



Universidad Nacional de Río Negro

Int Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2020

- **Unidad** 02-Astrofísica, estrellas y planetas
- **Clase** UO2 C05 - 9/16
- **Fecha** 30 Sep 2020
- **Cont** Planetas y Vida
- **Cátedra** Asorey
- **Web** <https://gitlab.com/asoreyh/unrn-ipac/>



Contenidos: un viaje en el tiempo y el espacio

HOW DID OUR UNIVERSE BEGIN?

Some 13.8 billion years ago our entire visible universe was contained in an unimaginably hot, dense point, a billionth the size of a nuclear particle. Since then it has expanded—a lot—fighting gravity all the way.

Inflation
In less than a nanosecond a massive energy field inflates space 10²⁶ times, stretching it with a soup of subatomic particles called quarks.

Age: 10⁻² milliseconds
Size: Infinitesimal to golf ball

Early building blocks
The universe expands, cools. Quarks clump into protons and neutrons; then strings of atoms begin to form. Perhaps dark matter forms.

Age: .01 milliseconds
Size: 1-billionth present size

First nuclei
As the universe continues to cool, the lightest nuclei of hydrogen will form. A thick fog of particles blocks all light.

Age: .01 to 200 seconds
Size: .0009 present size

First atoms, first light
As electrons begin orbiting nuclei, creating atoms, the glow from their inflection points is unveiled. This light is as far back as our instruments can see.

Age: 380,000 years
Size: .0009 present size

The “dark ages”
For 300 million years this cosmic fog of radiation is the only light. Clumps of matter that will become galaxies glow brightest.

Age: 380,000 to 300 million years
Size: .0009 to 0.1 present size

Gravity wins: first stars
Dense gas clouds collapse under their own gravity and of dark matter to eventually form galaxies and stars. Nuclei fusion lights up the stars.

Age: 300 million years
Size: 0.1 present size

Antigravity wins
After being slowed for billions of years, gravity gives way to antigravity, cosmic expansion accelerates again. The culprit: dark energy. Its nature: unclear.

Age: 10 billion years
Size: .77 present size

Today
The universe continues to expand, becoming ever less dense. As a result, fewer new stars and galaxies are forming.

Age: 13.8 billion years
Size: Present size

COSMIC QUESTIONS

In the 20th century the universe became a story—a scientific one. It had always been seen as static and eternal. Then astronomers observed other galaxies flying away from ours, and Einstein's general relativity theory implied space itself was expanding—which meant the universe had once been denser. What had seemed eternal now had a beginning and an end. But what beginning? What end? Those questions are still open.

WHAT IS OUR UNIVERSE MADE OF?

Stars, dust and gas—the stuff we can discern—make up less than 5 percent of the universe. Their gravity can't account for how galaxies hold together. Scientists figure about 24 percent of the universe is a mysterious dark matter—perhaps exotic particles formed right after inflation. The rest is dark energy, an unknown energy field or property of space that counters gravity, providing an explanation for observations that the expansion of space is accelerating.



WHAT IS THE SHAPE OF OUR UNIVERSE?

Einstein discovered that a star's gravity curves space around it. But is the whole universe curved? Might space close up on itself like a sphere or curve the other way, opening out like a saddle? By studying cosmic background radiation, scientists have found that the universe is poised between the two: just dense enough with just enough gravity to be almost perfectly flat, at least the part we can see. What lies beyond we can't know.

Observable Universe
The universe began 13.8 billion years ago. Because it has been expanding ever since, the farthest observable edge is now 47 billion light-years.

The Unknown Beyond
What we can't see. The possible shapes are:



Unidad 2

Astrofísica, escalas medias

DO WE LIVE IN A MULTIVERSE?

What came before the big bang? Maybe other big bangs. The uncertainty principle holds that even the vacuum of space has density fluctuations. Inflation theory says our universe exploded from such a fluctuation—a random event that, odds are, had happened many times before. Our cosmos may be one in a sea of others just like ours—or nothing like ours. These other cosmos will very likely remain forever inaccessible to observation, their possibilities limited only by our imagination.

HOW WILL IT END?

Which will win in the end, gravity or antigravity? Is the density of matter enough for gravity to halt or even reverse cosmic expansion, leading to a big crunch? It seems unlikely—especially given the power of dark energy, a kind of antigravity. Perhaps the acceleration in expansion caused by dark energy will trigger a big rip that shreds everything, from galaxies to atoms. If not, the universe may expand for hundreds of billions of years, long after all stars have died.

Big crunch

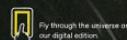
Big rip

Infinite expansion

Galaxies ripped apart by rapid expansion

Unidad 1

Partículas, lo más pequeño



By through the universe on
our digital edition

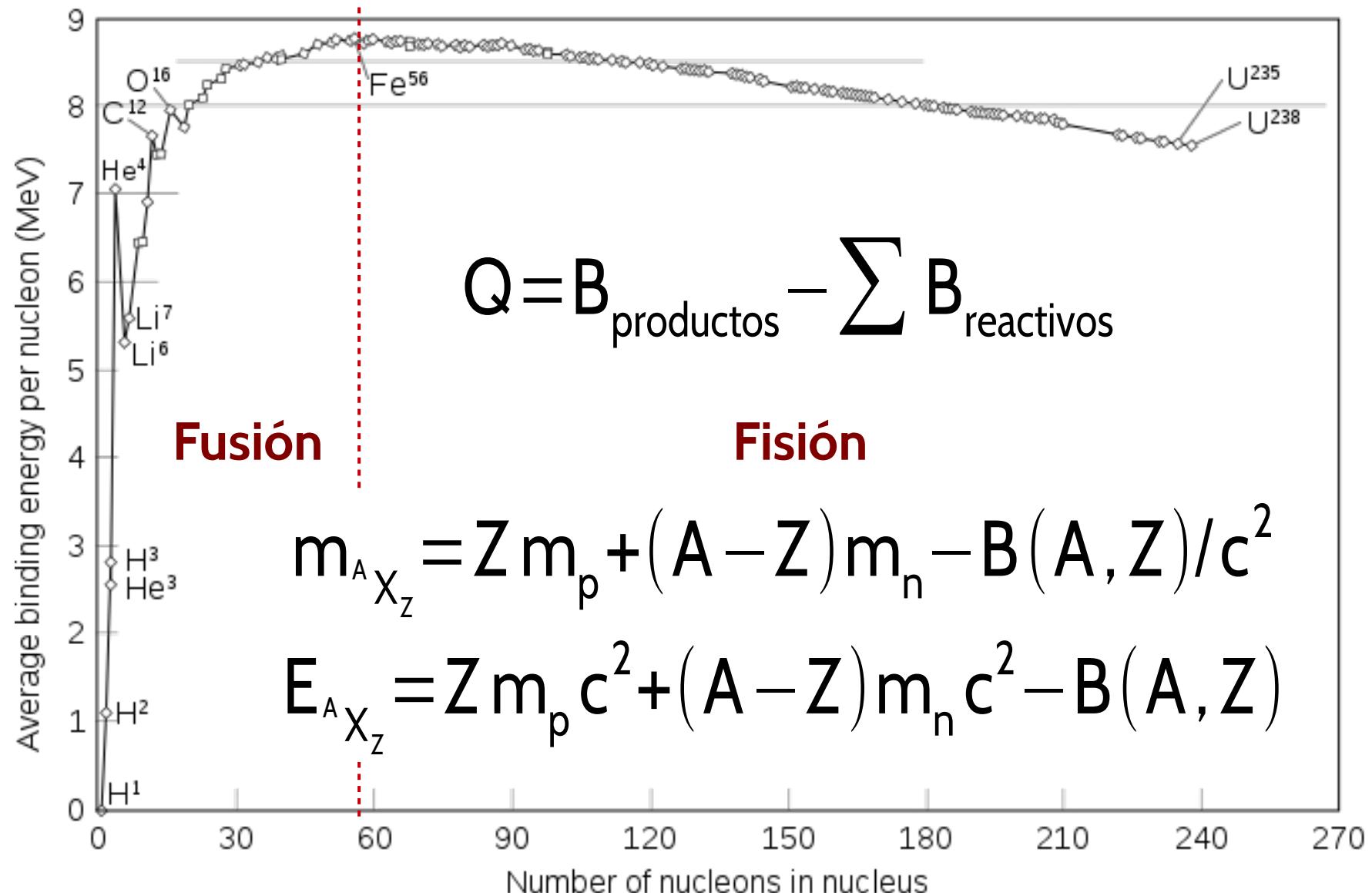
LONDON PHOTOS: ANDREW TAYLOR; GENEVA: GENEVIEVE ART MONTAGNE DESIGN: SOURCES: CHARLES BENNETT, JOHN HESTER, ANDREW LINSLEY, ANDREW LINSLEY, UNIVERSITY OF CHICAGO; COURTESY OF CERN; NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY

U2: Astrofísica, escalas intermedias

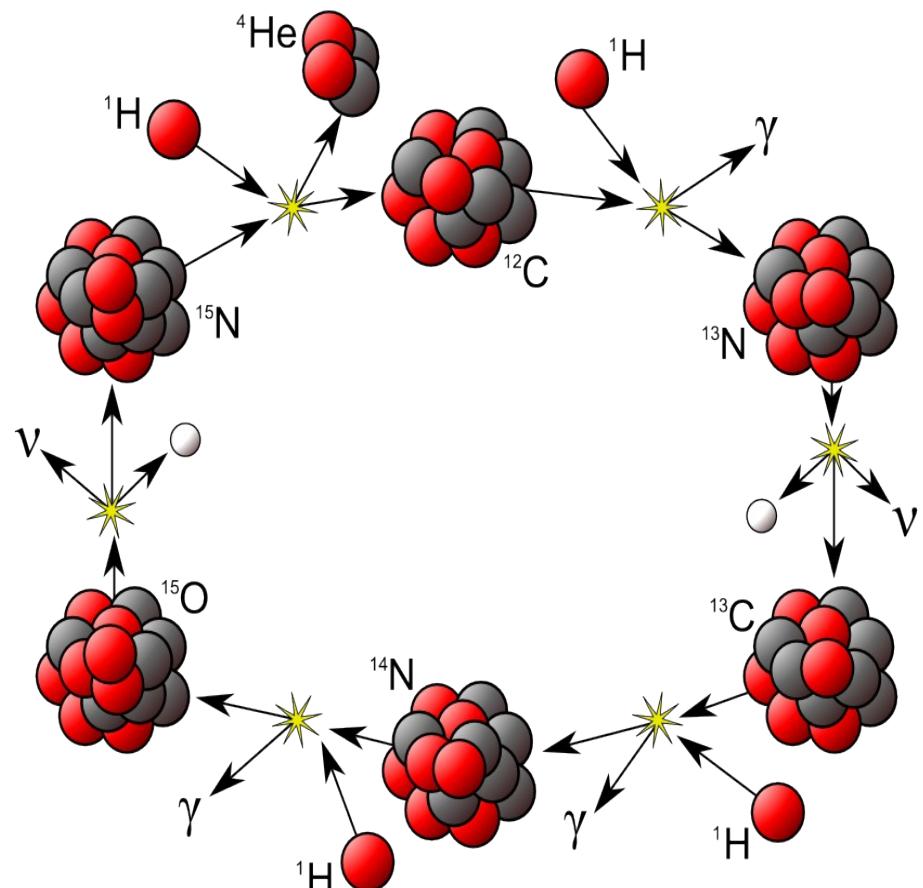
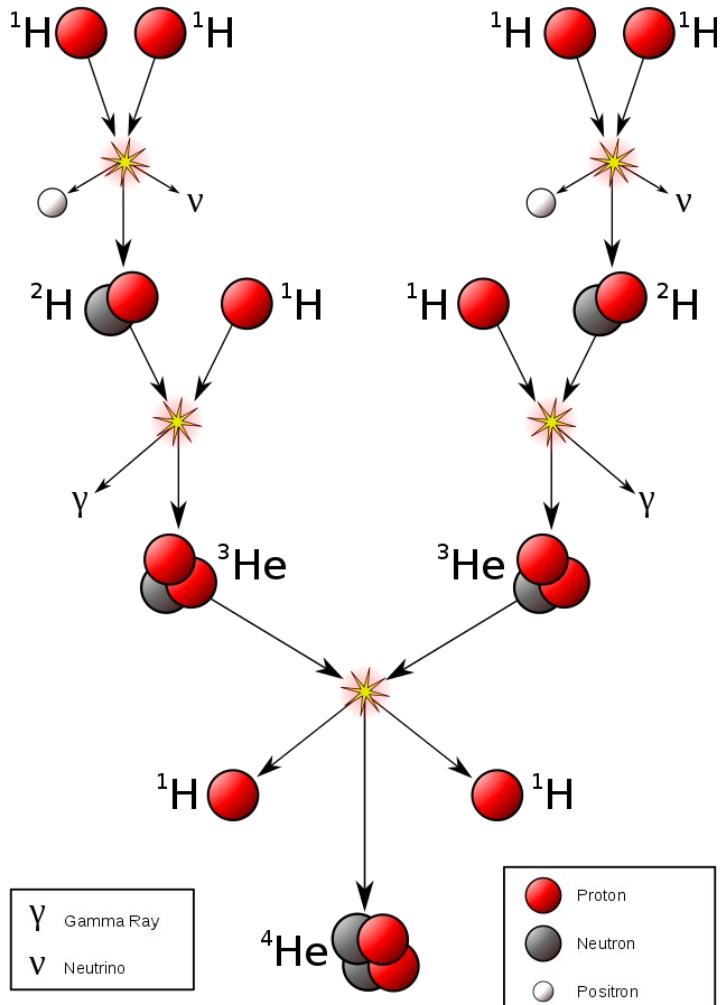
4 encuentros, del 02/Sep al 23/Sep

- **Estrellas.**
 - **Modelos politrópico. La fusión nuclear estelar.**
 - **Clasificación estelar. Diagrama H-R.**
 - **Evolución estelar. Nebulosas.**
- **Planetas**
 - **El Sistema Solar**
 - **Exoplanetas**
 - **Vida en el Universo: Astrobiología.**
- **Trabajo de la unidad: Astronomía observacional: sistemas de coordenadas y mapas estelares. Viernes 02/Oct/2020**

Energías de ligaduras



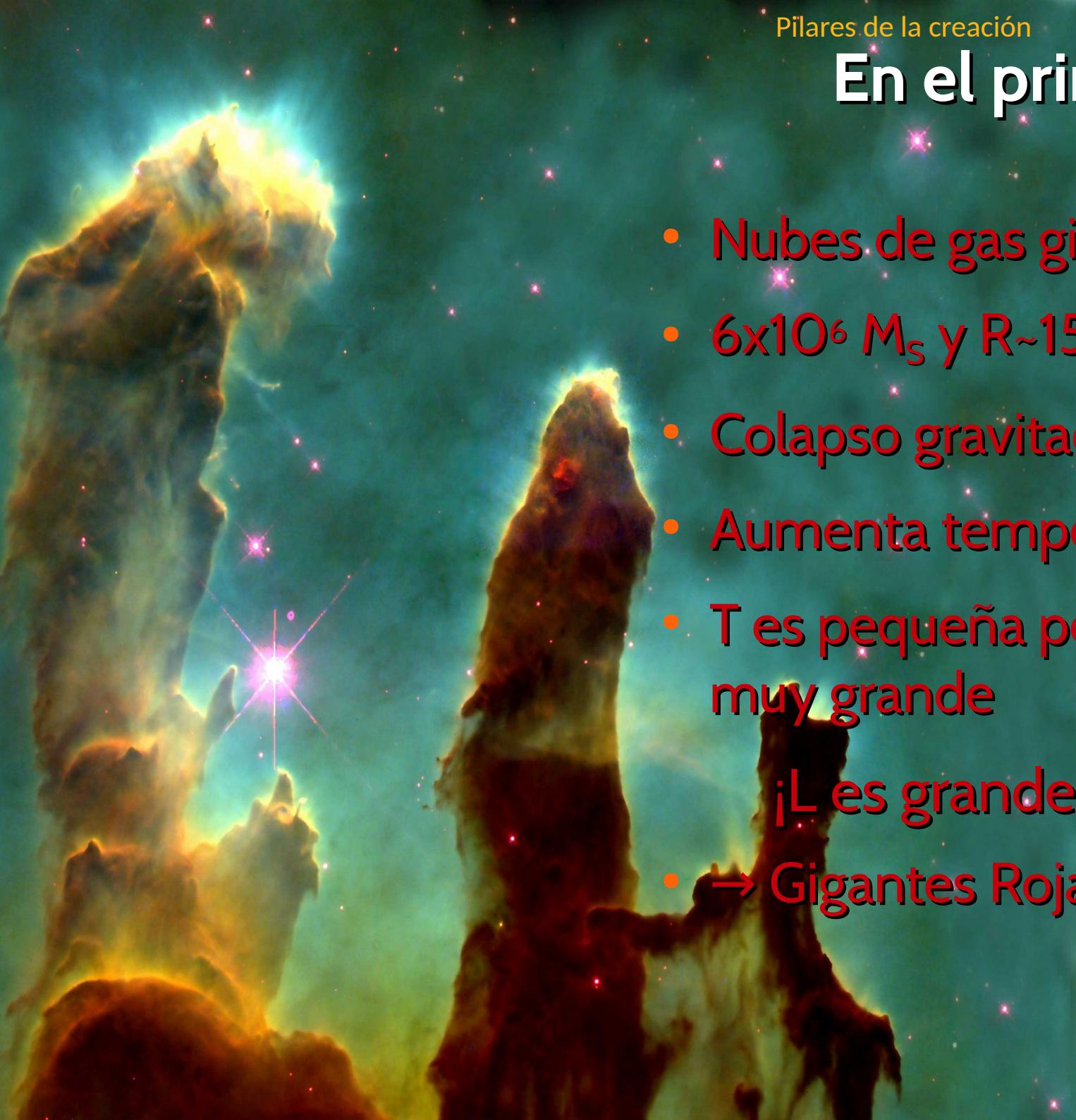
pp-chain y el ciclo CNO



$$4 \ ^1\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + 2 e^+ + 2 \nu_e + 26,73 \text{ MeV}$$

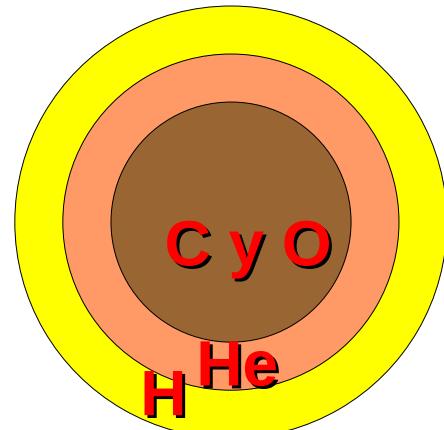
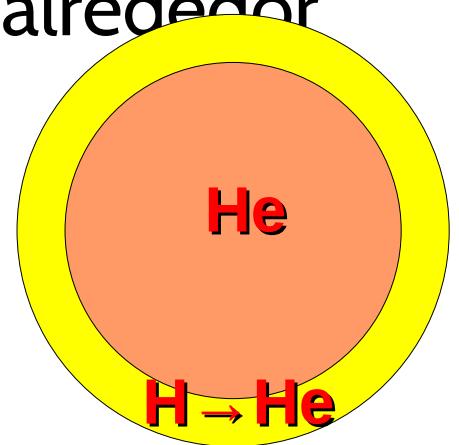
En el principio...

- Nubes de gas gigantes
- $6 \times 10^6 M_{\odot}$ y $R \sim 15$ pc
- Colapso gravitacional
- Aumenta temperatura
- T es pequeña pero R es muy grande
 ¡L es grande!
- → Gigantes Rojas

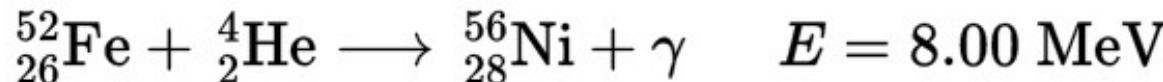
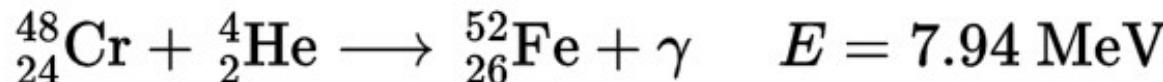
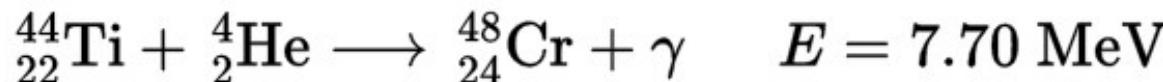
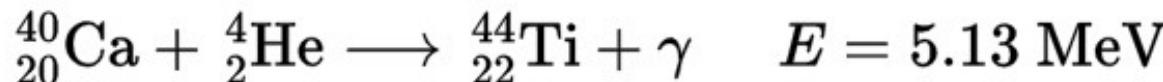
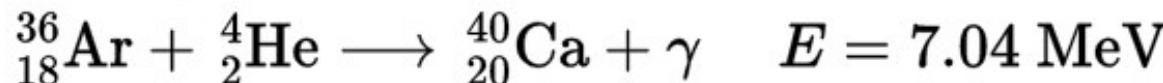
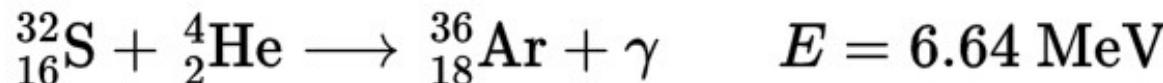
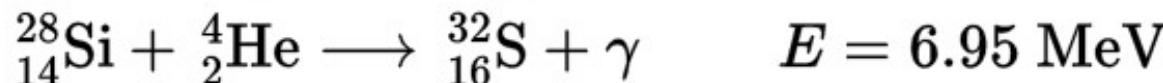
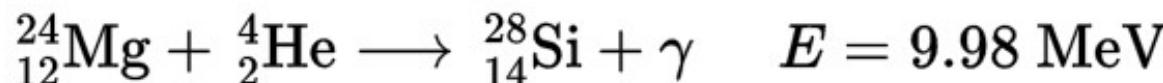
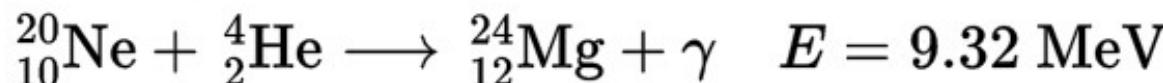
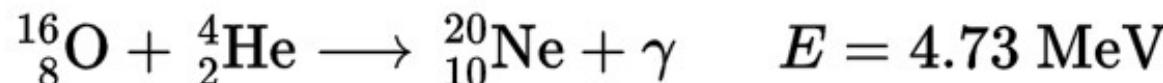
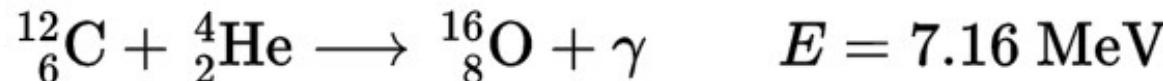




- Se acabó el H en el núcleo, ¿y ahora?
- Conversión $H \rightarrow He$, sólo en una corona alrededor del centro
- No alcanza la energía → Contracción
- Aumenta $T_c \rightarrow$ Mayor producción de E
- Si $T_c = 10^8$ K, $He \rightarrow C$ (“Flash de Helio”)
- $R_{\text{Sol}} \rightarrow 220$ veces!!!
- Pero $220 (7 \times 10^5) \text{ km} \sim 1.5 \times 10^8 \text{ km}$
- Núcleo cebolla: $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow Si \rightarrow Fe$



Y después → más masa → más temperatura →
sigo subiendo la escalera nuclear (procesos alfa)



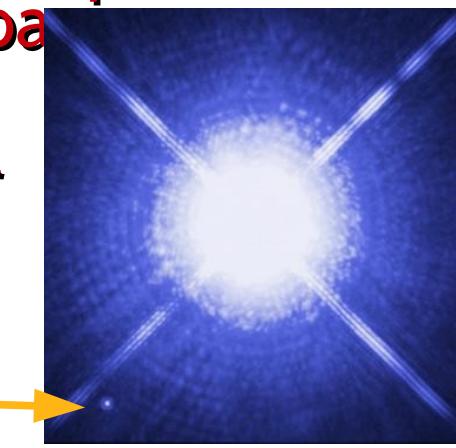
Enana blanca

NGC2440 + HD62166
(en Pupis)

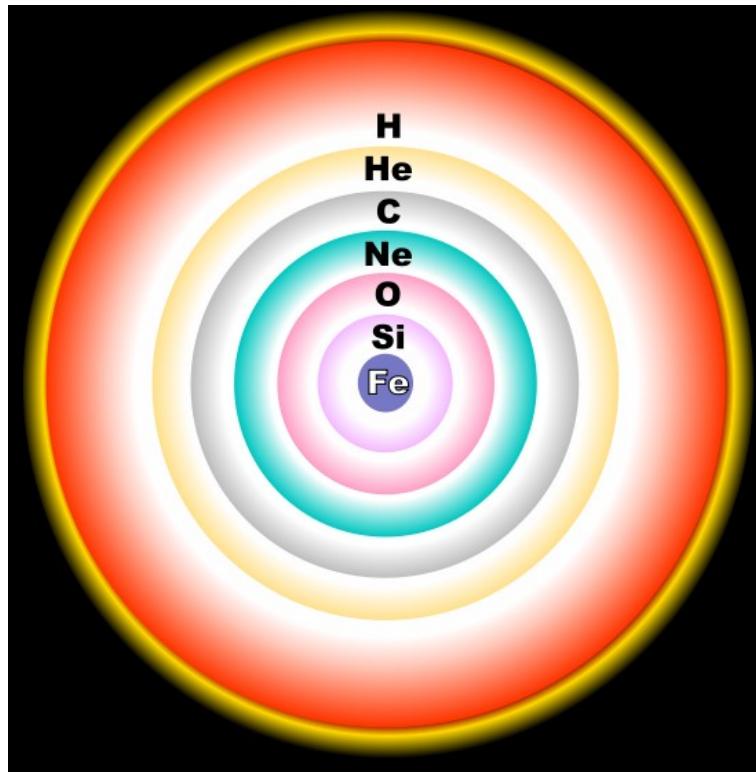
- No hay más **producción de energía**
- La gravedad **domina**
- El colapso comienza pero se detiene → **Pauli!**
- $R \sim R_{Tierra} \leftarrow$ **Calcular p y v_e**
- La estrella se **enfria por radiación al espacio**
→ Enana negra

:(

Sirio B



Si la masa es mayor...

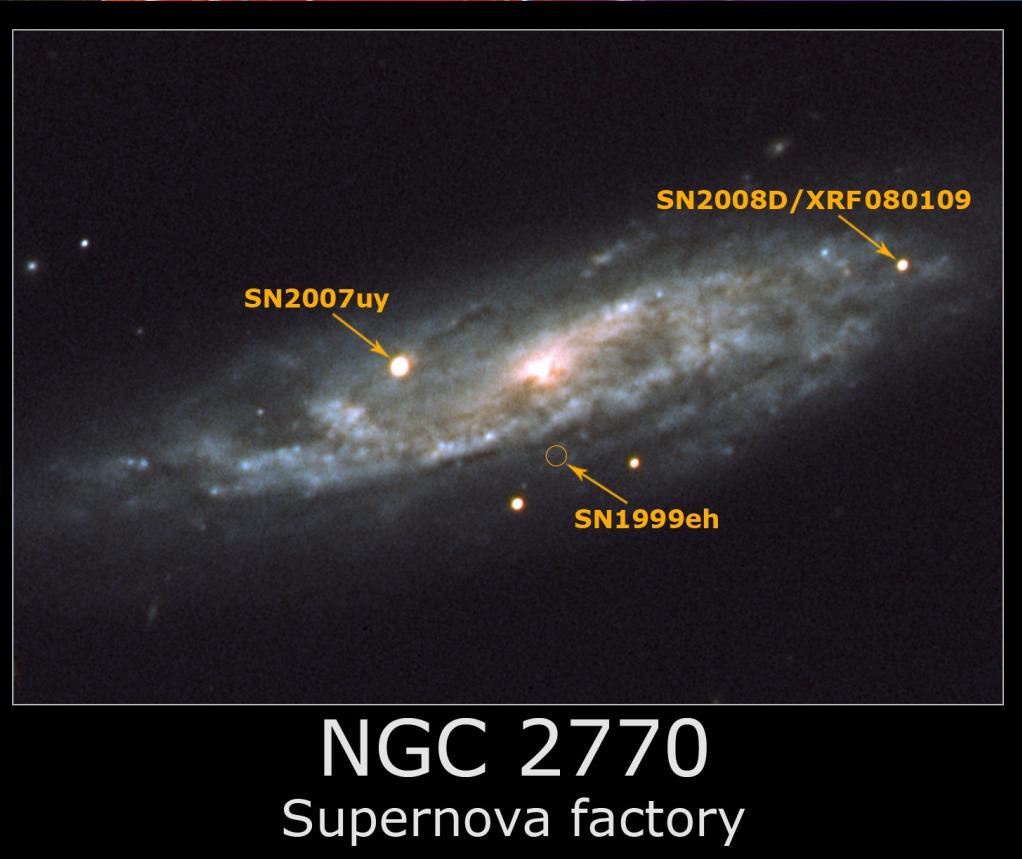


- El proceso en el núcleo continúa gracias a la compresión
- $\text{He} \rightarrow \text{C/O}$, $\text{C} \rightarrow \text{Ne}$, $\text{Ne} \rightarrow \text{O}$, $\text{O} \rightarrow \text{Si}$, $\text{Si} \rightarrow \text{Fe}$
- Pero Fe es el más estable: no gano energía uniendo Fe
- Sin fusión, desaparece la presión por radiación

¡El núcleo colapsa!

H. Asorey - Física IV B

Supernovas



NGC 2770
Supernova factory

© Anglo-Australian Observatory

- Dos tipos de SN: I y II
- Estás son las tipo II
- En el núcleo:
$$p^+ + e^- \rightarrow n + \nu_e$$
- Estrella de neutrones
- $M \sim 2 M_{\text{Sol}}$, $R \sim 20 \text{ km}$
- ¡Calcular ρ y v_e !
- Pulsars (LGM)
- **M grandes \rightarrow Agujeros Negros**

Gargantúa (Interstellar)



Nebulosas (latín: *nebulae*, nubes)

- Nebulosas: nubes interestelares formadas por
 - Gases → H, H₂, He, y otros gases neutros o ionizados
 - Polvo cósmico → partículas (aglomerados) $d < 100 \text{ } \mu\text{m}$ (C, Fe, ...)
- Distintos tipos
 - Objeto Herbig-Haro
 - Nebulosas difusas
 - Remanente de Supernova

Nebulosa difusa

- **Nebulosas extensas y sin bordes definidos**
 - Nebulosas de emisión → emisión de gases ionizados, principalmente H-II (regiones H-II)
 - Lugares de formación estelar → Orion, Carina, ...
 - Nebulosas de estrellas masivas → Planetarias (Anillo)
 - Nebulosas de reflexión → baja emisión pero reflejan luz de estrellas cercanas (Cabeza de Bruja, ...)
 - Nebulosas oscuras → nubes opacas y densas que bloquean la luz de objetos detrás de ellas (Glóbulos de Bok, Saco de Carbón)

Catalogos



- **Catálogo Messier**
 - Compilado por Charles Messier entre 1774 y 1781
 - “Catálogo de las Nebulosas y Cúmulos de Estrellas, que se observan entre las estrellas fijas sobre el Horizonte en París”
- 103 objetos → 110 objetos
- Objetivo: eliminar los objetos difusos del cielo para la búsqueda de cometas
- Recibien la denominación Mnnn
- Nebulosas, Cúmulos Abiertos, Cúmulos Globulares y Galaxias

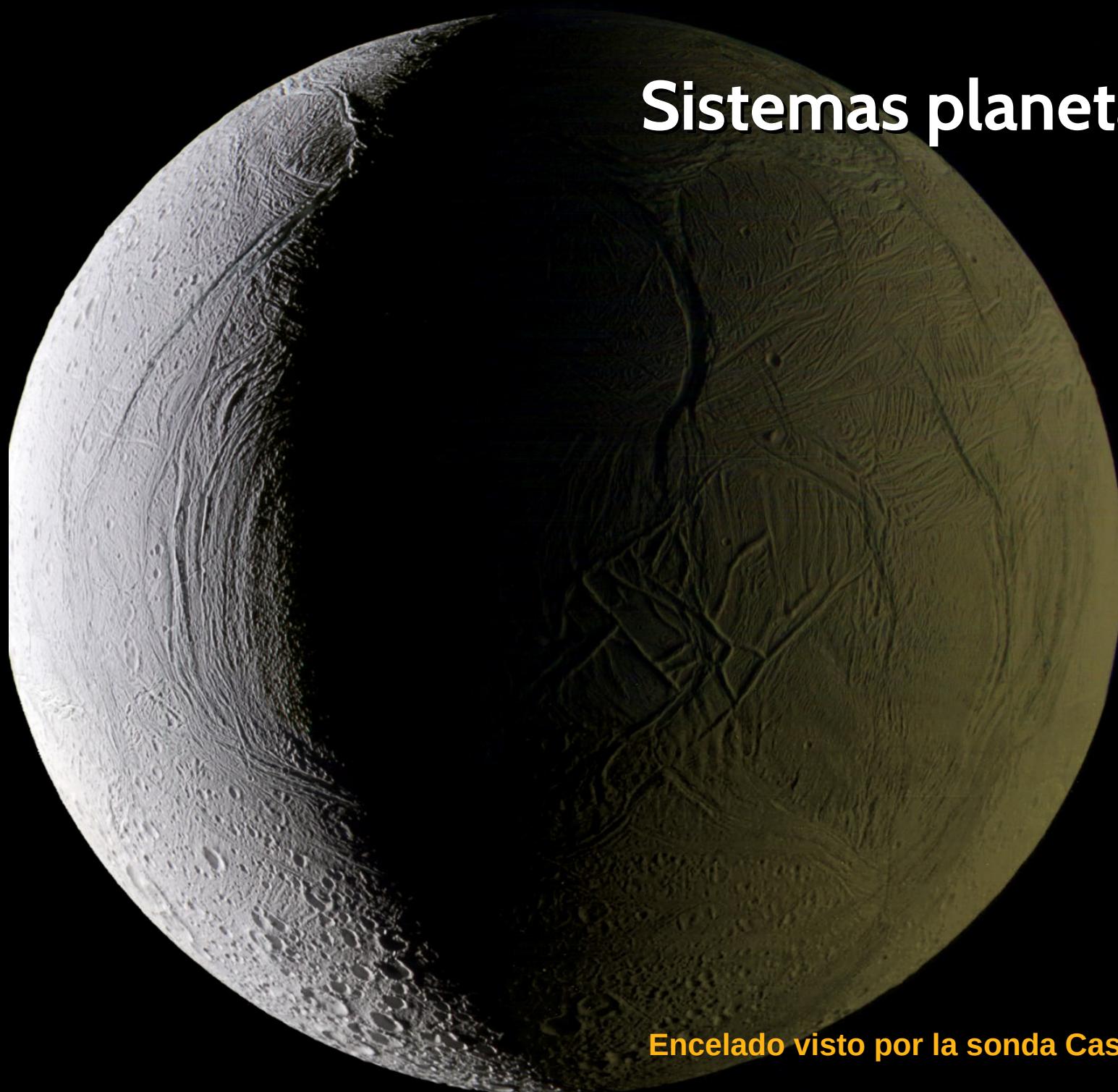


New General Catalog (NGC)

- Nuevo Catálogo General (de Nebulosas y Cúmulos de estrellas)
 - Compilado en 1880 por Johan Dreyer
 - Observaciones de Herschel
- Contiene 7840 objetos difusos

<http://spider.seds.org/ngc/ngc.html>

Sistemas planetarios



Encelado visto por la sonda Casini

El Sistema Solar



Para verlo en escala,

http://joshworth.com/dev/pixelspace/pixelspace_solarsystem.html

Saturno, un planeta exterior ¿Como explicar ese movimiento?



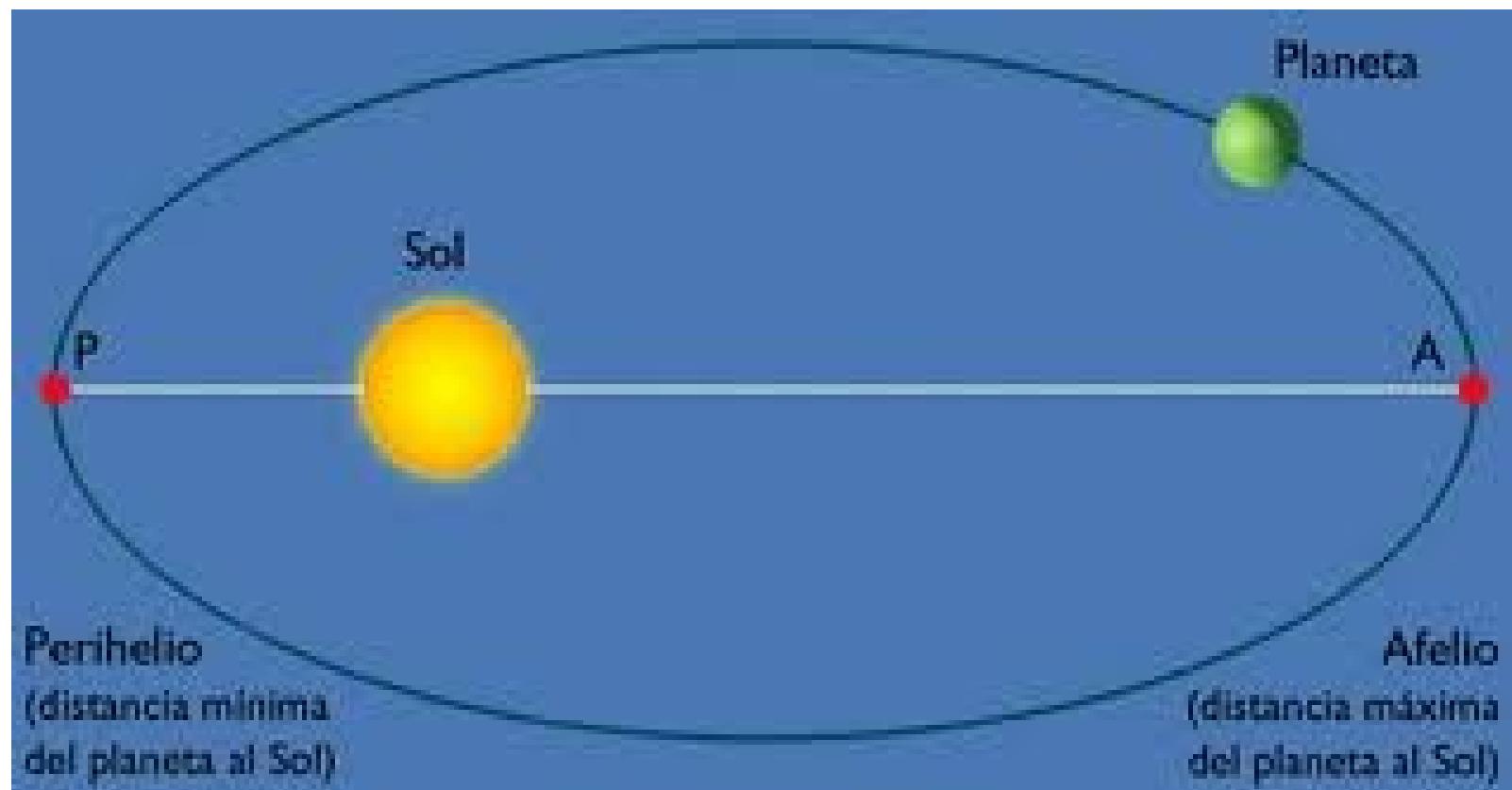
Saturn in CNC & LEO 1-8-2005 - 1-9-2008

8-2005

(c) Peter Wienerroither <http://homepage.univie.ac.at/~pw/>

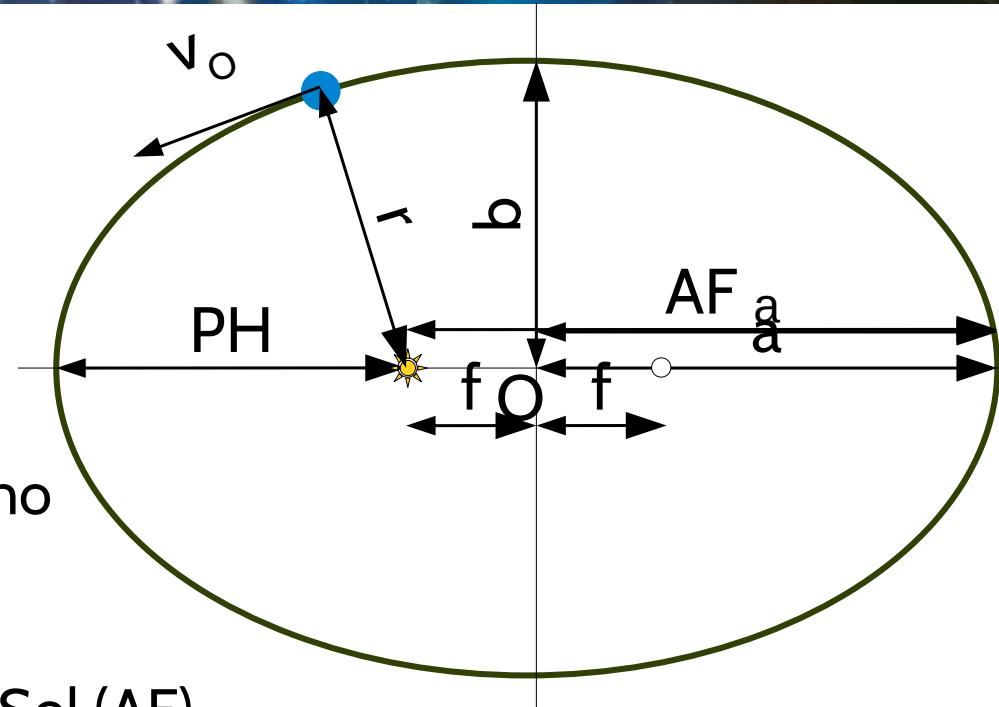
Primera ley: Movimiento cerrado

Primera Ley (1609): Los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se sitúa en uno de los focos.



Parámetros orbitales

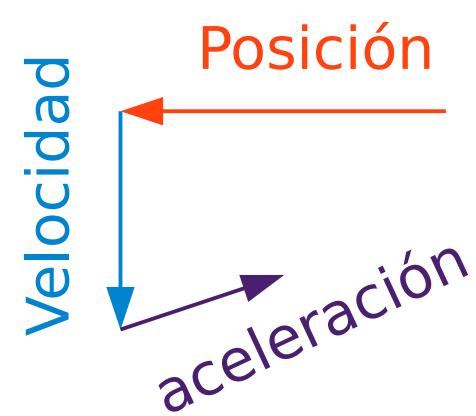
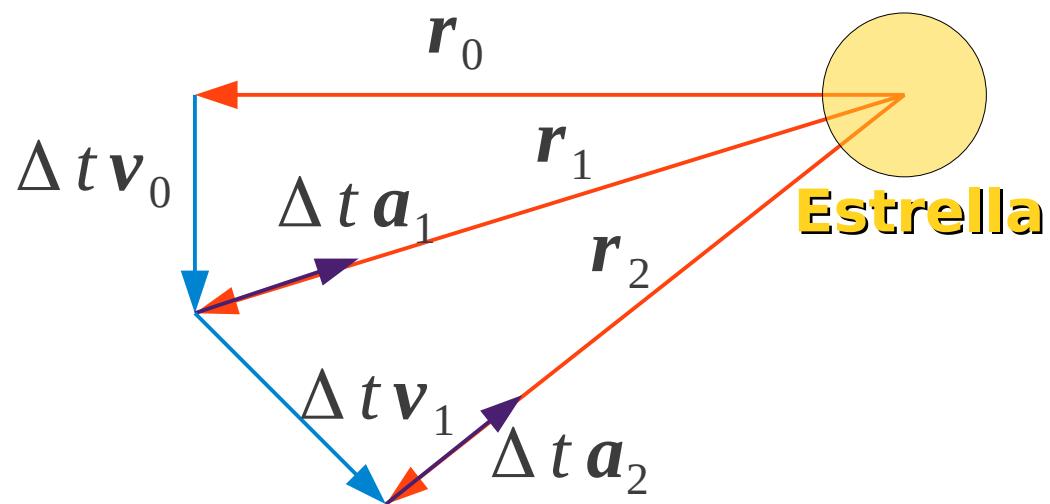
- **Centro:** O
- **Radio mayor:** a
- **Radio menor:** b
- **Radio vector:** r
- **Perihelio:** Punto de la órbita más cercano al Sol (PH)
- **Afelio:** Punto de la órbita más lejano al Sol (AF)
- **Distancia media:** $(\text{PH}+\text{AF})/2=a$
- **Excentricidad:** ϵ Elipse: $0<\epsilon<1$
parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica respecto a la circunferencia ($\epsilon=0$)
- **Velocidad orbital:** Depende de la posición $v_o(r)$



$$\epsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

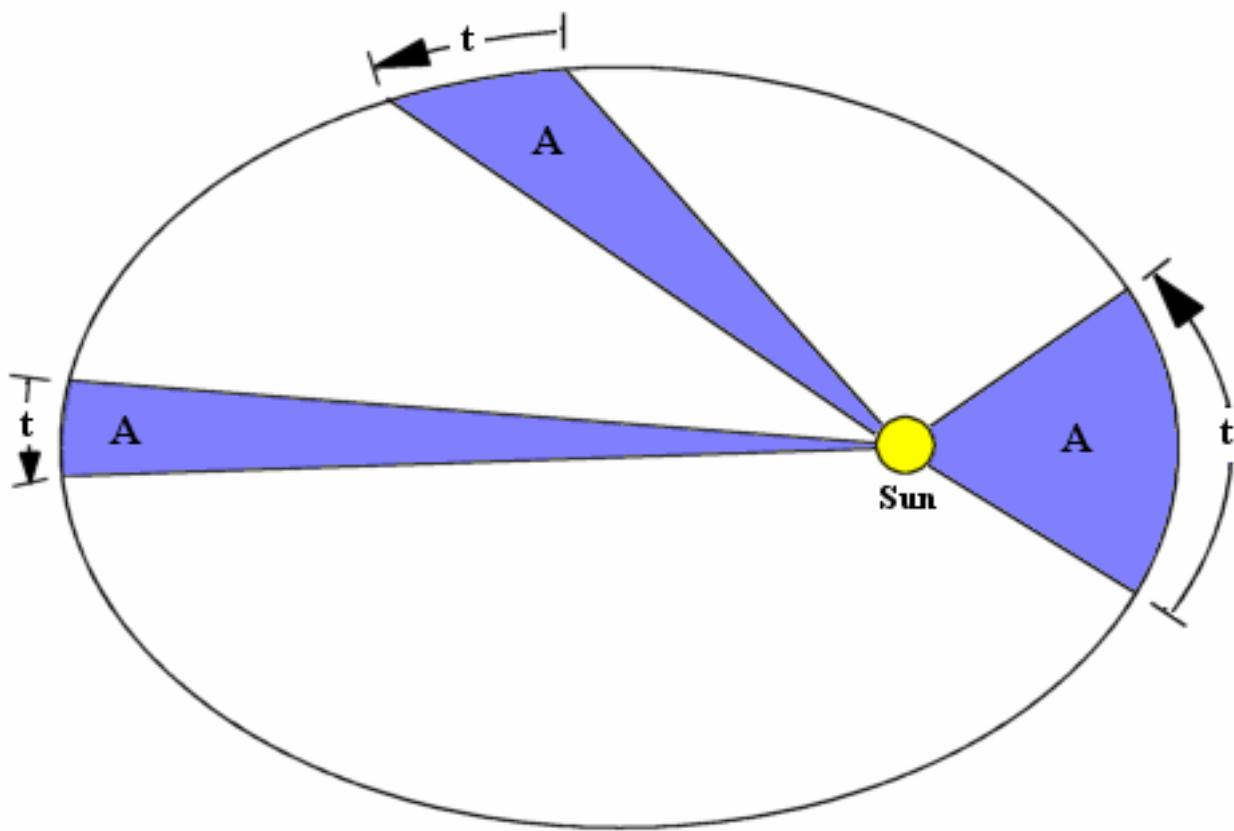
¿cómo se mueve un planeta?

- El movimiento no es circular, pero L es constante
- Si L es constante $\rightarrow L = mr\mathbf{v} \rightarrow r\mathbf{v}$ = “cte”
 - Aumenta r , disminuye v ; disminuye r , aumenta v



Segunda ley: Conservación Cant. Mov. Angular

Segunda Ley (1609): El radio vector que une el planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales



$$\frac{A}{t} = \text{cte} \Rightarrow \frac{A_1}{t} = \frac{A_2}{t}$$

$$\frac{b_1 \times r_1}{2t} = \frac{b_2 \times r_2}{2t}$$

$$\frac{v_1 t \times r_1}{t} = \frac{v_2 t \times r_2}{t}$$

$$v_1 r_1 = v_2 r_2$$

$$m v_1 r_1 = m v_2 r_2$$

$$\Rightarrow L_1 = L_2 \Rightarrow L = \text{cte}$$

$$\text{y además } v_1 = v_2 \frac{r_2}{r_1}$$

$$\text{Si } r_1 < r_2 \Rightarrow v_1 > v_2$$

¿Cómo calcular la velocidad? → Vis-viva

Hemos visto que en cualquier punto de la órbita: $v_v = \sqrt{\frac{r_A}{r_i}}$. En particular para Afelio (r_A), perihelio (r_p) \Rightarrow

$$(1) \quad v_p = v_A \left(\frac{r_A}{r_p} \right)$$

$$\text{y } r_p < r_A \Rightarrow v_A < v_p \quad \checkmark$$

$$(2) \quad a = \frac{r_p + r_A}{2}$$

Ahora bien, con Energía orbital se: $E_0 = E_k + E_G = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{GMm}{r}$ encuadrar función dist. r.

\Rightarrow Por conservación de Energía $\Rightarrow E_0 = \text{cte} \Rightarrow$ En el Afelio y en el Perihelio:

$$\frac{1}{2} m v_A^2 - \frac{GMm}{r_A} = \frac{1}{2} m v_p^2 - \frac{GMm}{r_p} \Rightarrow \frac{v_A^2}{2} - \frac{GM}{r_A} = \frac{v_p^2}{2} - \frac{GM}{r_p} \Rightarrow \frac{v_A^2}{2} - \frac{v_p^2}{2} = \frac{GM}{r_A} - \frac{GM}{r_p}$$

$$\text{Por (1): } \frac{v_A^2}{2} - \frac{v_p^2}{2} \left(\frac{r_A}{r_p} \right)^2 = GM \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_p} \right) \Rightarrow \frac{v_A^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{r_A^2}{r_p^2} \right) = \frac{v_A^2}{2} \cdot \left(\frac{r_p^2 - r_A^2}{r_p^2} \right) = GM \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_p} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{v_A^2}{2} = GM \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_p} \right) \frac{r_p^2}{r_p^2 - r_A^2} = GM \left(\frac{(r_p - r_A)}{r_p \cdot r_A} \right) \left(\frac{r_p^2}{(r_p - r_A)(r_p + r_A)} \right) = GM \frac{r_p}{r_A(r_p + r_A)} \quad \text{y usando (2)}$$

$$\Rightarrow \frac{v_A^2}{2} = GM \cdot \frac{2a - r_A}{r_A \cdot r_p} \Rightarrow v_A^2 = GM \left(\frac{2}{r_A} - \frac{1}{a} \right) \Rightarrow$$



(3) Ecuación Vis-Viva

\Rightarrow Para la Energía orbital:

$$E_0 = \frac{v^2}{2} - \frac{GM}{r} \Rightarrow E_0 = \frac{v_A^2}{2} - \frac{GM}{r_A} = \frac{1}{2} \left(GM \cdot \left(\frac{2}{r_A} - \frac{1}{a} \right) \right) - \frac{GM}{r_A} \text{ Estrella } (m \ll M)$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{GM \cdot 2}{2a} - \frac{GM}{2a} - \frac{GM}{r_A} \Rightarrow E_0 = -\frac{GM}{2a} \quad (4) \quad \text{Energía orbital!!}$$

Velocidad Afelio

Masa Estrella Afelio

Semieje Mayor



Entonces, en una órbita

- Para un objeto de masa m que orbita un objeto de masa M con una órbita con semieje mayor a , la energía orbital:

$$E_o = E_K + E_G = \frac{1}{2}mv_r^2 - \frac{GM}{r} \rightarrow E_o = \frac{-GM}{2a}$$

- Y en cualquier punto de la órbita se cumple

$$v_r = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

$$\text{y si } a=r \rightarrow v_o = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \text{cte}$$



Tercera Ley

Tercera Ley (1618): El cuadrado del período orbital (tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol, T) es directamente proporcional al cubo de la distancia media al Sol (a, igual al semieje mayor de la elipse).

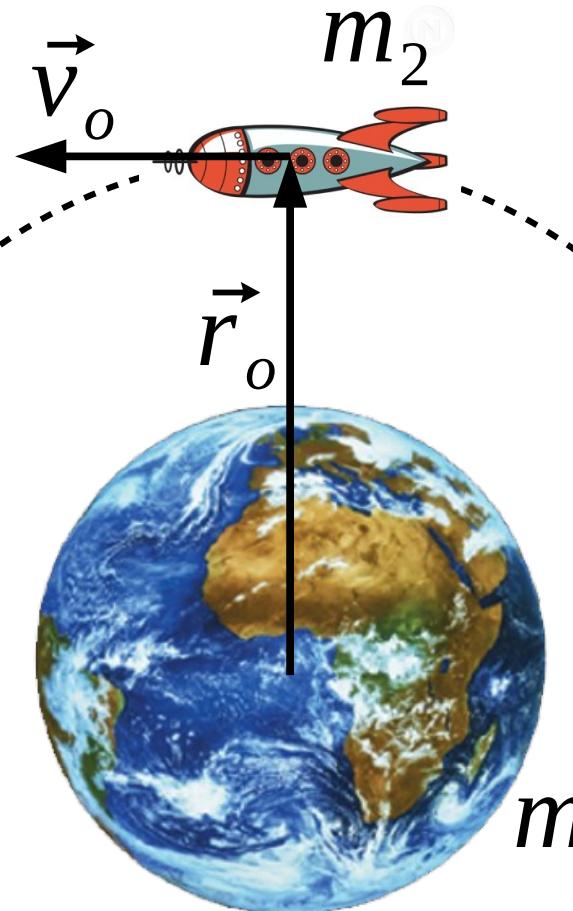
$$T^2 = k_{\text{Sol}} a^3$$

Calcule k_{Sol} y $1/k_{\text{Sol}}$ en unidades del SI (m y s) y en años y unidades astronómicas

$$\frac{T^2}{a^3} = \left(\frac{4\pi^2}{G m_{\text{Sol}}} \right) \equiv k_{\text{Sol}}$$

Recuerde que esta constante sólo depende de la masa del Sol y, por lo tanto, es la misma para TODOS los objetos que orbitan al Sol.

Duración de la órbita



- Órbita circular

$$v_o = \frac{2\pi r_o}{t_o}$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{G m_1}{r_o}} = \frac{2\pi r_o}{t_o}$$

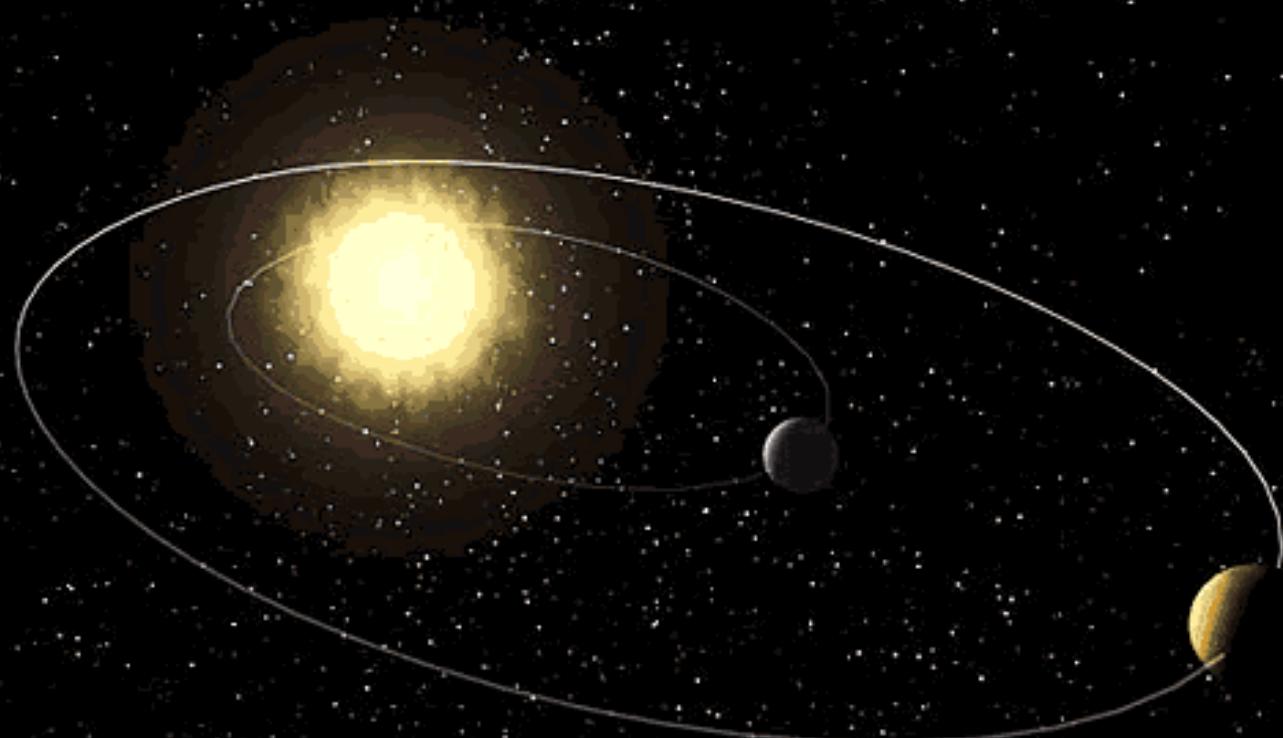
$$\frac{G m_1}{r_o} = \left(\frac{2\pi r_o}{t_o} \right)^2$$

$$\frac{t_o^2}{r_o^3} = \left(\frac{4\pi^2}{G m_1} \right)$$

¡Atención!
 t^2 prop. r^3

$$t_o^2 = \left(\frac{4\pi^2}{G m_1} \right) r_o^3 \Rightarrow t_o = \sqrt{\frac{4\pi^2}{G m_1} r_o^3}$$

Más cerca → más rápido, III, el regreso



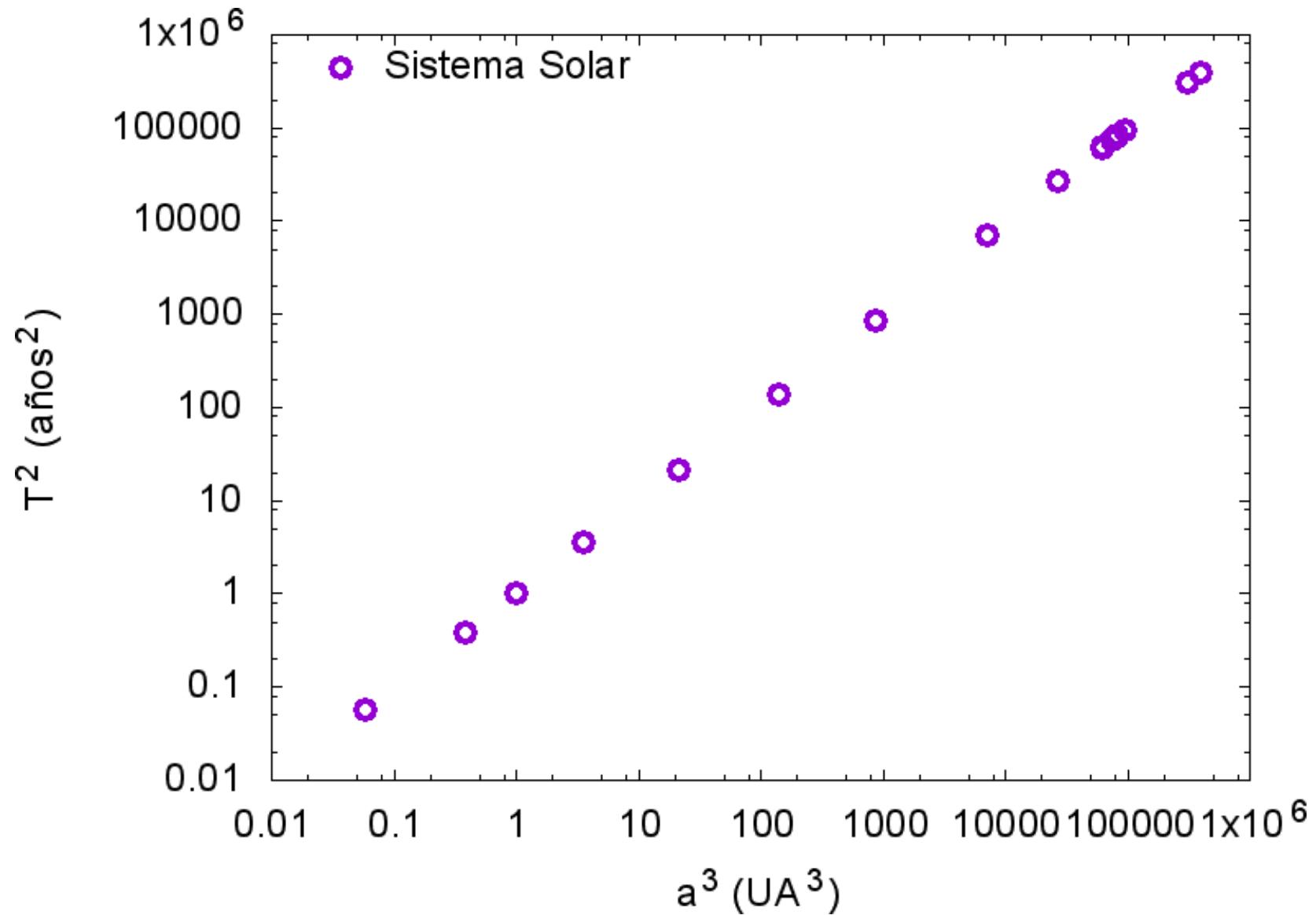
Para el Sistema Solar

- Si medimos a en Unidades astronómicas y T en años terrestres, $k=1$

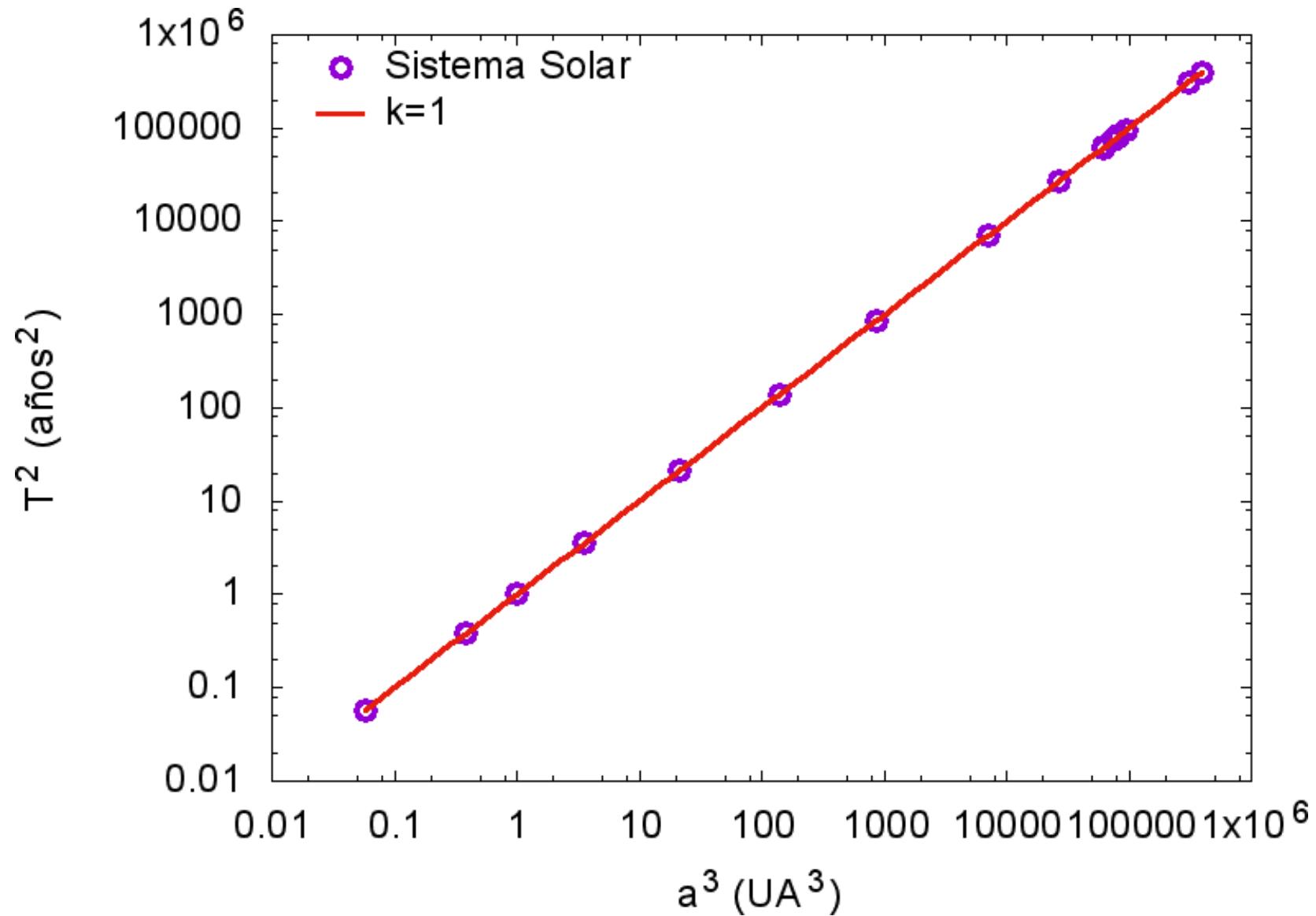
$$\left(\frac{T}{\text{año}}\right)^2 = \left(\frac{a}{\text{U.A.}}\right)^3$$

- (nota: pensar en la Tierra, T=1, a=1 entonces k=1)

¿Será verdad? → Datos!



¿Será verdad? → Datos!





Tercera Ley

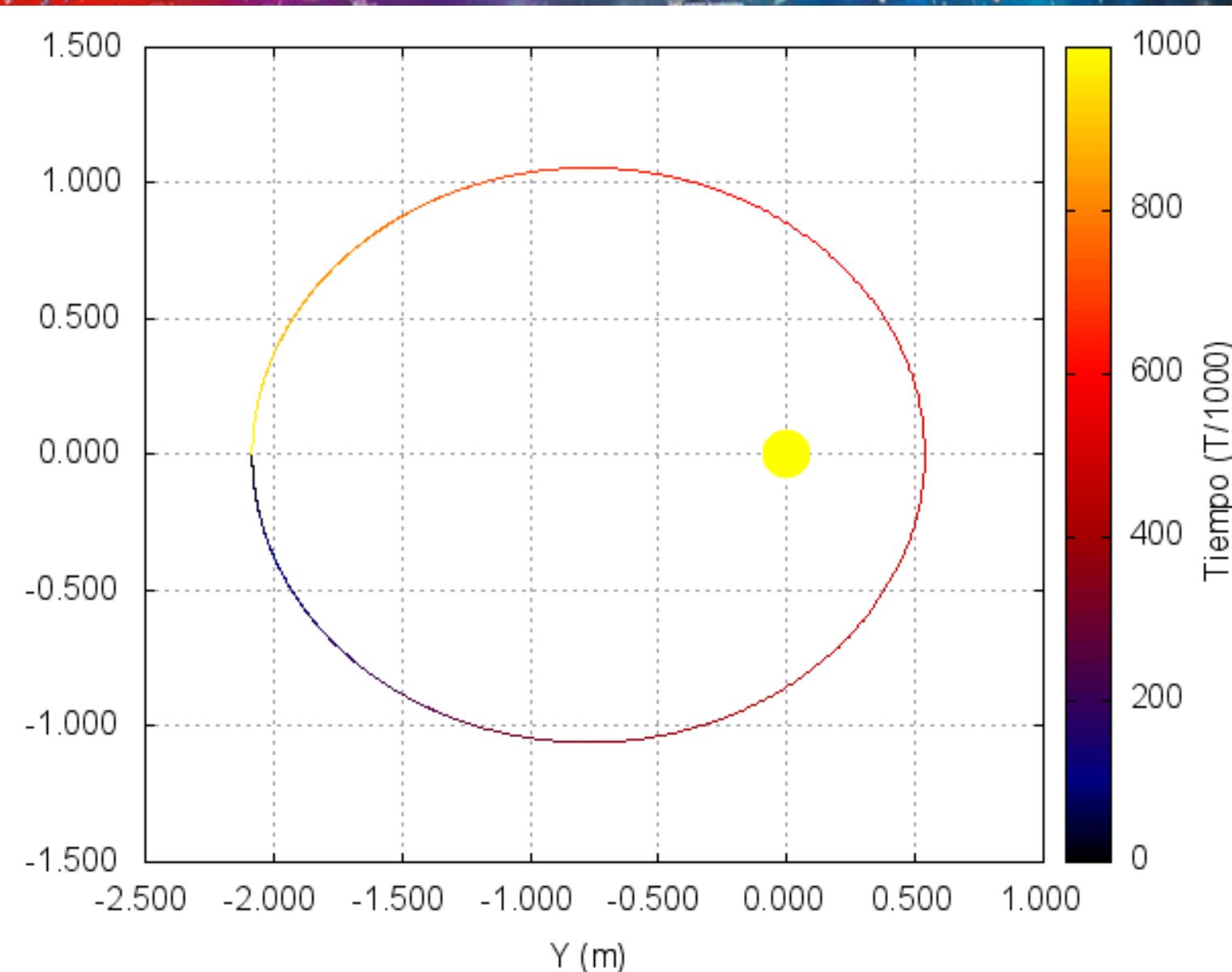
- Y vale para cualquier sistema orbital. Por ejemplo
 - calcule la masa de la Tierra sabiendo que el periodo orbital lunar es de 27,4 días y la distancia media es $a=384800$ km
 - calcule el radio de la órbita de lo sabiendo que su periodo orbital es de 43h y la masa de Júpiter es 1.899×10^{27} kg.

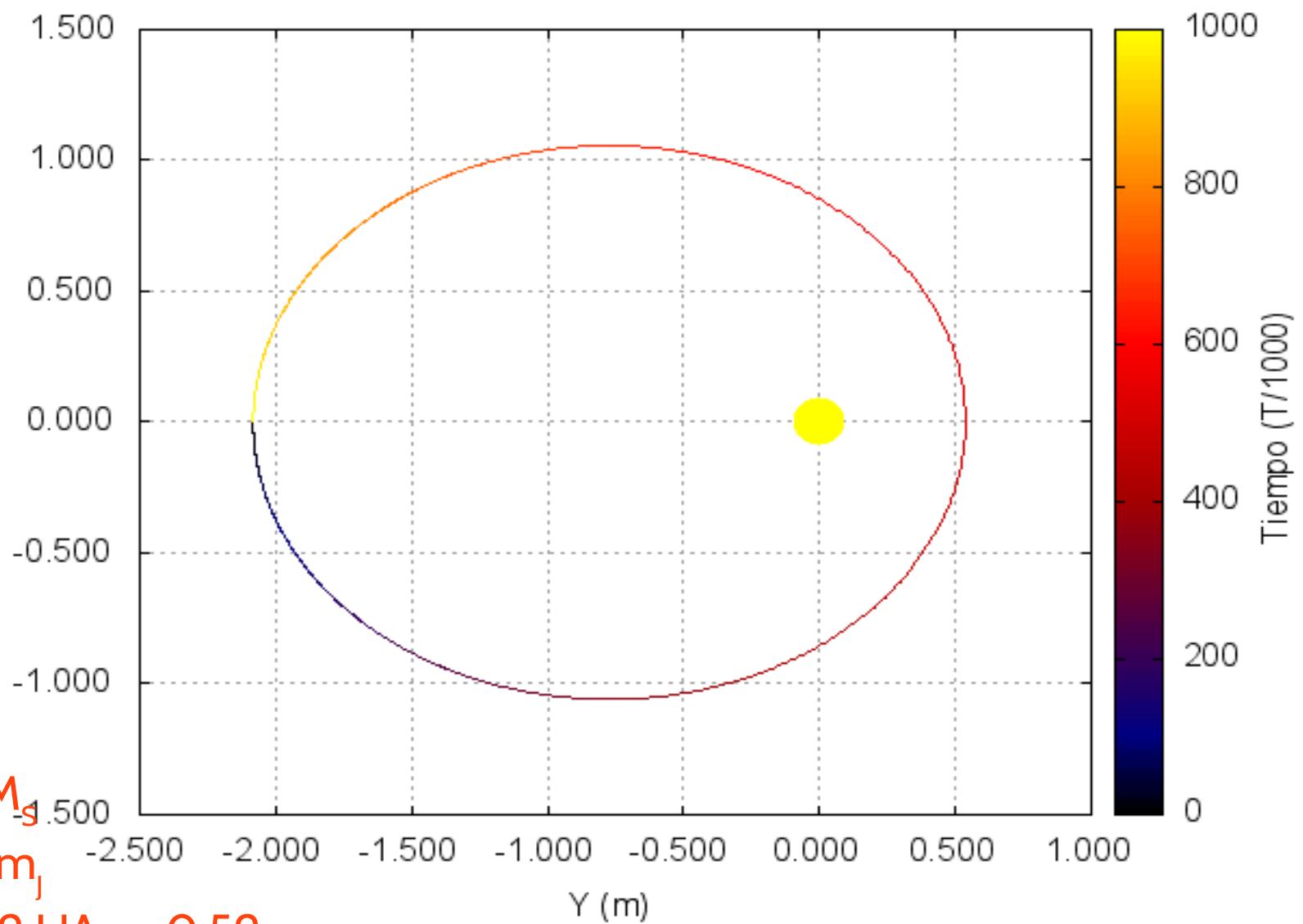
$$\frac{T^2}{a^3} = \left(\frac{4\pi^2}{G m_{\text{central}}} \right) = \text{cte}$$

Y también fuera del Sist. Solar: HD_171028_b

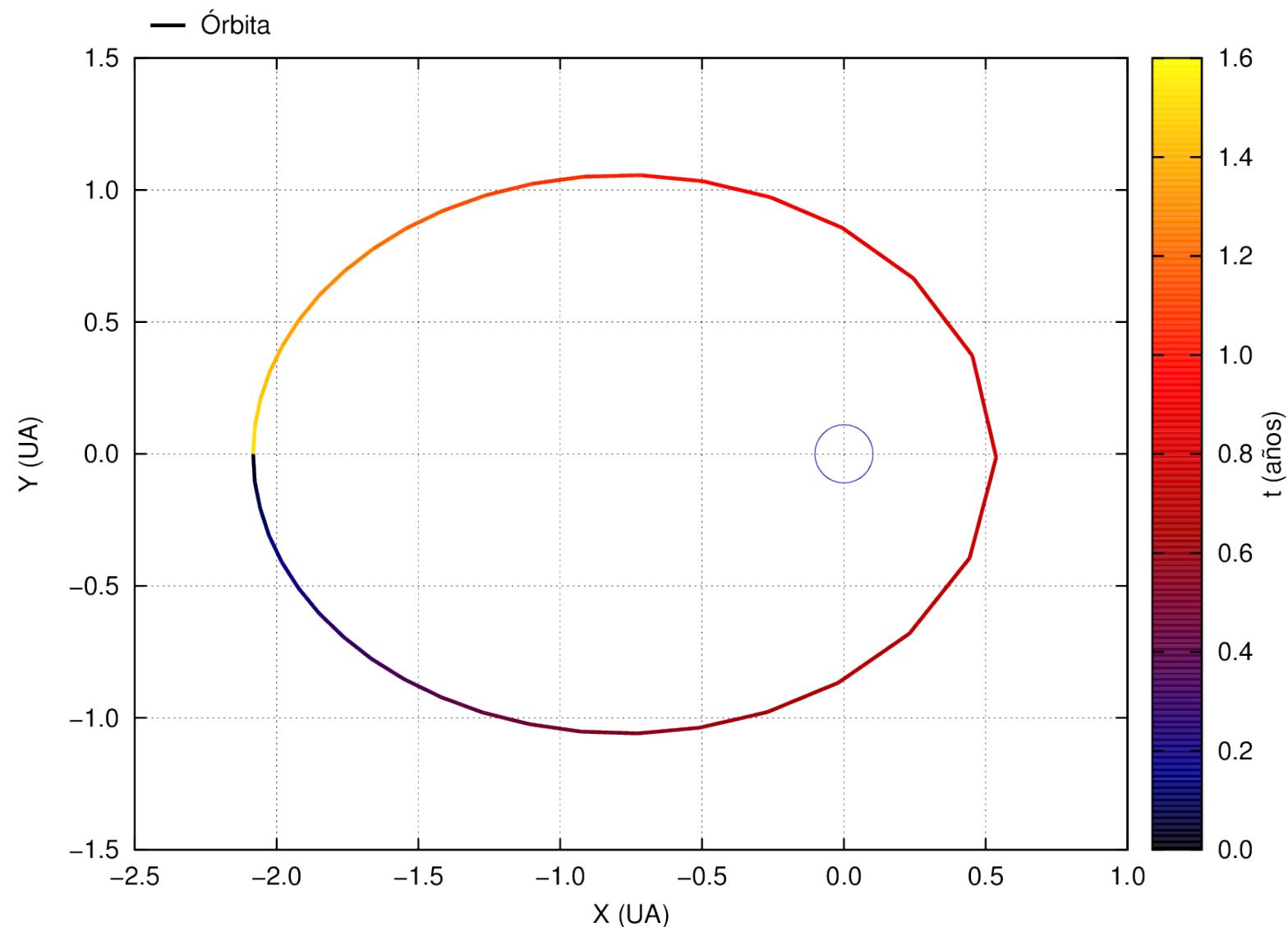
HD 171028 b
Distanza: 380.670 km
Raggio: 74.020 km
Diametro apparente: 18° 44' 17"
Durata del giorno: 12,560 ore
Temperatura: 306 K

<http://ar>
 $M=0.99$ |
 $m=1.962$
 $a=1.310$
 $E=0.59$
Velocità: 0,00000 m/s

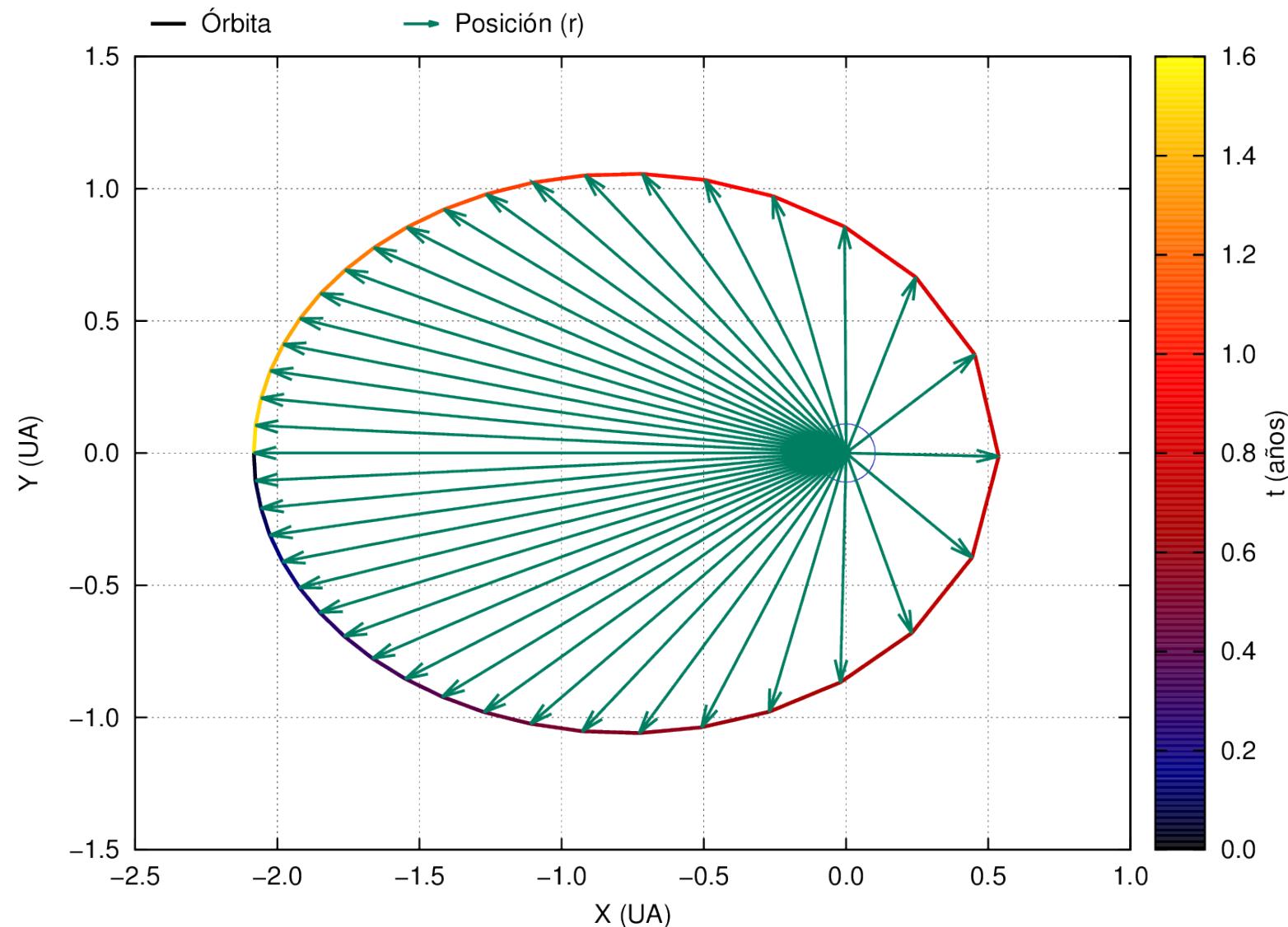




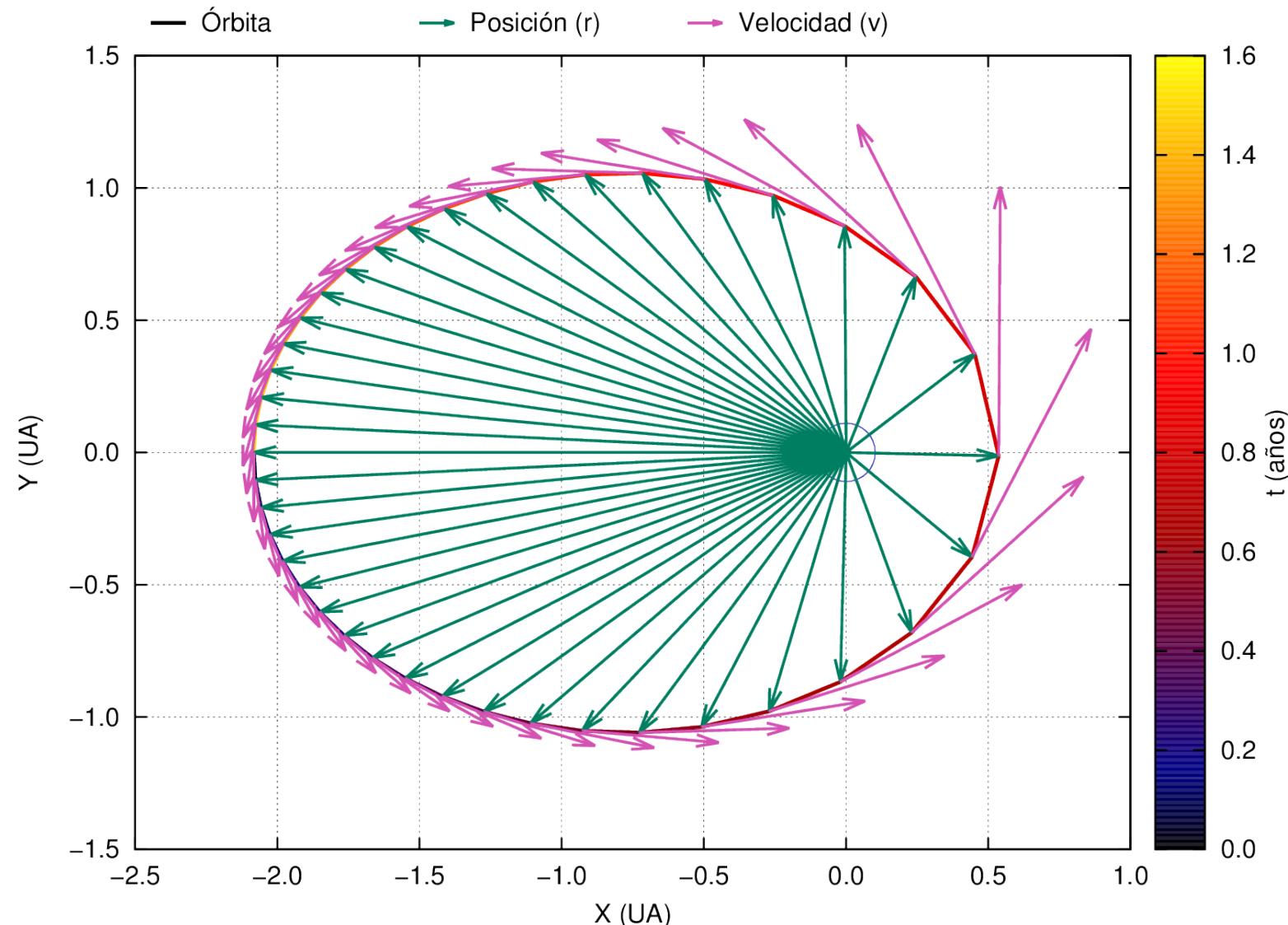
Órbita



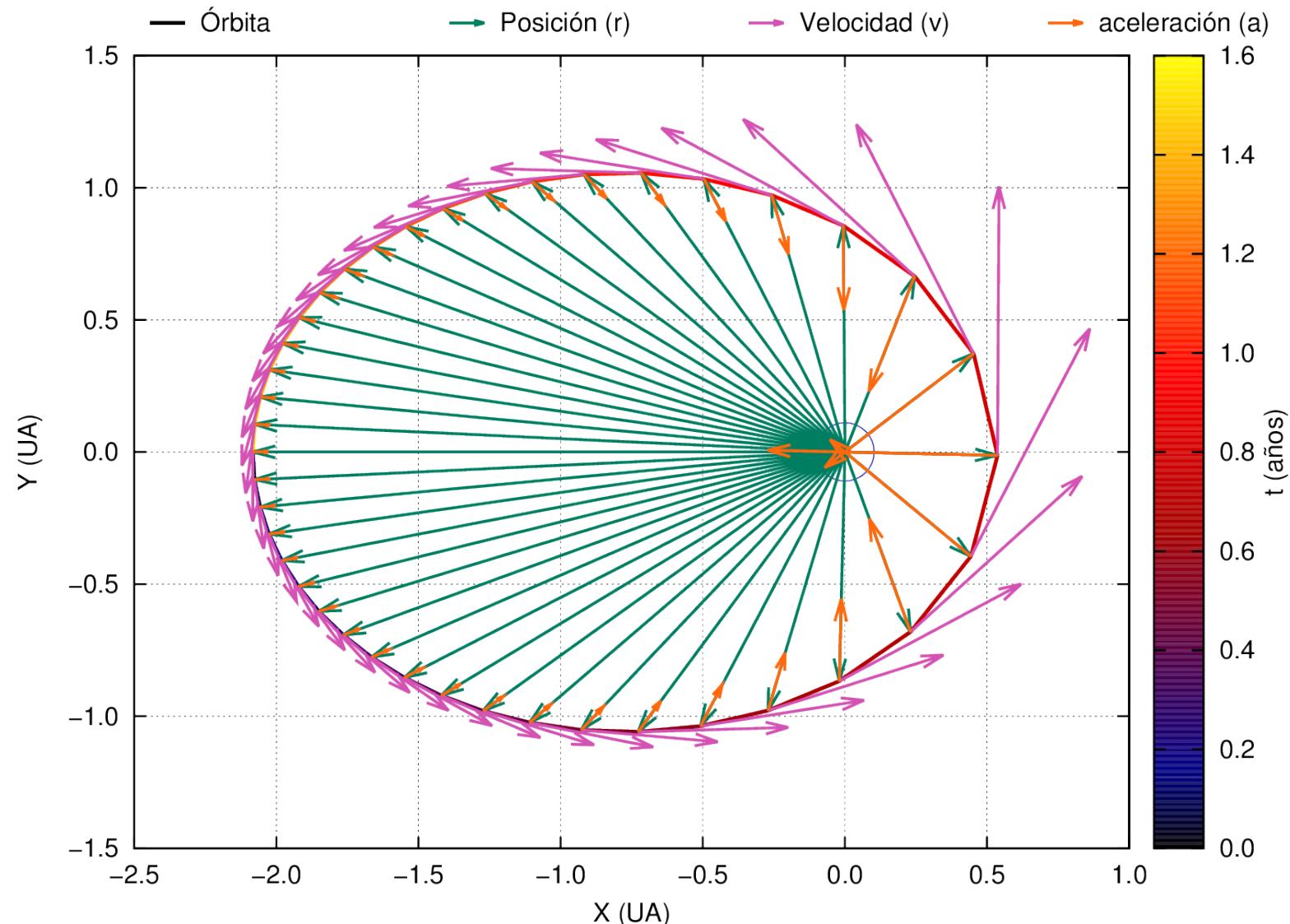
Órbita+posición



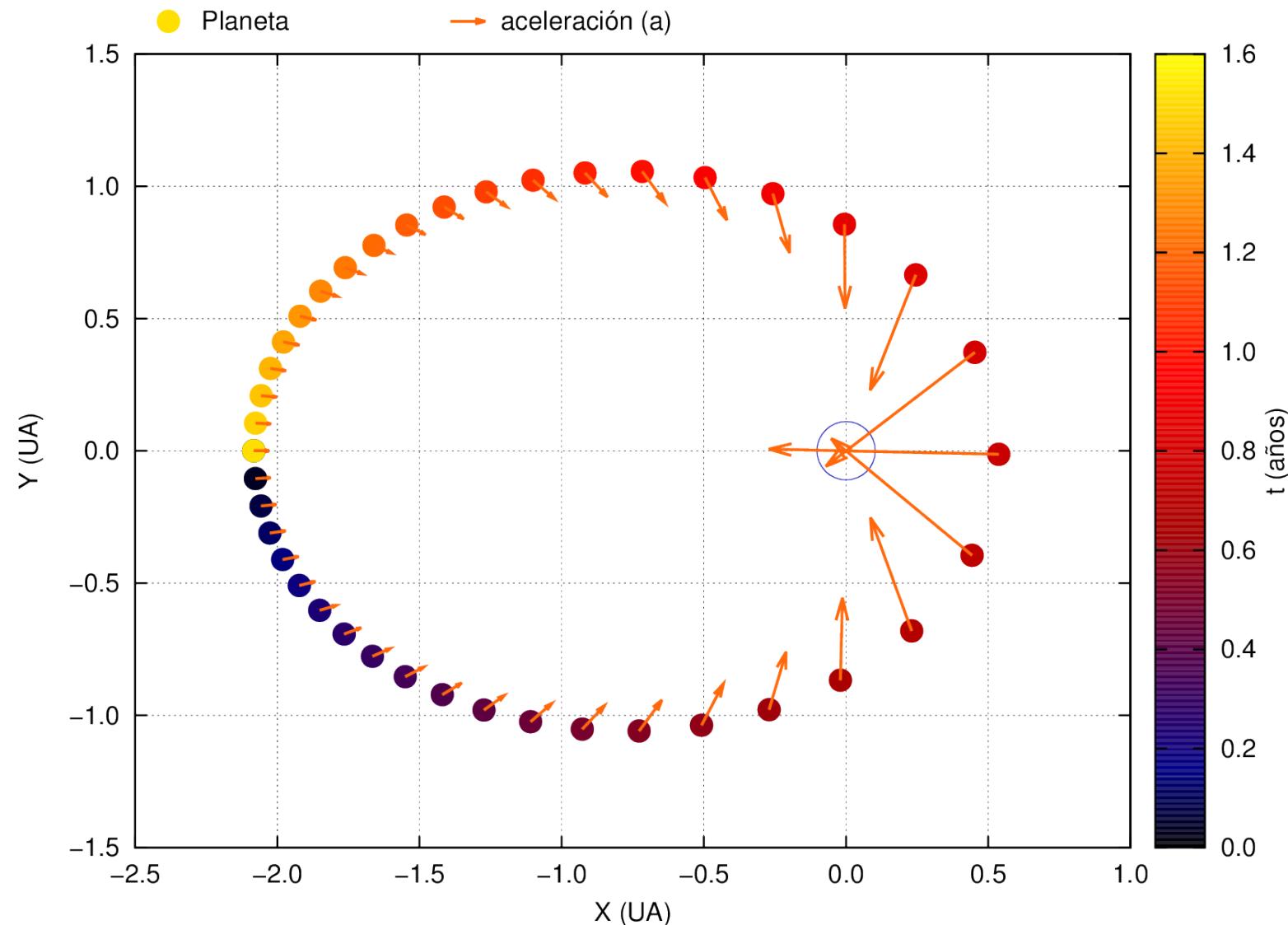
Órbita+posición+velocidad



Órbita+posición+velocidad+aceleración

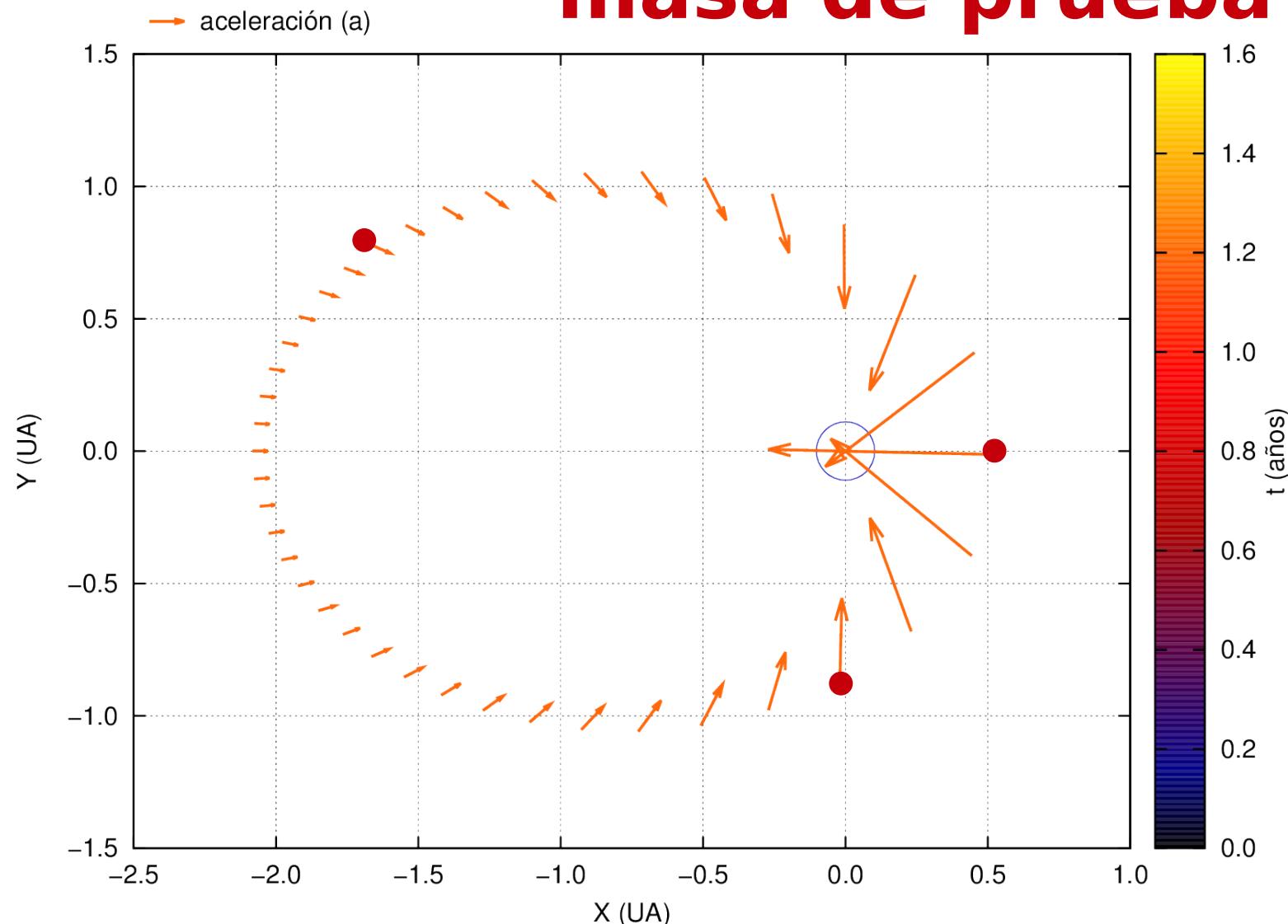


planeta+aceleración

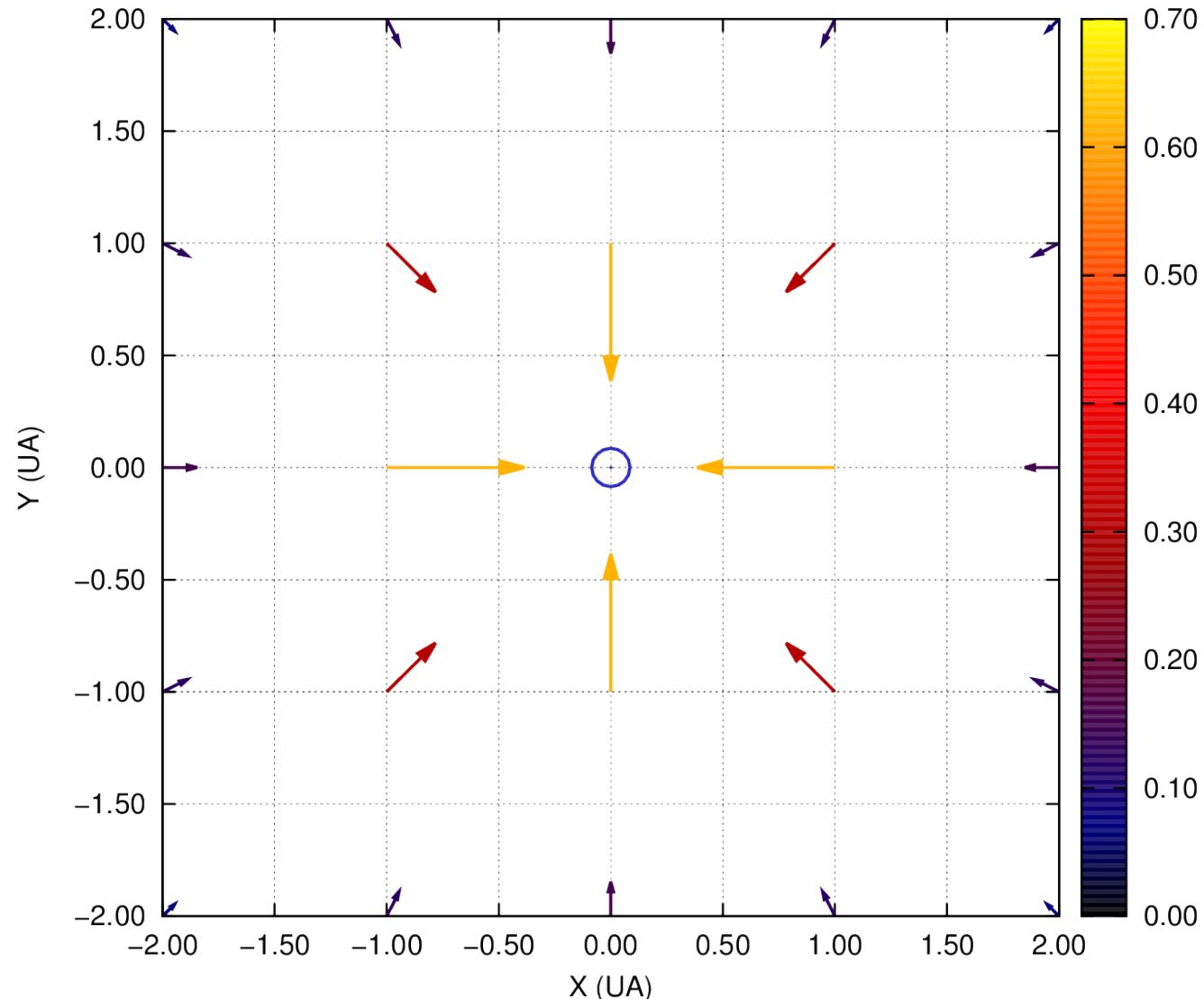


aceleración=Fuerza / masa

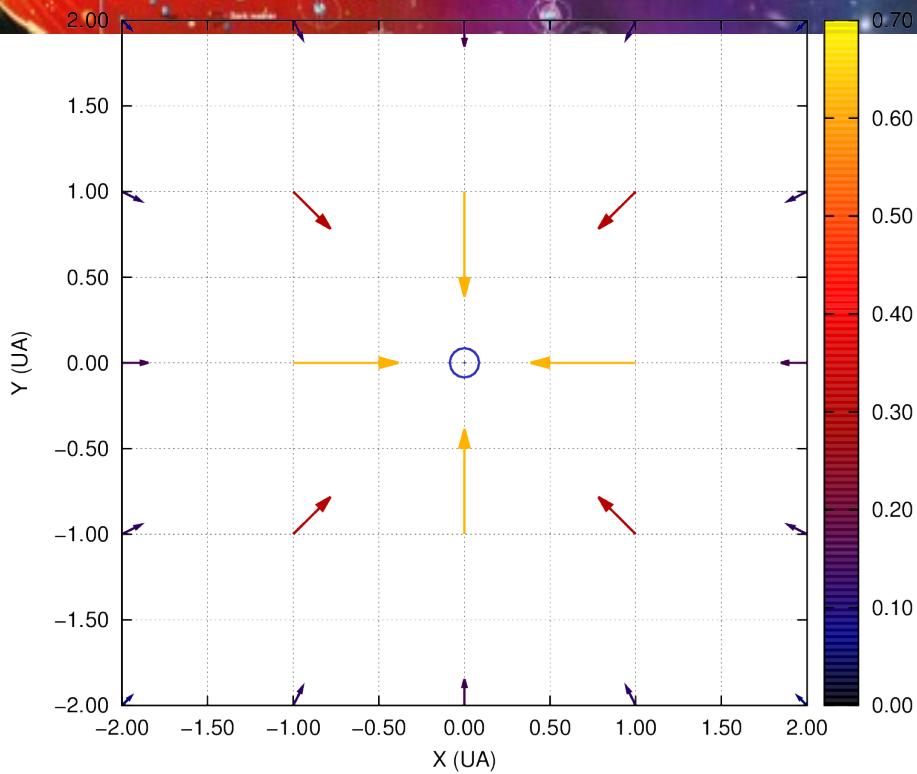
masa de prueba



Muevo la masa de prueba en el plano z=0



Muevo la masa de prueba en el plano z=0 → “Campo gravitatorio”



$\mathbf{g}(\mathbf{r})$ es un *campo vectorial*.
A cada punto \mathbf{r} del espacio le
asigna el vector **$\mathbf{g}(\mathbf{r})$**

$$\vec{F}(r) = \frac{G M m}{|\vec{r}|^2} \hat{r}$$

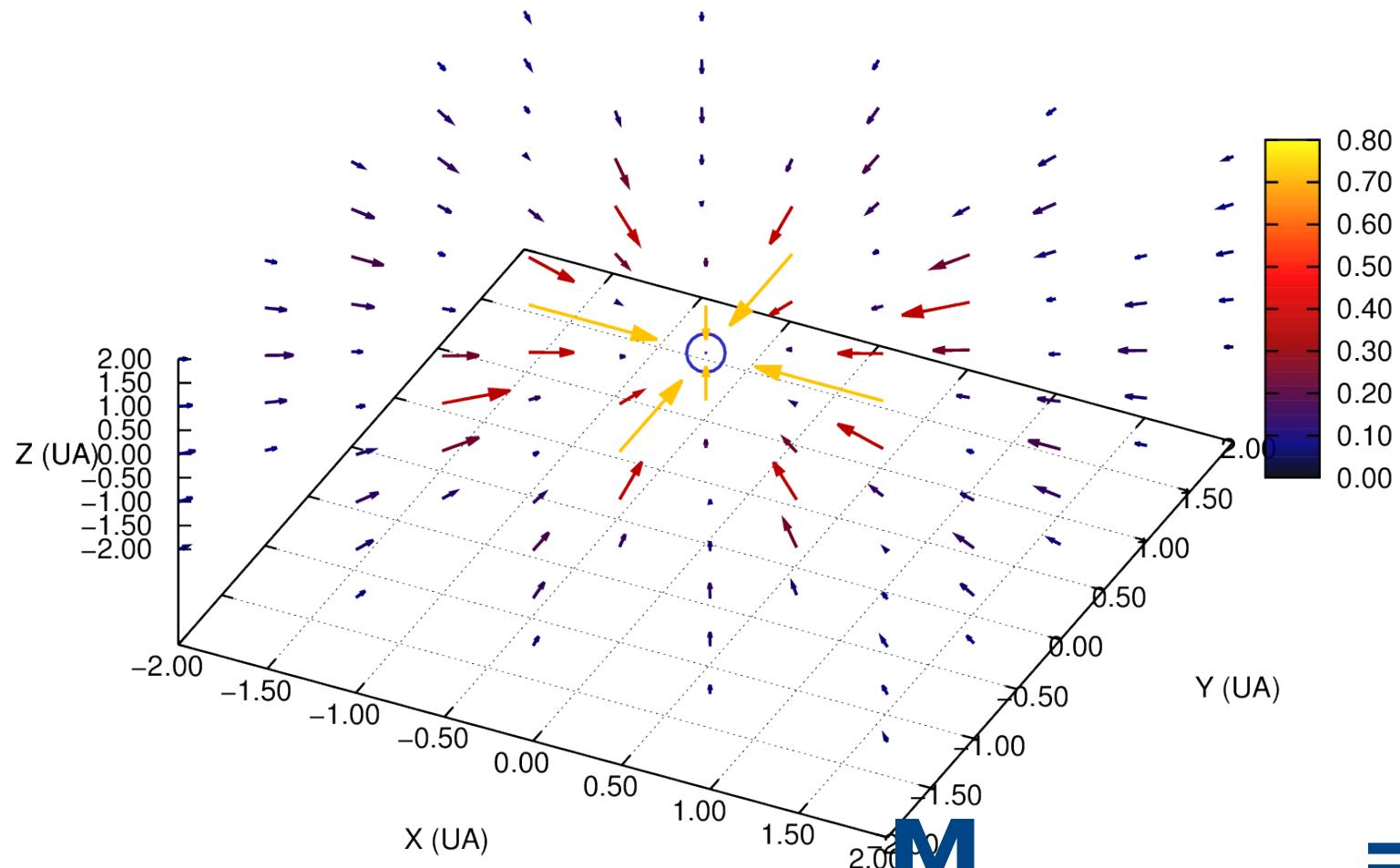
$$\vec{F}(r) = m \left[\left(\frac{G M}{|\vec{r}|^2} \right) \hat{r} \right]$$

$$\vec{F}(r) = m \mathbf{g}(r)$$

$$\vec{g}(r) = \left(\frac{G M}{|\vec{r}|^2} \right) \hat{r}$$

Campo gravitatorio

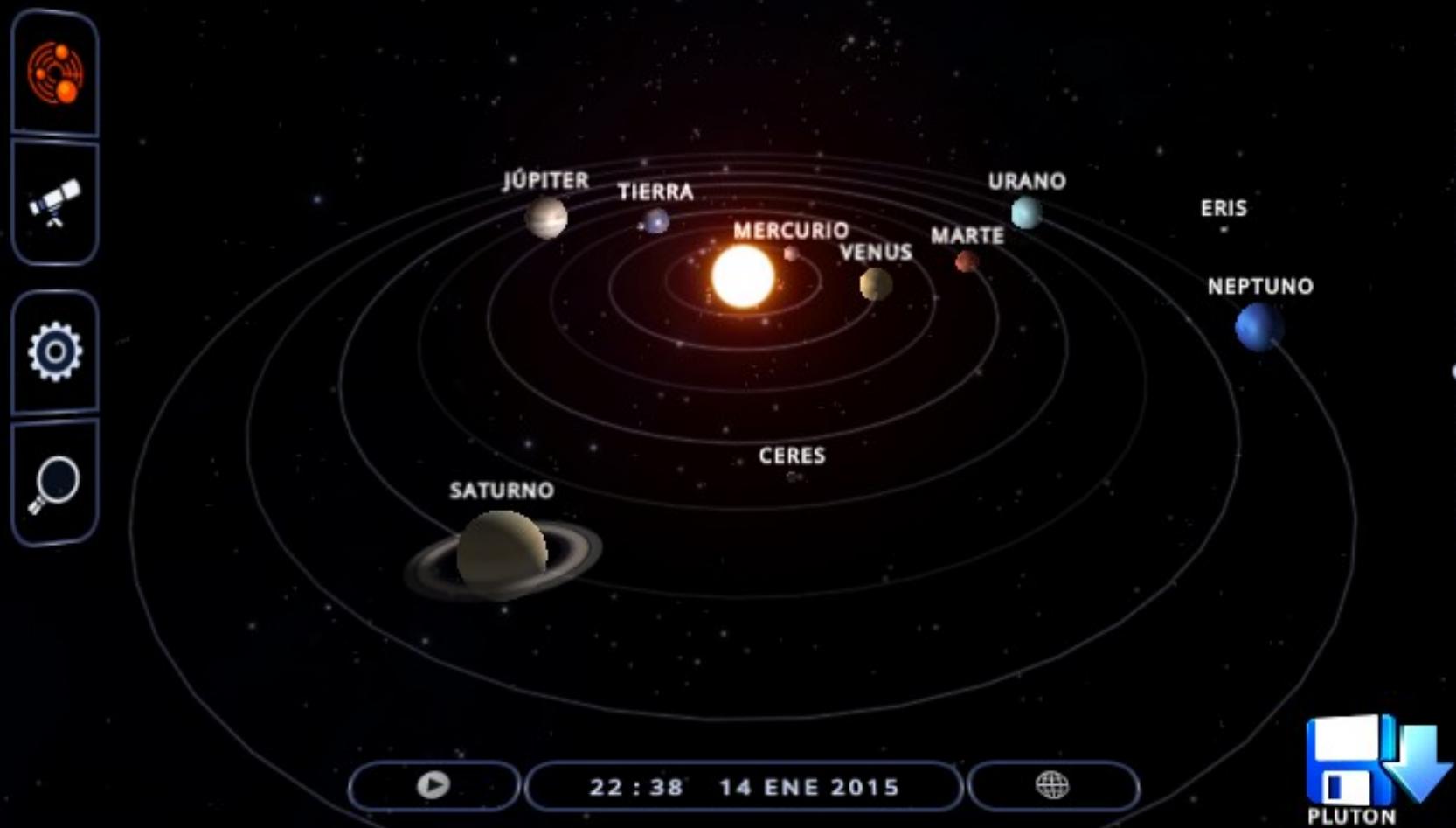
$g(r)$ representa al campo gravitatorio de la estrella HD171028D



$$M_{\text{HD171028D}} = 0.99 M_s$$

“Solar System Scope”

<https://www.solarsystemscope.com/>



Formación del Sistema Solar





Mientras tanto en Tauro

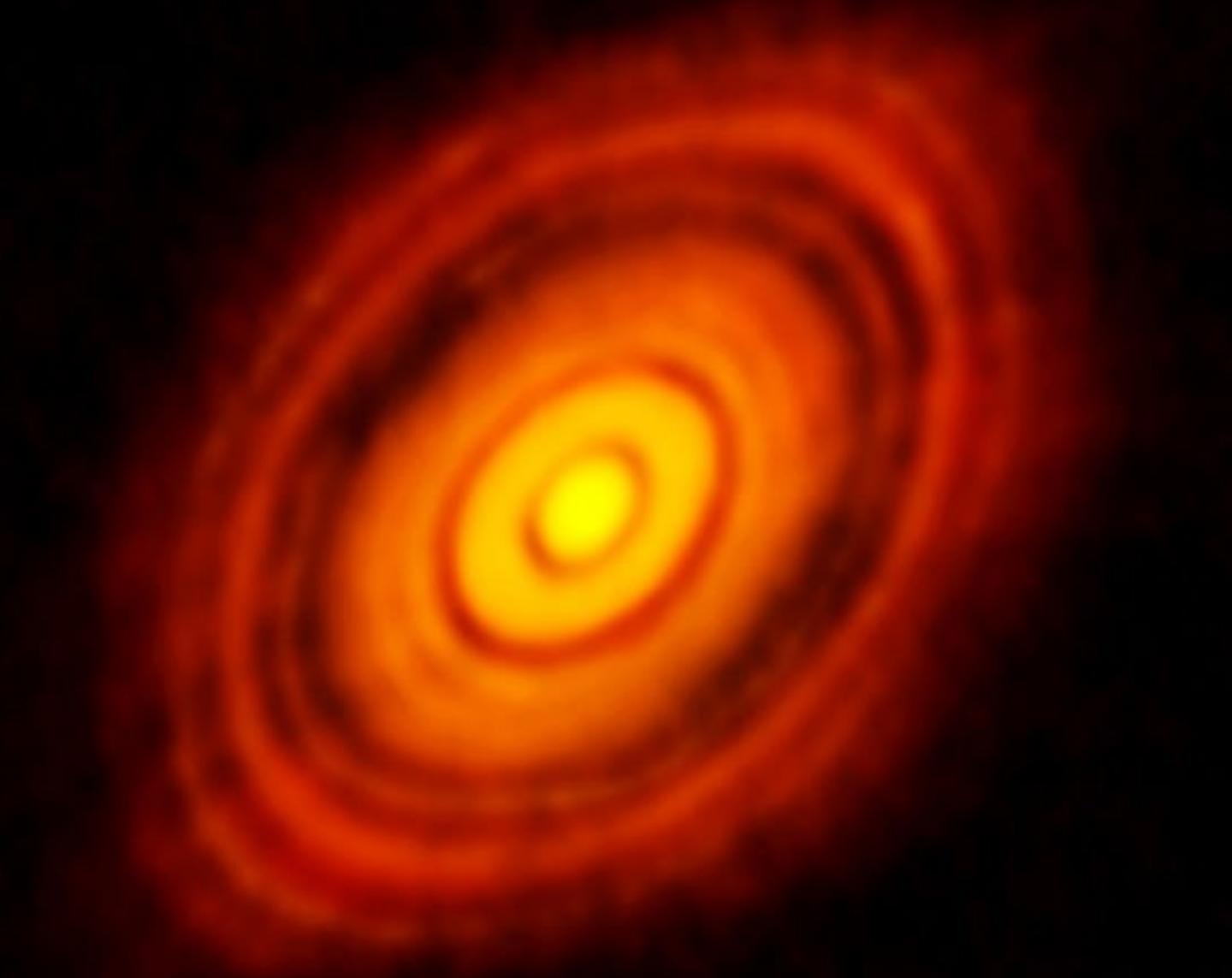
XZ Tau + HL Tau + V1213 Tau

HL Tauri + HH
150

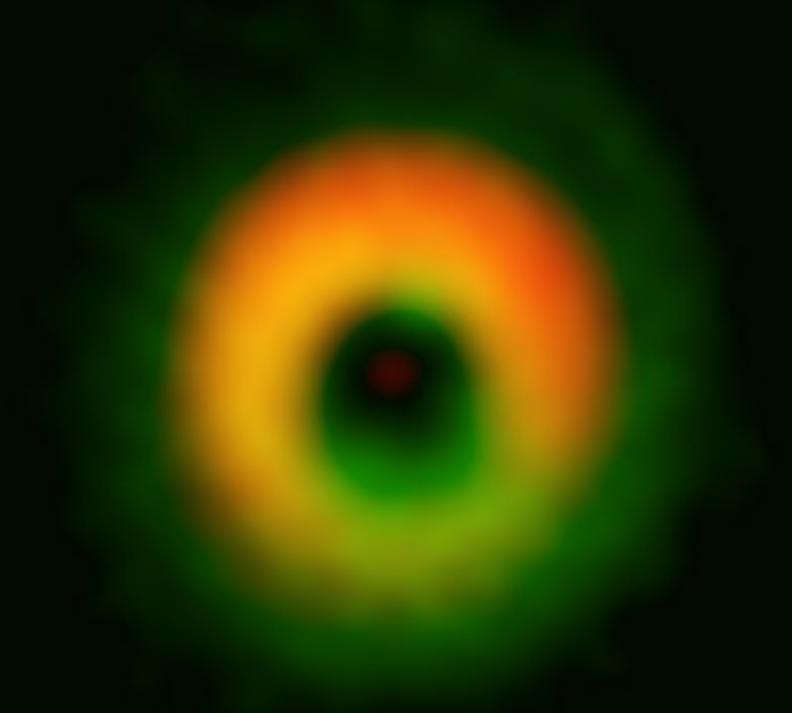
XZ Tauri (varias
estrellas)

V1213 Tau +
HH30

HL Tauri ($t_s \sim 10^5$ años) observado por ALMA



Disco protoplanetario en HD142527 (polvo = rojo, gas = verde)

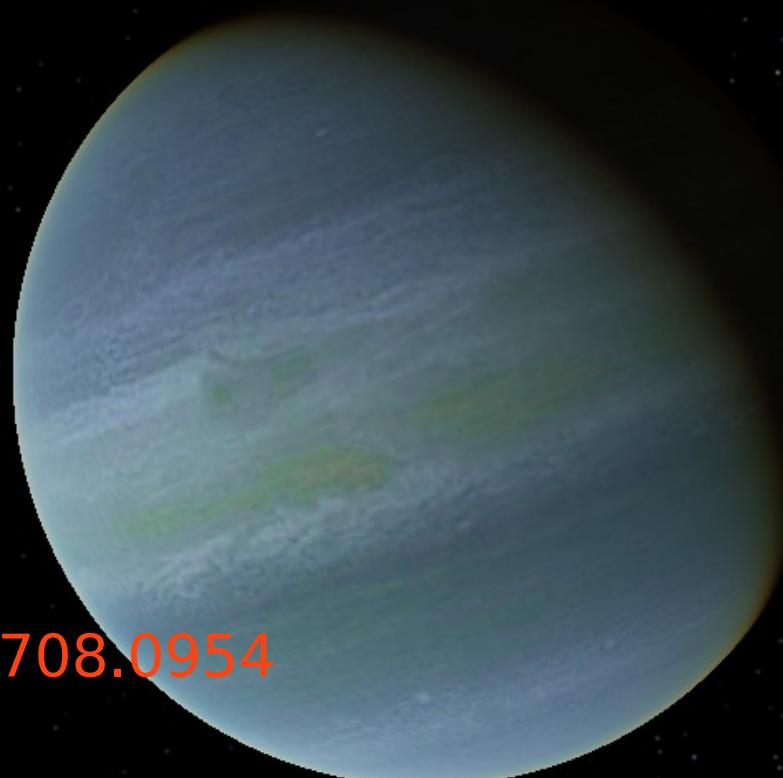


<https://www.almaobservatory.org/es/comunicados-de-prensa/alma-descubre-zona-de-formacion-de-sistema-planetario-gigante/>

Planetas fuera del Sist. Solar: HD_171028_b

HD 171028 b
Distanza: 380.670 km
Raggio: 74.020 km
Diametro apparente: 18° 44' 17,1"
Durata del giorno: 12,560 ore
Temperatura: 306 K

2009 Nov 18 21:50:17 UTC
Tempo reale



<http://arxiv.org/abs/0708.0954>

$M=0.99 M_{\text{Sol}}$

$m=1.962 m_{\text{Jup}}$

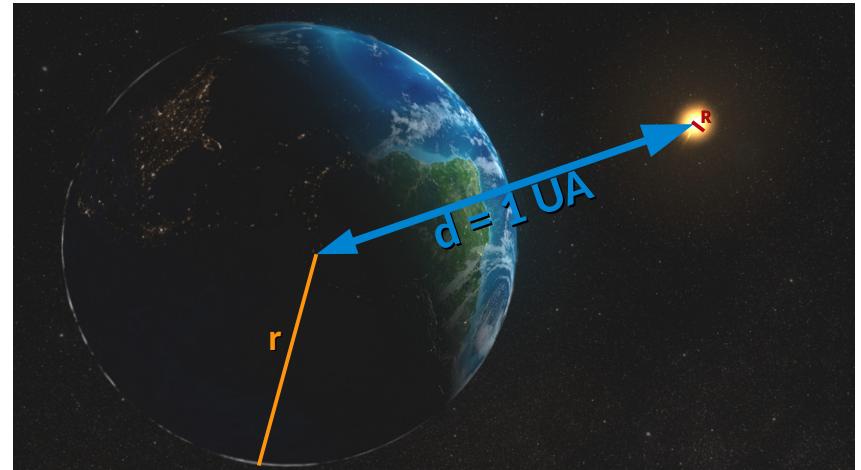
$a=1.31019 \text{ UA}$

$E=0.59$

Velocità: 0,00000 m/s

Segui HD 171028 b
FOV: 27° 08' 47,8" (1,00x)

Temperatura orbital



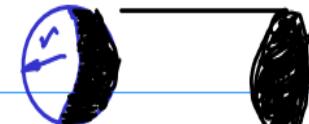
- ¿Qué fracción de la energía captura un planeta de radio r ?

Zona de Habitabilidad



temperatura orbital: El flujo de energía del sol:

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



Una esfera produce una sombra circular

$$\pi r^2$$

$$\Rightarrow \text{la potencia absorbida es } P_a = F \cdot A \Rightarrow P_a = \frac{L}{4\pi d^2} \cdot \pi r^2 \Rightarrow P_a = \frac{L r^2}{4d^2}$$

} Parámetros de la Estrella:

$$P_a = P_E \Rightarrow$$

$$\frac{L r^2}{4d^2} = 4\pi r^2 \sigma T_p^4 \quad \text{No depende}$$

$$\text{El planeta recibe energía y se calienta a temperatura } T_p \Rightarrow P_E = 4\pi r^2 \sigma T_p^4 \quad \text{de } r !!!$$

$$\text{Despejando } T_p \Rightarrow T_p^4 = \frac{L}{16\pi \sigma d^2} \Rightarrow T_p = \sqrt[4]{\frac{L}{16\pi \sigma d^2}}$$

ámbito estable

$$\text{entonces } d^2 = \frac{L}{16\pi \sigma T_p^4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{L}{16\pi \sigma T_p^4}}$$

zona de habitabilidad

$T_p = 0^\circ C = 273 K \rightarrow d_0$

$T_p = 100^\circ C = 373 K \rightarrow d_{100}$

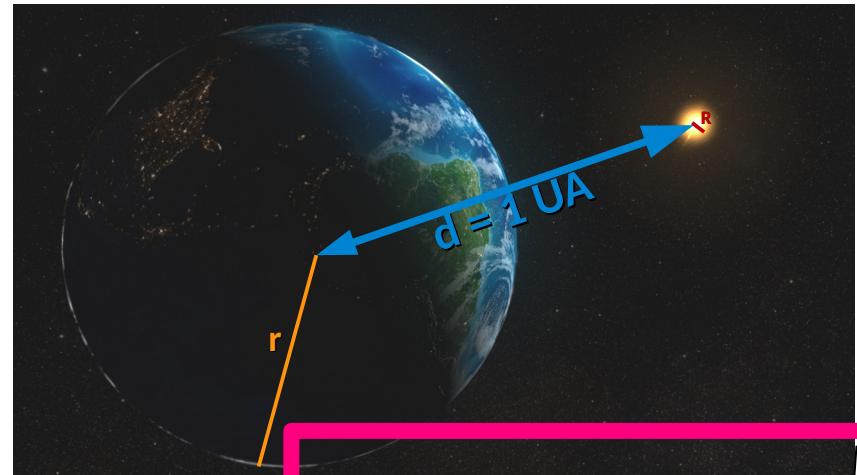
$d_0 \text{ y } d_{100} \text{ sólo dependen de la Estrella! (L)}$

Temperatura orbital

$$T_p = \sqrt[4]{\frac{L_s}{16\pi\sigma d^2}}$$

$$d = \sqrt{\frac{L_s}{16\pi\sigma T_p^4}} \rightarrow d_{T_p} \propto \sqrt{L_s}$$

$$\left(\frac{d_{T_p}}{1\text{UA}} \right) = \left(\sqrt{\frac{L_\odot}{16\pi\sigma T_p^4 (1\text{UA})^2}} \right) \sqrt{\frac{L_s}{L_\odot}}$$

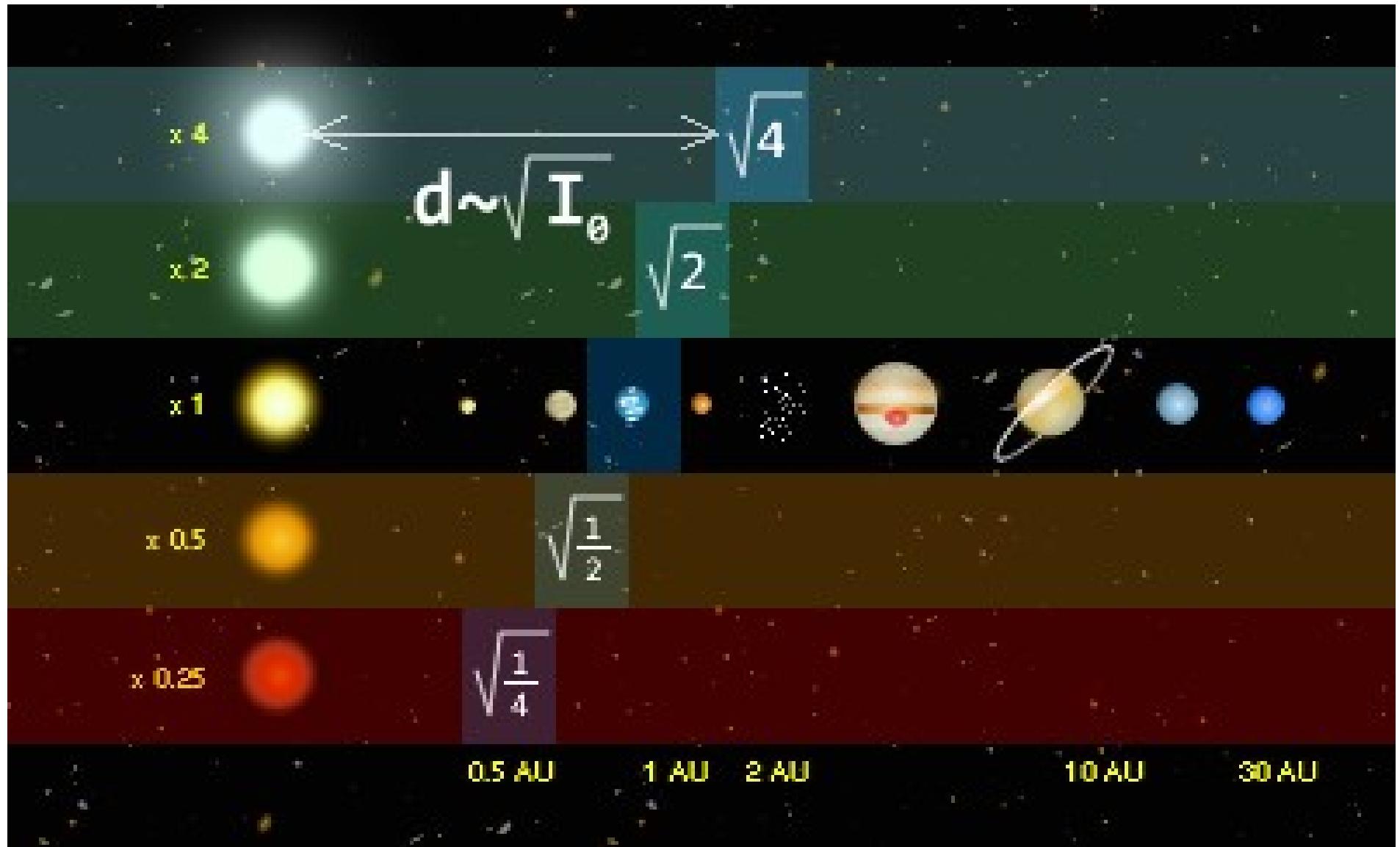


$$d_{273K} = 1,0394 \sqrt{\frac{L_s}{L_\odot}}$$

$$d_{373K} = 0,5568 \sqrt{\frac{L_s}{L_\odot}}$$

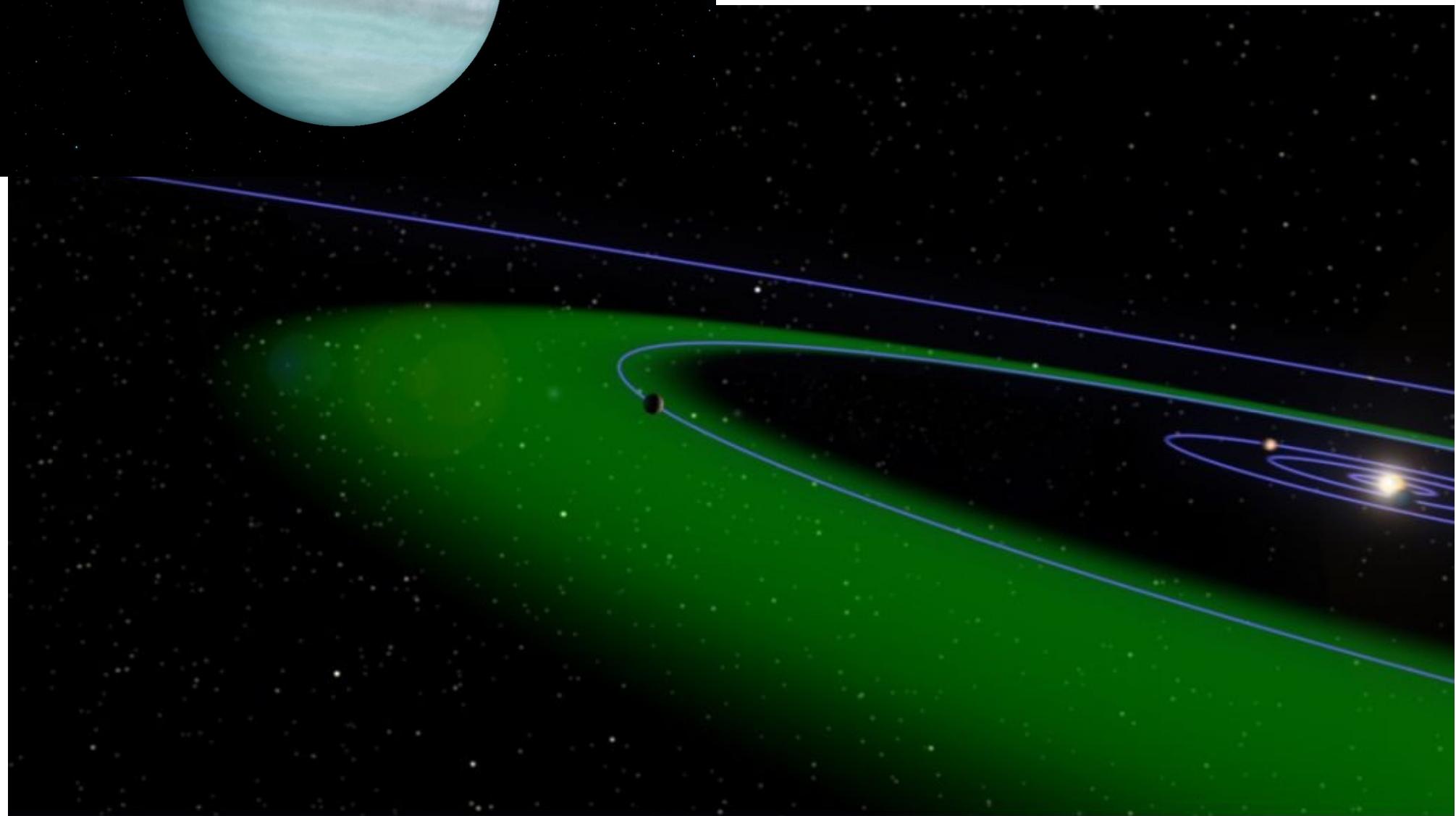
¡CUIDADO! Esto depende de la presión atmosférica y de la composición de la atmósfera (gases de efecto invernadero)

Zona habitable: Agua líquida

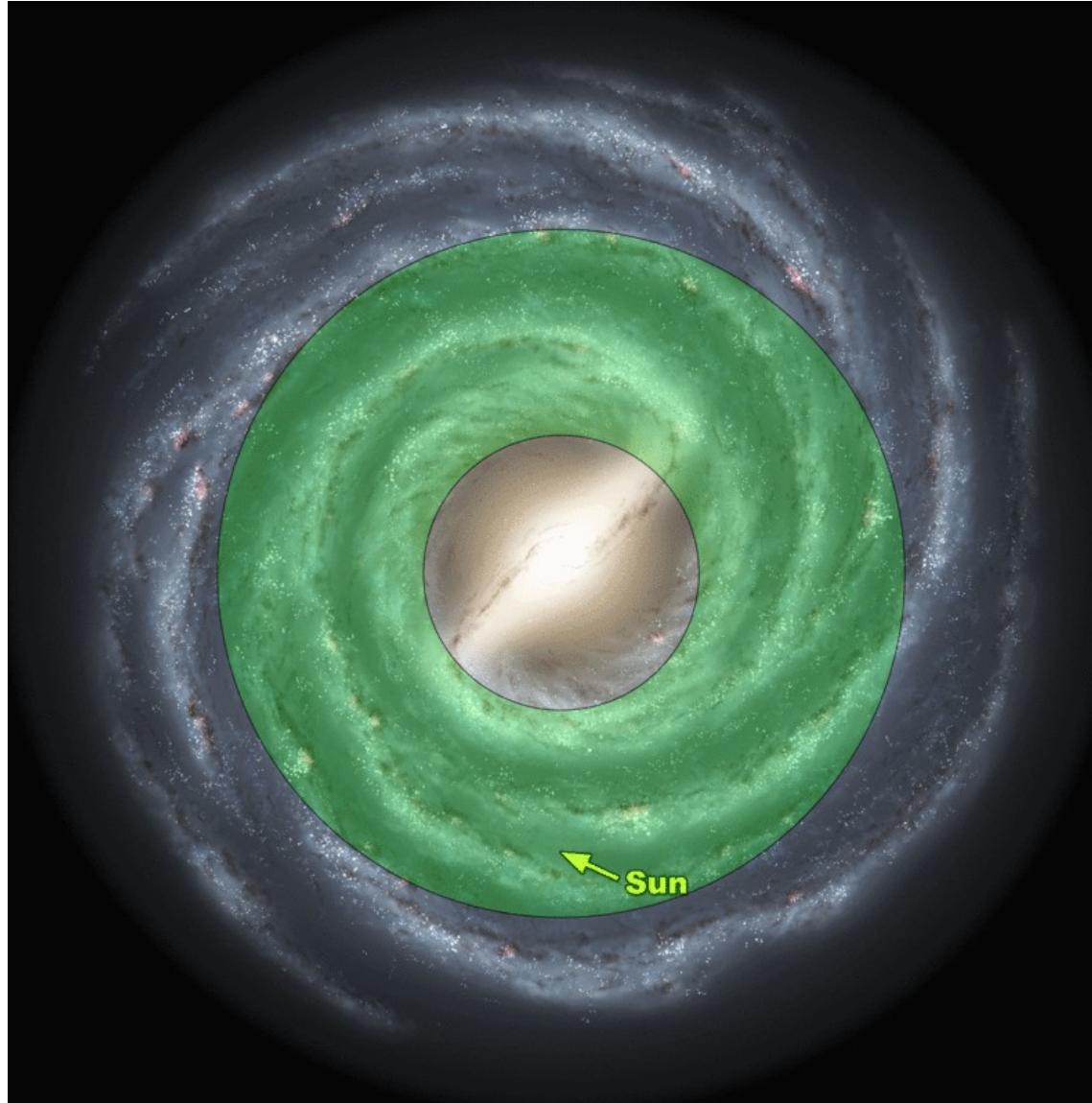




55 Cancri f



zona habitable... galáctica





Exoplanetas

<http://exoplanets.org/>

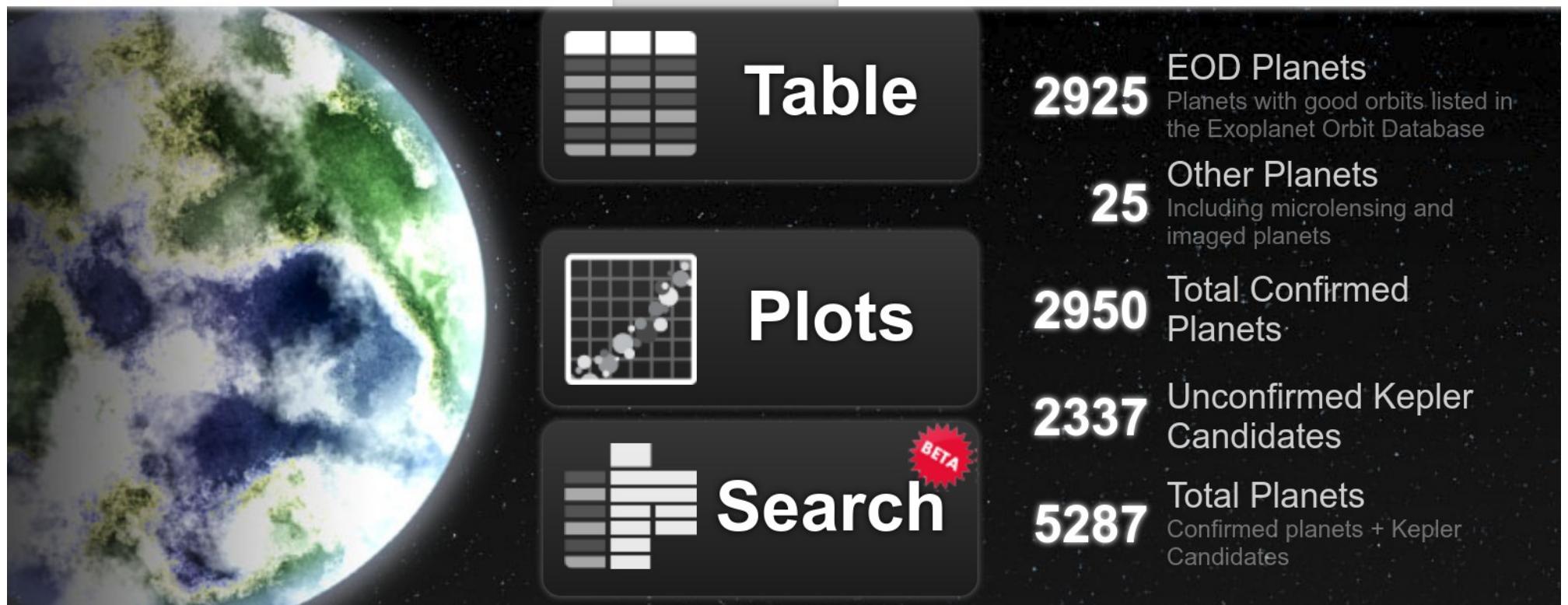
exoplanets.org

Exoplanets
Data Explorer

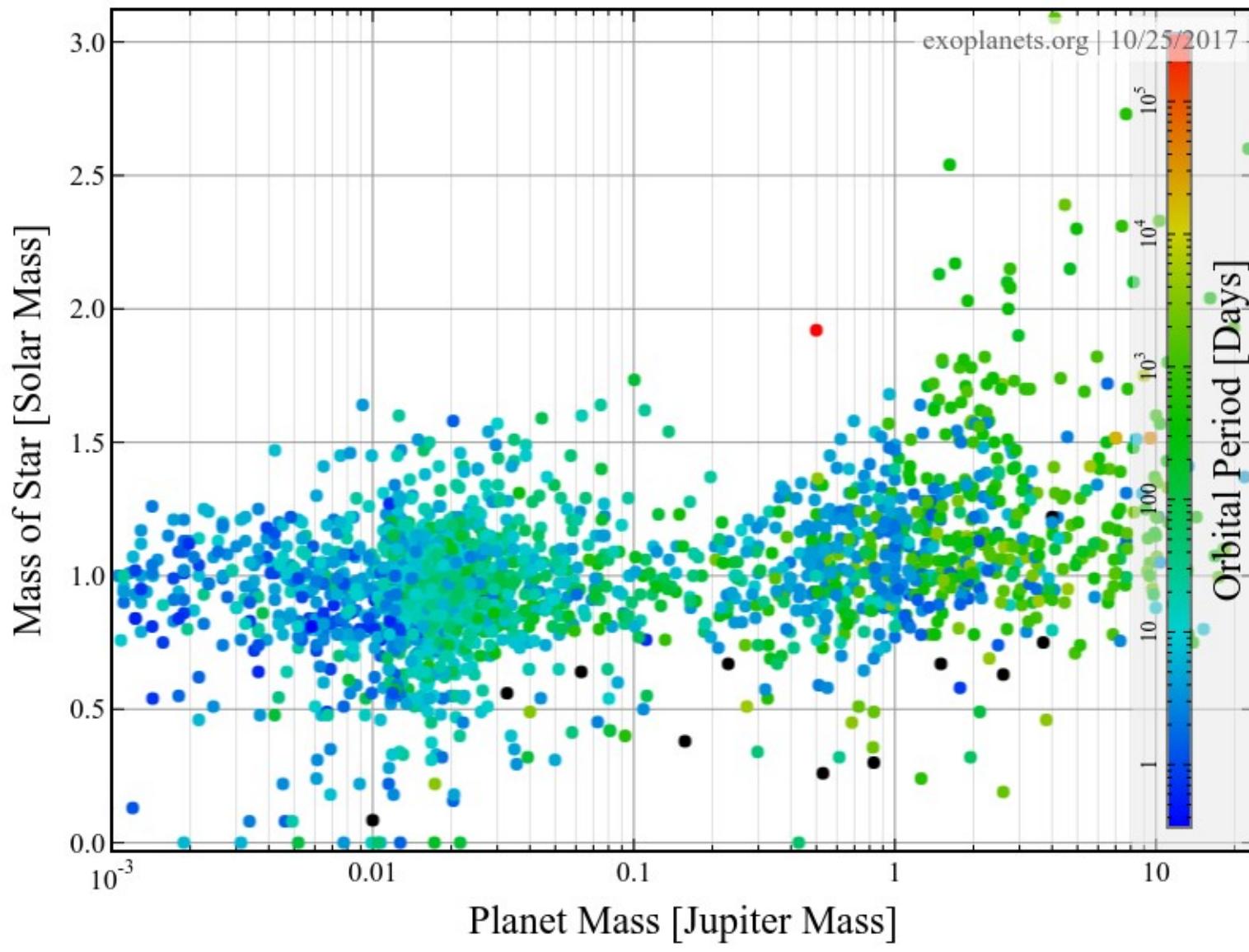
Methodology
and FAQ

Exoplanets
Links

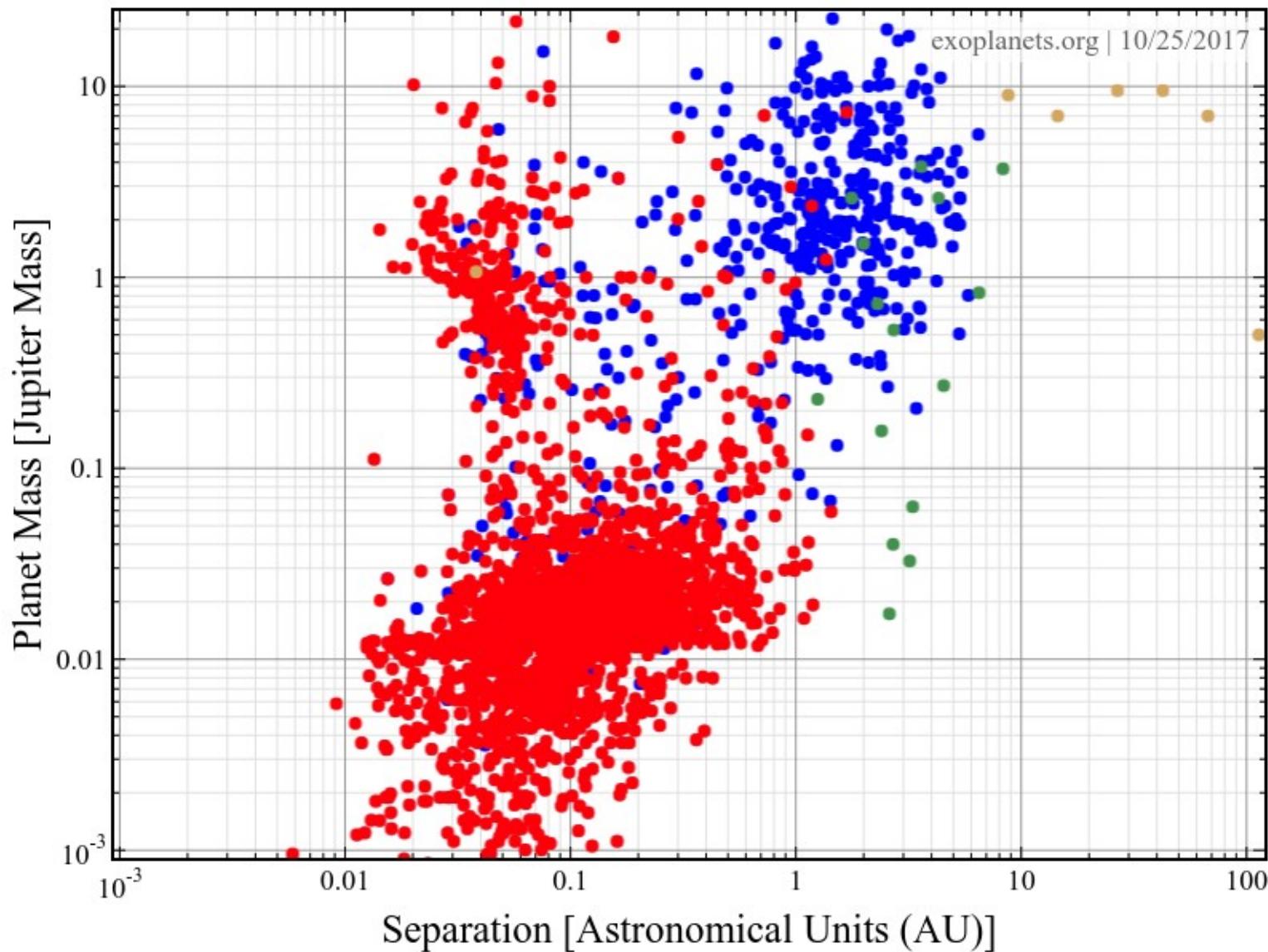
California
Planet Survey



Por ejemplo, masas



Masa vs separación





Pero si hay otros planetas, ¿hay vida?





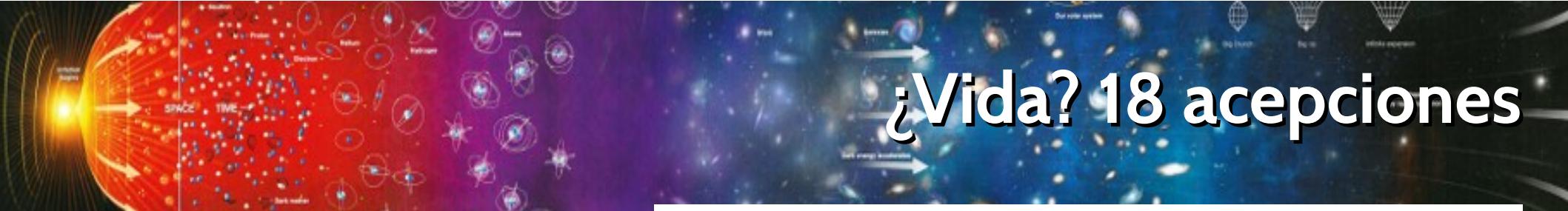
Astrobiología

- Astrobiología.

astrobiología

De *astro-* y *biología*.

1. f. Rama interdisciplinaria de la ciencia cuyo objetivo es el origen, evolución y distribución de vida en el universo fuera de la Tierra.



¿Vida? 18 acepciones

- Gracias rae: tantas palabras y tan poco contenido... ;-)

vida

Del lat. *vita*.

1. f. Fuerza o actividad esencial mediante la que obra el ser que la posee.
2. f. Energía de los seres orgánicos.
3. f. Hecho de estar vivo. *Le debe la vida a un medicamento.*
4. f. Existencia de seres vivos en un lugar. *No es posible la vida en Marte.*
5. f. Ser vivo. *Hizo nacer la vida en este jardín.*
6. f. Manera de vivir. *Su hija les cambió la vida.*
7. f. Estado o condición a que está sujeta la manera de vivir de una persona. *Vida monacal, de soldado.*
8. f. Actividad que desarrolla una persona o una comunidad. *Vida política, social, sexual.*
9. f. Tiempo que transcurre desde el nacimiento de un ser hasta su muerte o hasta el presente. *Una larga vida.*
10. f. Duración de una cosa. *Un electrodoméstico de vida corta.*
11. f. Narración de los hechos principales de la **vida** de una persona. *Lee vidas de santos.*
12. f. Animación, vitalidad de una persona o de una cosa. *Esta ciudad tiene poca vida nocturna. Es un cuadro con mucha vida.*
13. f. Viveza o ardor, especialmente de los ojos.
14. f. Cosa que origina suma complacencia. *Esta brisa es la vida.*
15. f. Cosa que contribuye o sirve al ser o conservación de otra. *El agua es vida.*
16. f. Conjunto de los bienes necesarios para vivir. *La vida en esta ciudad es muy cara.*
17. f. Existencia después de la muerte.
18. f. Rel. Visión y gozo de Dios en el cielo. *Mejor vida. Vida eterna.*



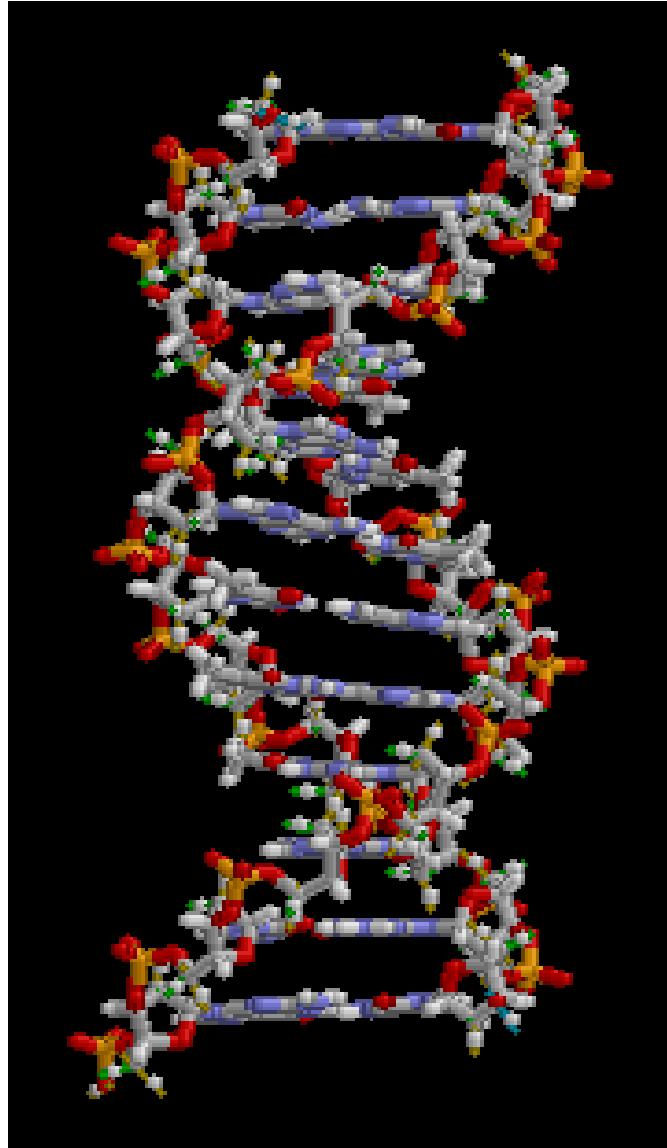
¿qué es la vida?



Qué es la Vida? E. Schrödinger

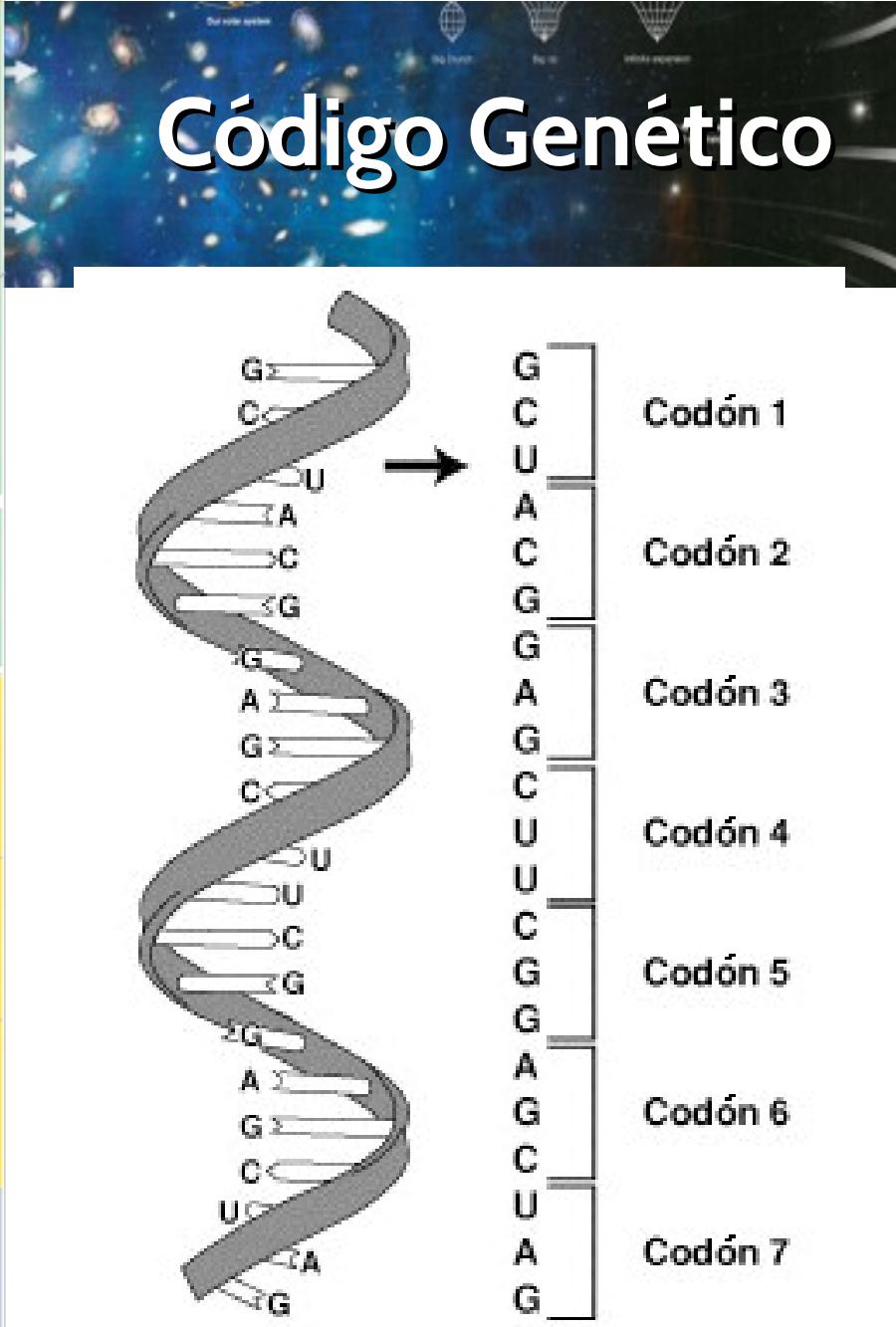
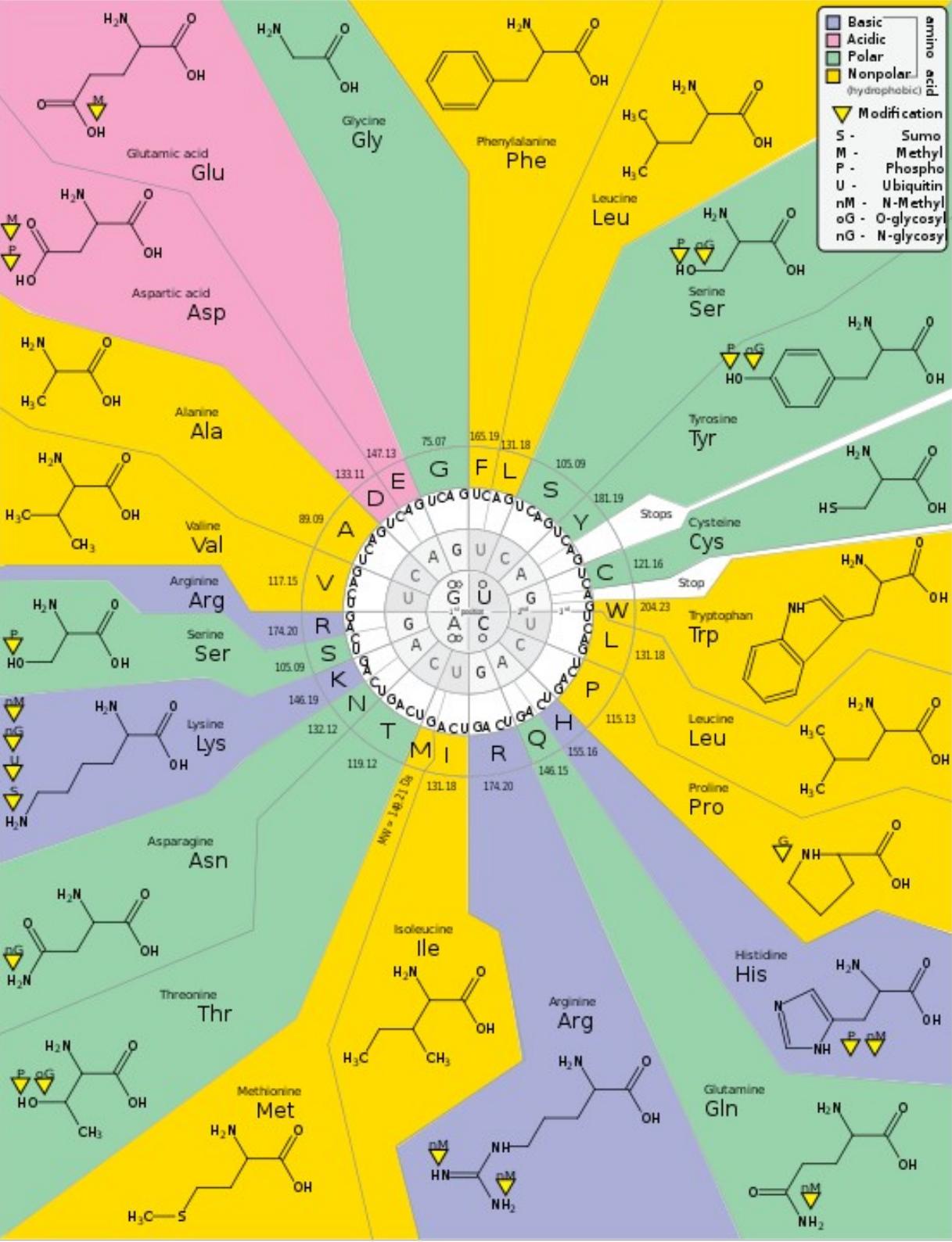
- La vida no viola las leyes de la termodinámica, aumentan su complejidad a costa de aumentar la entropía general en los procesos que hacen parte de esta
- La química de la herencia debe basarse en secuencias aperiódicas con la necesidad de una secuencia informativa que debe ser transmitida

Una molécula que transporte información



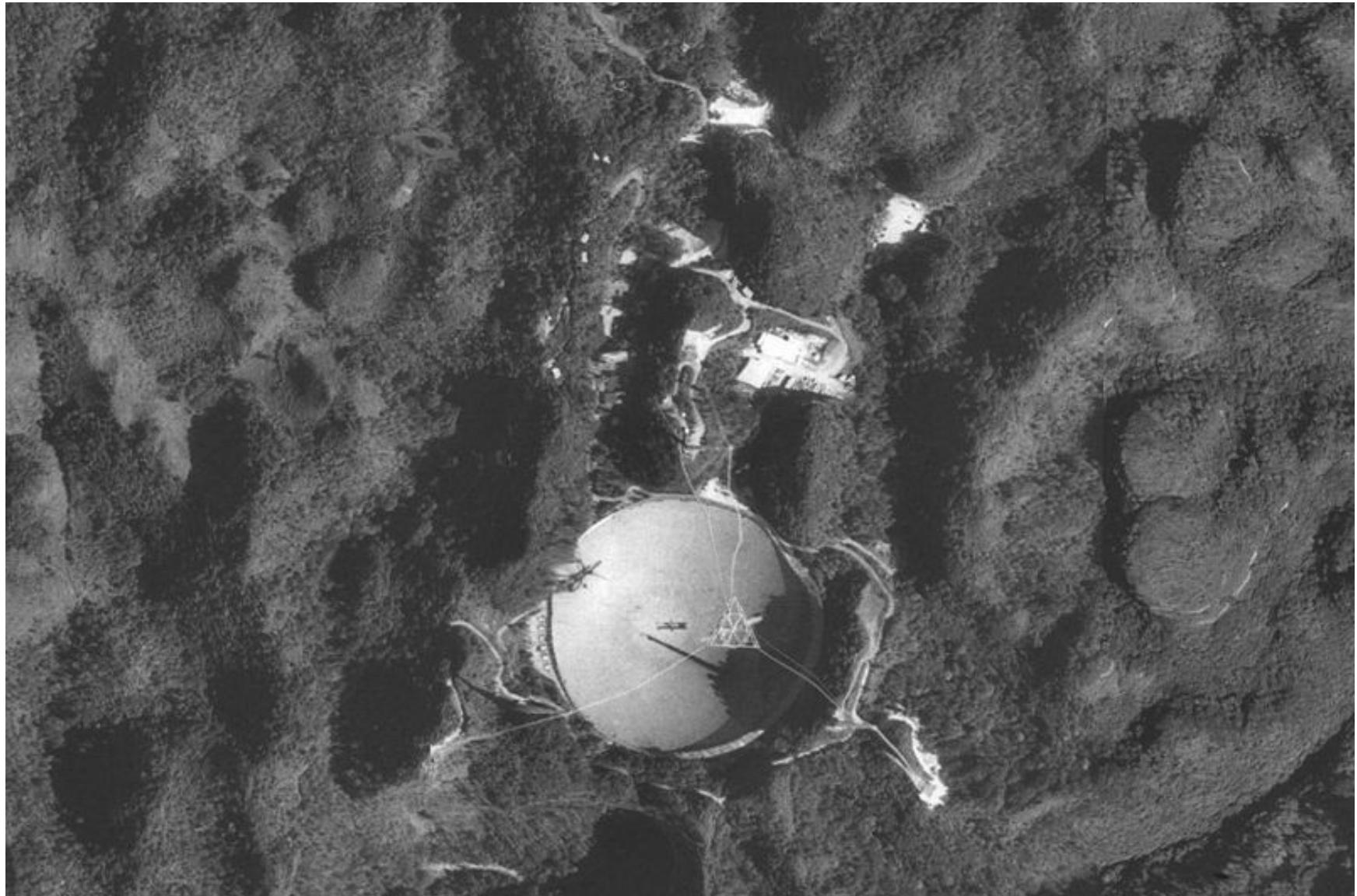
- 4 pares de bases:
 - Adenina - Timina (A-T)
 - Citosina - Guanina (C-G)
 - Anibal Troilo y Carlos Gardel
- Código genético
 - 3 pares de bases → codón
 - 1 codón → 1 aminoácido
 - El código no es único
 - Codones de inicio y terminación

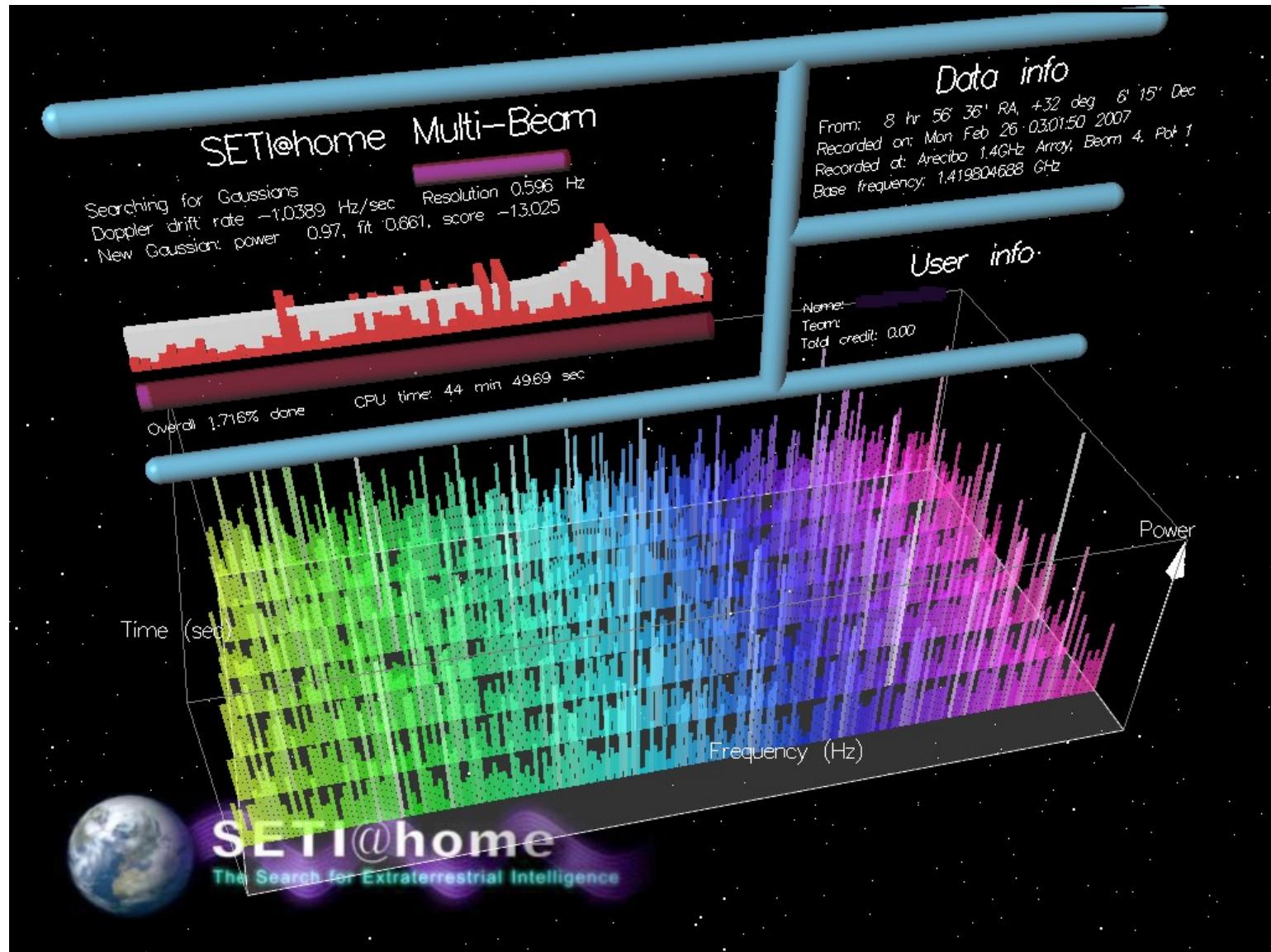
Código Genético



B
Ácido ribonucleico

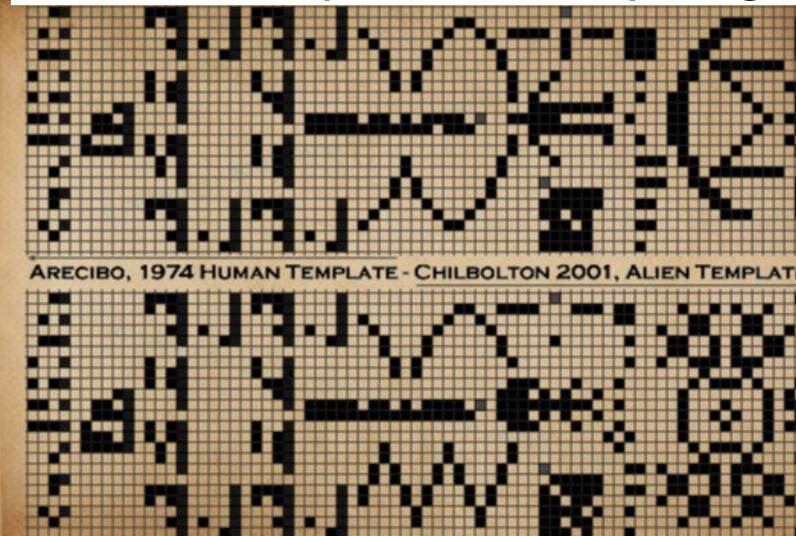
SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence)





Mensaje de Arecibo

- 1679 bits enviados a M13 (8 kpc) (16/Nov/1974)
 - Diseñado por Carl Sagan y Frank Drake
 - Números 0 al 9 en binario
 - Componentes del ADN (HCNOP)
 - Nucleótidos y doble hélice
 - Humanidad, altura y población humana 1974
 - Sistema Solar (Sol y Planetas → Tamaño)
 - Telescopio, medidas y longitud de onda



Ecuación de Drake (Frank Drake, 1961)

<https://www.spacecentre.nz/resources/tools/drake-equation-calculator.html>

- ¿Cuántas **civilizaciones inteligentes hay en este momento en nuestra galaxia (N)?**

- Estimación “a la Fermi”

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

- N = Número de civilizaciones que pueden ser contactadas
- R_* = Tasa promedio de formación estelar (en 1 / año)
- f_p = fracción de estrellas con planetas
- n_e = número promedio de planetas que pueden soportar vida
- f_l = fracción de planetas que desarrollaron vida
- f_i = fracción de los planetas que desarrollaron vida donde es inteligente
- f_c = fracción de civilizaciones con tecnología de comunicación
- L = tiempo que las civilizaciones emiten señales al espacio (años)

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

La estimación de Drake

- R_* = 1 estrella nueva / año (en realidad es mayor)
- f_p = 0,2 - 0,5 (entre 1/5 y 1/2 de las estrellas forman planetas)
- n_e = 1 - 5 planetas con capacidad de desarrollar y soportar vida
- f_l = 1 (todos los planetas que pueden, desarrollan vida)
- f_i = 1 (si hay vida, será inteligente)
- f_c = 0,1 - 0,2 (10%-20% será capaz de comunicarse)
- L = 10^3 - 10^8 años: tiempo que emitirán señales detectables
- Drake estimó ($20 < N < 5 \times 10^7$) civilizaciones

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Estimación moderna

- $R_* = 1,5 - 3$ estrellas nueva / año
- $f_p \sim 1$ (todas las estrellas forman planetas)
- $n_e = 3 - 5$ planetas capaces de desarrollar y soportar vida
- $f_l \sim 1$ (todos los planetas que pueden, desarrollan vida)
- $f_i \sim 1$ (si hay vida, es inevitable que se desarrolle inteligencia)
- $F_c = 0,2$ (20% será capaz de y querrá comunicarse)
- $L = 300$ años: tiempo que emitirán señales detectables
- Luego: $N \sim 300-900$ civilizaciones en la galaxia

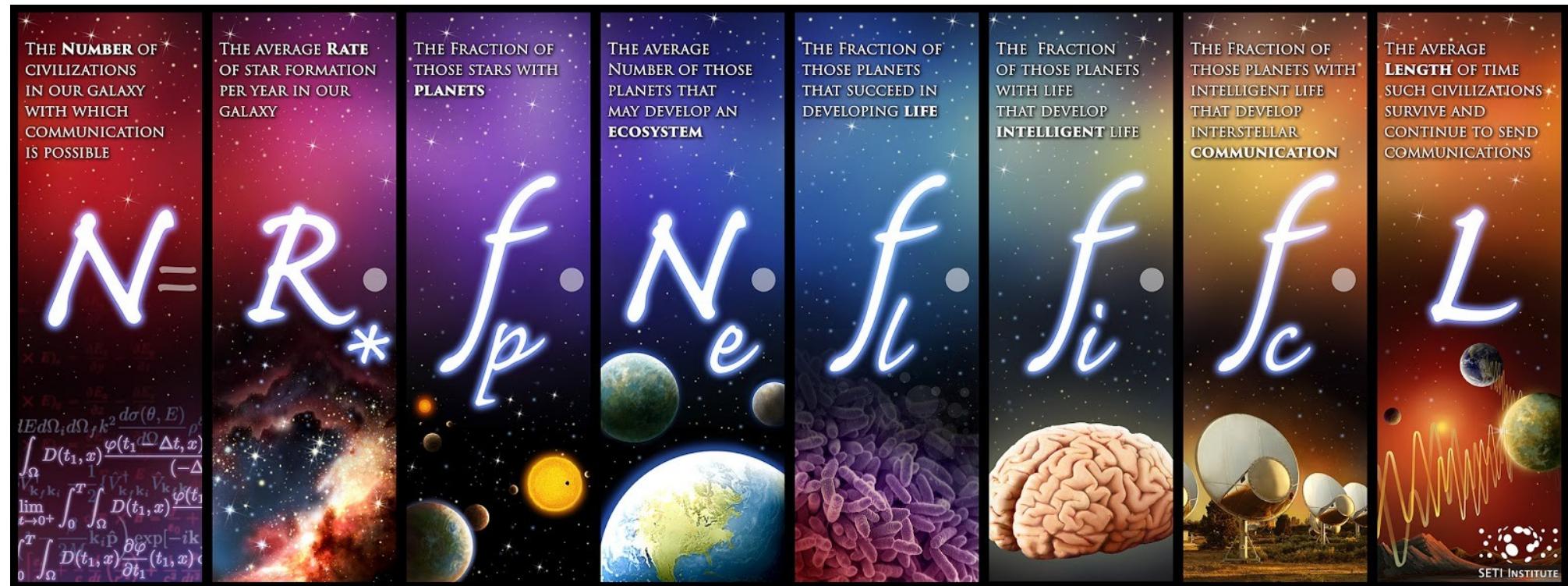
$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Rare Earth Hypothesis

- $R_* = 1,5 - 3$ estrellas nueva / año
- $f_p \cdot n_e \cdot F_l = 10^{-5}$ (fracción de planetas capaces de desarrollar vida *como la nuestra*)
- $f_i = 10^{-9}$ (es muy difícil tener vida inteligente)
- $f_c = 0,2$ (como Drake)
- $L = 300$ años
- Luego: $N = 9.1 \times 10^{-13}$ civilizaciones en la galaxia :'(
- Estamos sólos en la galaxia y probablemente en el Universo Observable

La ecuación de Drake

<https://steemit.com/cervantes/@simonmaz/planetas-extrasolares-x--1526399175-5431302>



THE DRAKE EQUATION

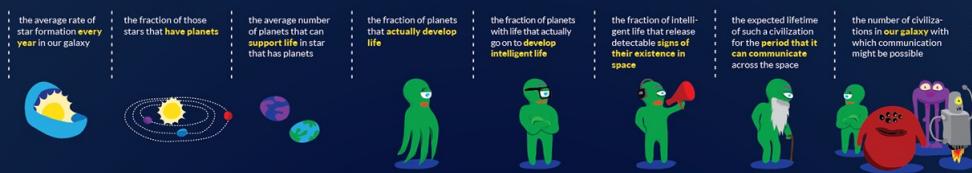
What is the Drake equation?

It's an equation developed by Frank Drake, that have the propose of estimate the potential number of intelligent alien civilizations in the our galaxy.

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

How it does work?

$$R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L = N$$

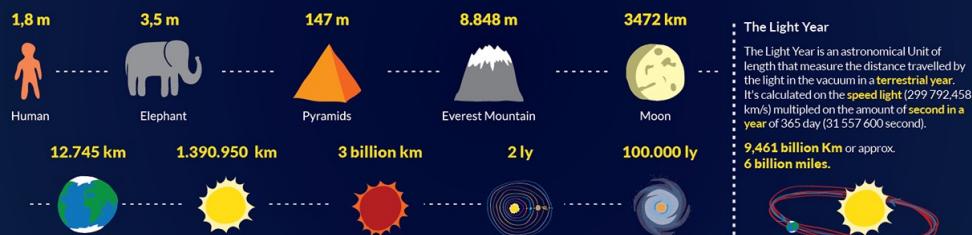


the following parameters are the actual and hypothetical values for the equation

$$7 \times 0,5 \times 2 \times 0,13 \times 0,01 \times 0,1 \times 10.000 = 23,1$$

The NASA and the European Space Agency calculate about 7 stars are born every year	Observation of the stars that look like the sun. 20-50% of these have planets	Using the Solar System as reference, only 2 planets match the condition for life.	The estimated number of planets where life evolves is around 0,13 and is based on the evolution of life on Earth.	On other planets that evolve life, intelligent species might be more advanced but in reality lower because with all the species on the Earth only one is intelligent	Observing the Earth, our signs in the space are really tiny and hard to find.	Based on the evolution of human civilization, where every culture takes its knowledge from the culture that came before, making the value for L potentially billions of years.	This result it's really low, considered the dimension of our galaxy. We are still in the chance of finding someone else are infinitesimal.
--	---	---	---	--	---	--	--

Now is time to find out how big is the Milky Way, our galaxy.

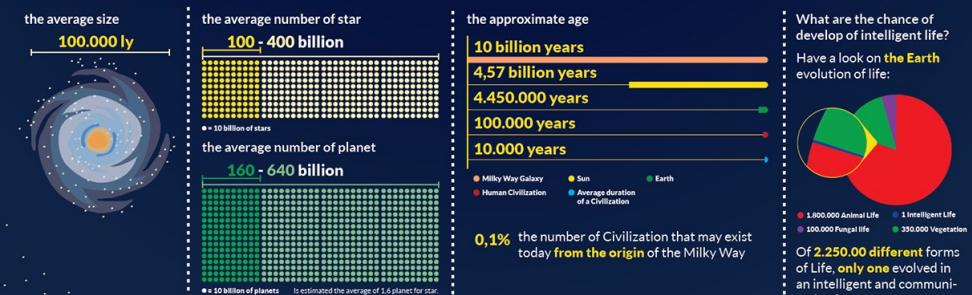


The Milky Way is really big, about 100.000 light year.

To understand the scale of size involved we will compare things getting bigger and bigger starting from the Man to the Milky Way.

As a guide to the relative physical scale of the Milky Way, if were reduced to 130 kilometers in diameter, the Solar System, would be no more than 2 millimeter in width, like a grain of sand in a sports field.

Some facts about the Milky Way Galaxy

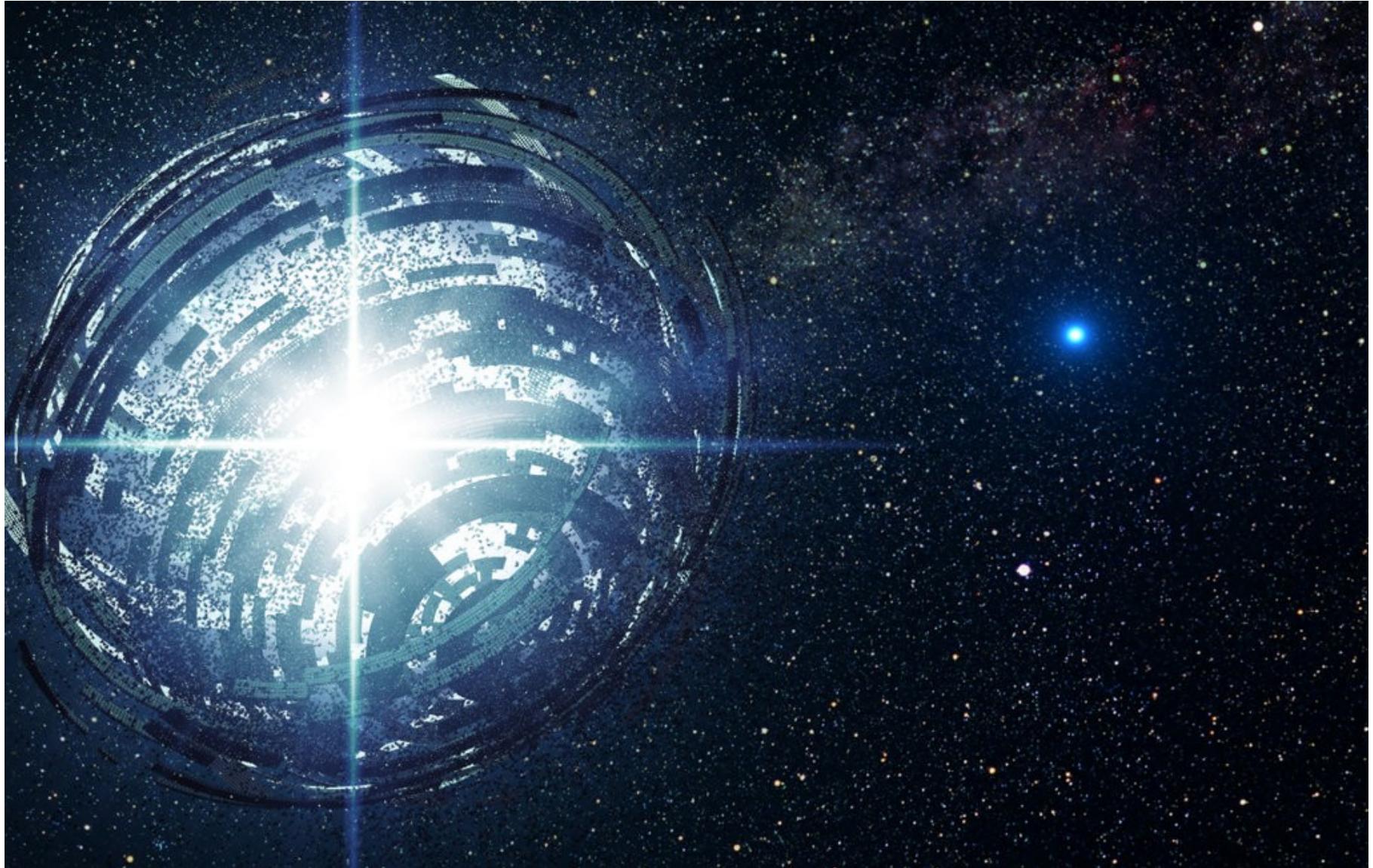


Para jóvenes

- El autor recomienda esta infografía para jóvenes de 10-14 años
- Incluye información sobre la vía láctea y órdenes de magnitud
- Ver en

<https://www.behance.net/gallery/4137925/The-DRAKE-EQUATION>

Esferas de Dyson



IRAS (InfraRed Astronomical Satellite)

http://home.fnal.gov/~carrigan/infrared_astronomy/Termilab_search.htm

