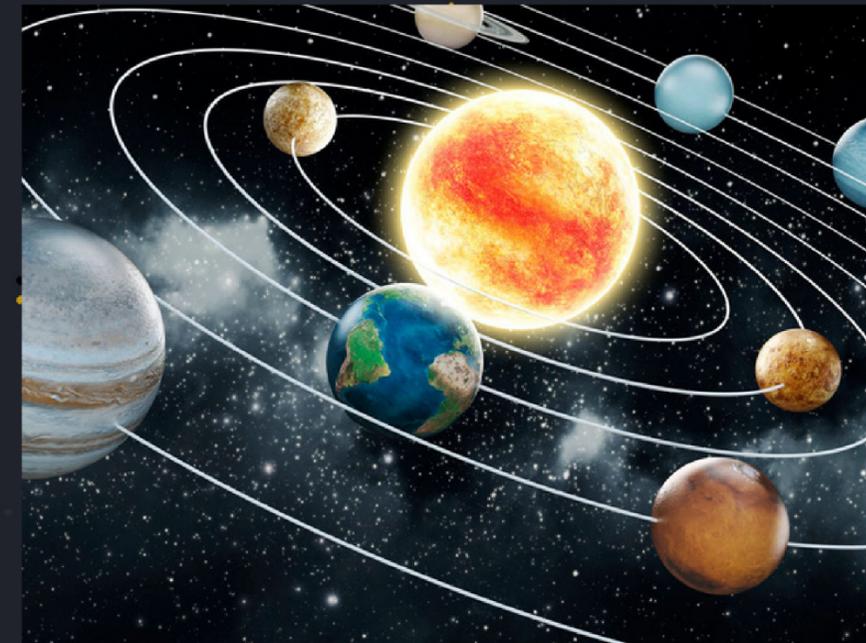




¿CÓMO NACE UNA ESTRELLA?

SISTEMA PLANETARIO

TODO EL GAS Y POLVO HA
CAÍDO A LA ESTRELLA O SE
HA CONTRAÍDO FORMANDO
PLANETAS, ASTEROIDES,
LUNAS, ETC.



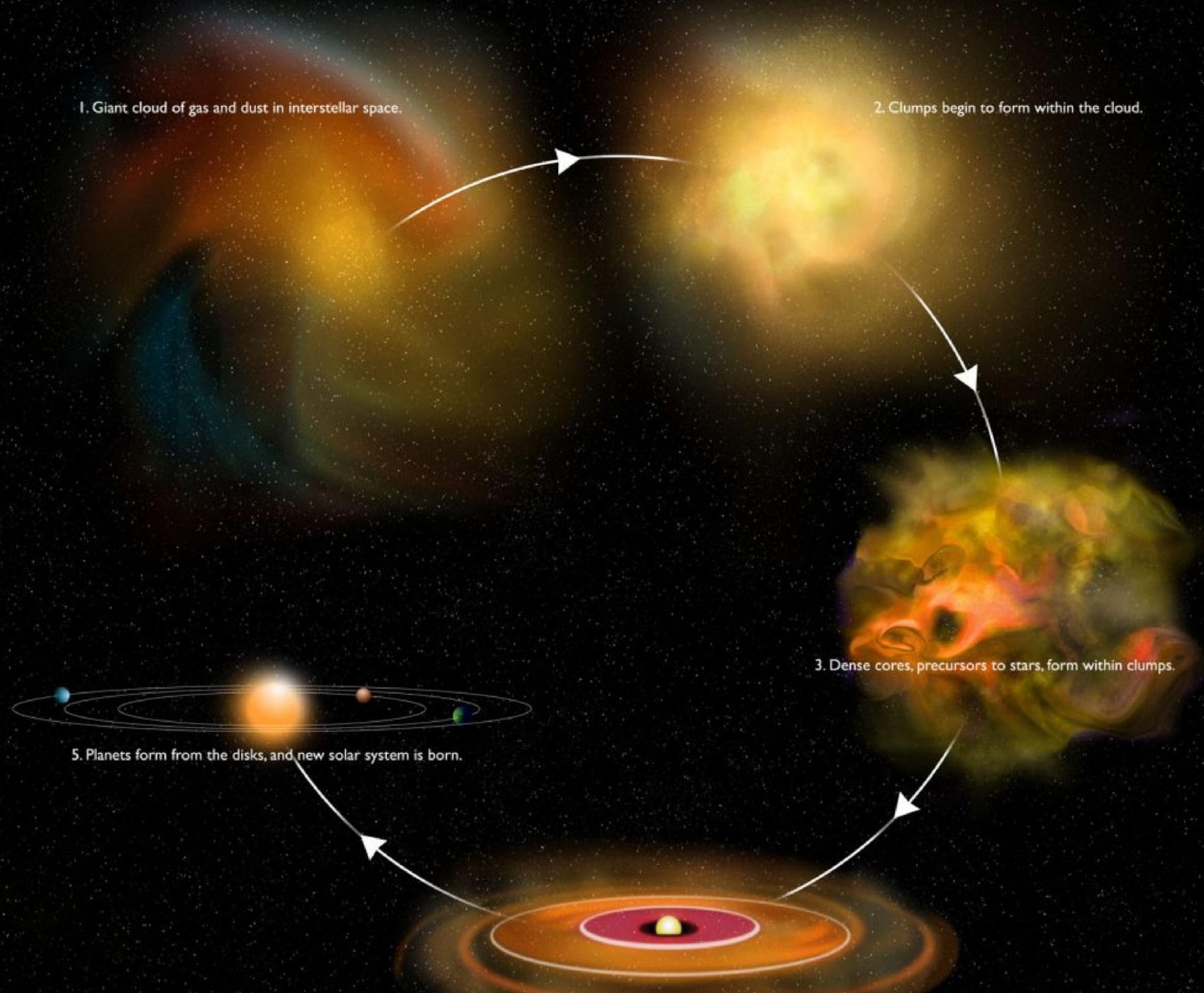
1. Giant cloud of gas and dust in interstellar space.

2. Clumps begin to form within the cloud.

3. Dense cores, precursors to stars, form within clumps.

4. Cores condense into young stars surrounded by dusty disks.

5. Planets form from the disks, and new solar system is born.

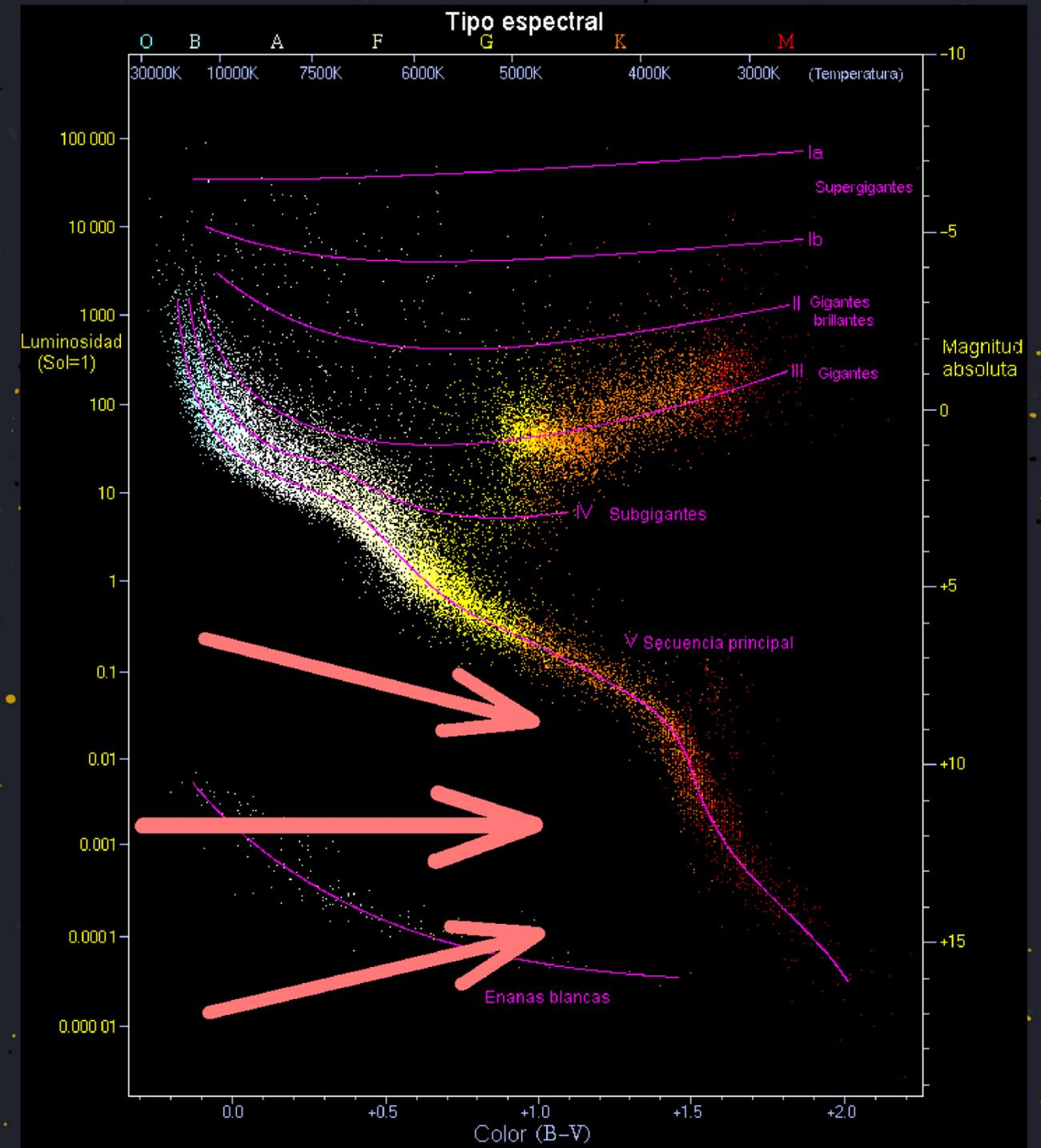


EVOLUCIÓN POST PROTOESTRELLA

Como descubrimos en la última sección, una vez iniciado el colapso de una nube molecular, éste se caracteriza por la escala de tiempo de caída libre, sin embargo cuando la protoestrella ya está completamente formada comienza su proceso evolutivo para convertirse en una estrella de la secuencia principal.

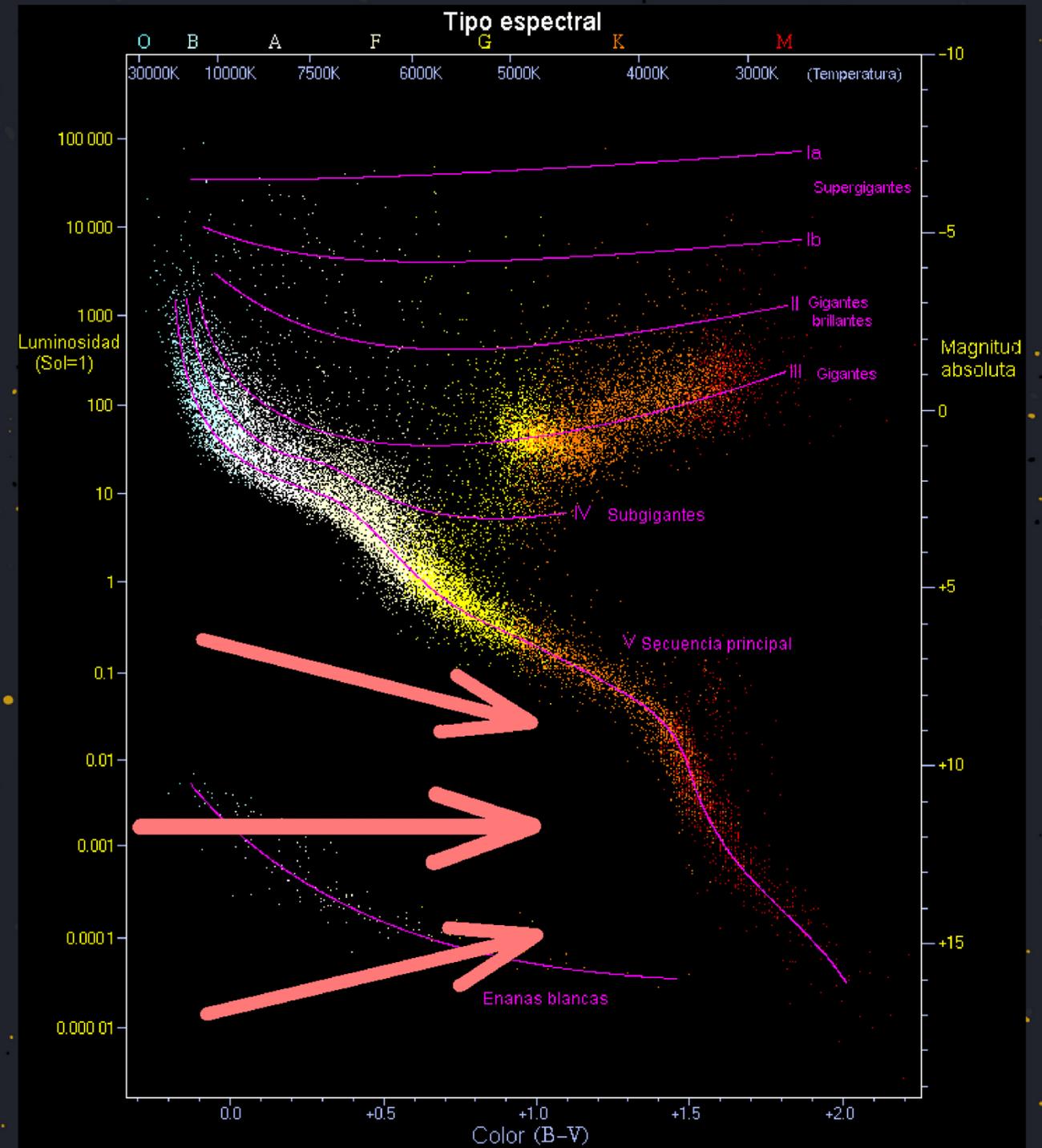
EVOLUCIÓN POST PROTOESTRELLA

Como descubrimos en la última sección, una vez iniciado el colapso de una nube molecular, éste se caracteriza por la escala de tiempo de caída libre, sin embargo cuando la protoestrella ya está completamente formada comienza su proceso evolutivo para convertirse en una estrella de la secuencia principal.



EVOLUCIÓN POST PROTOESTRELLA

la evolución de la protoestrella se produce a un ritmo mucho más lento que el colapso en caída libre. Por ejemplo, una estrella de $1 M_{\odot}$ necesita casi 40 Myr para llegar a la secuencia principal.



EVOLUCIÓN POST PROTOESTRELLA

TABLE 1 Pre-main-sequence contraction times for the classical models presented in Fig. 11. (Data from Bernasconi and Maeder, *Astron. Astrophys.*, 307, 829, 1996.)

Initial Mass (M_{\odot})	Contraction Time (Myr)
60	0.0282
25	0.0708
15	0.117
9	0.288
5	1.15
3	7.24
2	23.4
1.5	35.4
1	38.9
0.8	68.4

¿HAY ESTRELLAS QUE NUNCA
ALCANZARO A FORMARSE?

¿HAY ESTRELLAS QUE NUNCA
ALCANZARON A FORMARSE?

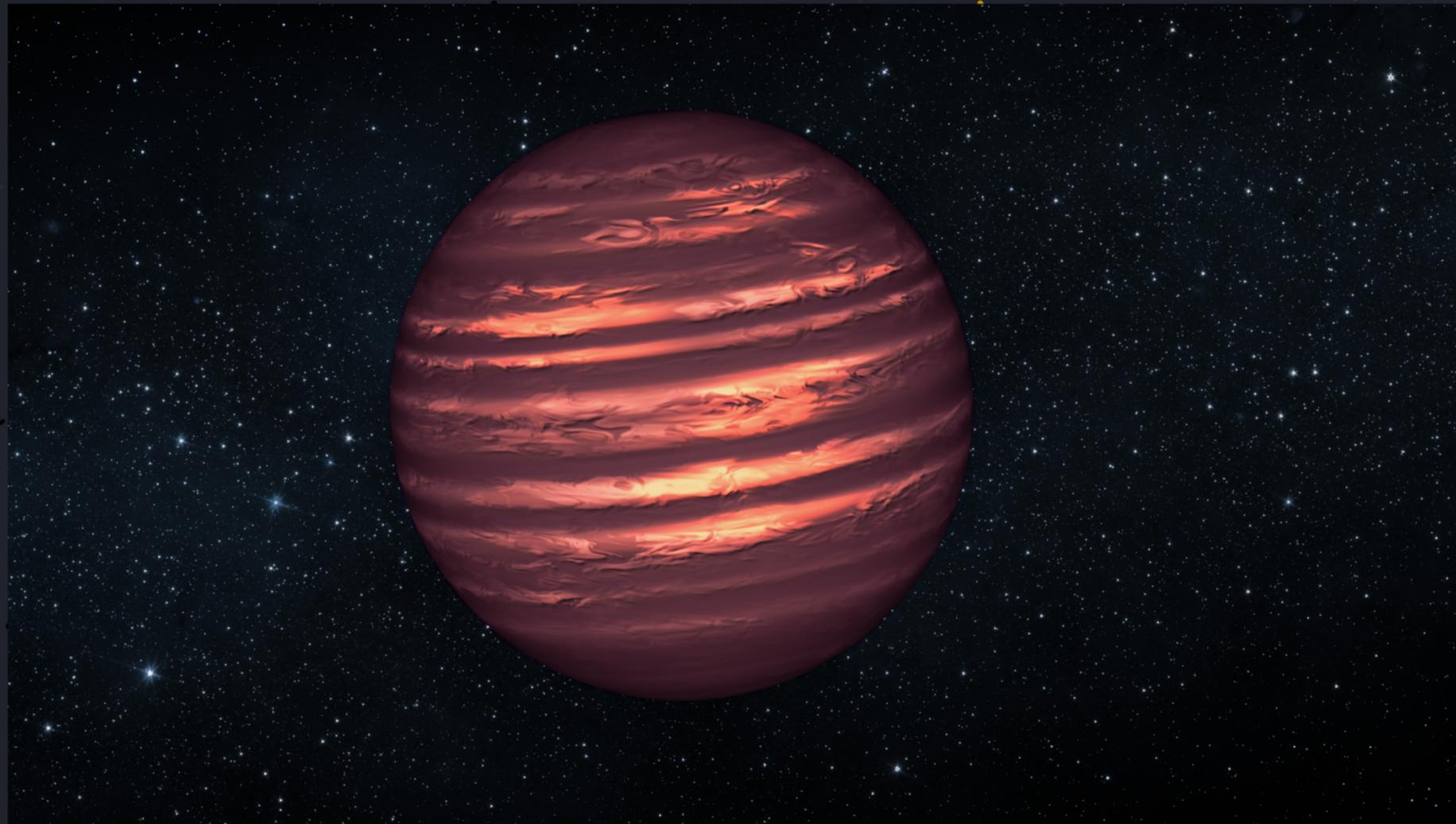
SI! A ESTAS ESTRELLAS SE LES
CONOCE COMO ENANAS
MARRONES

SI! A ESTAS ESTRELLAS SE LES CONOCE COMO ENANAS MARRONES

Hay ciertas proto-estrellas que no alcanzan a evolucionar a la secuencia principal, debido a que están en un límite de masa muy inferior

Dada su escasa luminosidad y la dificultad de su detección, el número de objetos encontrados hasta la fecha sugiere que las enanas marrones son frecuentes en toda la Vía Láctea.

SI! A ESTAS ESTRELLAS SE LES
CONOCE COMO ENANAS
MARRONES

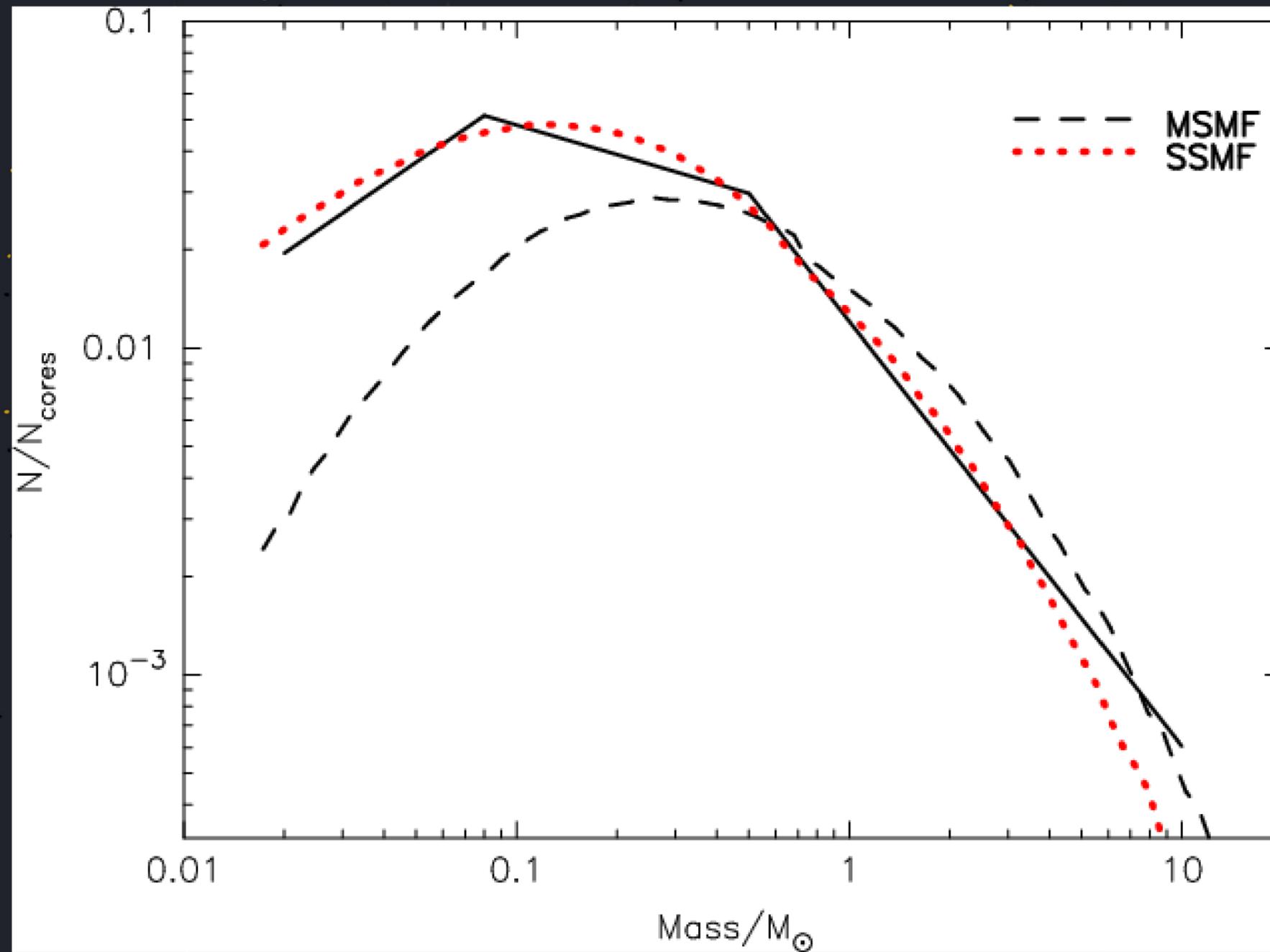


FUNCIÓN DE MASA INICIAL

En astronomía, la función de masa inicial (IMF) es una función empírica que describe la distribución inicial de masas de una población de estrellas durante la formación estelar.

Nos dice cuántas estrellas se van a formar por intervalo de masa

FUNCIÓN DE MASA INICIAL



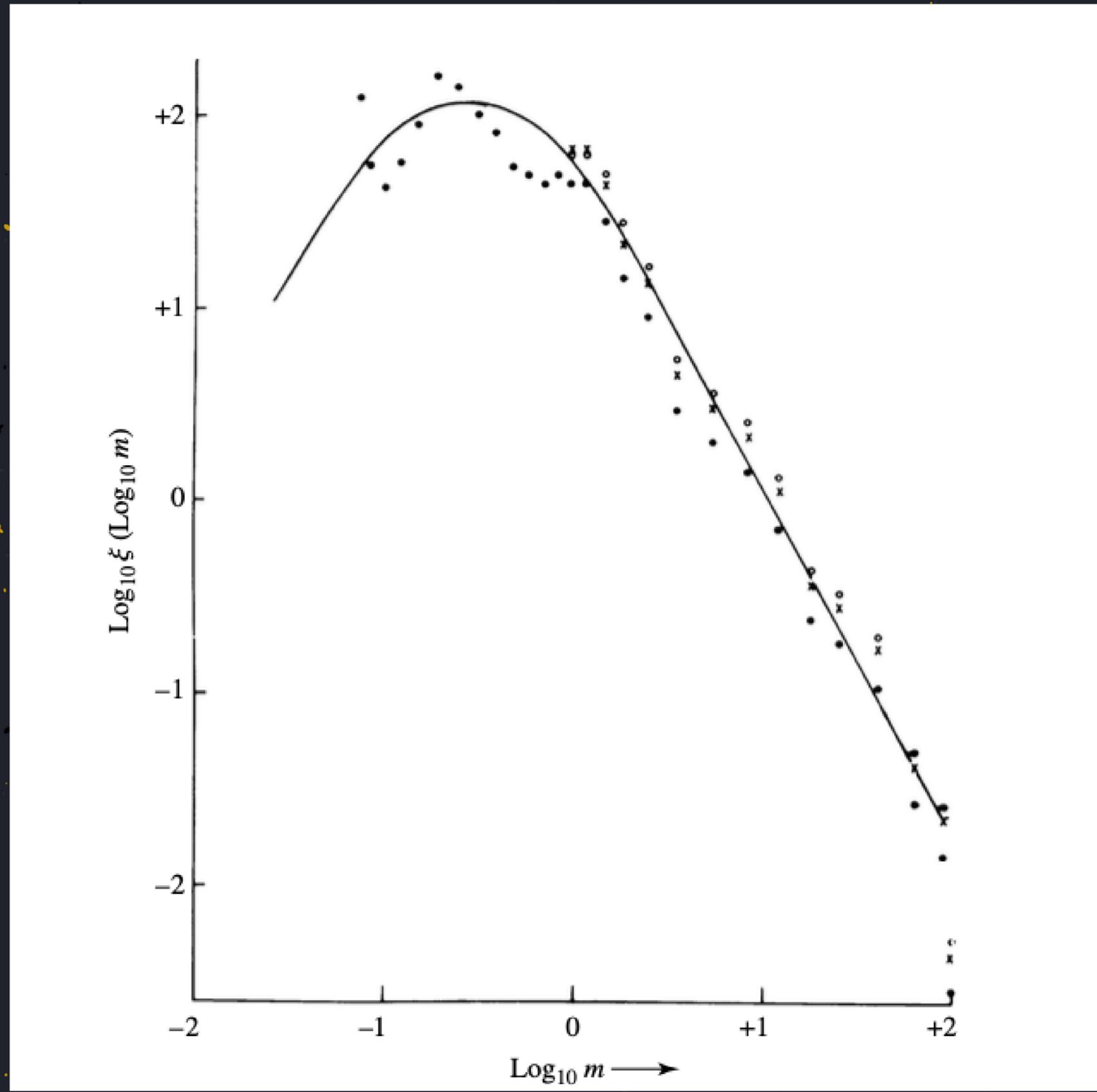
FUNCIÓN DE MASA INICIAL

Edwin E. Salpeter es el primer astrofísico que intentó cuantificar el IMF aplicando la ley de potencias a sus ecuaciones (1955). Su trabajo se basa en estrellas similares al Sol que pueden observarse fácilmente con gran precisión.

Hasta ahora esta expresión es la mas aceptada por la comunidad científica

$$N = N_0 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{-2.3}$$

FUNCIÓN DE MASA INICIAL



ESTRELLAS BINARIAS



SIRIO A Y SIRIO B

- UN SISTEMA ESTELAR BINARIO ESTA COMPUESTO POR 2 ESTRELLAS QUE ORBITAN MUTUAMENTE ALREDEDOR DE UN CENTRO DE MASA.
- ESTAN UNIDAS GRAVITACIONALMENTE.
- UN ELEVADO PORCENTAJE DE LAS ESTRELLAS SON PARTE DE SISTEMAS BINARIOS.
- EXISTEN LOS SISTEMAS TERNARIOS, CUATERNARIOS O INCLUSO DE 5 O MAS ESTRELLAS

TERMINOLOGÍA

- EL TÉRMINO DE ESTRELLA BINARIA FUE DESARROLLADO POR WILLIAM HERSCHEL EN 1802.

"UNA ESTRELLA DOBLE REAL- LA UNIÓN DE DOS ESTRELLAS QUE SON FORMADAS JUNTAS EN UN SISTEMA GRACIAS A LAS LEYES DE ATRACCIÓN"



CLASIFICACIÓN

- SEGUN SU MODO DE DETECCIÓN:

1. BINARIAS VISUALES
2. BINARIAS ECLIPSANTES
3. BINARIAS ASTROMÉTRICAS
4. BINARIAS ESPECTROSCÓPICAS

- SEGUN LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA:

1. BINARIAS SEPARADAS
2. BINARIAS SEMISEPARADAS
3. BINARIAS EN CONTACTO

BINARIAS VISUALES

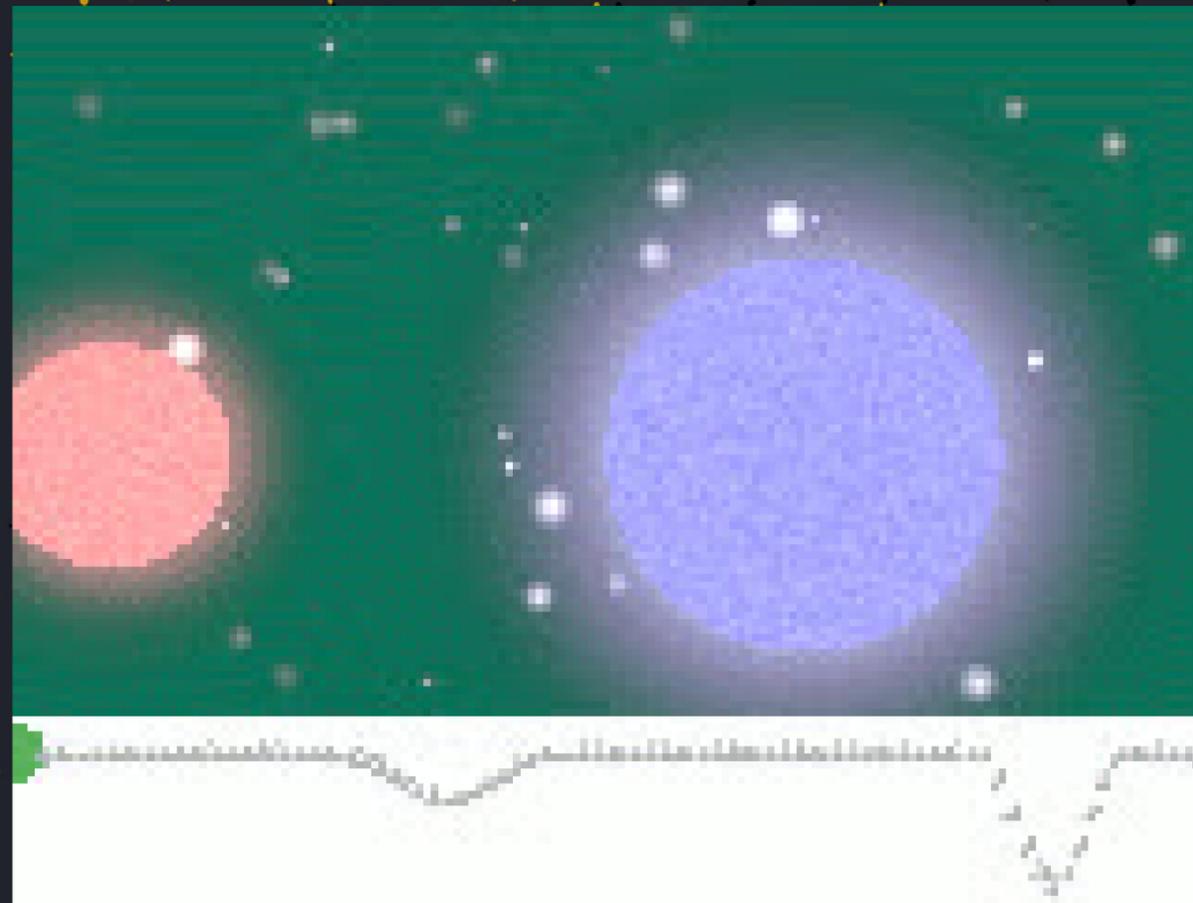
- SON AQUELLAS QUE SE PUEDEN ENCONTRAR CON TELESCOPIOS.
- SUELEN SER SISTEMAS CERCANOS A LA TIERRA.
- SI BIEN SON SISTEMAS OBSERVABLES, ES DIFÍCIL DEDUCIR SI SE ORBITAN MUTUAMENTE.
- AMBAS ESTRELLAS SUELEN ESTAR BASTANTE ALEJADAS ENTRE SI.
- AVECES EL MOVIMIENTO DE ESTAS ESTRELLAS ES IMPERCEPTIBLE, POR LO TANTO SE REQUIEREN OBSERVACIONES SEPARADAS POR MUCHOS AÑOS.

BINARIAS VISUALES



BINARIAS ECLIPSANTES

- SOLO SE OBSERVAN CUANDO SUS ÓRBITAS ESTÁN ALINEADAS CON LA NUESTRA
- UNA ESTRELLA PASA POR DELANTE DE LA OTRA.
- SE OBSERVAN DISMINUCIONES EN LA LUMINOSIDAD.



BINARIAS ECLIPSANTES



BINARIAS ASTROMÉTRICAS

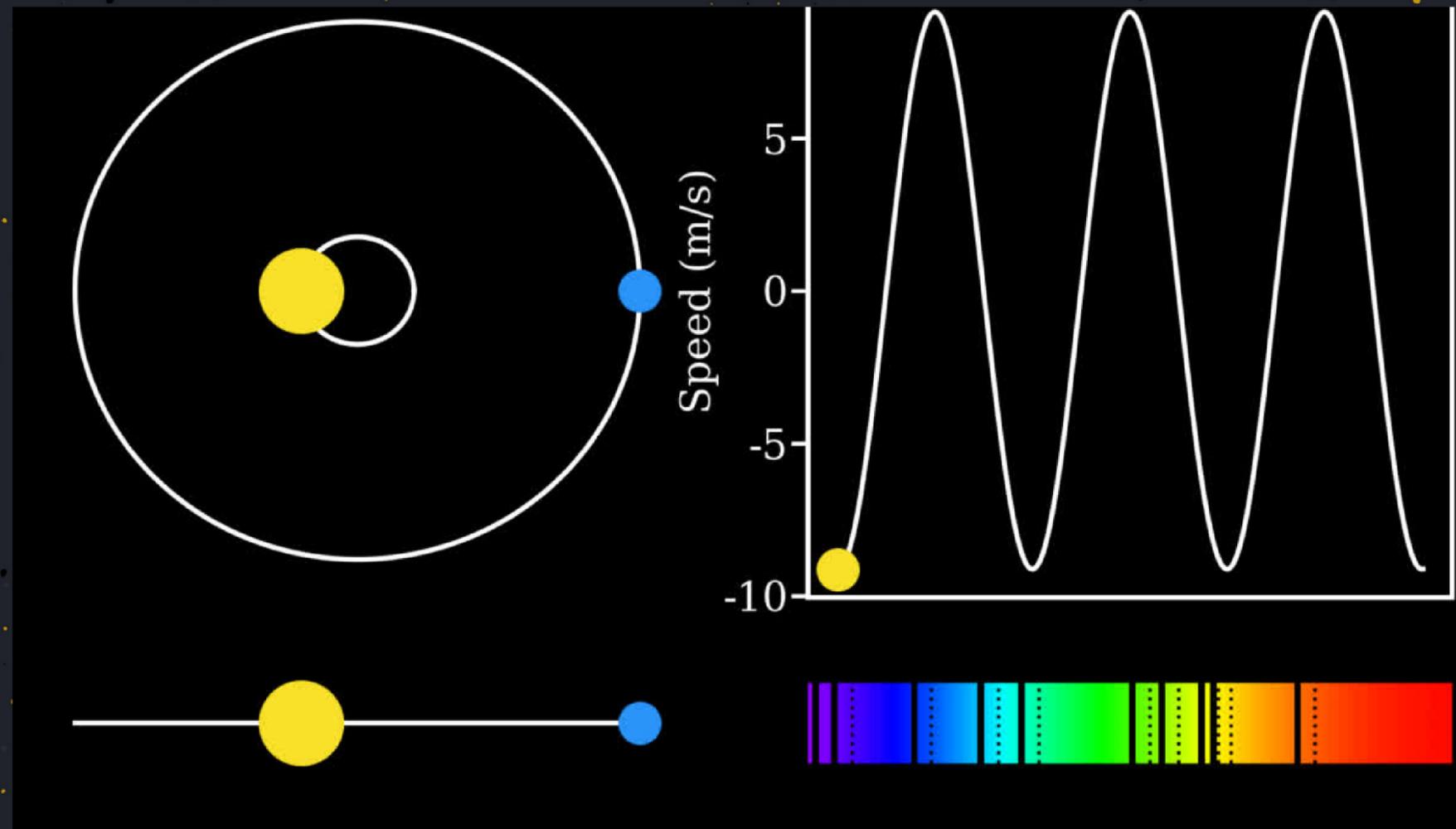
- EN ESTOS SISTEMAS SOLO ES VISIBLE UNA ESTRELLA, ES COMO SI LA ESTRELLA ORBITARA ALGO QUE NO VEMOS.
- SE DETECTAN QUE SON BINARIAS GRACIAS AL "TIRÓN" GRAVITATORIO EJERCIDO POR SU COMPAÑERA INVISIBLE.
- EL OBJETO INVISIBLE SUELE SER UN CUERPO DE MUY BAJA O NULA LUMINOSIDAD COMO UN REMANENTE ESTELAR, ENANA ROJA O ENANA MARRÓN



SIRIO A Y SIRIO B

BINARIAS ESPECTROSCÓPICAS

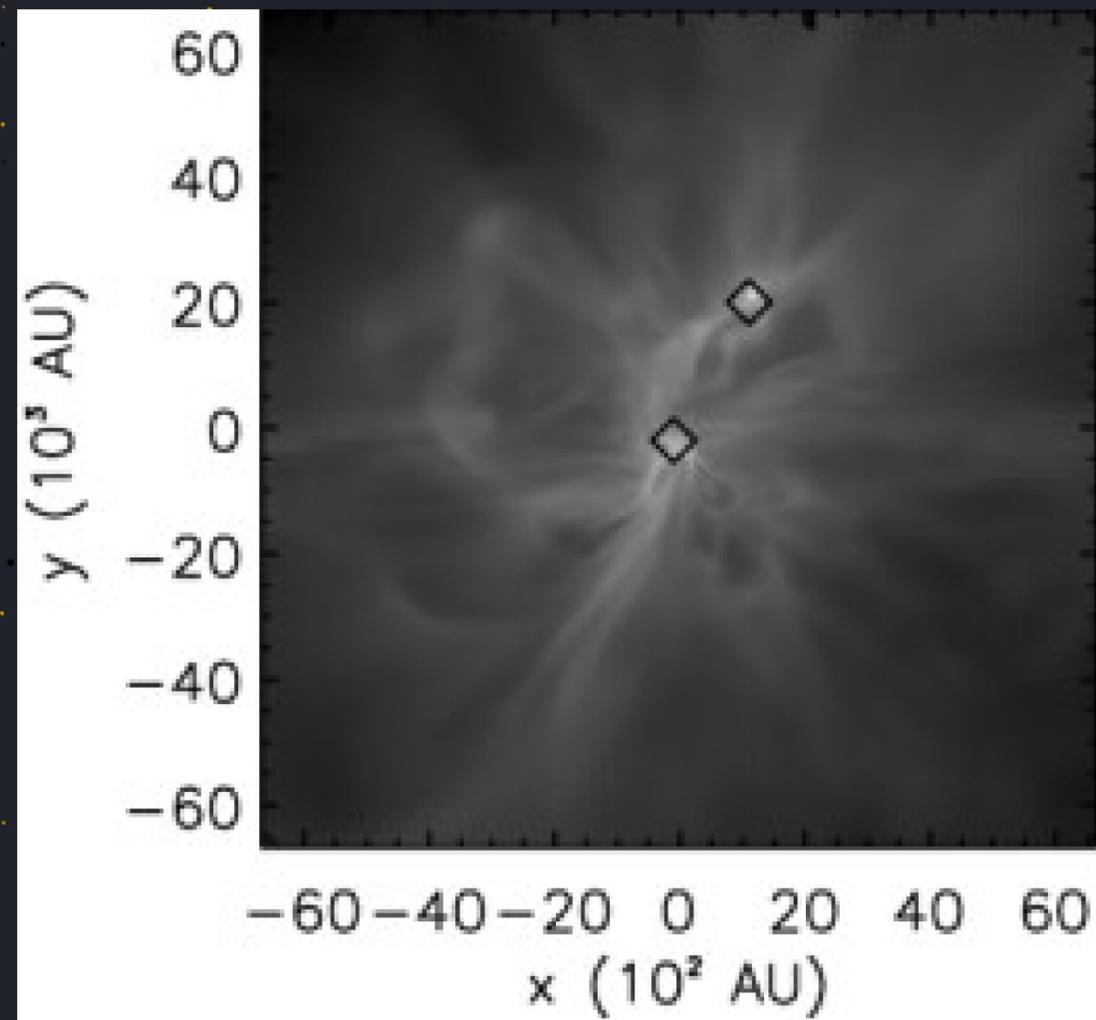
- SON SIMILARES A LAS ASTROMÉTRICAS.
- PODEMOS DETECTARLAS GRACIAS AL EFECTO DOPPLER EN EL ESPECTRO DEL ASTRO VISIBLE



EVOLUCIÓN

FORMACIÓN

- NO ES POSIBLE QUE LAS ESTRELLAS BINARIAS SE FORMEN A TRAVÉS DE LA CAPTURA POR MEDIO DE LA GRAVEDAD ENTRE 2 ESTRELLAS SOLITARIAS.
- ALGUNAS HIPOTESIS APUNTAN A UNA FRAGMENTACIÓN DE LA NUBE MOLECULAR DURANTE LA PROTOESTRELLA.



EVOLUCIÓN

FORMACIÓN

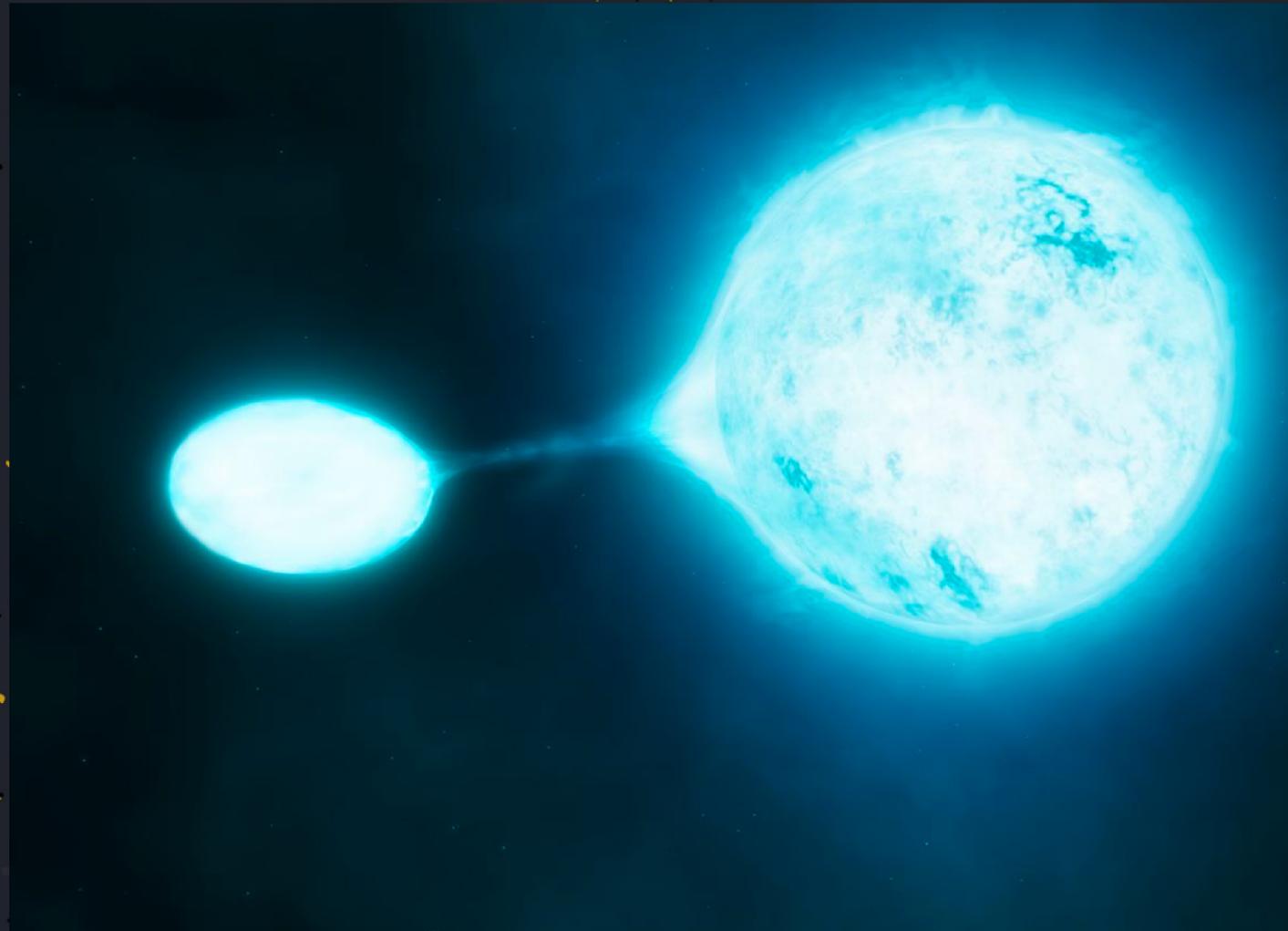
- DADO QUE LAS MASAS DE NUBES MOLECULARES BASTANTE GRANDES PODRÍAN SUPERAR EL LÍMITE DE JEANS, NUESTRO SENCILLO ANÁLISIS PARECE IMPLICAR QUE PUEDEN FORMARSE ESTRELLAS CON MASAS MUY GRANDES, POSIBLEMENTE HASTA LA MASA INICIAL DE LA NUBE. SIN EMBARGO, LAS OBSERVACIONES MUESTRAN QUE ESTO NO OCURRE. (POR LA IMF)!

ADEMÁS, PARECE QUE LAS ESTRELLAS TIENDEN CON FRECUENCIA (QUIZÁ INCLUSO PREFERENTEMENTE) A FORMARSE EN GRUPOS, DESDE SISTEMAS ESTELARES BINARIOS HASTA CÚMULOS QUE CONTIENEN CIENTOS DE MILES DE MIEMBROS.

EVOLUCIÓN

INTERCAMBIO DE MASA Y ACRECIÓN

- CUANDO LAS ESTRELLAS SE ORBITAN MUY CERCA ES POSIBLE VER UNA TRANSFERENCIA DE MASA.
- UNA ESTRELLA COMIENZA A ROBARLE MATERIAL A LA OTRA.



EVOLUCIÓN

Most very hot and bright stars are found in close pairs



Star 1

Mass: 19.979 solar masses

Temperature: 35.27 thousand degrees

Star 2

Mass: 14.996 solar masses

Temperature: 31.743 thousand degrees

Sun ○

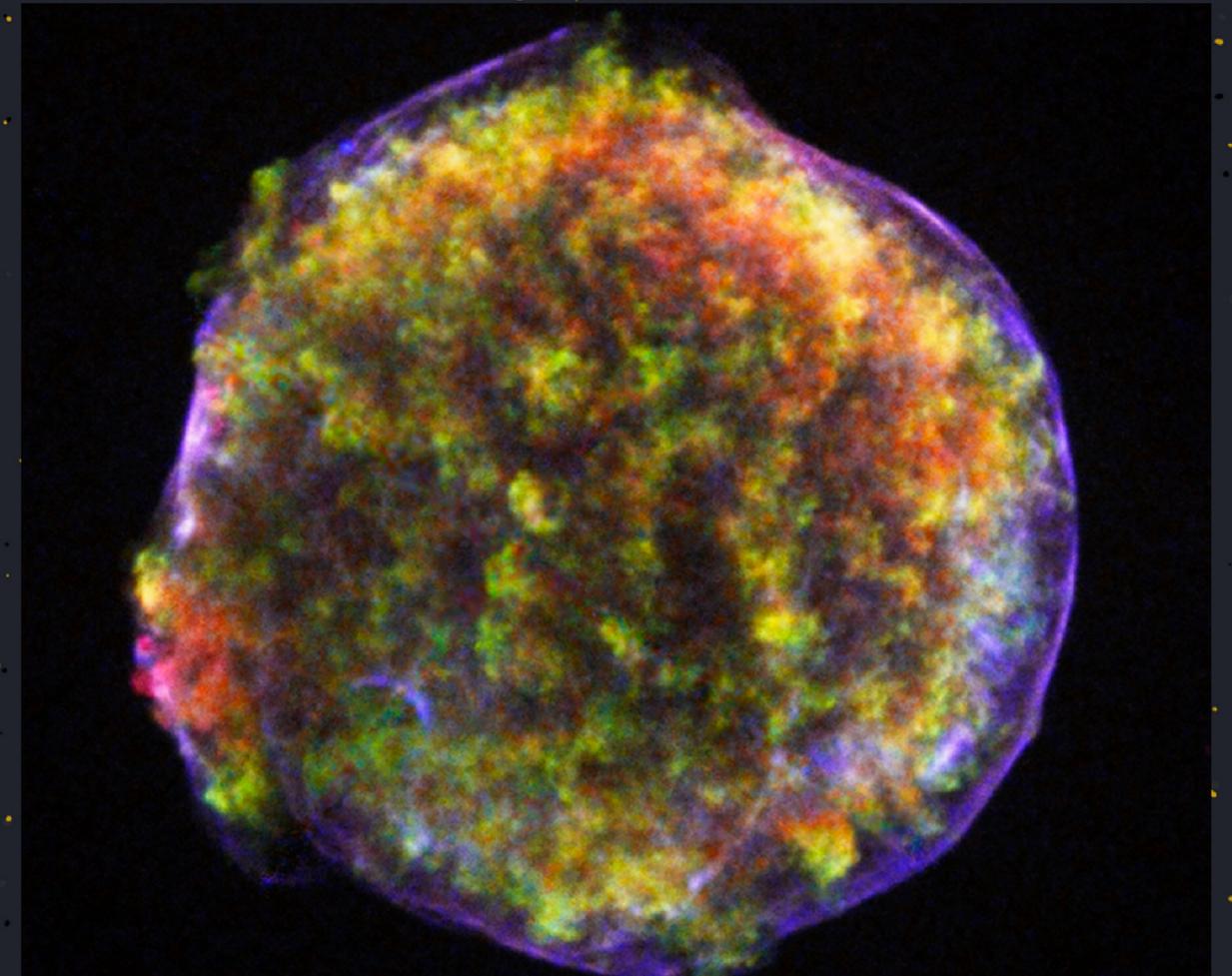
1.435

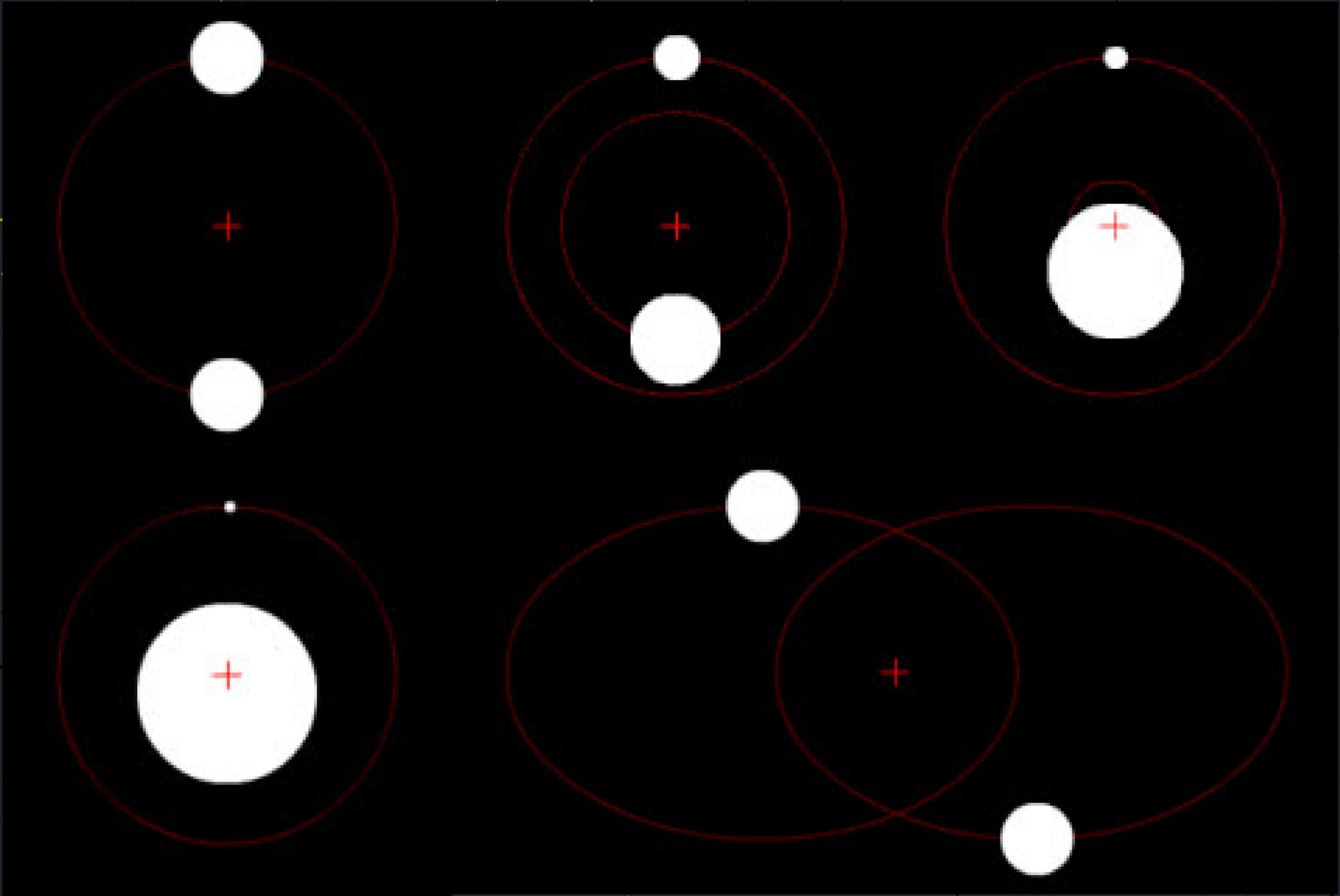
Million years

EVOLUCIÓN

SUPERNOVA Y PERDIDA DEL CONTACTO GRAVITATORIO

- COMO RESULTADO DE PERTURBACIONES EXTERNAS ESTAS ESTRELLAS PUEDEN DESLIGARSE.
- SI EN EL SISTEMA SE ENCUENTRA UNA ENANA BLANCA, ESTA PUEDE ROBAR MATERIAL HACIENDOLA COLAPSAR Y PRODUCIENDO UNA SUPERNOVA.







- SI LOGRAMOS ENTENDER COMO SE FORMAN LOS PLANETAS EN ESTOS SISTEMAS PODRIAMOS TENER MAS SUERTE AL ENCONTRAR UN PLANETA HABITABLE EN UN SISTEMA BINARIO.



EXOPLANETAS

DURANTE CIENTOS DE AÑOS, LA GENTE HA MIRADO AL CIELO Y SE HA PREGUNTADO SI PODRÍAN EXISTIR PLANETAS ALREDEDOR DE OTRAS ESTRELLAS. SIN EMBARGO, NO FUE HASTA OCTUBRE DE 1995 CUANDO MICHEL MAYOR Y DIDIER QUELOZ, DEL OBSERVATORIO DE GÉNOVA, ANUNCIARON EL DESCUBRIMIENTO DE UN PLANETA ALREDEDOR DE UNA ESTRELLA TÍPICA.

LAS ESTRELLAS SON UN INSTRUMENTO IMPORTANTE PARA LA BUSQUEDA DE EXOPLANETAS.

COMO VIMOS ANTERIORMENTE AL REDEDOR DE LA PROTOESTRELLA SE PUEDE FORMAR UN DISCO PROTOPLANETARIO.

EN LA ACTUALIDAD SE CONOCEN MAS DE 5000 EXOPLANETAS Y ESTE NUMERO VA EN AUMENTO!

EXOPLANETAS

UN EXOPLANETA DEBE CUMPLIR:

- DEBE ORBITAR UN SISTEMA ESTELAR
- TENER UNA MASA LO SUFICIENTEMENTE GRANDE PARA CONSIDERARSE PLANETA PERO LO SUFICIENTEMENTE BAJA PARA NO CONSIDERARSE ENANA MARRON

EXOPLANETAS

Formation Scenarios for Planetary-Mass Companion

Core Accretion Model

Planet agglomerates from dust and attracts gas envelope



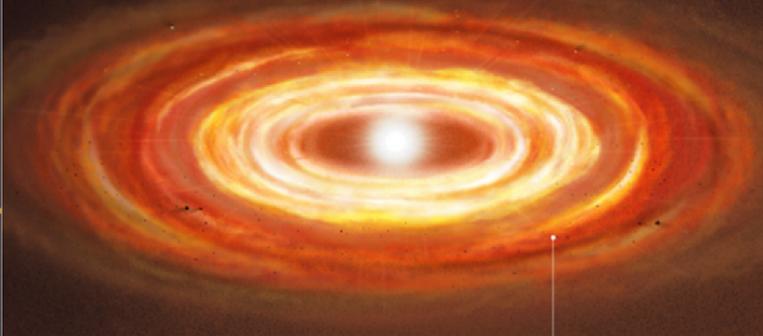
Disk Instability Model

Clump of gas collapses in circumstellar disk



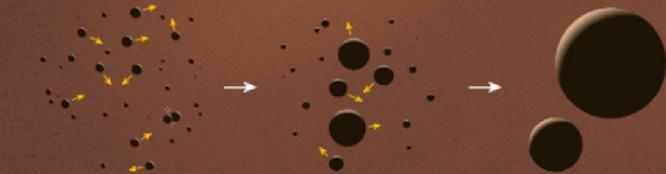
ATTRACTIVE SCENARIOS

Various theories have been proposed to explain how planets come to be. Many focus on the crucial period right after the birth of a star, when the dust and gas surrounding it somehow transform from a relatively uniform disk into planetary embryos called protoplanets — objects several thousand kilometres wide that ultimately form the cores of giant gas planets and the bulk of smaller, rocky ones.



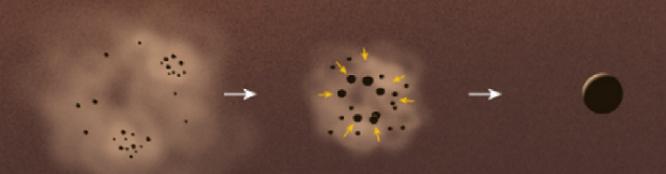
CORE ACCRETION

In this early theory, protoplanets form through a series of violent strikes, as bits of dust and then progressively larger objects are gravitationally attracted to one another and collide — and, in many cases, merge.



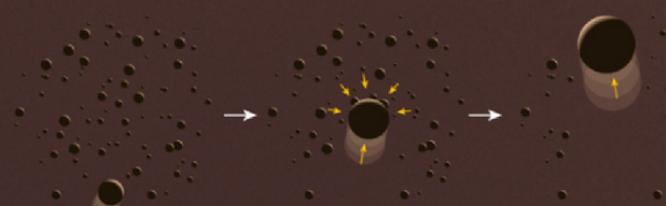
STREAMING INSTABILITY

Another scenario proposes instead a gravitational collapse, in which density variations cause solid lumps to collapse into asteroid-sized 'planetesimals', which then grow into protoplanets by other means.



PEBBLE ACCRETION

One way in which such planetesimals might grow is described in a third theory, which proposes that larger pieces of debris draw in smaller 'pebbles' as they move through the disk. Thanks to both gravitational and hydrodynamic interactions, these small pieces adhere like snow to a rolling snowball.

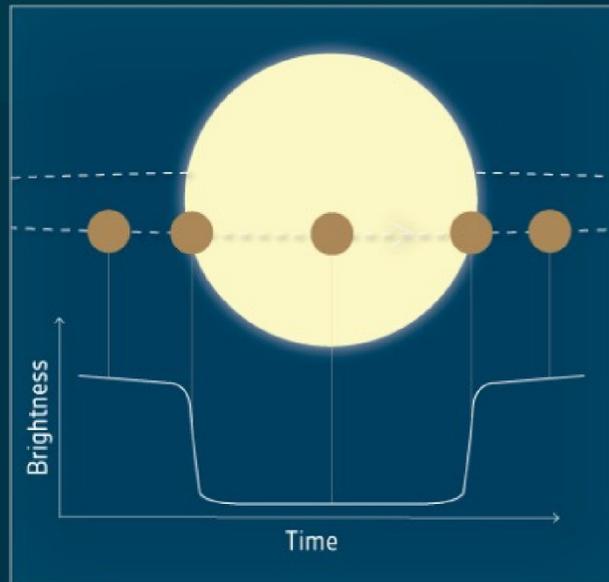


EXOPLANETAS

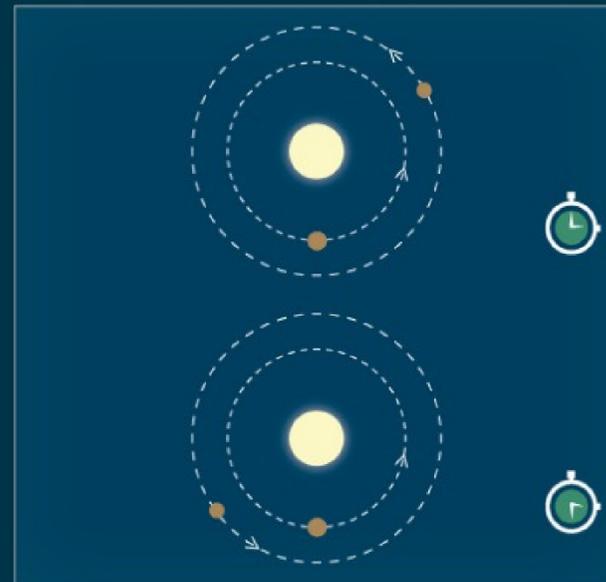


→ EXOPLANET DETECTION METHODS

Transit photometry



Transit-timing variation



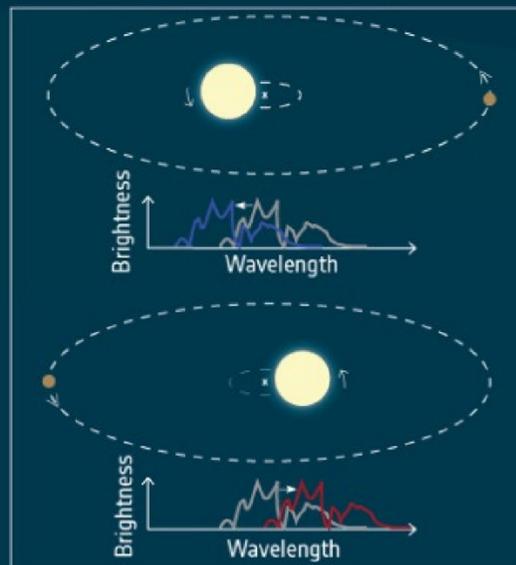
Transit photometry is one of the main techniques used to **discover** exoplanets. Cheops will use this technique to **measure the sizes** of known exoplanets and to start to **characterise** them.



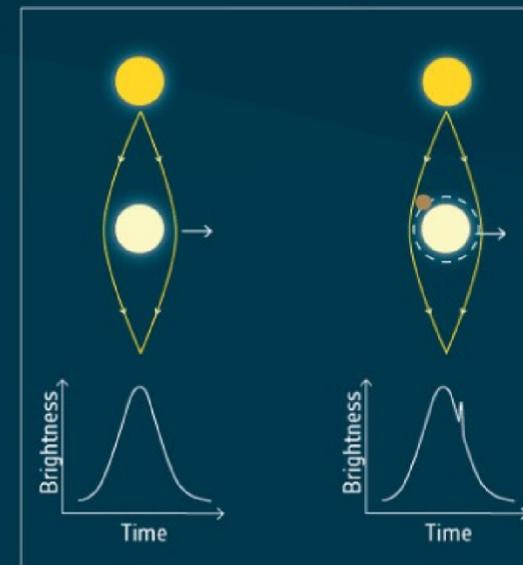
By using the **transit-timing variation** technique, Cheops will be able to **discover** additional, previously unknown planets around some stars, and also determine the planet **masses**.

Other techniques used to discover new exoplanets (not employed by Cheops) are: radial velocity, microlensing, astrometry and direct imaging.

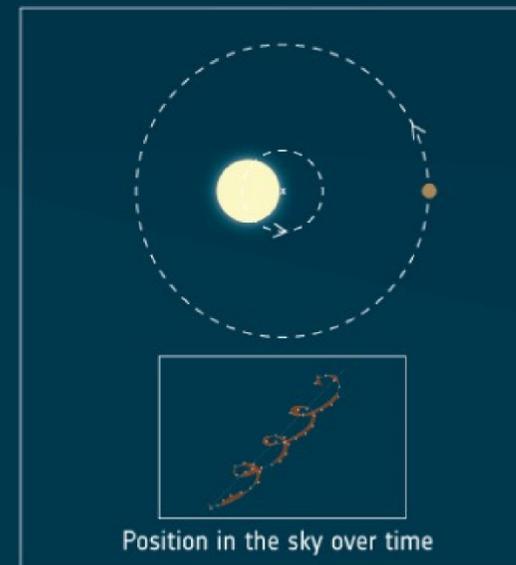
Radial velocity



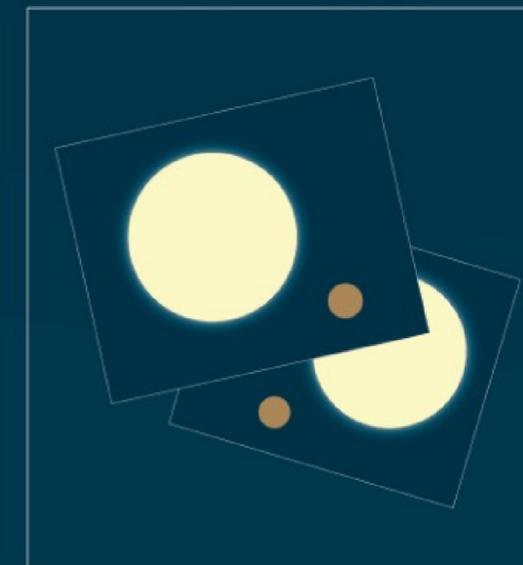
Microlensing



Astrometry

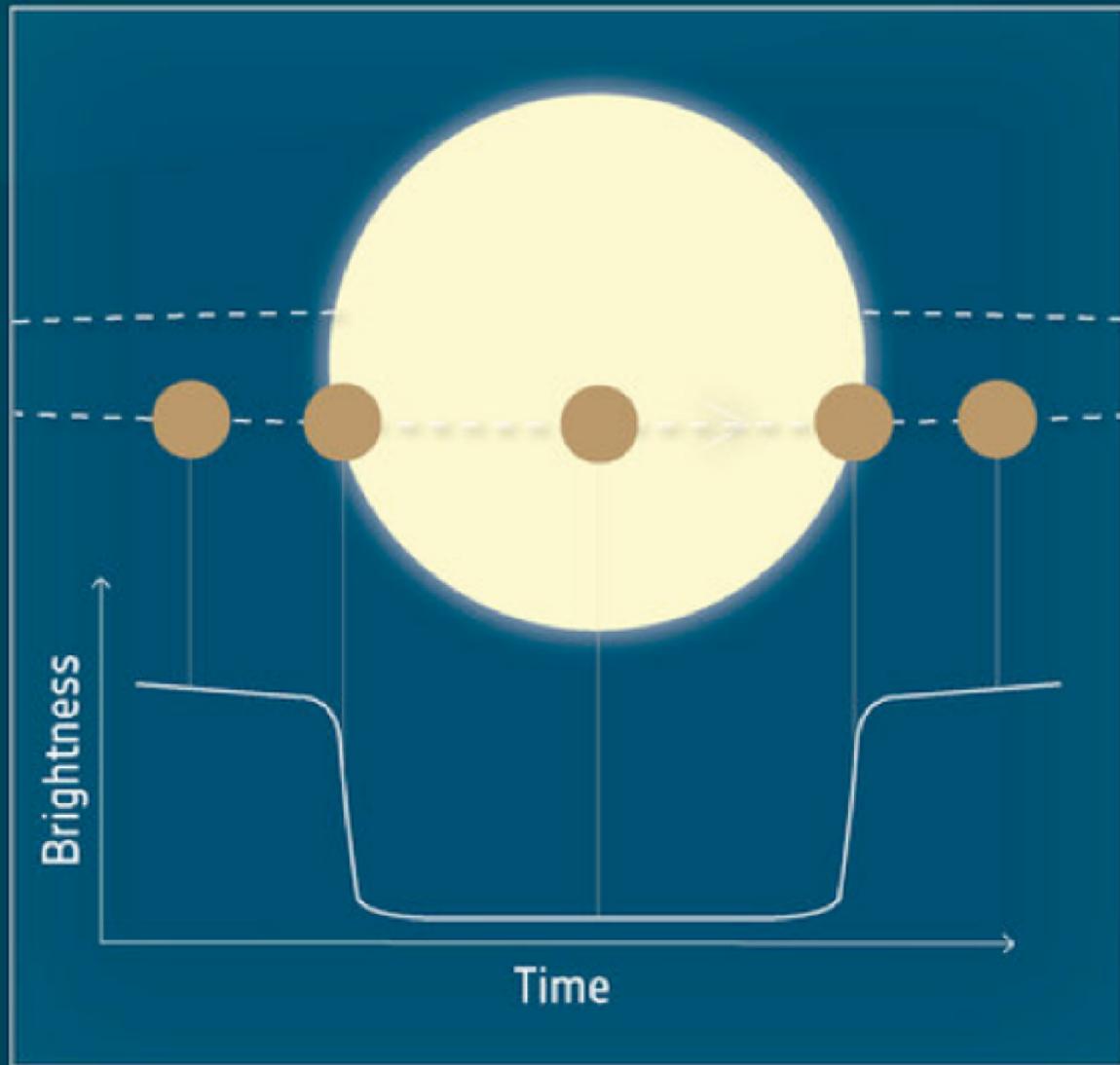


Direct imaging



EXOPLANETAS

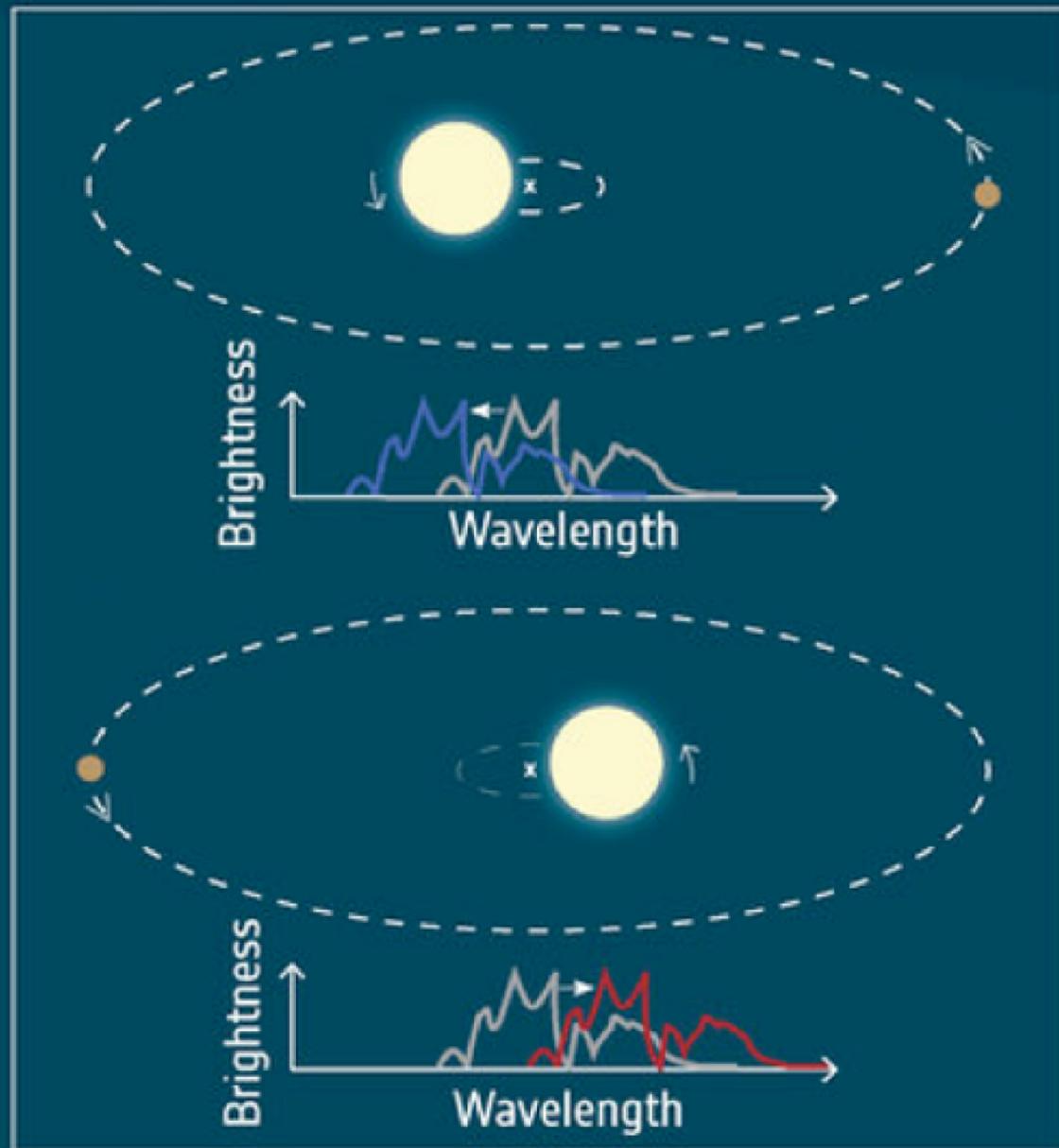
Transit photometry



- SE DETECTAN PEQUEÑOS CAMBIOS EN LA LUMINOSIDAD DE LA ESTRELLA COMO CONSECUENCIA DEL PASO DEL PLANETA EN ÓRBITA.
- REQUIERE QUE LA ÓRBITA ESTELAR PASE ENTRE LA ESTRELLA Y EL OBSERVADOR.
- REQUIERE MÚLTIPLES OBSERVACIONES PARA CONFIRMARSE
- PERMITE EL ESTUDIO DE LAS ATMÓSFERAS

EXOPLANETAS

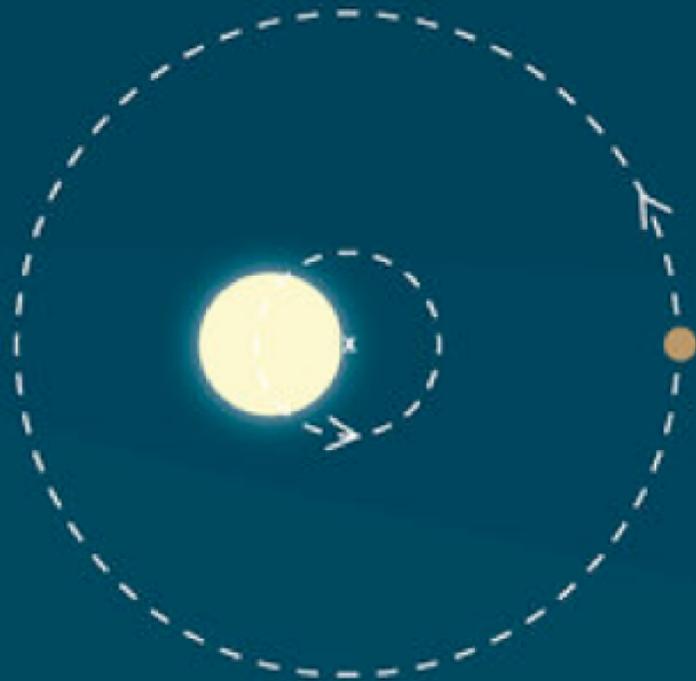
Radial velocity



- VARIACIONES DOPPLER DETECTADAS EN EL ESPECTRO DE LA ESTRELLA.
- CUANTO MAYOR SEA LA INCLINACIÓN, MÁS DIFÍCIL SERÁ LA DETECCIÓN.
- PERMITE OBTENER INFORMACIÓN SOBRE LA UBICACIÓN Y LA MASA DEL PLANETA.

EXOPLANETAS

Astrometry

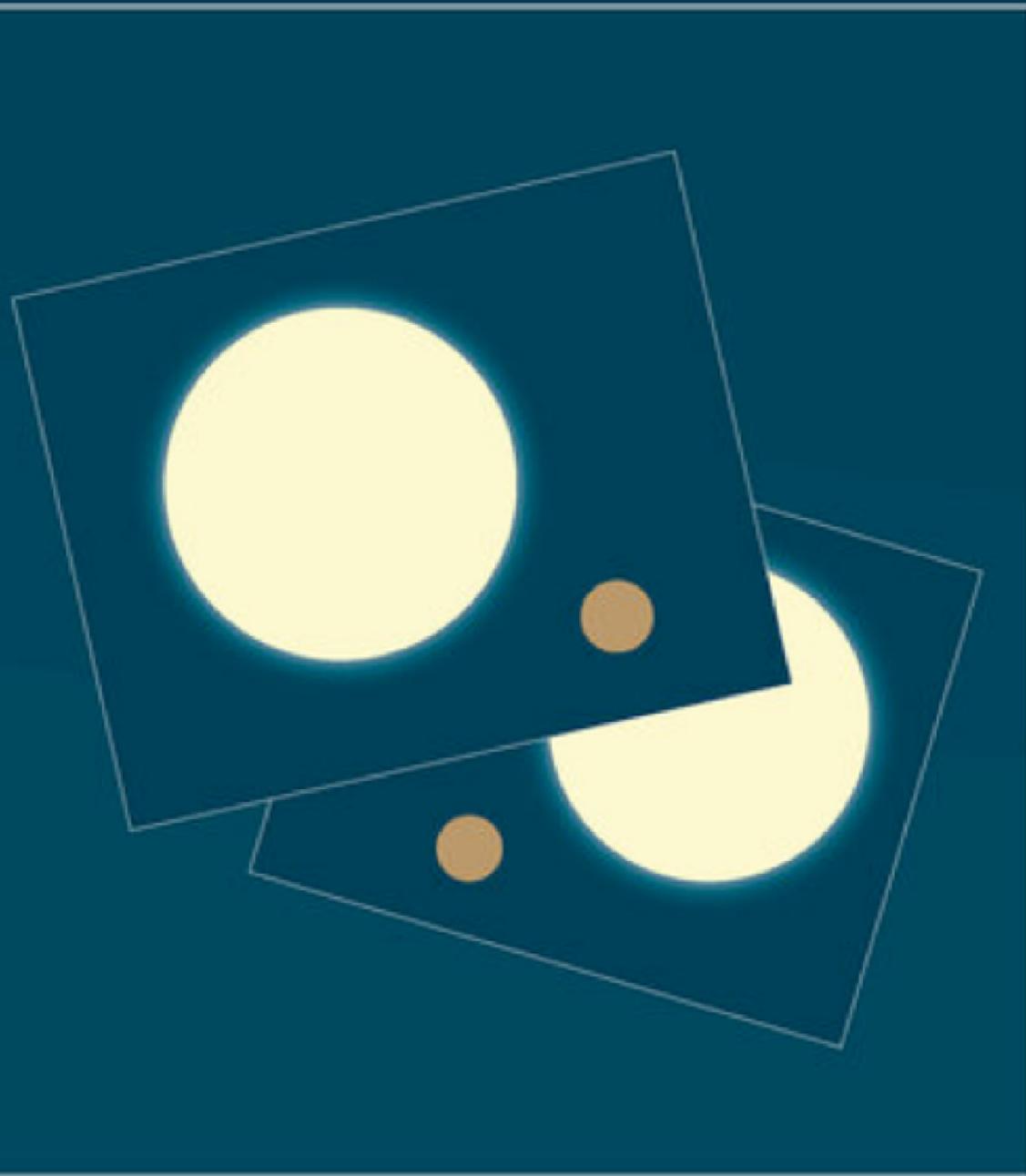


Position in the sky over time

- SE DETECTAN LAS VARIACIONES DE LA POSICIÓN DE LA ESTRELLA EN EL CIELO.
- SI LA ESTRELLA TIENE UN MOVIMIENTO ORBITAL, SE GENERA UN PATRÓN RECONOCIBLE EN SU MOVIMIENTO.
- REQUIERE OBSERVACIONES EXTREMADAMENTE PRECISAS.
- PROPORCIONA INFORMACIÓN SOBRE LA UBICACIÓN Y LA MASA DEL PLANETA.

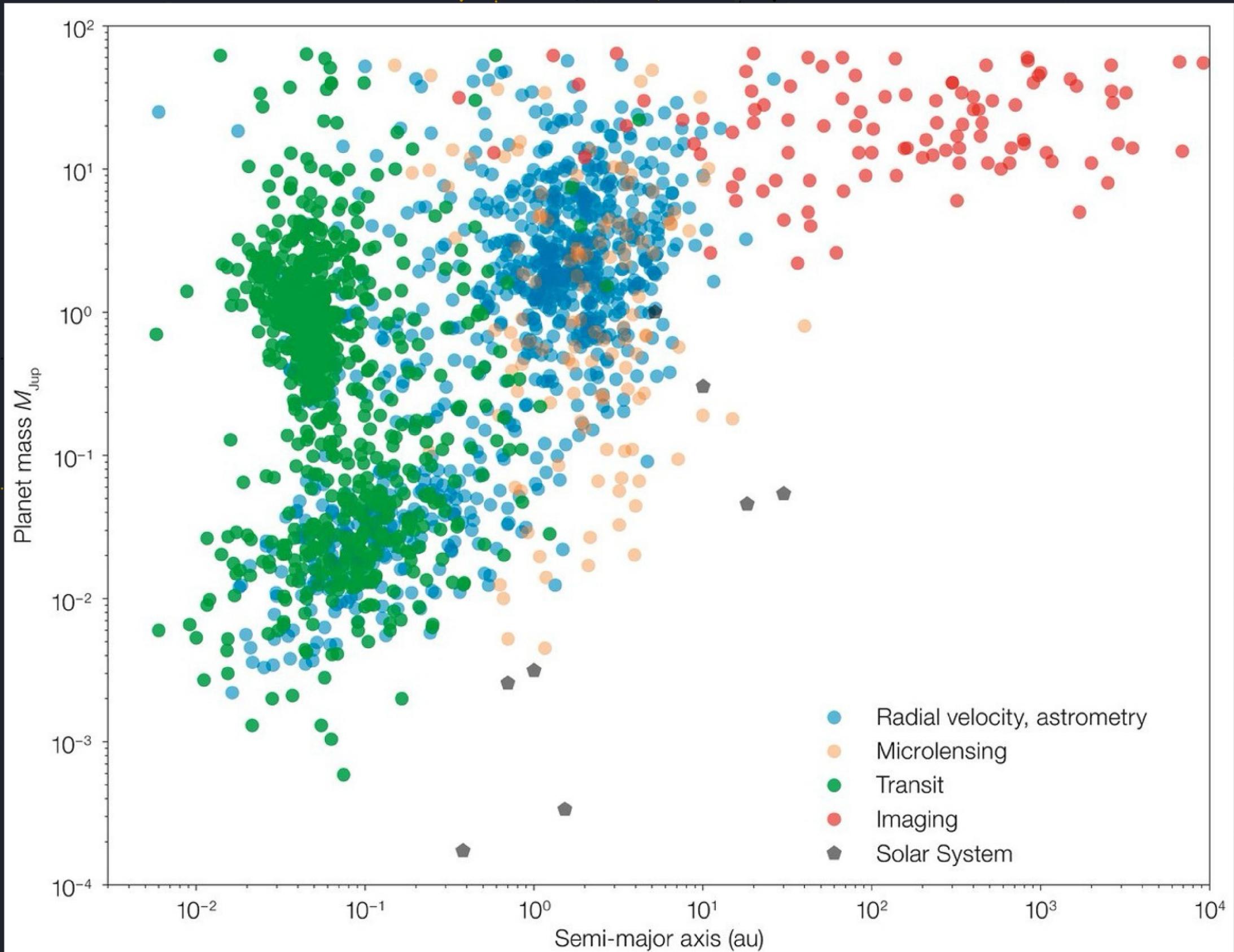
EXOPLANETAS

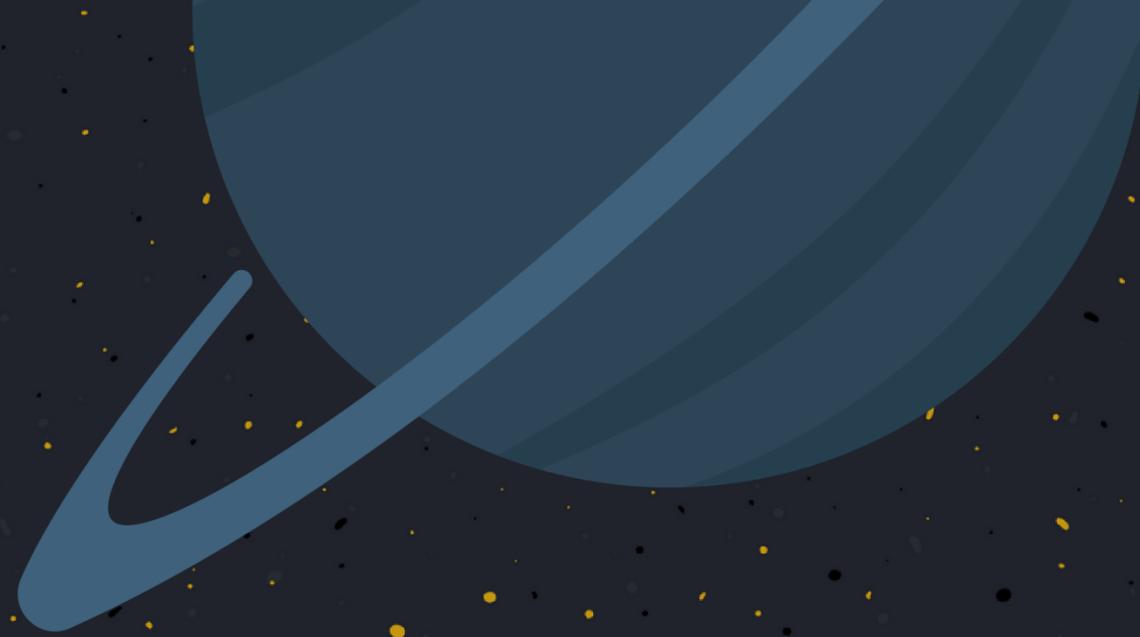
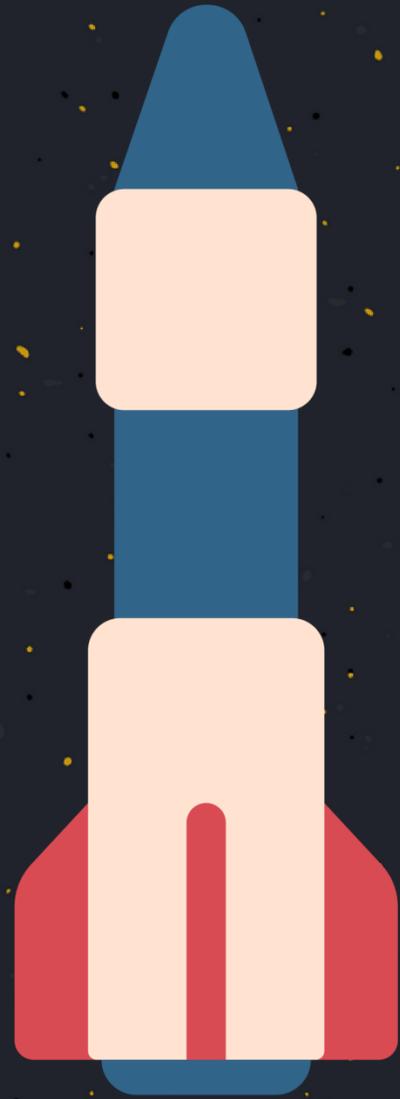
Direct imaging



- EL PLANETA SE OBSERVA DIRECTAMENTE
- ACTUALMENTE SENSIBLE A LOS PLANETAS MASIVOS (JOVIANOS O MAYORES).
- REQUIERE OBSERVACIONES INFRARROJAS
- PERMITE OBTENER INFORMACIÓN DIRECTA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL PLANETA

EXOPLANETAS





**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

