Universidad Nacional de Río Negro
Int. Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2017

- **Unidad** 03 – Cosmología
- **Clase** U03C01 – 13
- **Fecha** 07 Nov 2017
- **Cont** Galaxias
- **Cátedra** Asorey
- **Web** github.com/asoreyh/unrn-ipac
  www.facebook.com/fisicareconocida/

RIO NEGRO

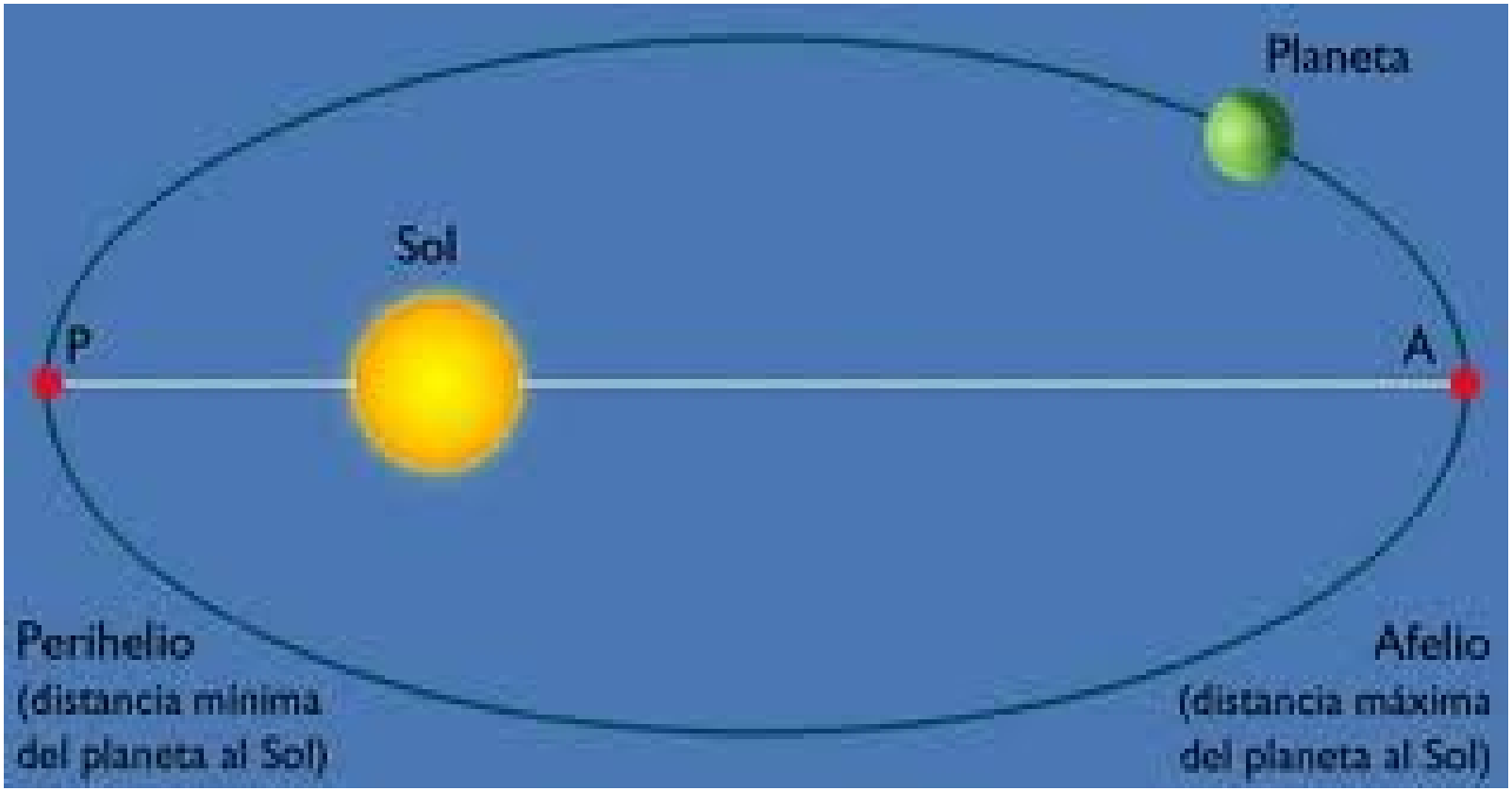
Contenidos: un viaje en el tiempo

U3: no es lo que se ve, sino lo que se palpa
4 encuentros: del 10/Oct al 31/Oct

- Relatividad General
  - Introducción y conceptos básicos,
  - Modelo de Friedman-Lemaître-Robertson-Walker
  - El error de Einstein
- Modelos del Universo
  - Formación de estructuras
  - Midiendo distancias
  - Corrimiento al rojo
  - El universo en expansión

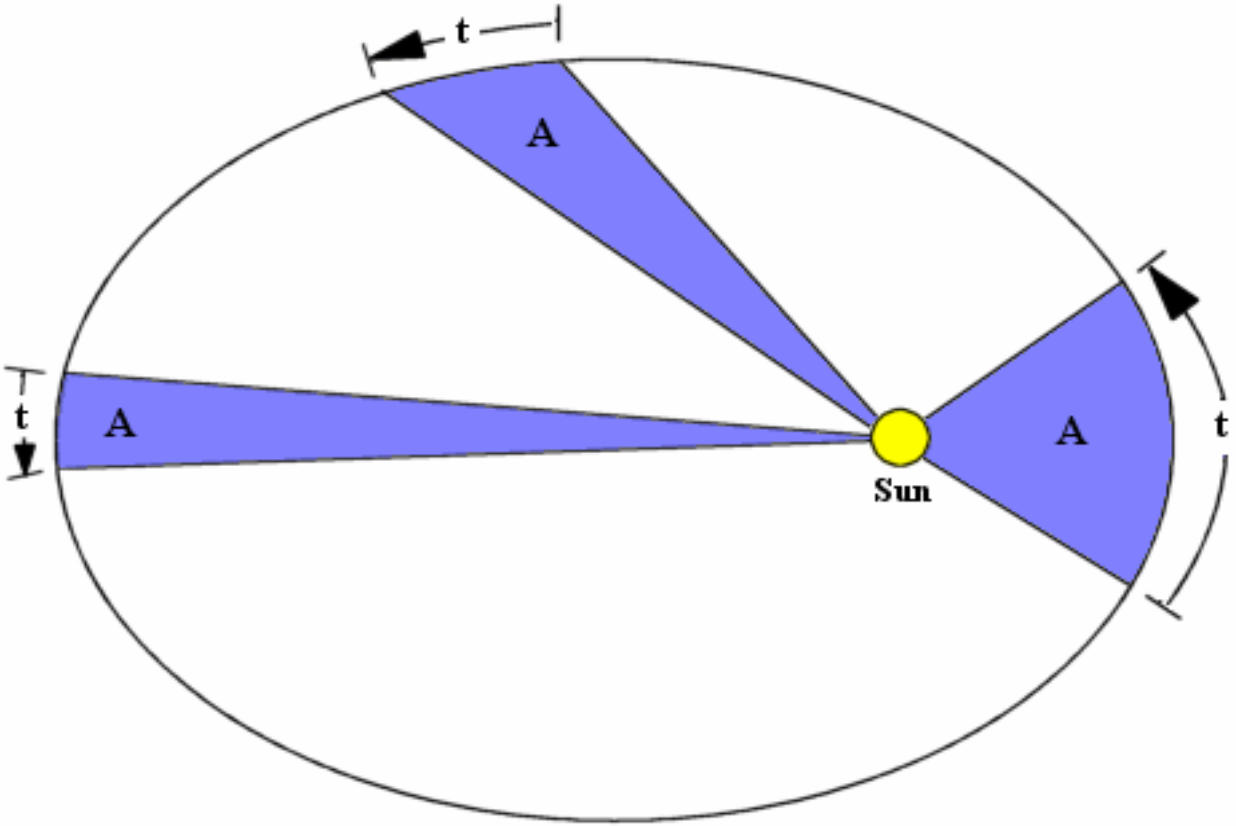
Primera ley: Movimiento cerrado

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



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



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

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

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

$$v_1 r_1 = v_2 r_2$$

$$m v_1 r_1 = m v_2 r_2$$

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

y además $v_1 = v_2 \frac{r_2}{r_1}$

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

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).

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

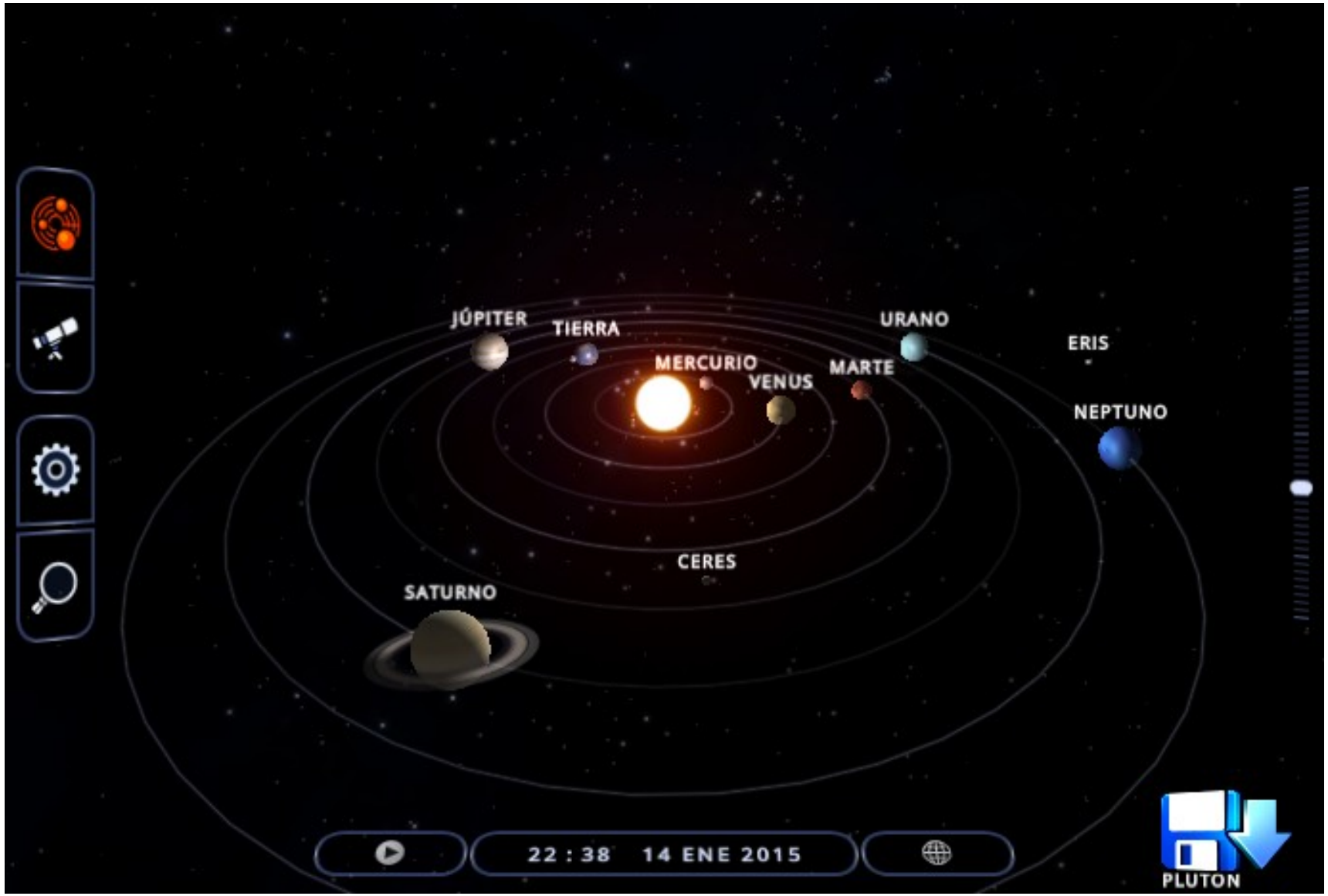
Calcule k_{Sol} y $1/k_{Sol}$ en unidades del SI (m y s) y en años y unidades astronómicas

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

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.

"Solar System Scope"

https://www.solarsystemscope.com/

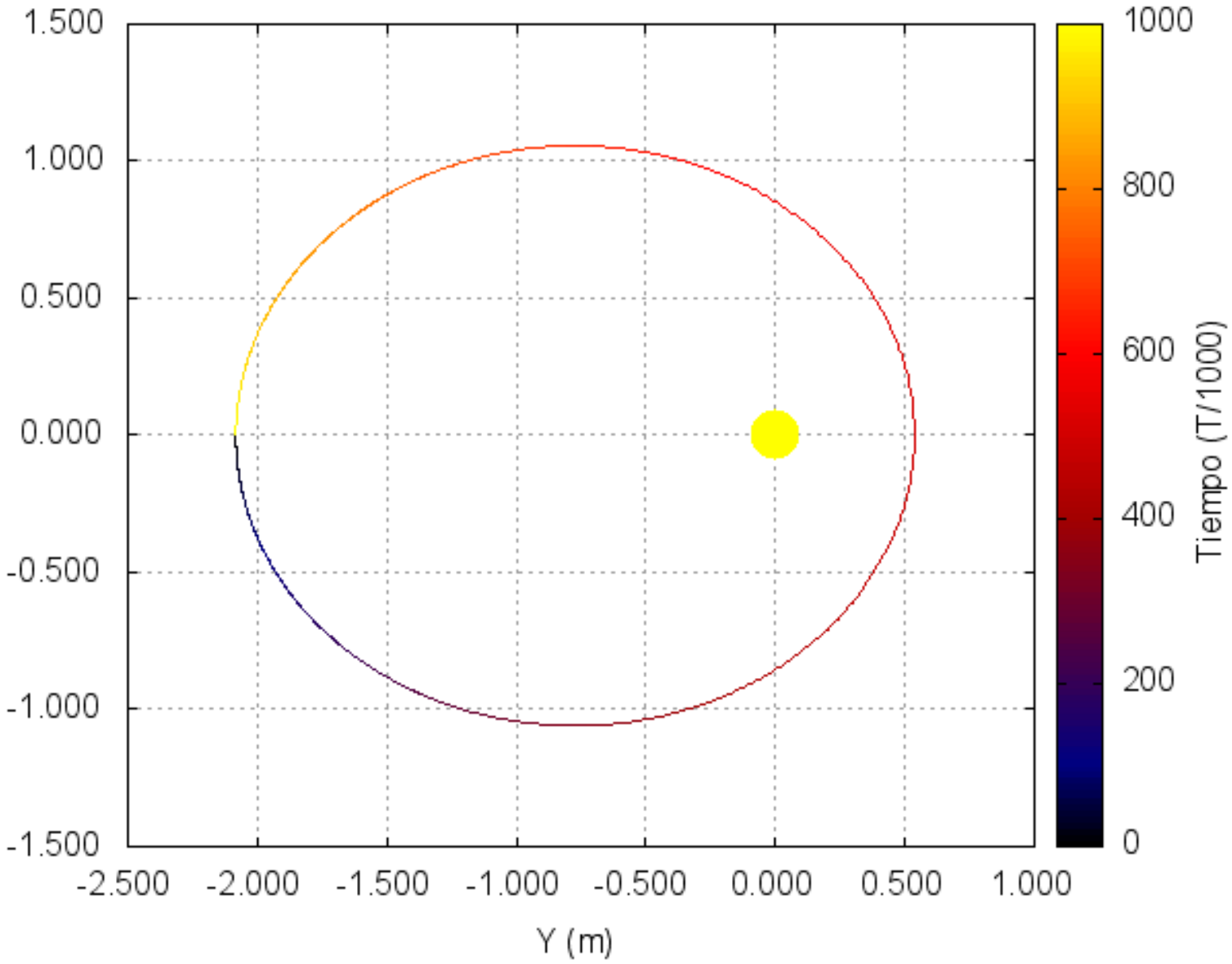


Tercera Ley

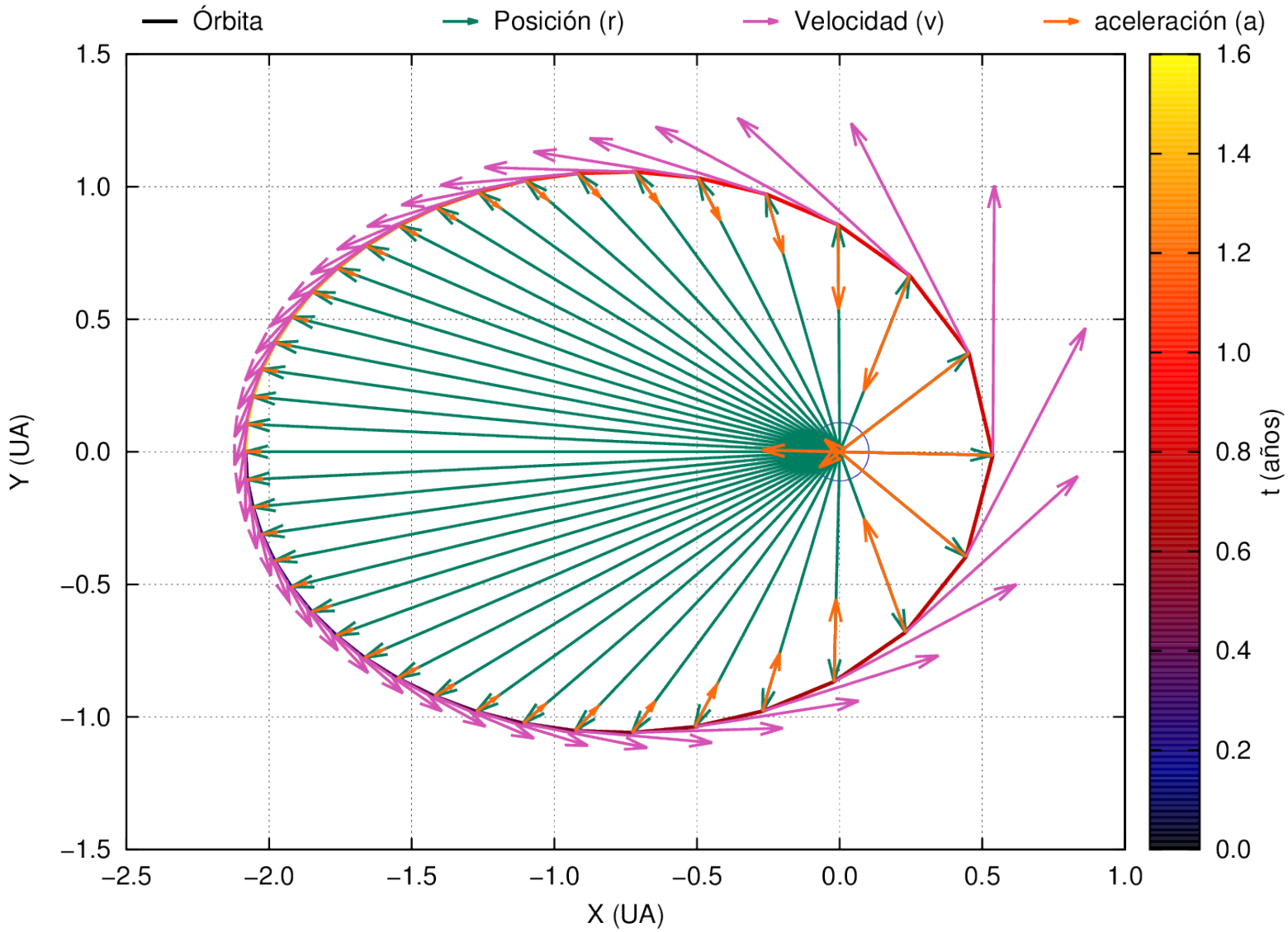
- Y vale para cualquier sistema orbital. Por ejemplo
  - calcule la masa de la Tierra sabiendo que el periodo orbital lunar es de 27,4 días y la distancia media es a=384800 km
  - calcule el radio de la órbita de Io sabiendo que su periodo orbital es de 43h y la masa de Júpiter es 1.899×10^{27} kg.

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

Algo más “tangible”

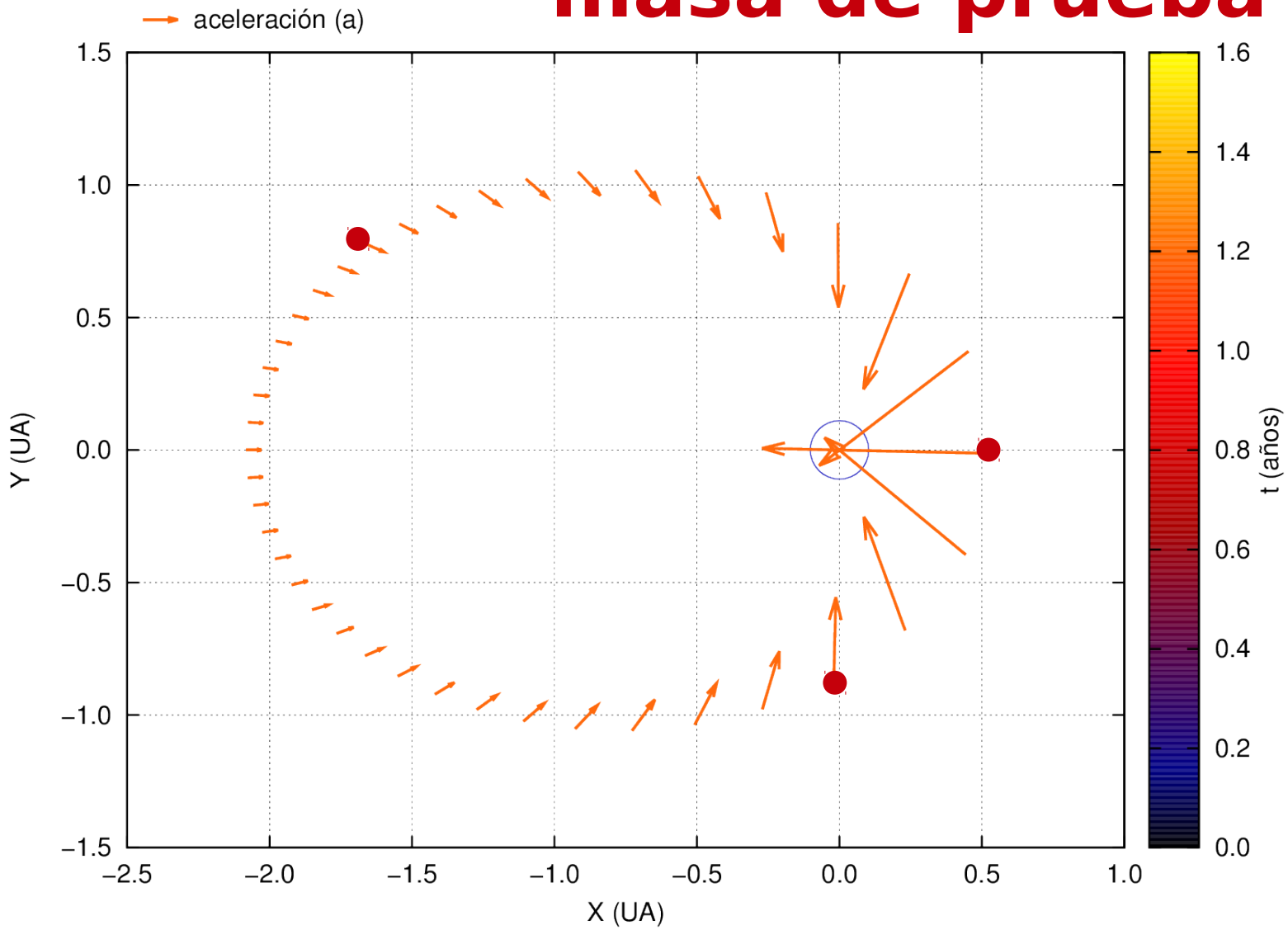


Órbita+posición+velocidad+aceleración

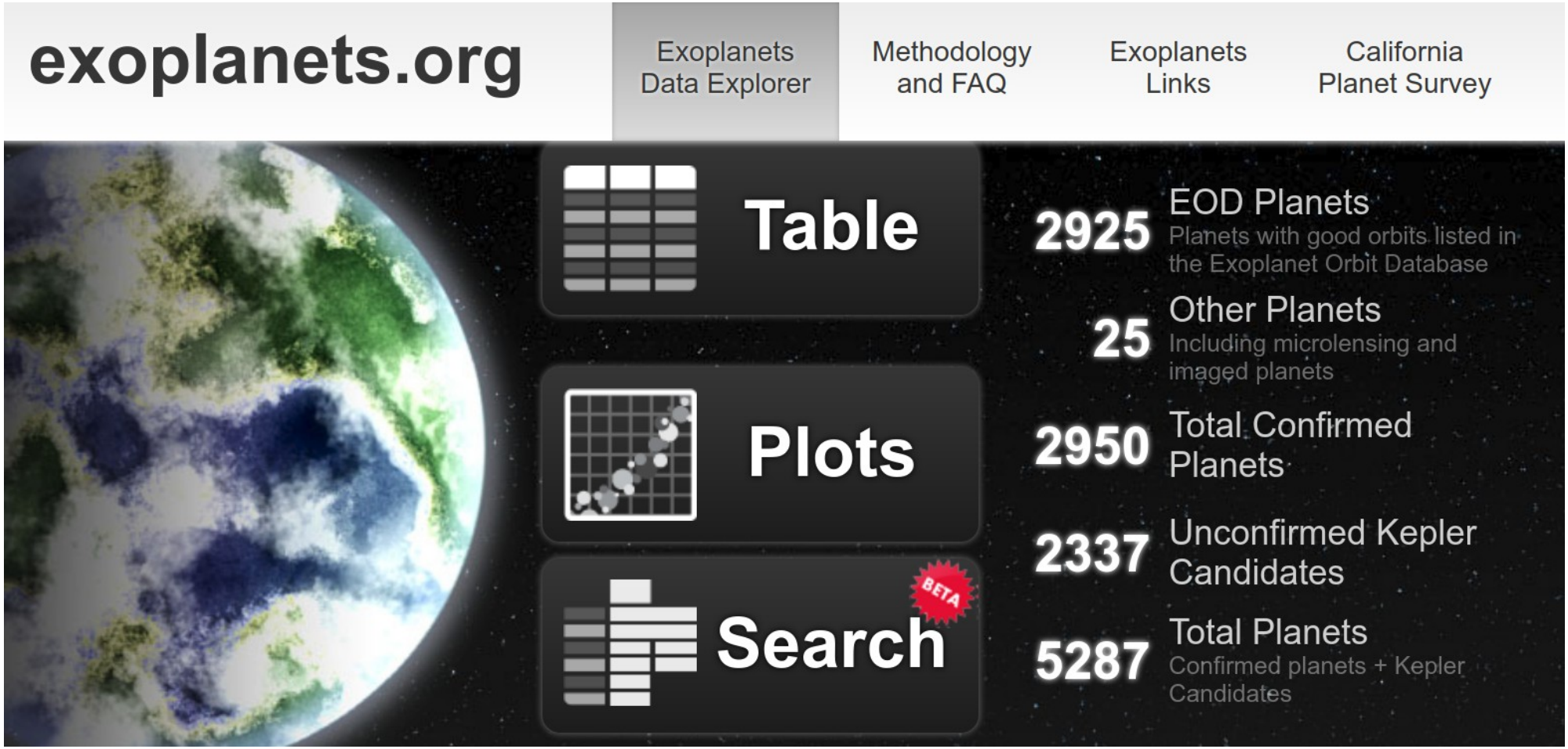


aceleración=Fuerza / masa

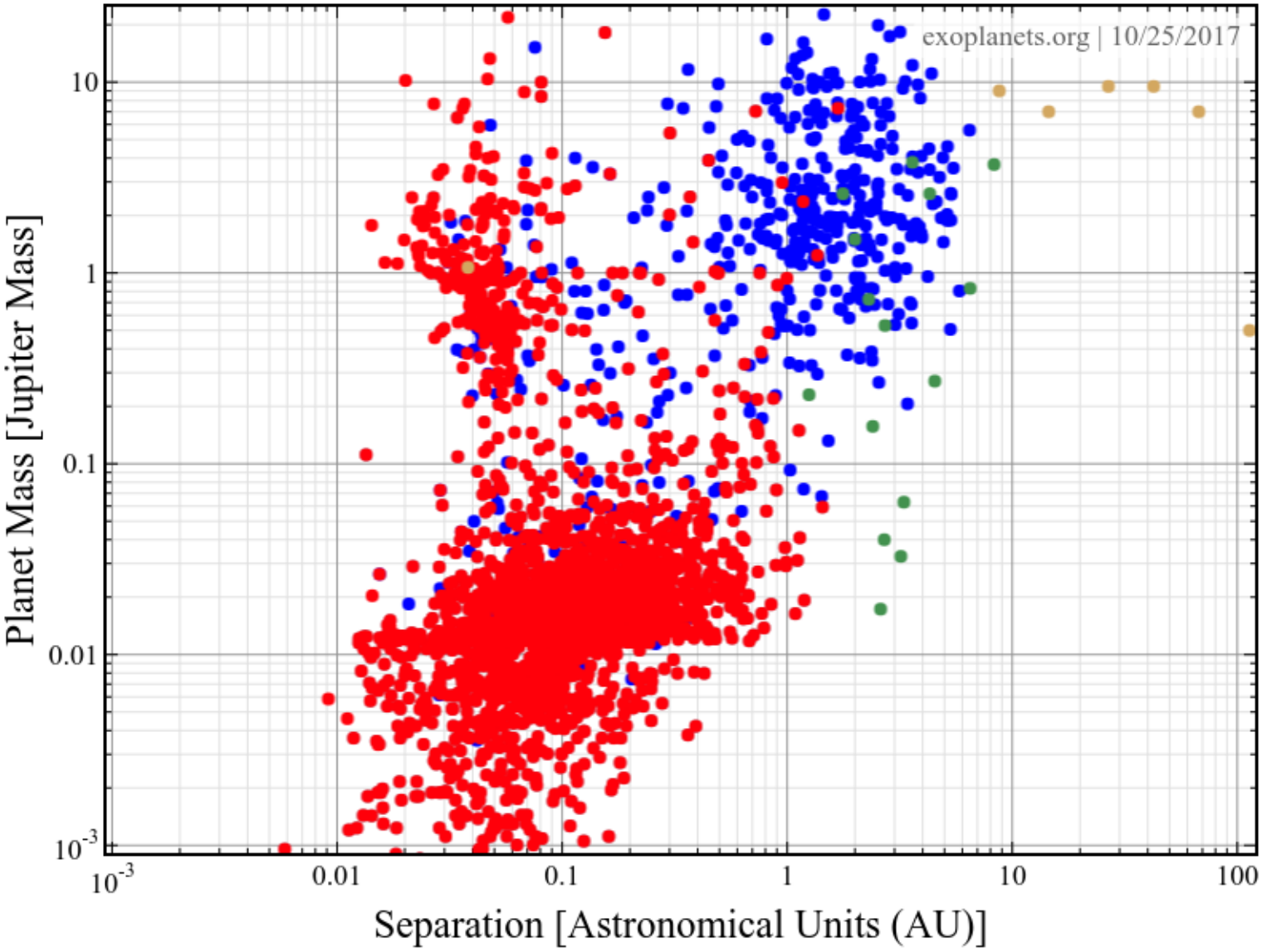
masa de prueba



http://exoplanets.org/



Masa vs separación



Pero si hay otros planetas, hay vida?

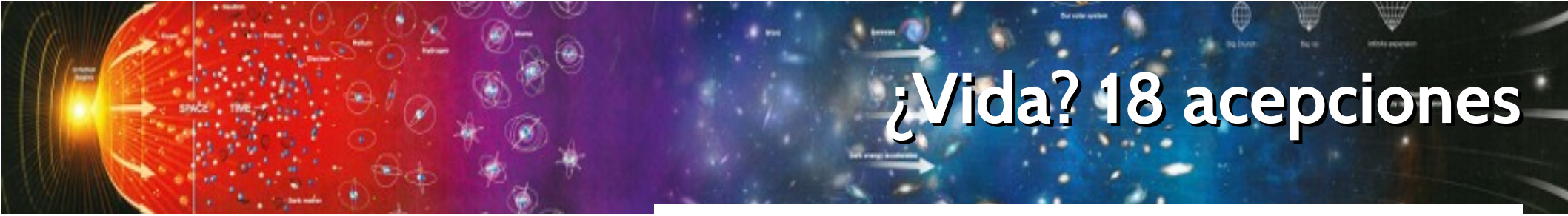
Astrobiología

- Astrobiología.

astrobiología

De *astro-* y *biología*.

1. f. Rama interdisciplinar 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 cero 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?

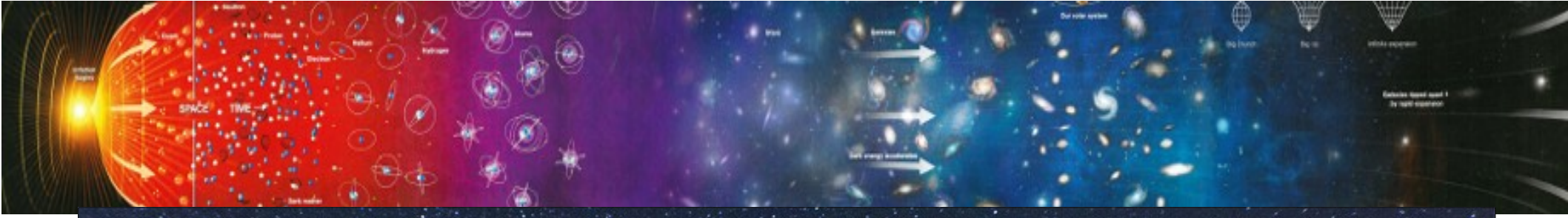
-
-
-
-
-

Qué es la Vida? E. Schrödinger

- La vida no viola las leyes de la termondinámica, 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

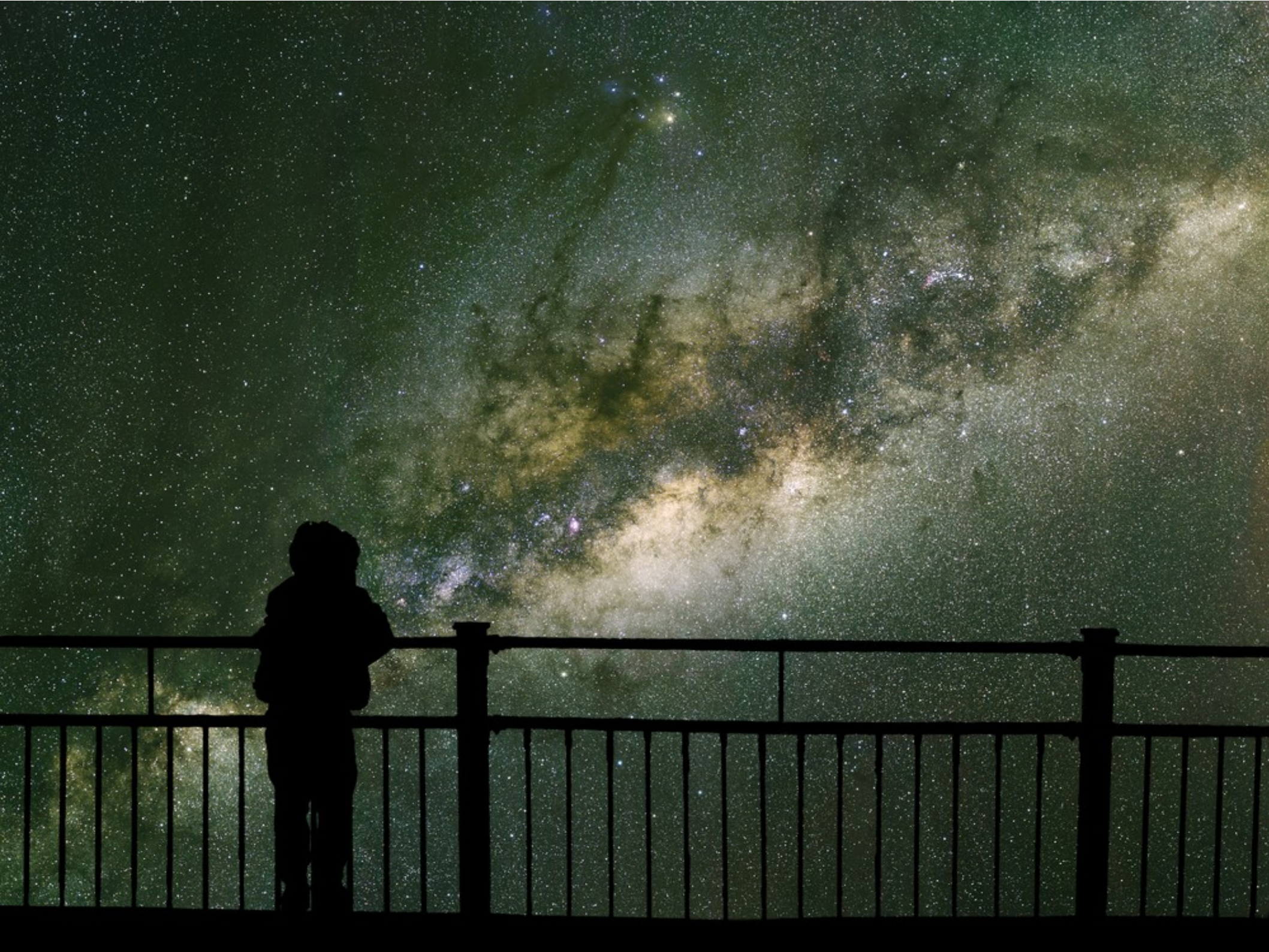
Temas de monografía para trabajo final algunas ideas, lista no excluyente

- Cosmogonía de los pueblos originarios (elegir alguno)
- Cosmogonía y Constelaciones
- Evolución estelar (vida y obra de las estrellas)
- Objetos compactos (enanas blancas, estrellas de neutrones, agujeros negros)
- Ensayo sobre posibilidades de vida en Europa (luna de Júpiter)
- Vida basada en Amoníaco como disolvente
- El Galaxyzoo: principales resultados
- Otras Tierras: exoplanetas similares a la Tierra
- El impacto de Galileo Galilei en la concepción moderna de la Astronomía
- Spirit, Opportunity y Curiosity: explorando la superficie de Marte
- La sonda Cassini-Huygens: Saturno y Titán
- El Big Bang

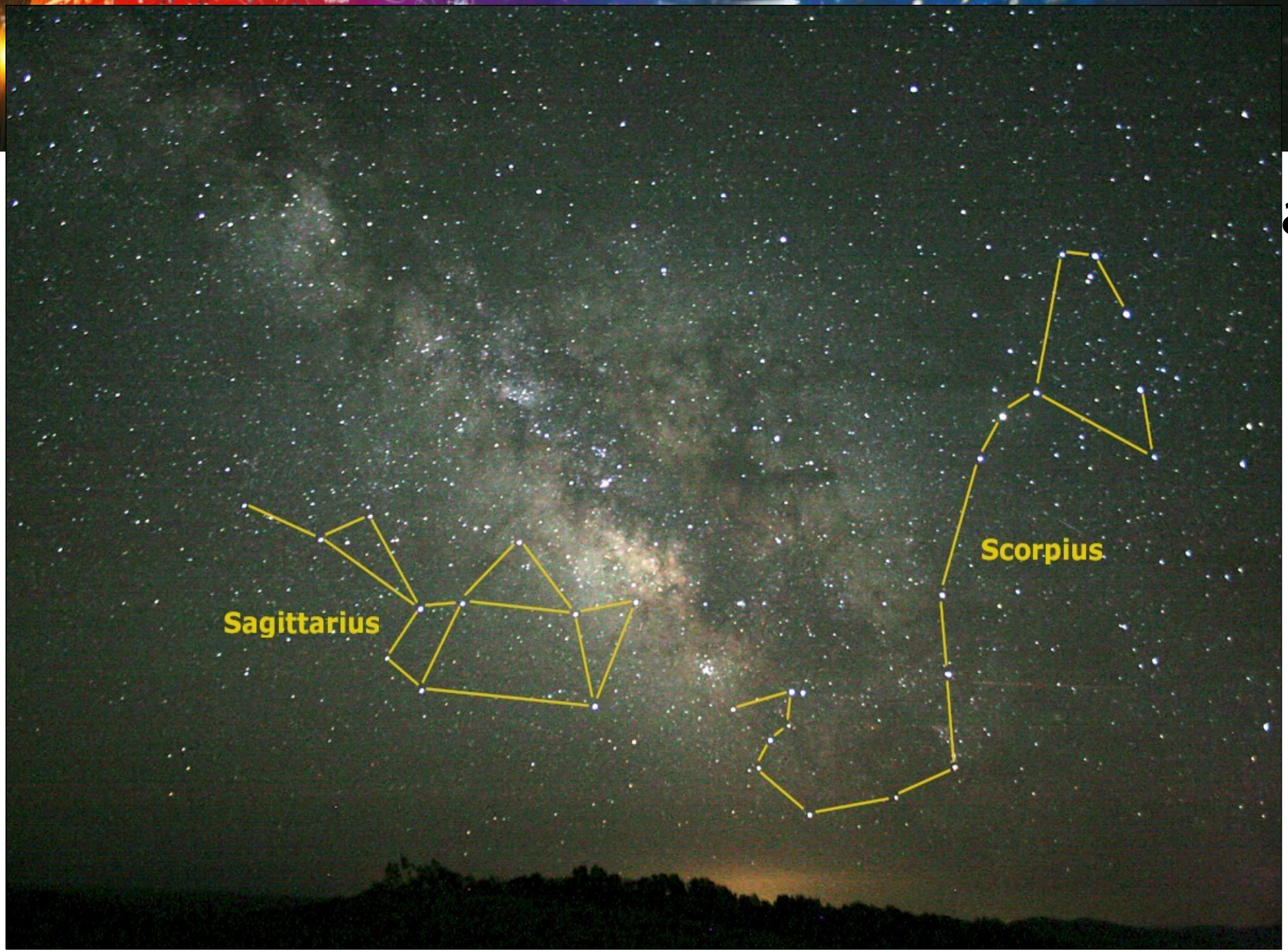

SPACE
TIME

Galaxias

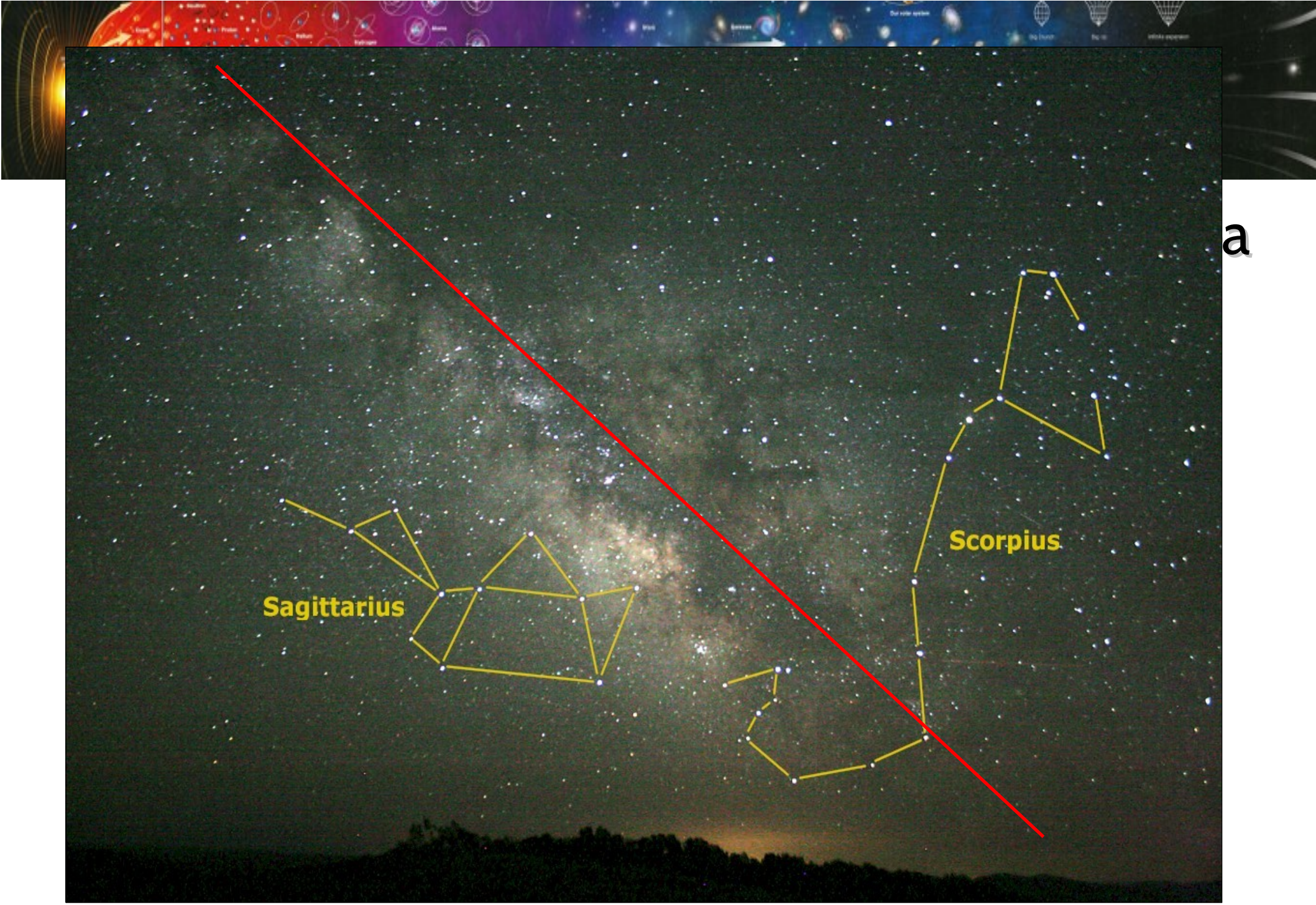
- Una **galaxia** es un sistema autogravitatorio que se compone de:
  - Estrellas
  - Remanentes estelares
  - Un medio interestelar formado por gas y polvo...
  - ... y materia oscura
- **Tamaños:**
  - Enanas (~1000 estrellas, 1000 pc)
  - Gigantes (100000 pc, 10^{14} estrellas)
- Y están separadas por distancias ~Megaparsec



La Vía Láctea desde Cerro Paranal

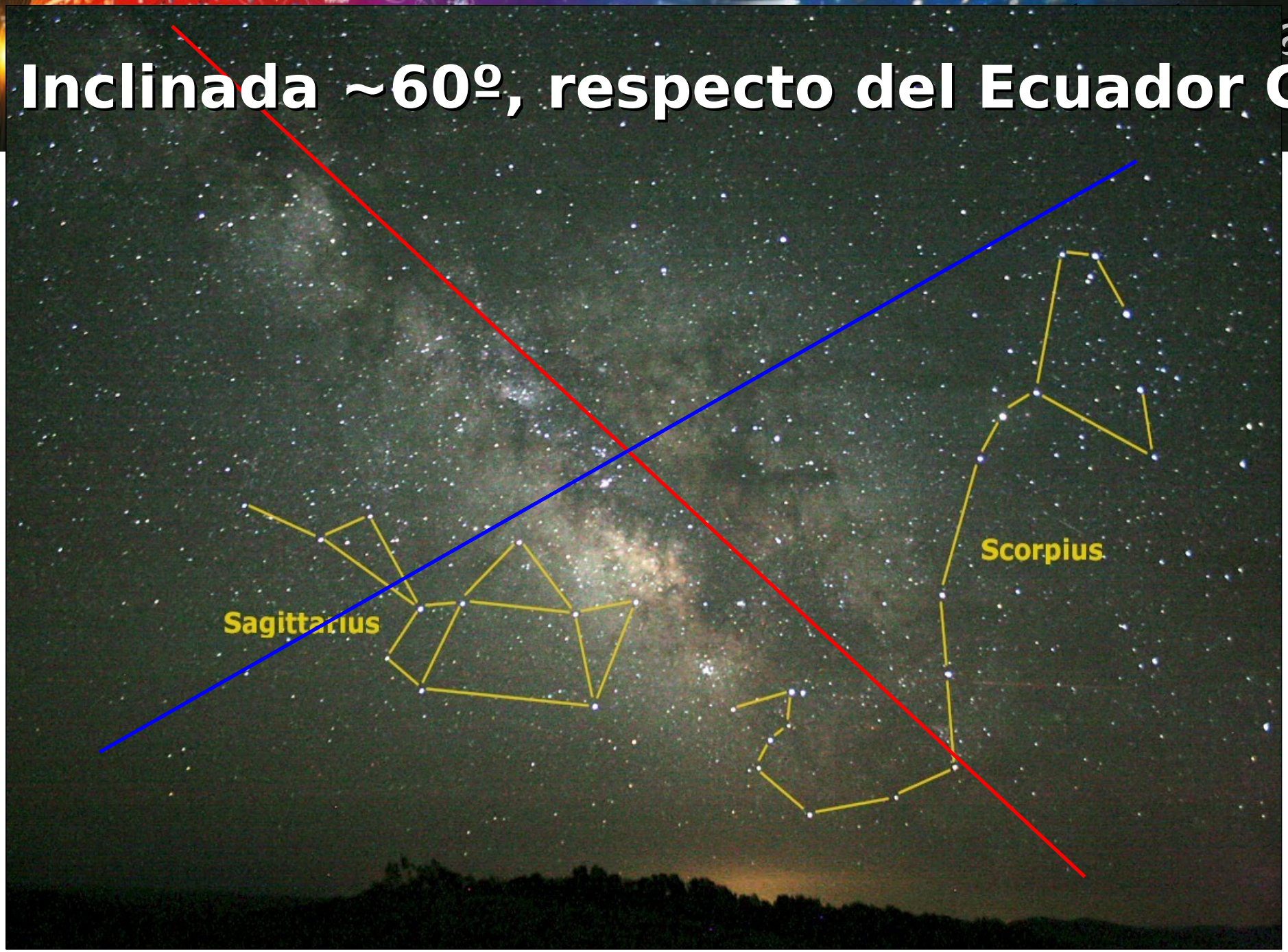


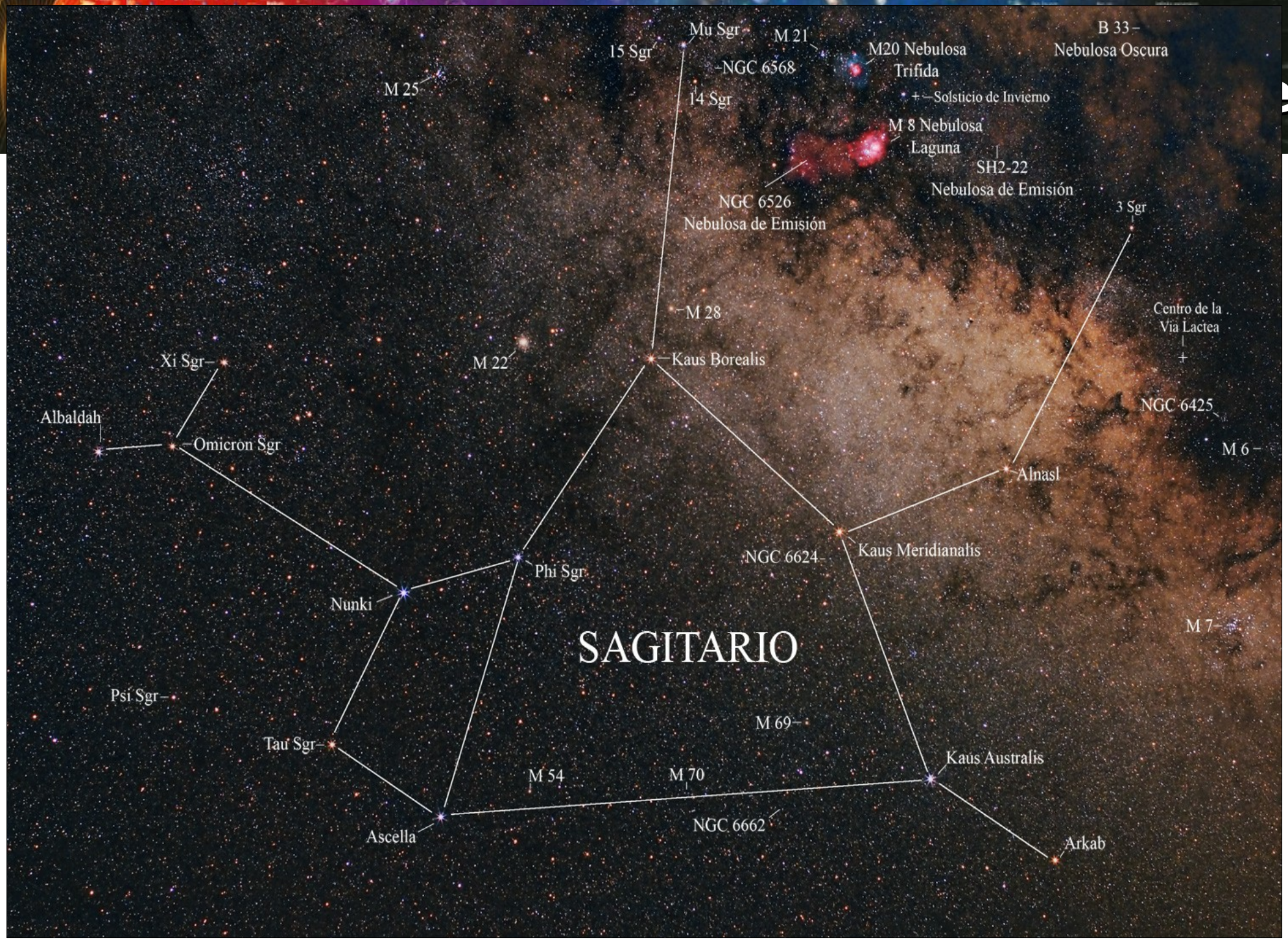
a

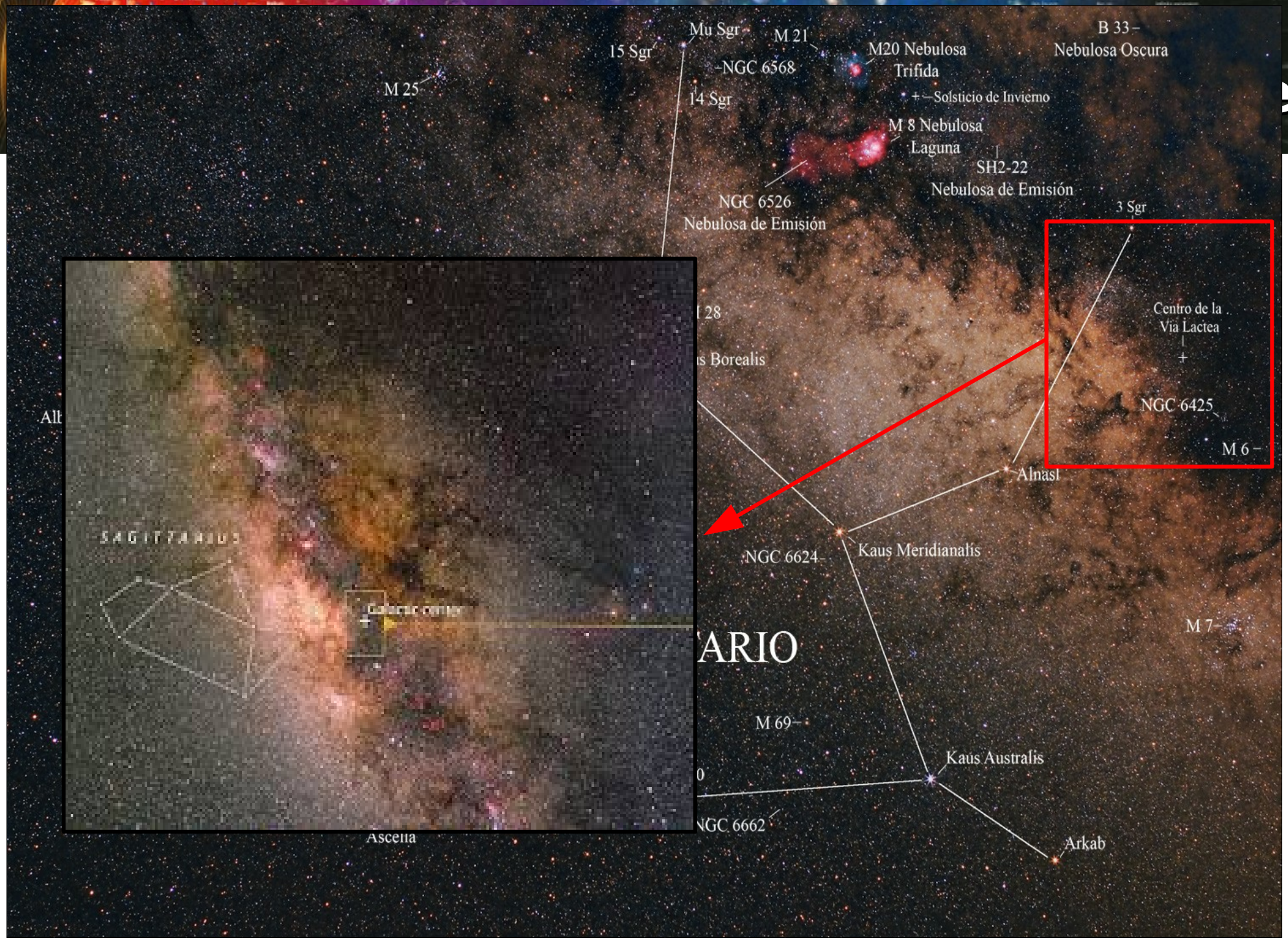


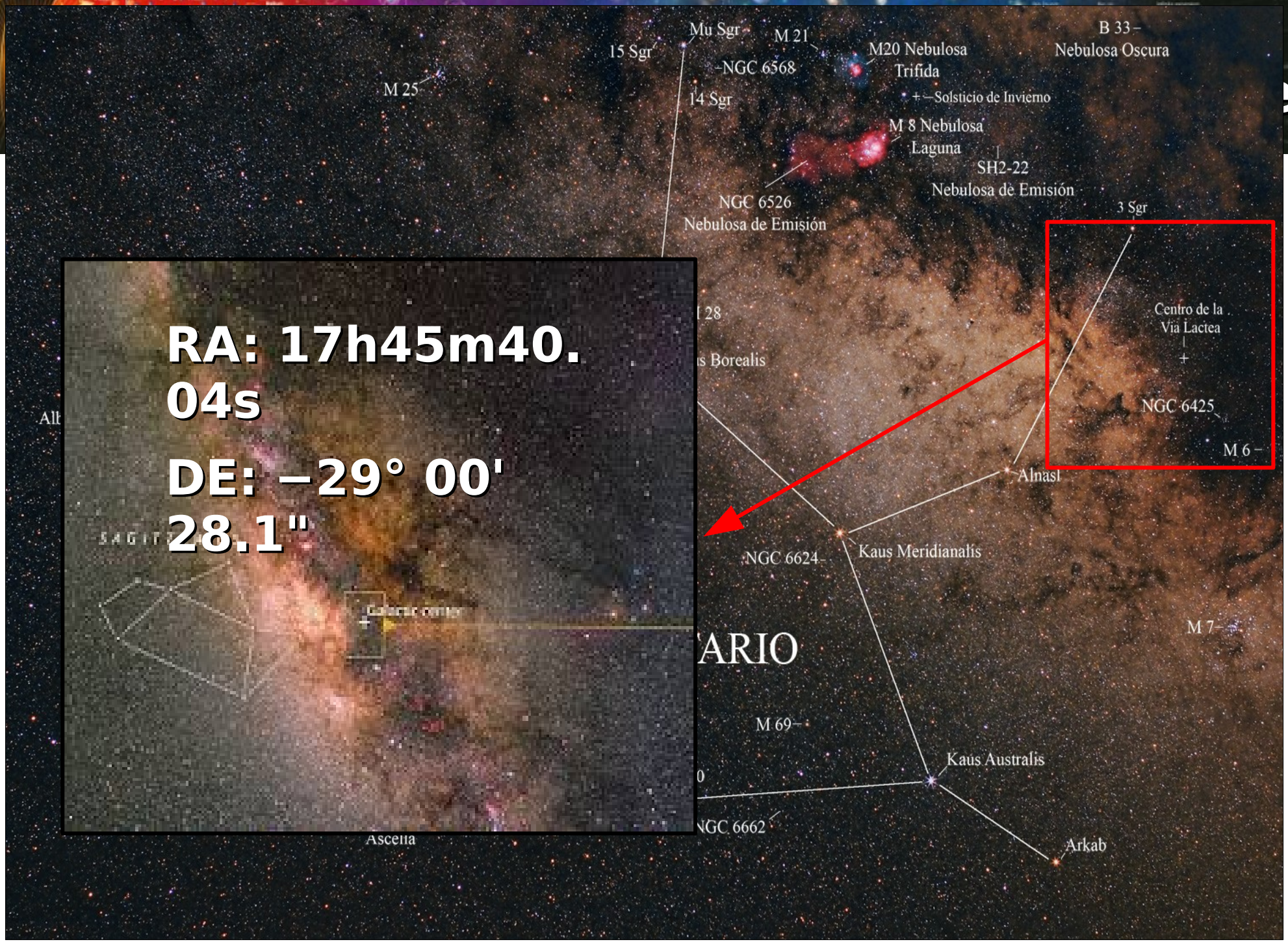
a

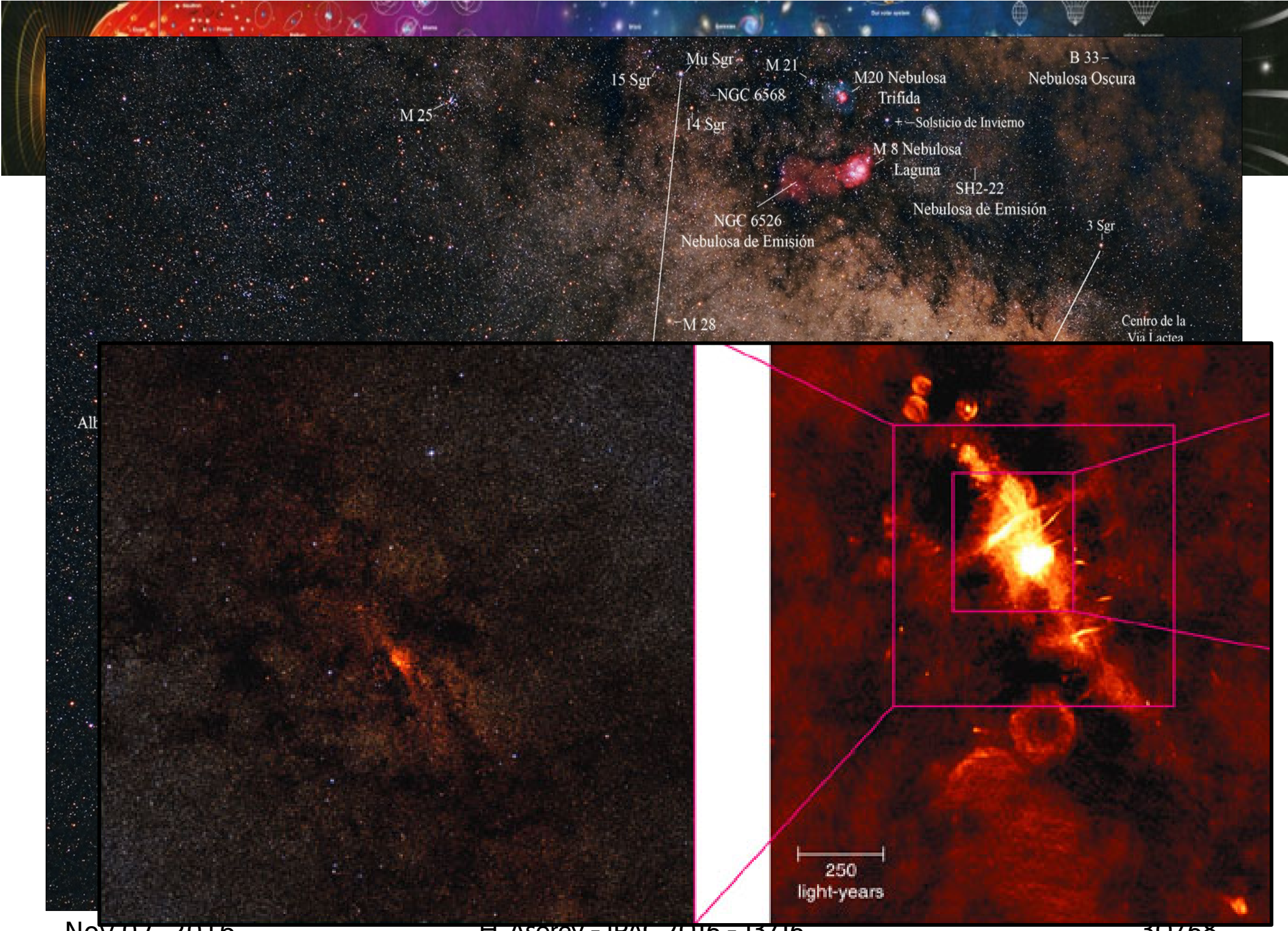
Inclinada ~60º, respecto del Ecuador Cele

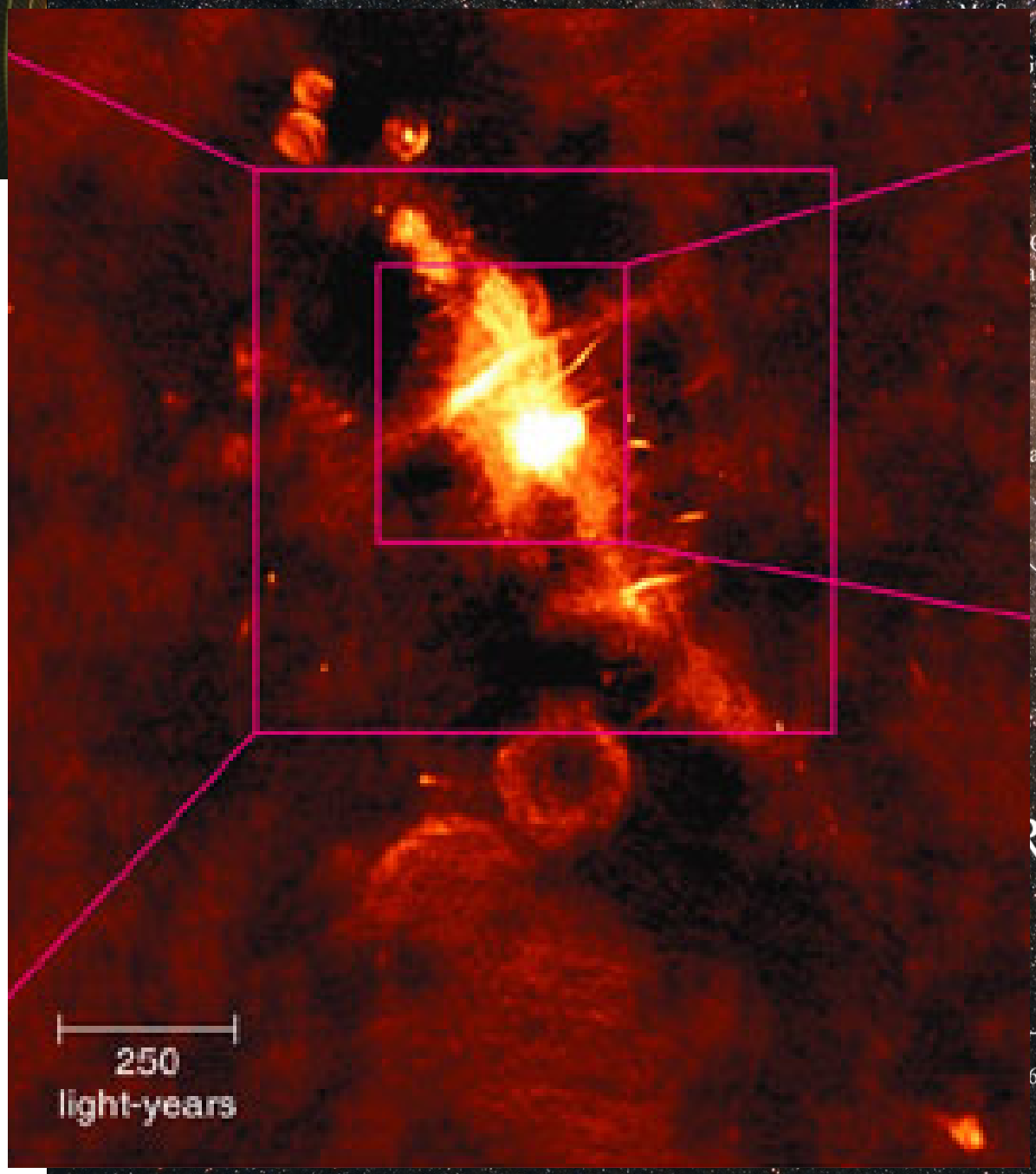


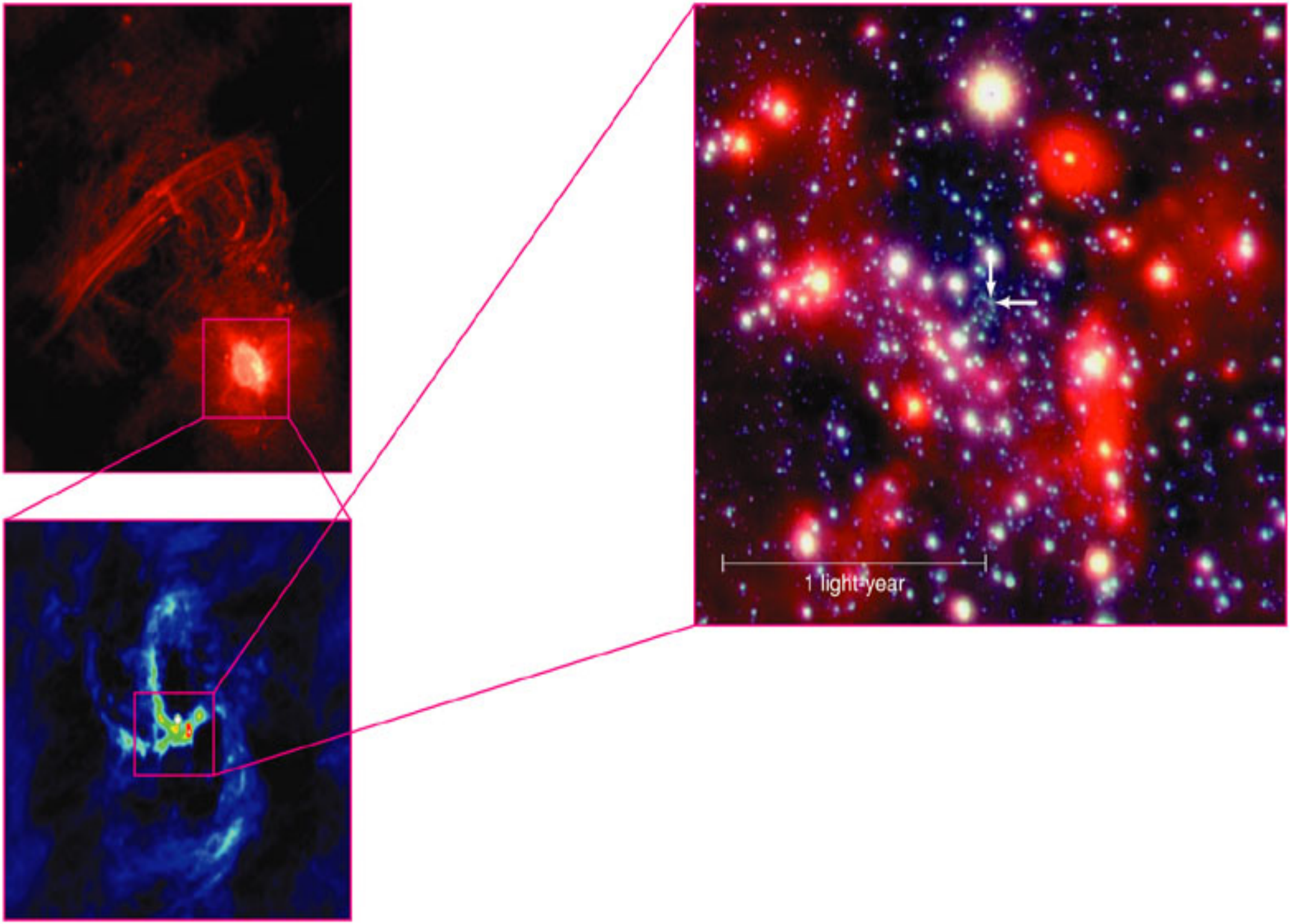

Mu Sgr
M 21
15 Sgr
M20 Nebulosa
Trifida
B 33
Nebulosa Oscura
NGC 6568
M 25
14 Sgr
Solsticio de Invierno
M 8 Nebulosa
Laguna
SH2-22
Nebulosa de Emisión
NGC 6526
Nebulosa de Emisión
3 Sgr
M 28
Centro de la
Vía Láctea
Xi Sgr
M 22
Kaus Borealis
NGC 6425
Albaldah
Omicron Sgr
M 6
Alnasl
Kaus Meridianalis
NGC 6624
Phi Sgr
Nunki
M 7
SAGITARIO
Psi Sgr
M 69
Tau Sgr
Kaus Australis
M 54
M 70
NGC 6662
Ascella
Arkab

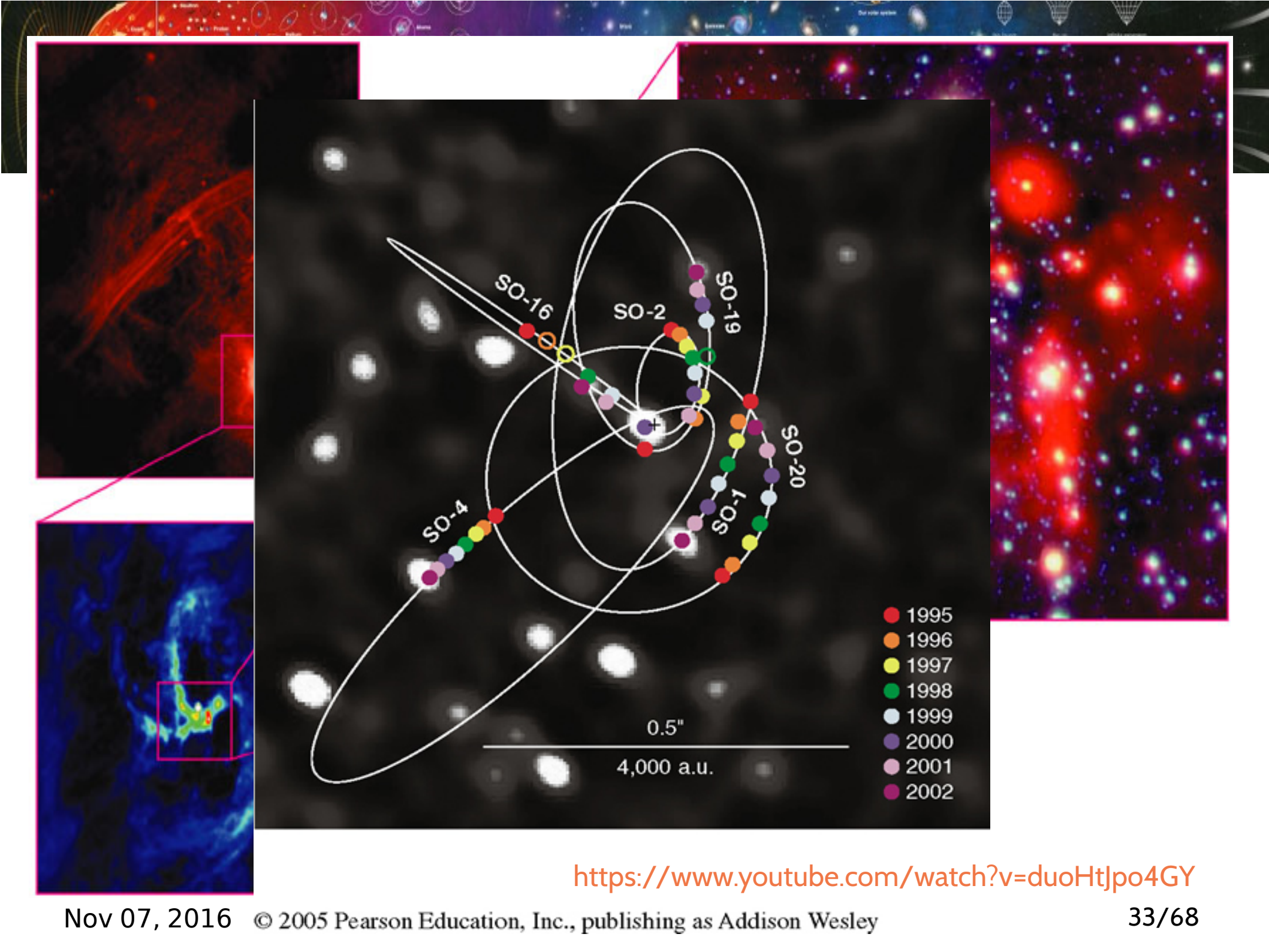

Mu Sgr
M 21
15 Sgr
M20 Nebulosa
Trifida
B 33
Nebulosa Oscura
NGC 6568
M 25
14 Sgr
Solsticio de Invierno
M 8 Nebulosa
Laguna
SH2-22
Nebulosa de Emisión
NGC 6526
Nebulosa de Emisión
3 Sgr
Centro de la
Vía Lactea
NGC 6425
M 6
Alnasl
Kaus Meridianalis
NGC 6624
M 7
M 69
Kaus Australis
Arkab
Ascella
SAGITTARIUS


RA: 17h45m40.04s
DE: −29° 00' 28.1"
Mu Sgr
M 21
15 Sgr
M20 Nebulosa Trifida
NGC 6568
B 33 – Nebulosa Oscura
M 25
14 Sgr
Solsticio de Invierno
M 8 Nebulosa Laguna
SH2-22 Nebulosa de Emisión
NGC 6526 Nebulosa de Emisión
3 Sgr
Centro de la Vía Lactea
NGC 6425
M 6
Alnasl
Kaus Meridianalis
NGC 6624
M 7
M 69
Kaus Australis
Arkab
Ascella


Mu Sgr
M 21
15 Sgr
M20 Nebulosa
Trifida
B 33 –
Nebulosa Oscura
NGC 6568
M 25
14 Sgr
Solsticio de Invierno
M 8 Nebulosa
Laguna
SH2-22
Nebulosa de Emisión
NGC 6526
Nebulosa de Emisión
3 Sgr
M 28
Centro de la
Vía Láctea
250
light-years


250
light-years


1 light-year

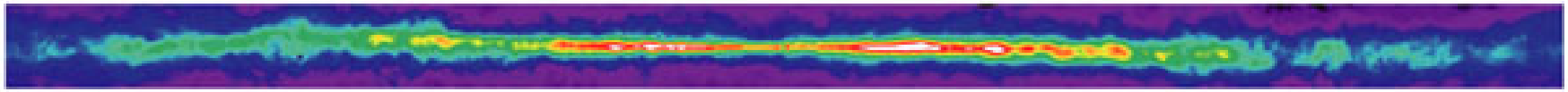


https://www.youtube.com/watch?v=duoHtJpo4GY

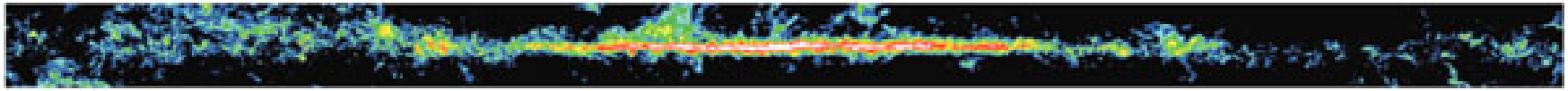
El agujero negro central

Observations with the VLT

¿Y qué forma tiene nuestra galaxia?



a 21-cm radio emission from atomic hydrogen gas.



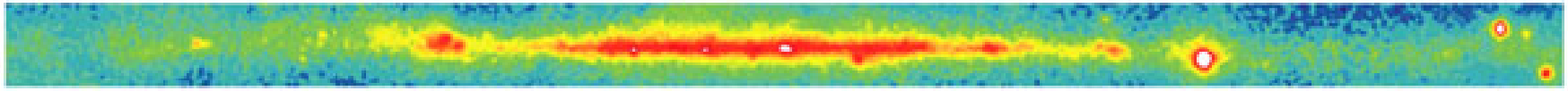
b Radio emission from carbon monoxide reveals molecular clouds.

c Infrared (60–100 μm) emission from interstellar dust.

d Infrared (1–4 μm) emission from stars that penetrates most interstellar material.

e Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

f X-ray emission from hot gas bubbles (diffuse blobs) and X-ray binaries (pointlike sources).



g Gamma-ray emission from collisions of cosmic rays with atomic nuclei in interstellar clouds.

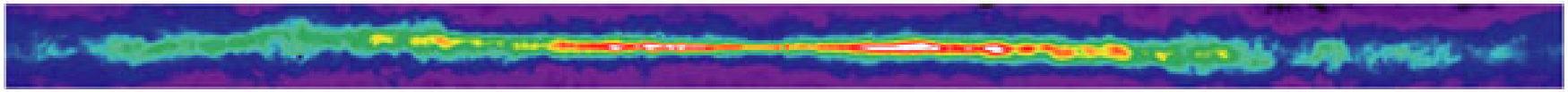
d Infrared (1–4 μm) emission from stars that penetrates most interstellar material.

e Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

d Infrared (1–4 μm) emission from stars that penetrates most interstellar material.

e Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

f X-ray emission from hot gas bubbles (diffuse blobs) and X-ray binaries (pointlike sources).

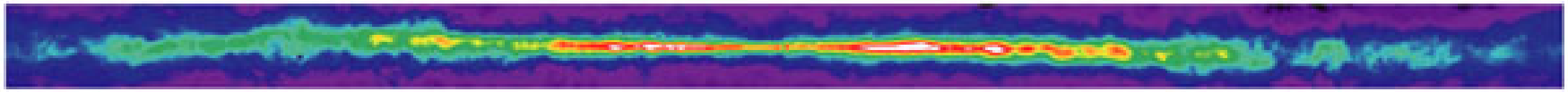


a 21-cm radio emission from atomic hydrogen gas.

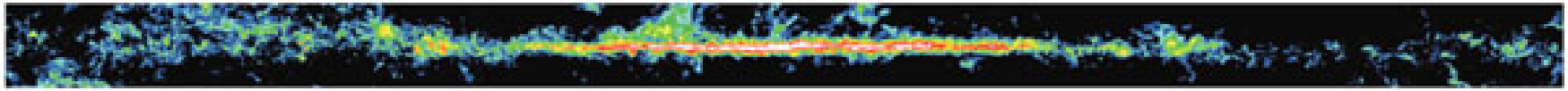
d Infrared (1–4 μm) emission from stars that penetrates most interstellar material.

e Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

f X-ray emission from hot gas bubbles (diffuse blobs) and X-ray binaries (pointlike sources).



a 21-cm radio emission from atomic hydrogen gas.

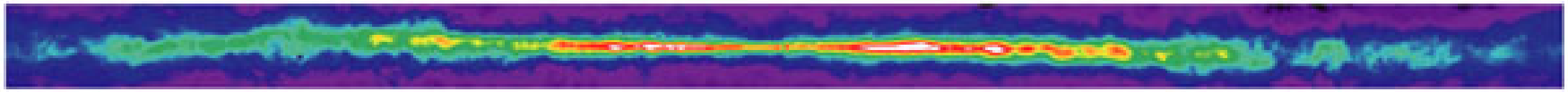


b Radio emission from carbon monoxide reveals molecular clouds.

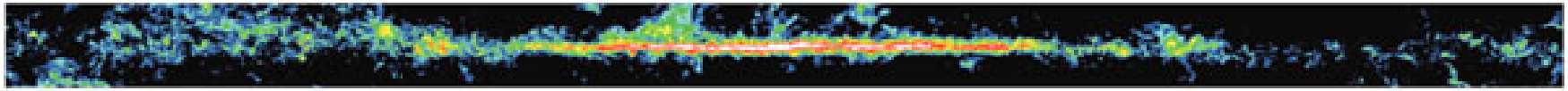
d Infrared (1–4 μm) emission from stars that penetrates most interstellar material.

e Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

f X-ray emission from hot gas bubbles (diffuse blobs) and X-ray binaries (pointlike sources).



a 21-cm radio emission from atomic hydrogen gas.



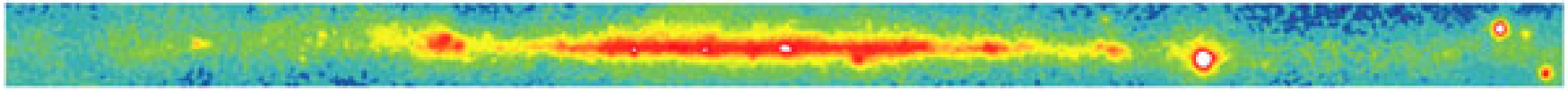
b Radio emission from carbon monoxide reveals molecular clouds.

c Infrared (60–100 μm) emission from interstellar dust.

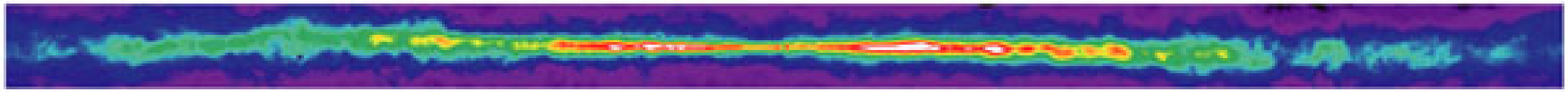
d Infrared (1–4 μm) emission from stars that penetrates most interstellar material.

e Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

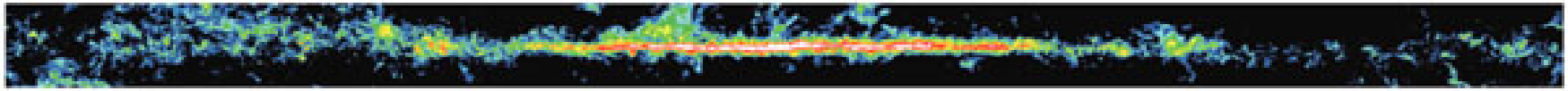
f X-ray emission from hot gas bubbles (diffuse blobs) and X-ray binaries (pointlike sources).



g Gamma-ray emission from collisions of cosmic rays with atomic nuclei in interstellar clouds.



a 21-cm radio emission from atomic hydrogen gas.



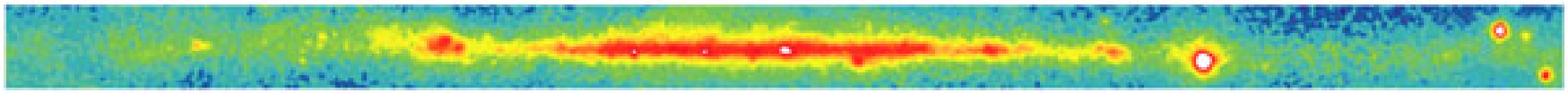
b Radio emission from carbon monoxide reveals molecular clouds.

c Infrared (60–100 μm) emission from interstellar dust.

d Infrared (1–4 μm) emission from stars that penetrates most interstellar material.

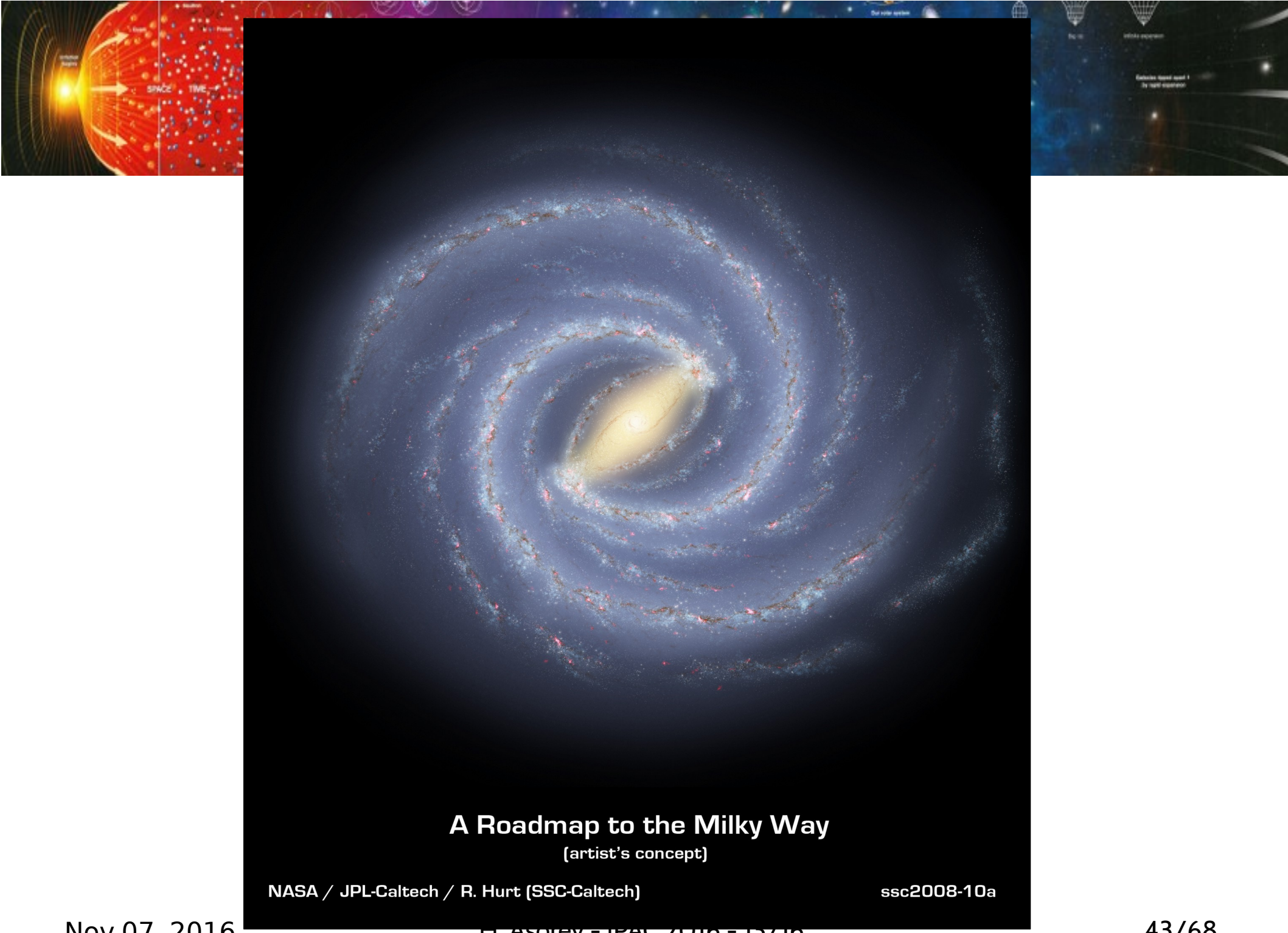
e Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

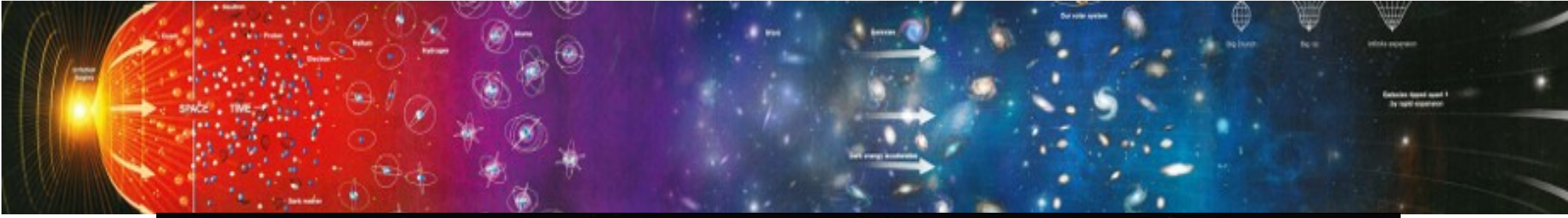
f X-ray emission from hot gas bubbles (diffuse blobs) and X-ray binaries (pointlike sources).

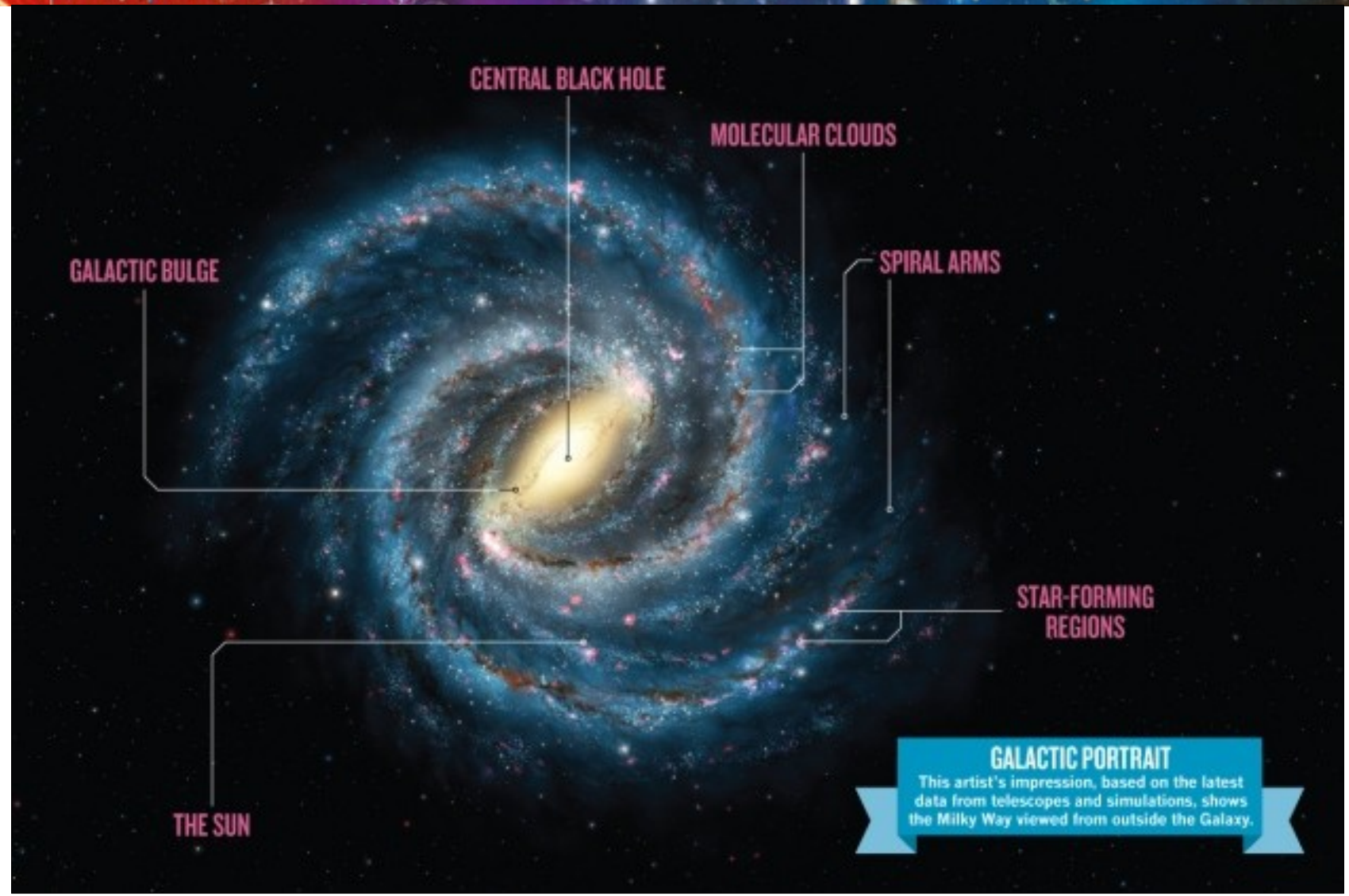


g Gamma-ray emission from collisions of cosmic rays with atomic nuclei in interstellar clouds.

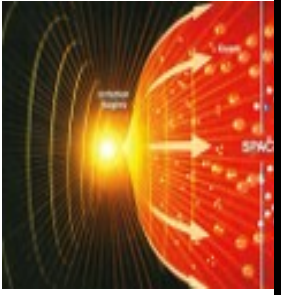
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Infrared-visible_light_comparison_of_VISTA's_gigapixel_view_of_the_centre_of_the_Milky_Way.ogv

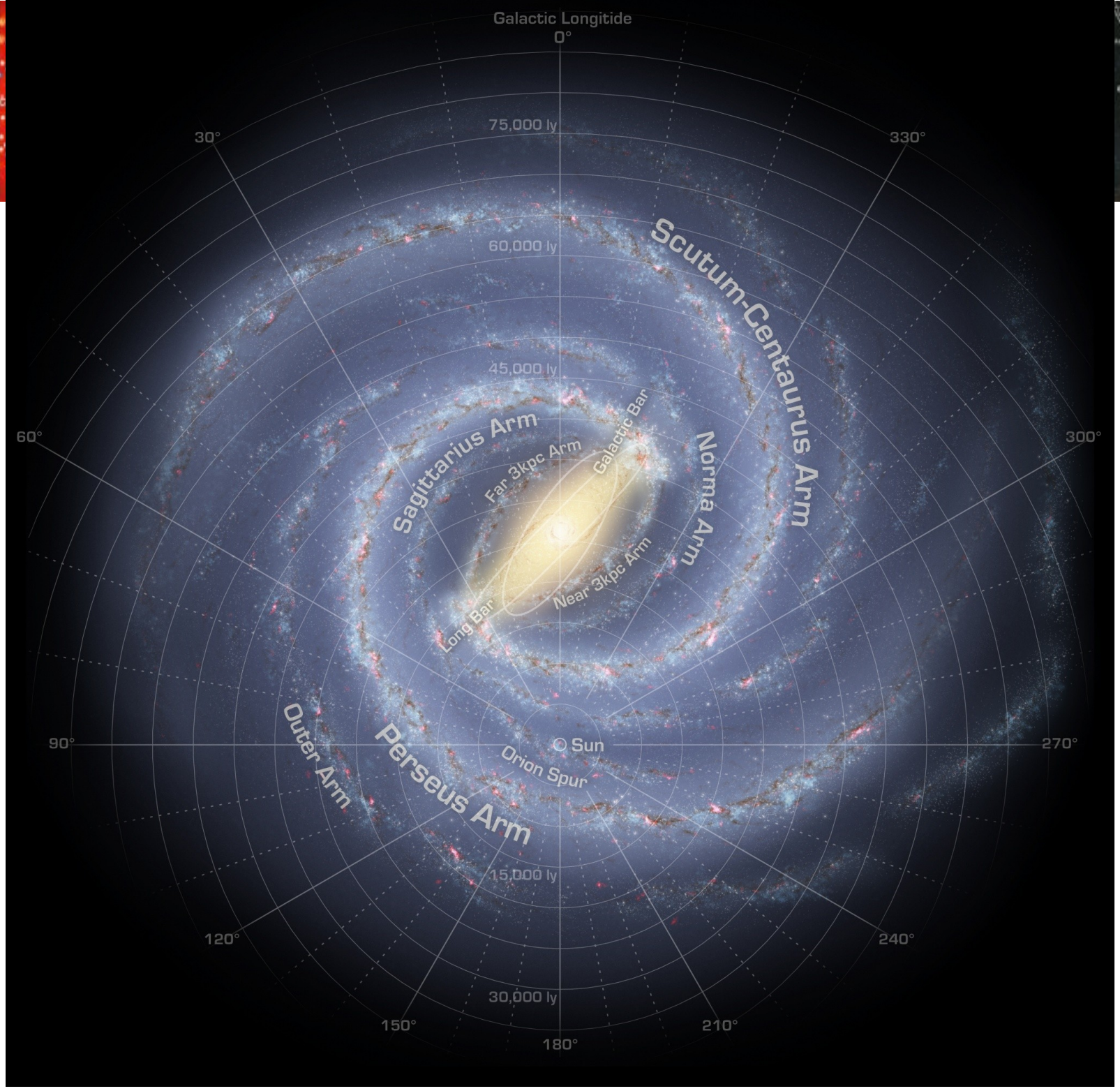

A Roadmap to the Milky Way
(artist's concept)
NASA / JPL-Caltech / R. Hurt (SSC-Caltech)
ssc2008-10a

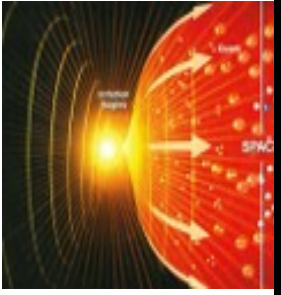


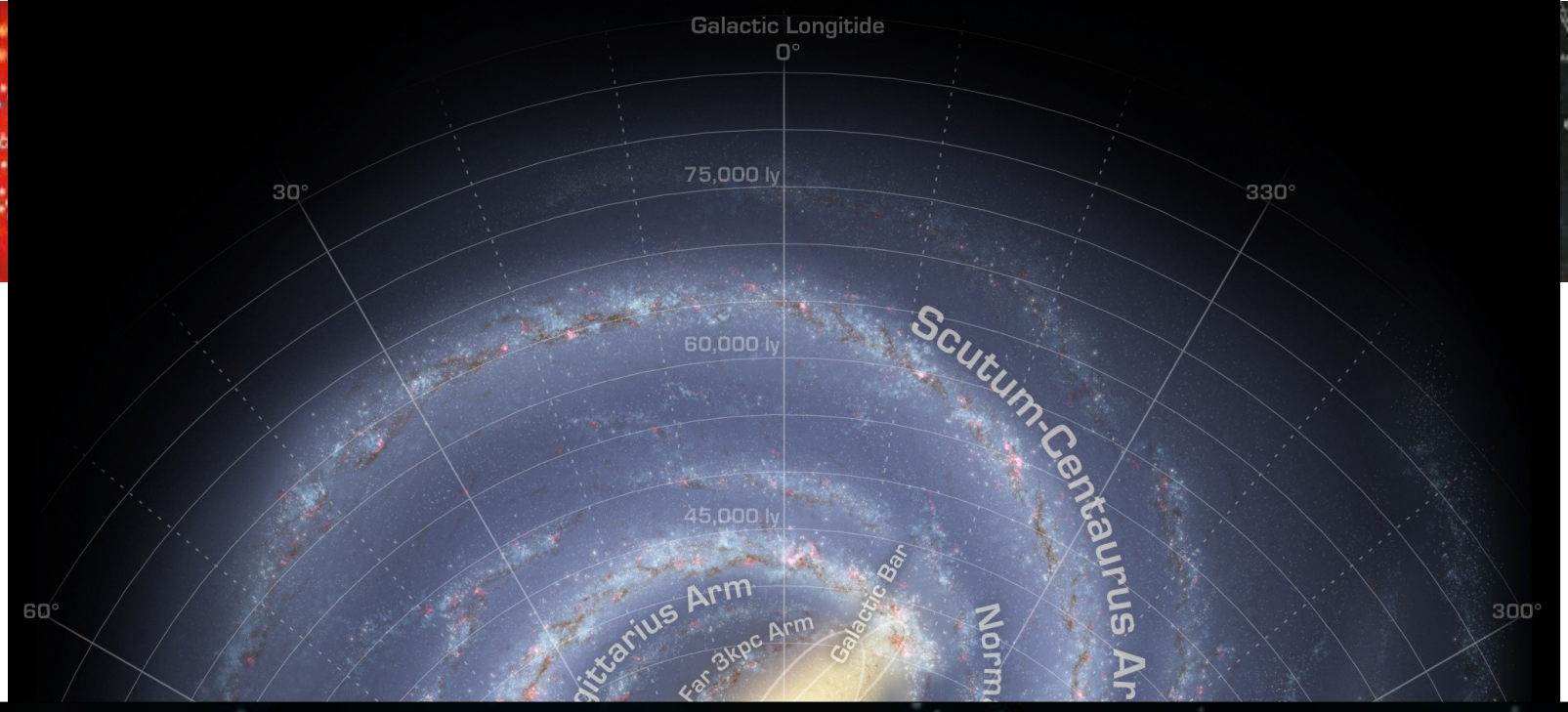


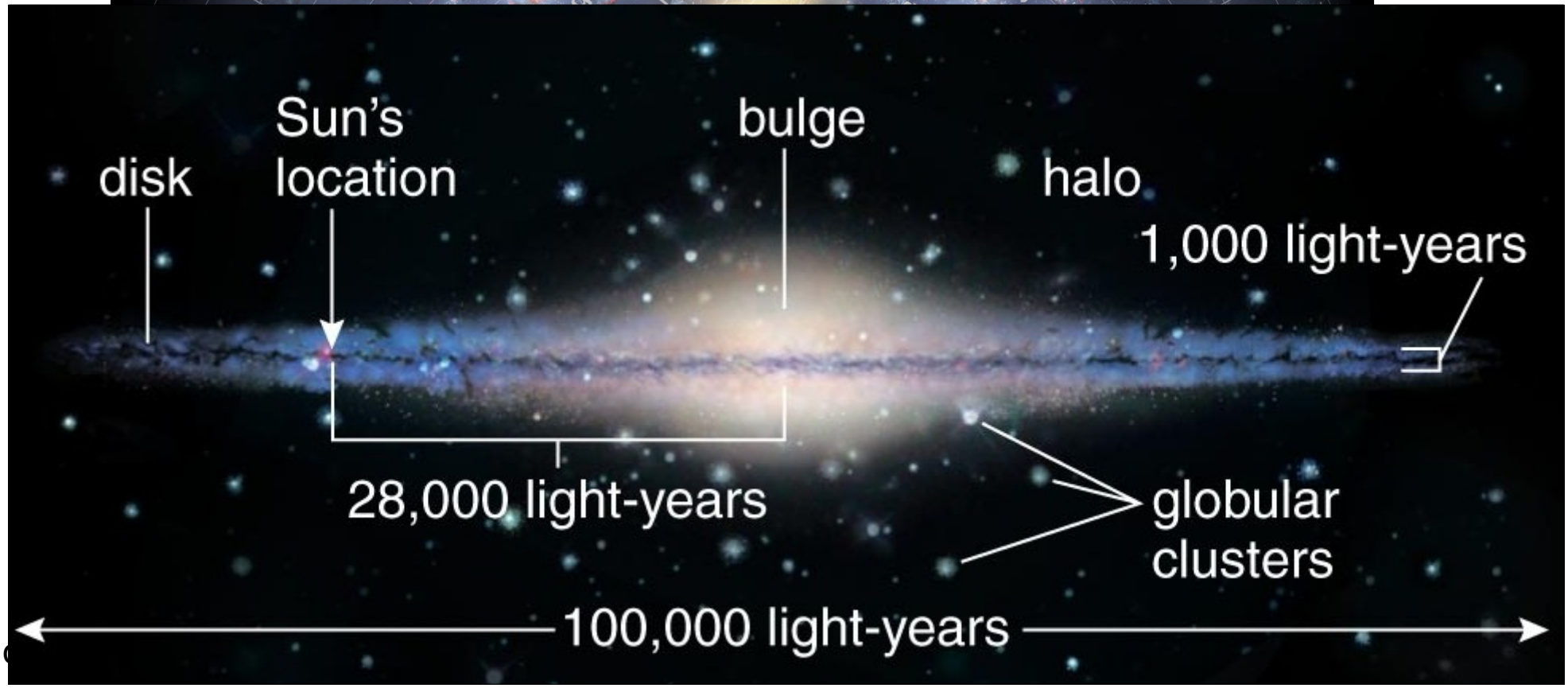
http://www.nature.com/news/galaxy-formation-the-new-milky-way-1.11517#/mw1

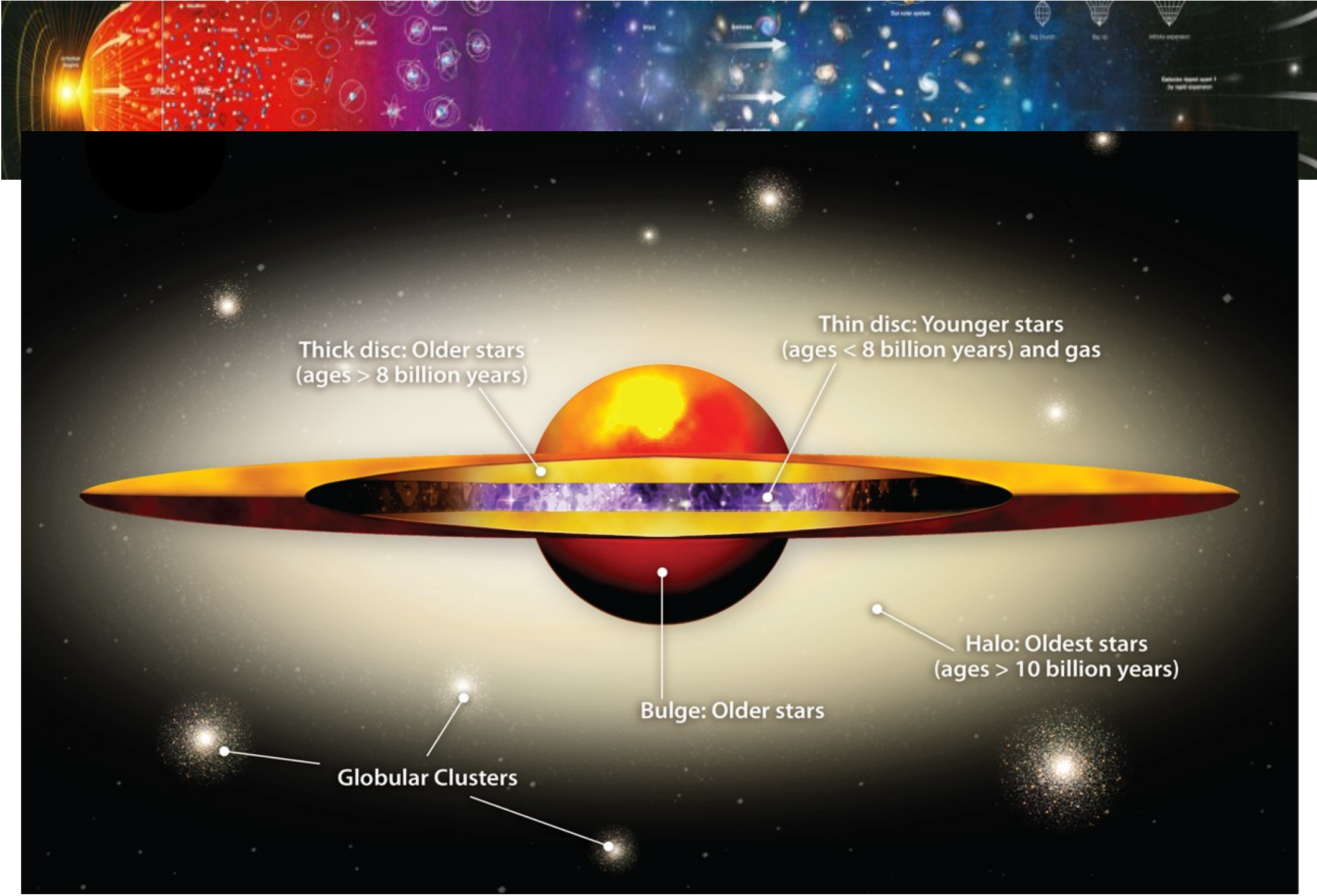


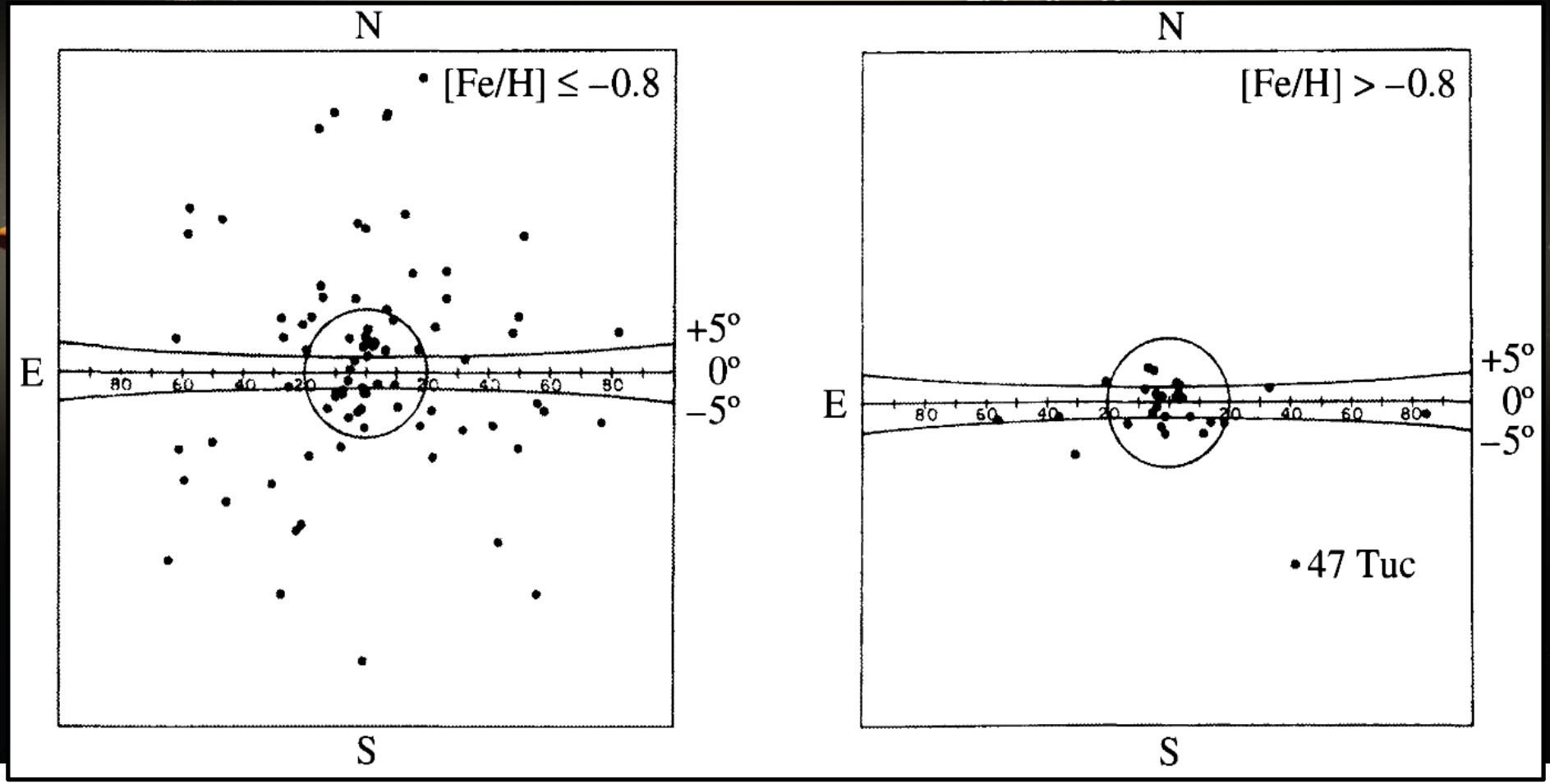

Galactic Longitide
0°
30°
330°
60°
300°
90°
270°
120°
240°
150°
210°
180°
75,000 ly
60,000 ly
45,000 ly
30,000 ly
15,000 ly
Scutum-Centaurus Arm
Sagittarius Arm
Norma Arm
Perseus Arm
Outer Arm
Far 3kpc Arm
Near 3kpc Arm
Galactic Bar
Long Bar
Sun
Orion Spur

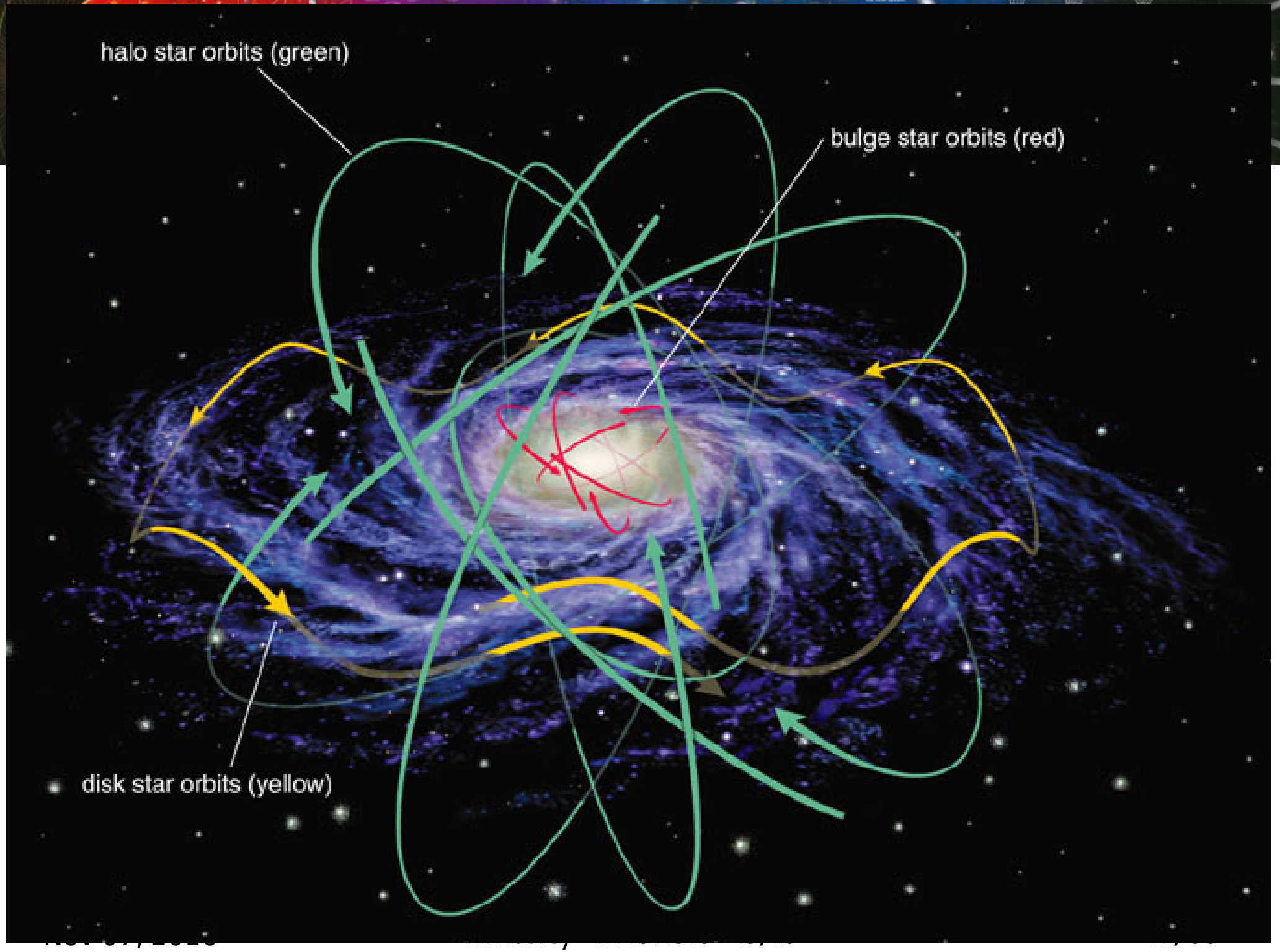


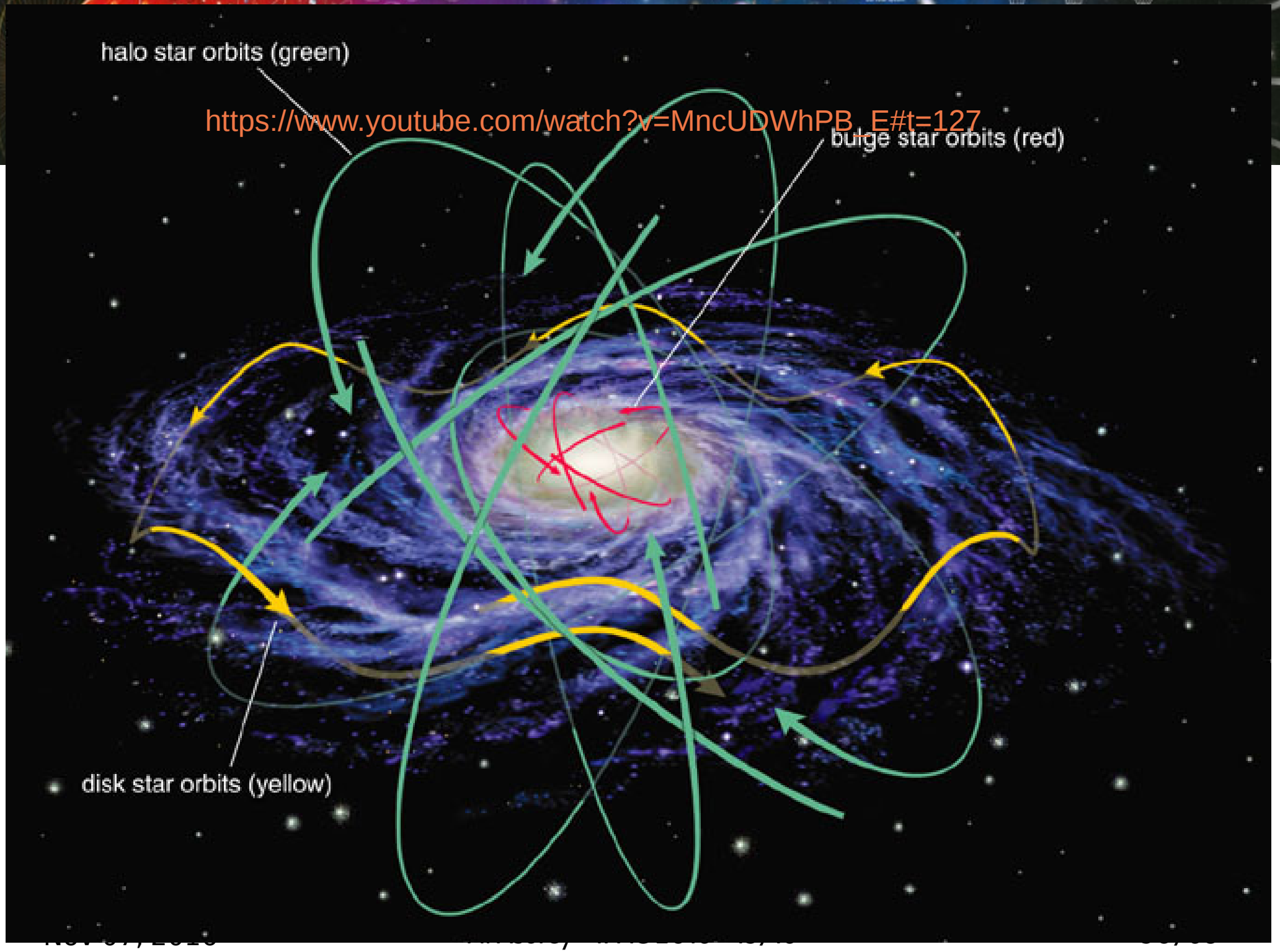

Galactic Longitide
0°
30°
330°
75,000 ly
60,000 ly
45,000 ly
60°
300°
Scutum-Centaurus Ar
Galactic Bar
Far 3kpc Arm


disk
Sun's location
bulge
halo
1,000 light-years
28,000 light-years
globular clusters
100,000 light-years


Thick disc: Older stars
(ages > 8 billion years)
Thin disc: Younger stars
(ages < 8 billion years) and gas
Halo: Oldest stars
(ages > 10 billion years)
Bulge: Older stars
Globular Clusters


N
[Fe/H] ≤ −0.8
E
+5°
0°
−5°
S
N
[Fe/H] > −0.8
E
+5°
0°
−5°
47 Tuc
S

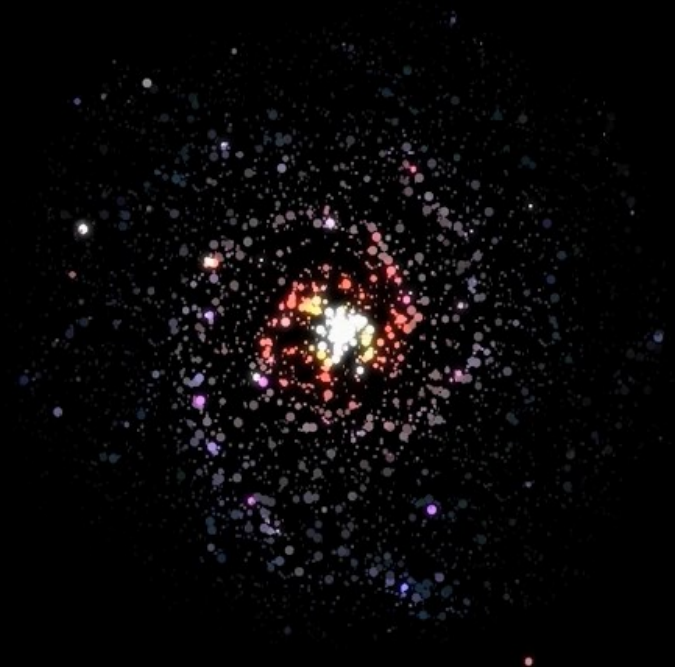

halo star orbits (green)
bulge star orbits (red)
disk star orbits (yellow)


halo star orbits (green)
https://www.youtube.com/watch?v=MncUDWhPB_E#t=127
bulge star orbits (red)
disk star orbits (yellow)

Si Andrómeda fuera más brillante...

Brazos Espirales → si fuera sólo Kepler

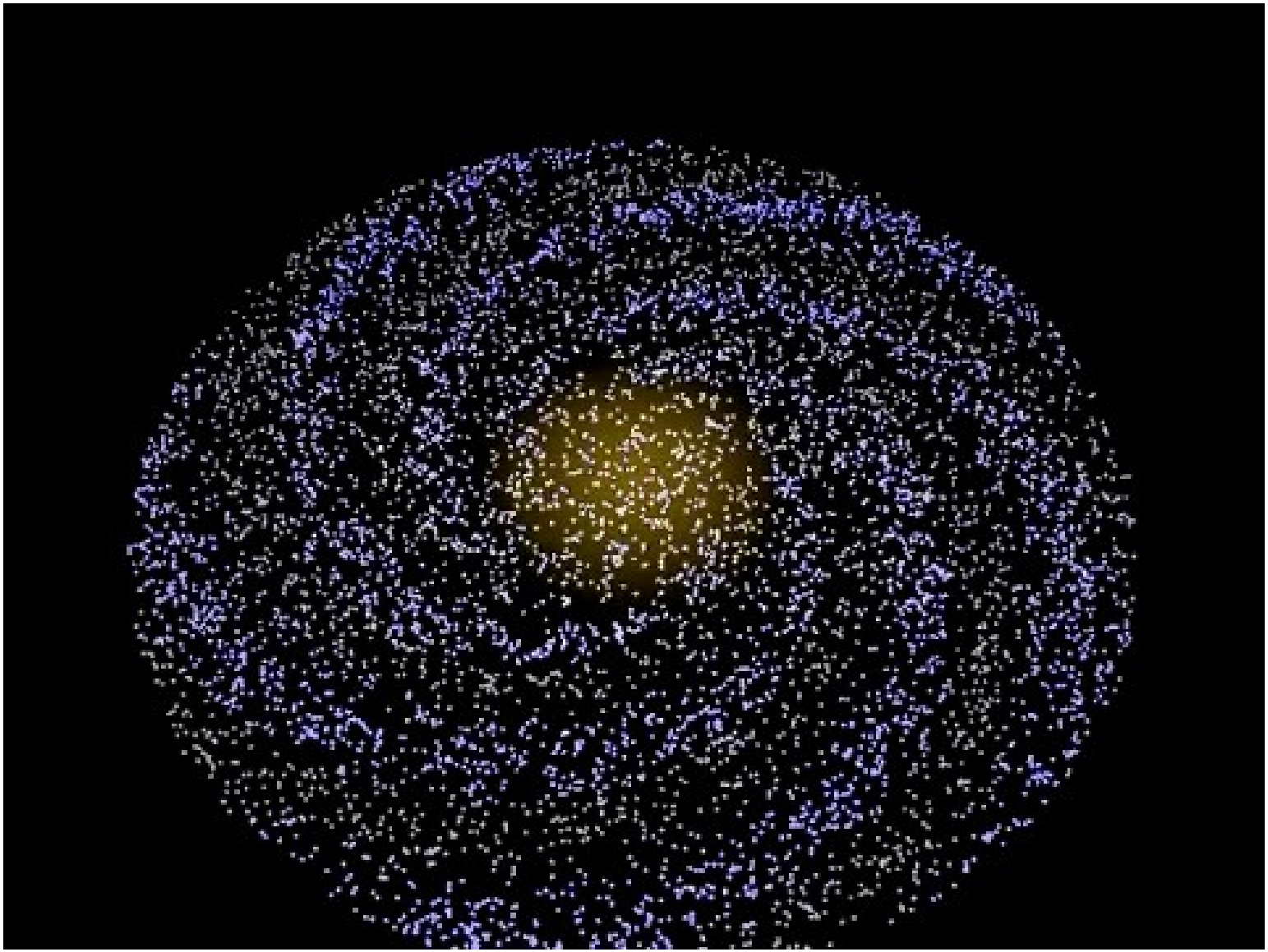
Spiral Galaxy Simulation
by Caleb Piercy



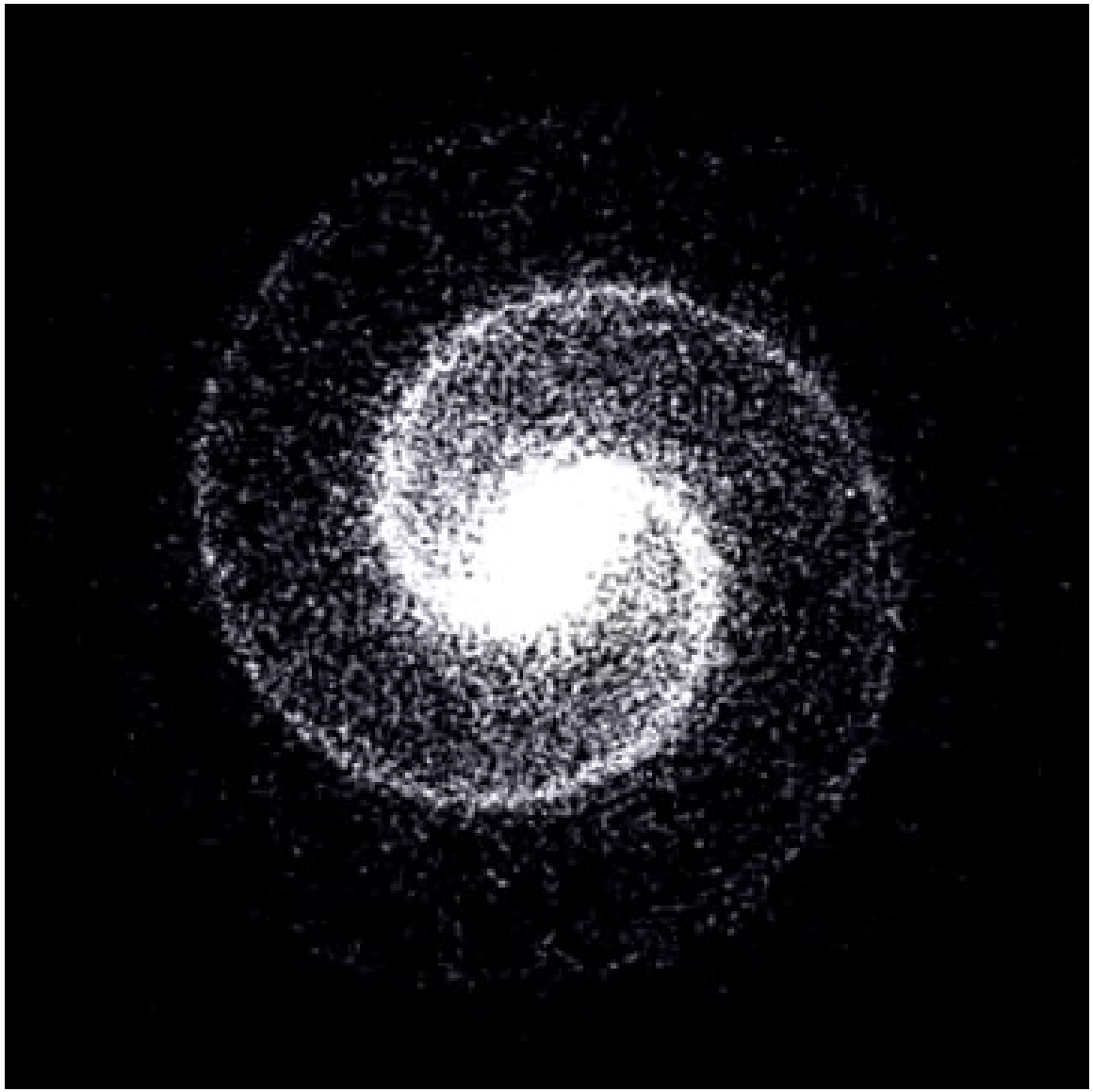
Keplerian Orbits

I couldn't figure out how to program Density Wave Theory :(

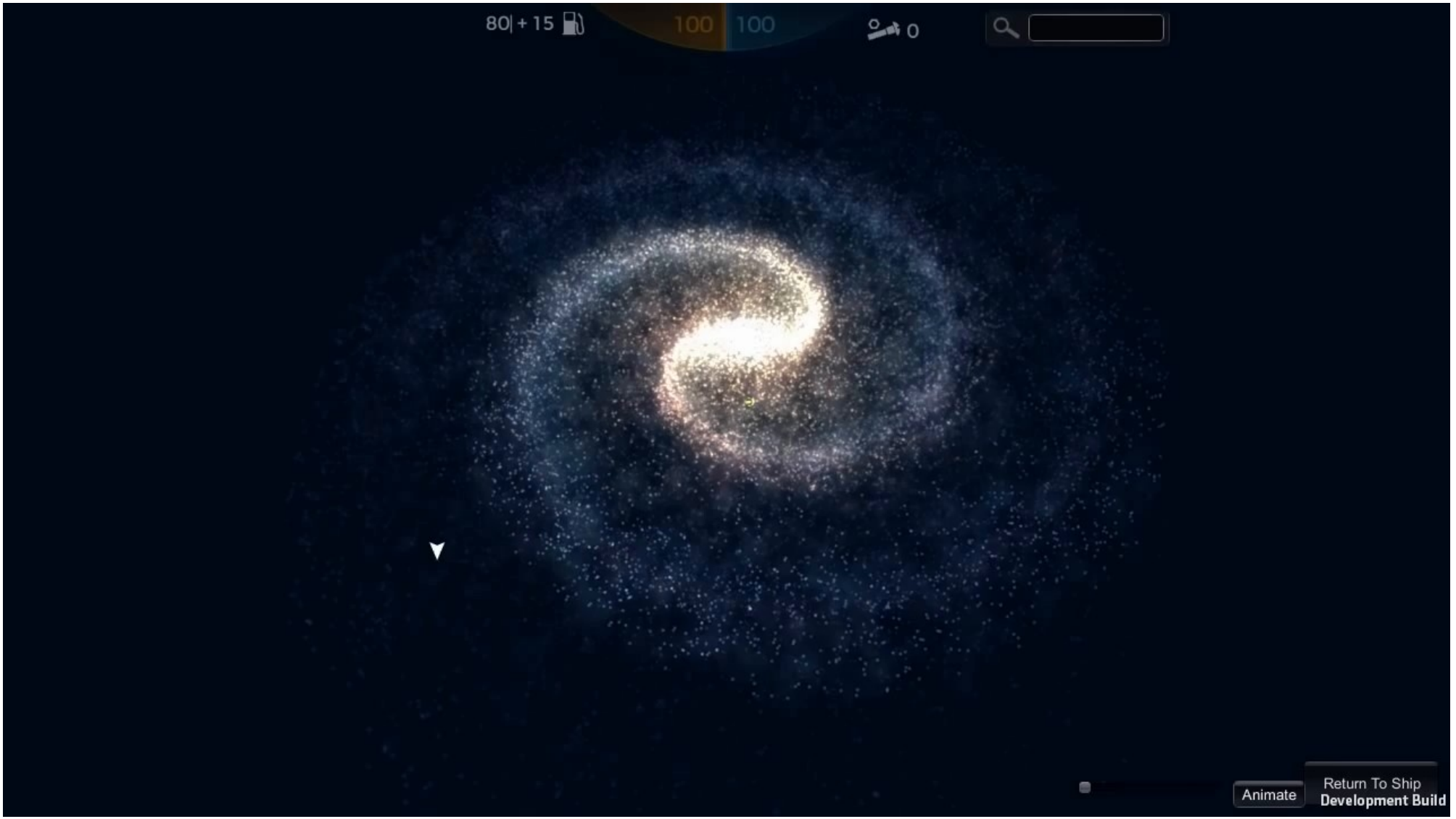
Brazos en espiral

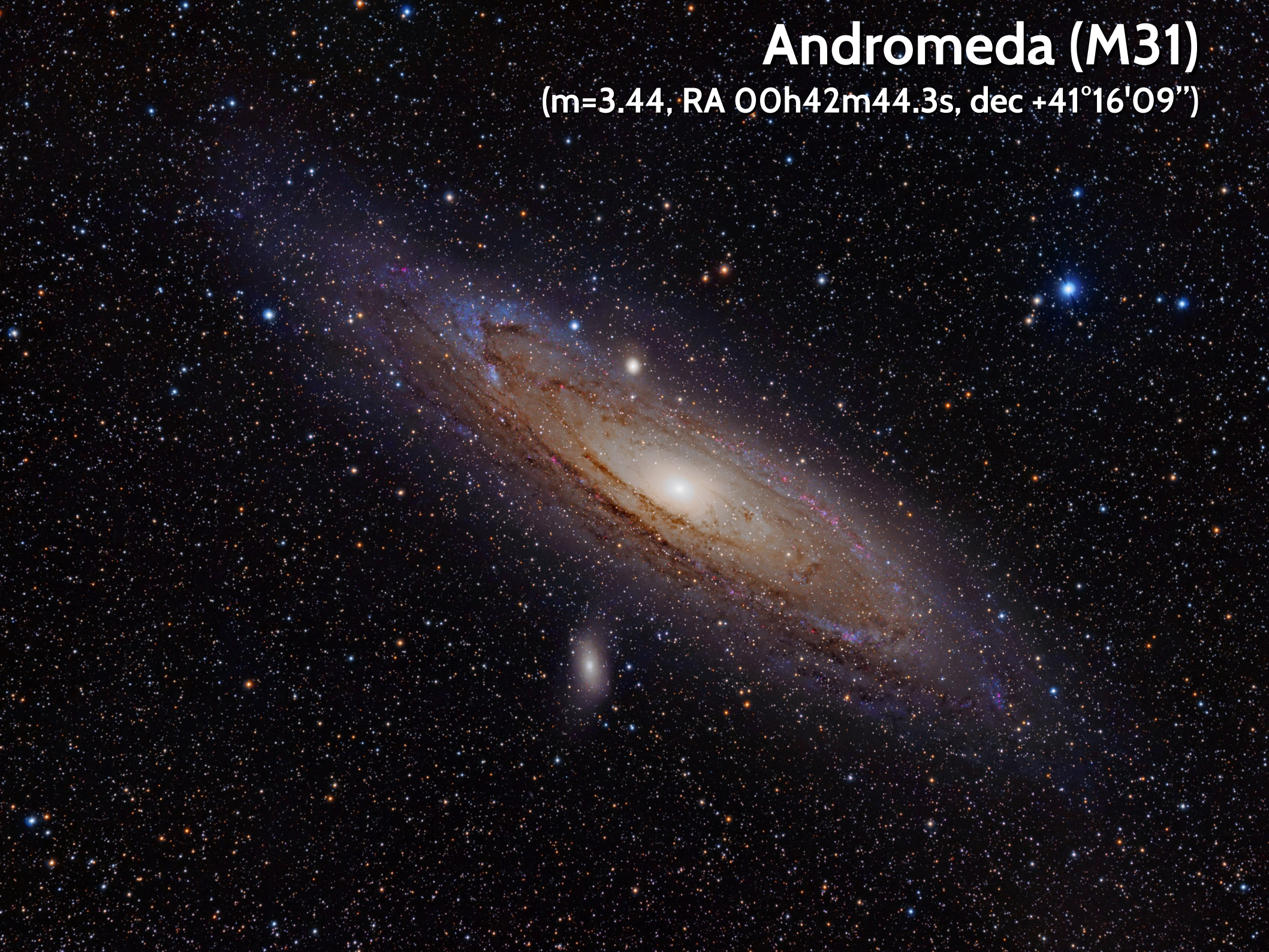


Brazos espirales → atracción entre vecinos




SPACE
TIME

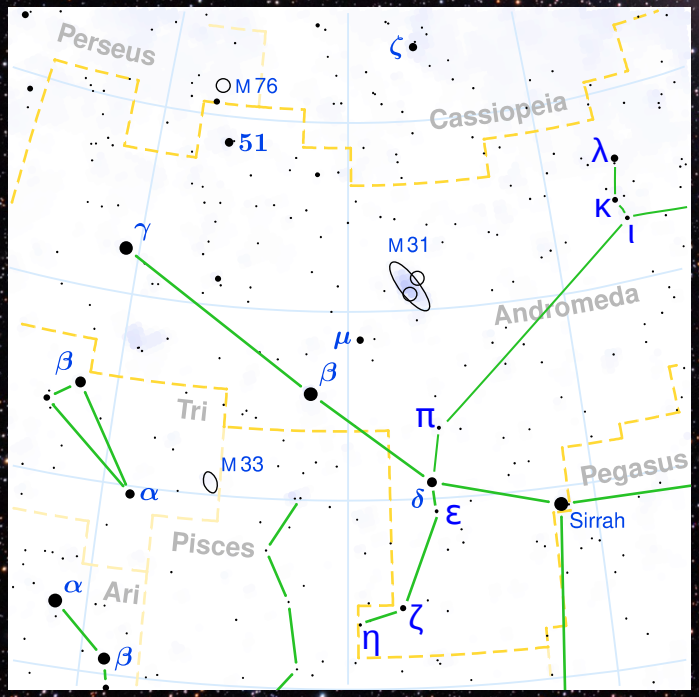

80 + 15
100
100
0
Animate
Return To Ship
Development Build

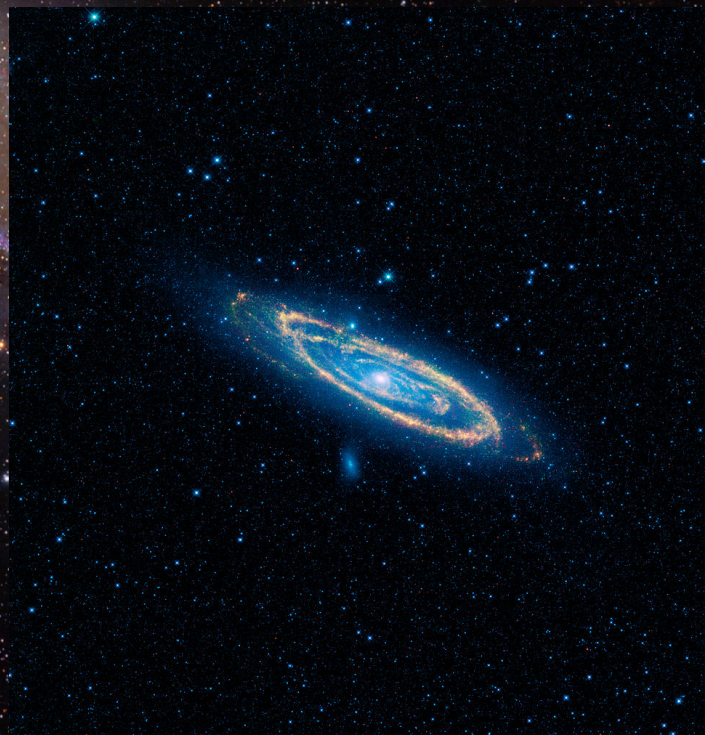

Andromeda (M31)
(m=3.44, RA 00h42m44.3s, dec +41°16'09")

Andromeda (M31)

(m=3.44, RA 00h42m44.3s, dec +41°16'09")

- Ubicada a 780 kpc
- Visible con binoculares (noches sin luna y oscuras a simple vista como una mancha borrosa)
- Es la galaxia más masiva del Grupo Local: 1.5×10^{12} M_S



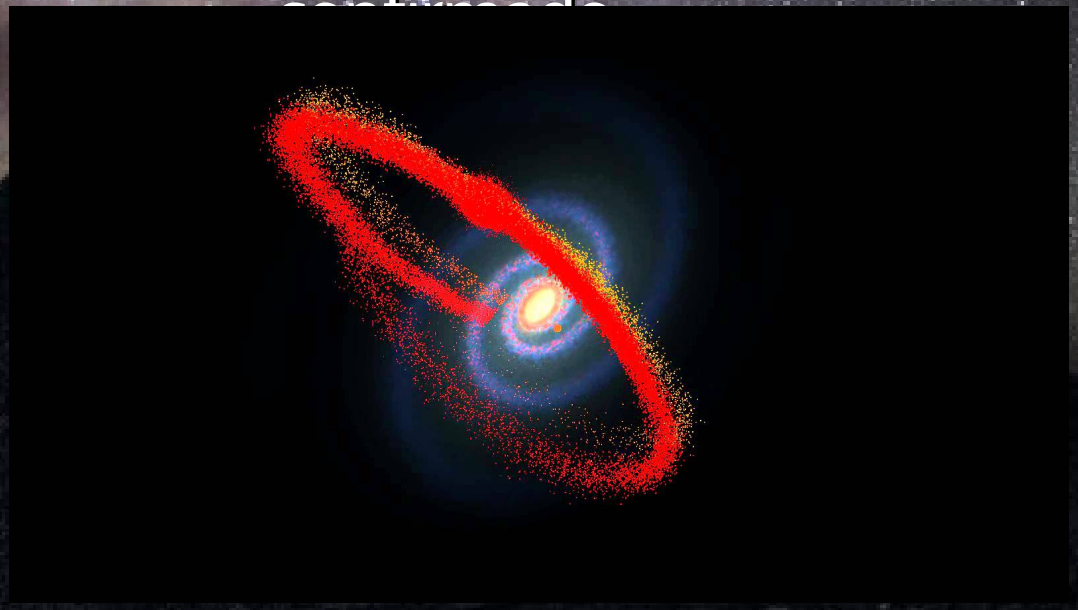


La Vía Láctea

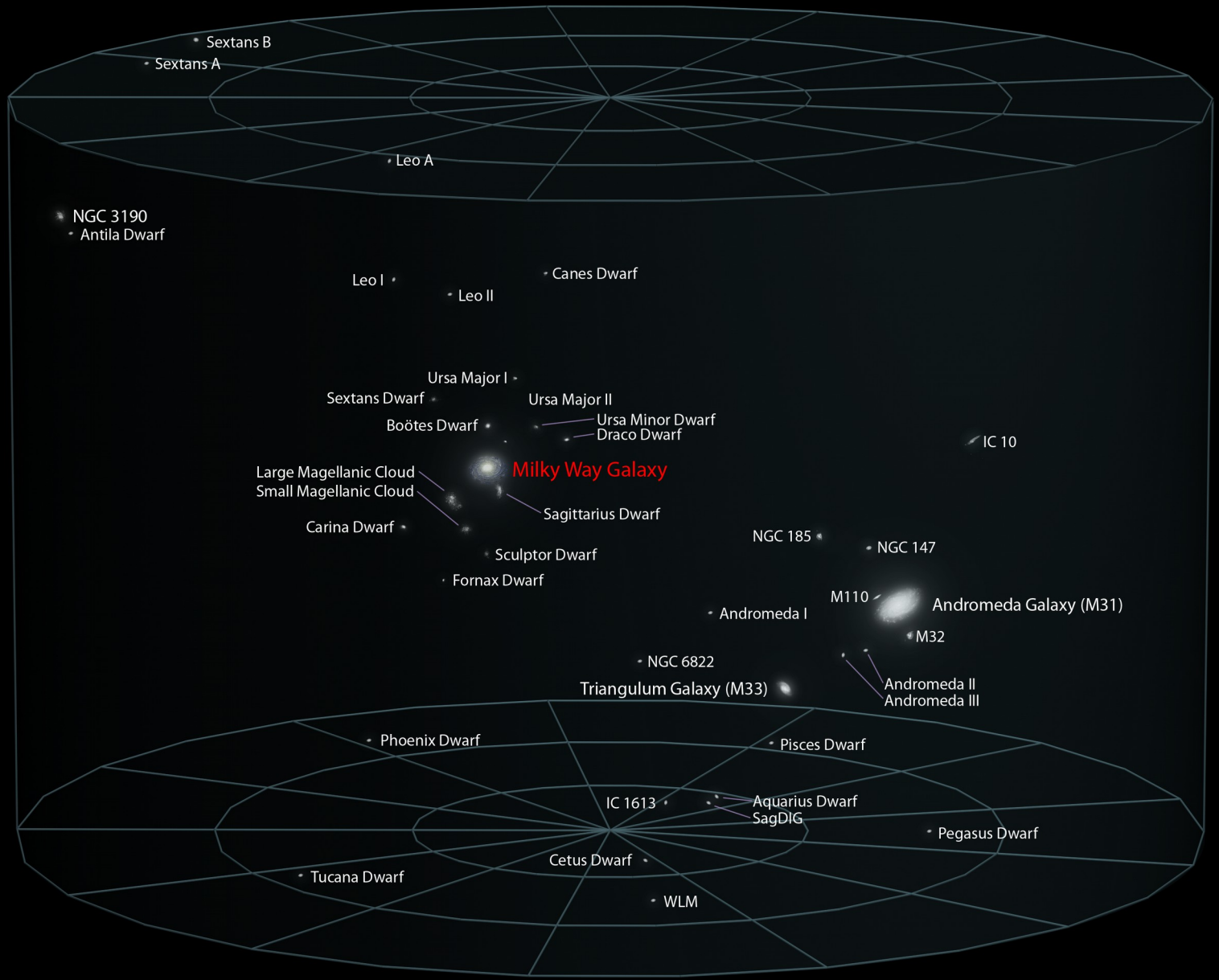
Los satélites de la Vía Láctea

Los satélites de la Vía Láctea

- Subgrupo de la Vía Láctea
  - ~25 galaxias pequeñas unidas gravitatoriamente a la Vía Láctea
  - Nubes de Magallanes son visibles a simple vista, aunque aún no se sabe si son satélites de la Vía Láctea (2006)
  - Galaxia Enana sub-esférica de Sagitario es el mayor satélite confirmado

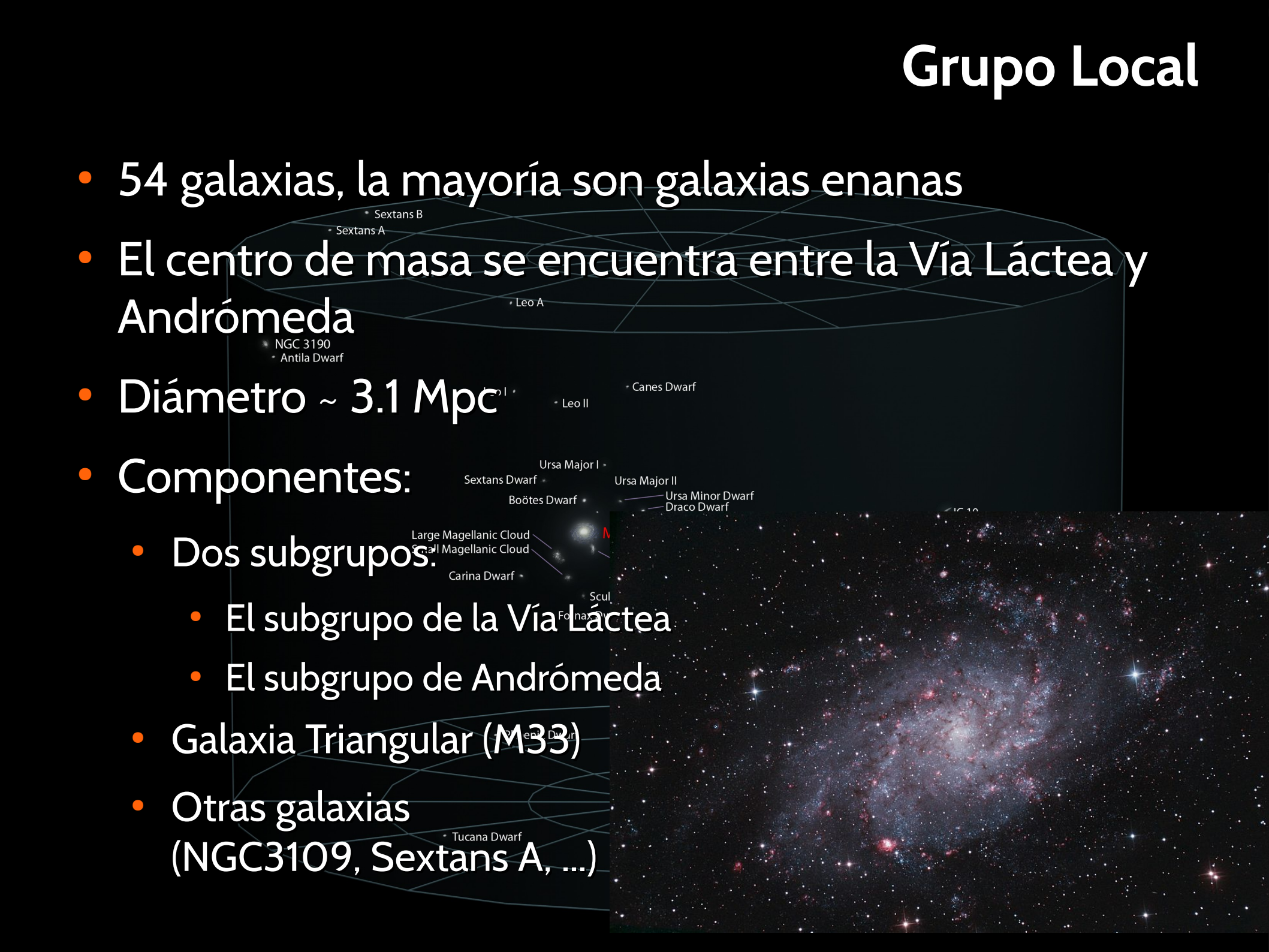


Grupo Local

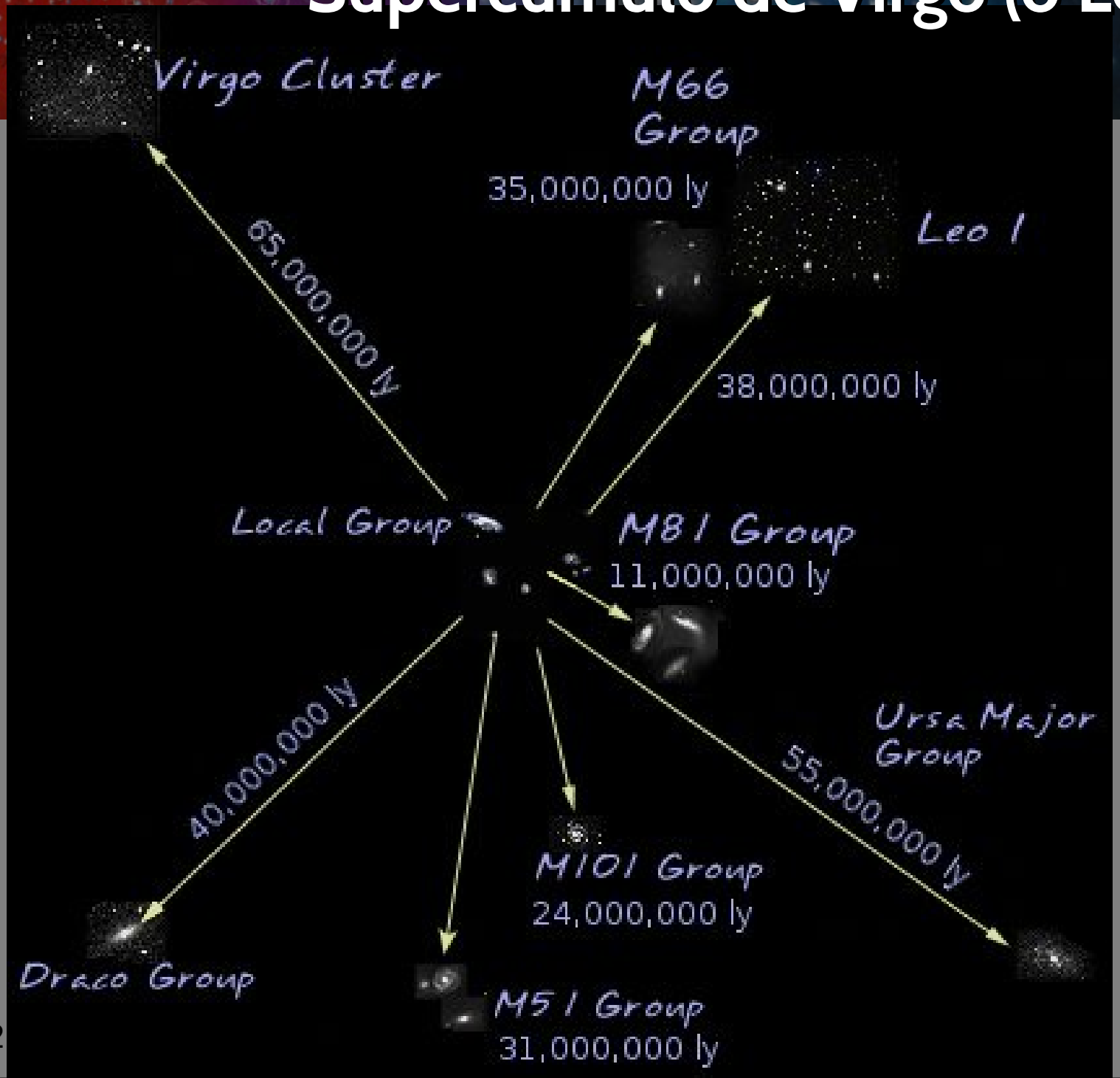

Sextans B
Sextans A
Leo A
NGC 3190
Antila Dwarf
Leo I
Canes Dwarf
Leo II
Ursa Major I
Sextans Dwarf
Ursa Major II
Ursa Minor Dwarf
Boötes Dwarf
Draco Dwarf
IC 10
Large Magellanic Cloud
Small Magellanic Cloud
Milky Way Galaxy
Sagittarius Dwarf
Carina Dwarf
NGC 185
NGC 147
Sculptor Dwarf
Fornax Dwarf
M110
Andromeda Galaxy (M31)
Andromeda I
M32
NGC 6822
Triangulum Galaxy (M33)
Andromeda II
Andromeda III
Phoenix Dwarf
Pisces Dwarf
IC 1613
Aquarius Dwarf
SagDIG
Pegasus Dwarf
Cetus Dwarf
Tucana Dwarf
WLM

Grupo Local

- 54 galaxias, la mayoría son galaxias enanas
- El centro de masa se encuentra entre la Vía Láctea y Andrómeda
- Diámetro ~ 3.1 Mpc
- Componentes:
  - Dos subgrupos:
    - El subgrupo de la Vía Láctea
    - El subgrupo de Andrómeda
  - Galaxia Triangular (M33)
  - Otras galaxias (NGC3109, Sextans A, ...)



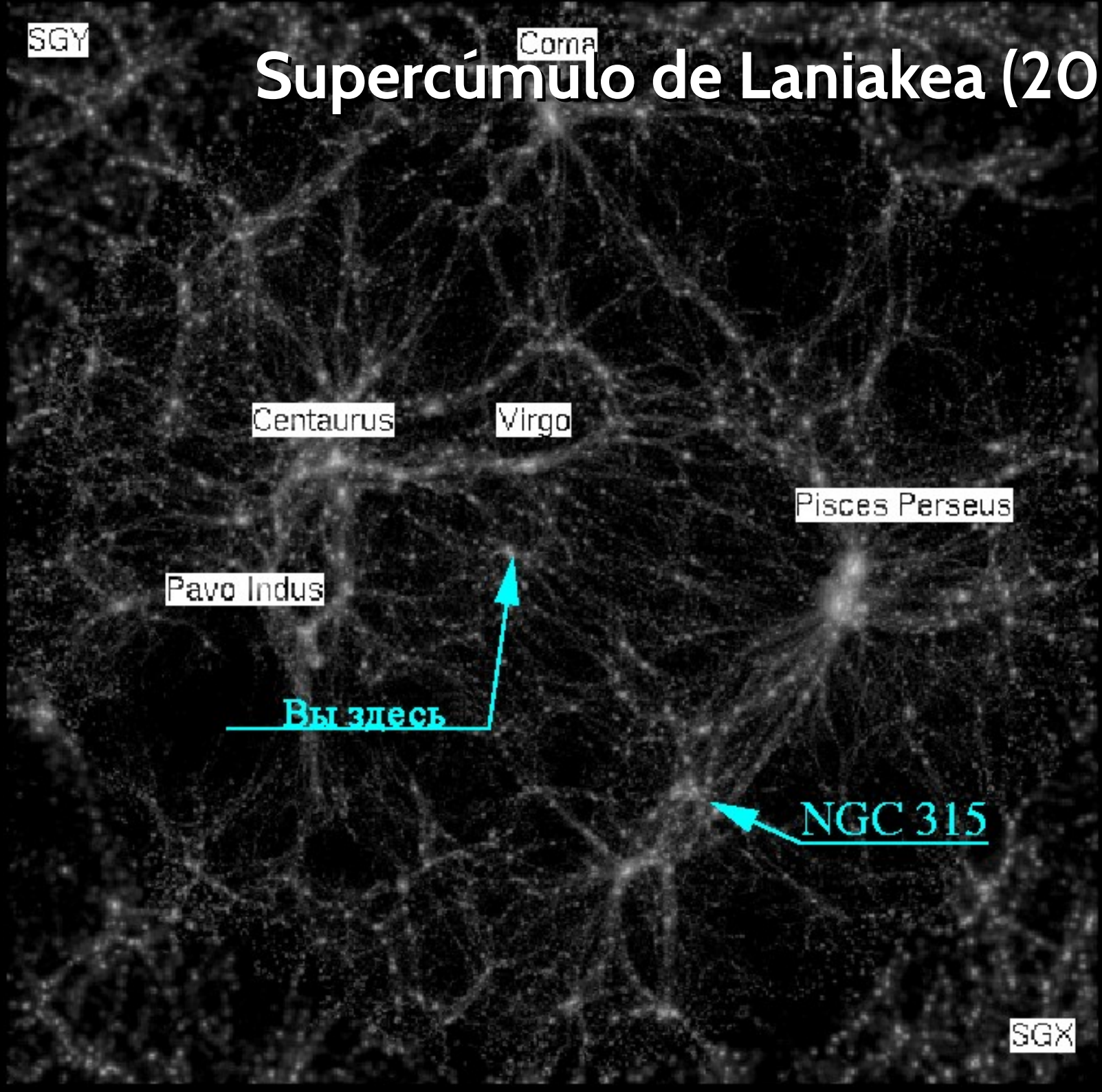
Supercúmulo de Virgo (o Local)



Supercúmulo de Virgo

- Concentración de galaxias que incluyen al Cúmulo de Virgo y al Grupo Local
- Hay millones de supercúmulos como este en el Universo
- 100 grupos de galaxias en 33 Mpc
- ~10^{15} M_S y ~$3x10^{12}$ L_S. Se desplaza a ~600 km/s hacia el Cúmulo de Norma (Abel3627→Gran Atractor)

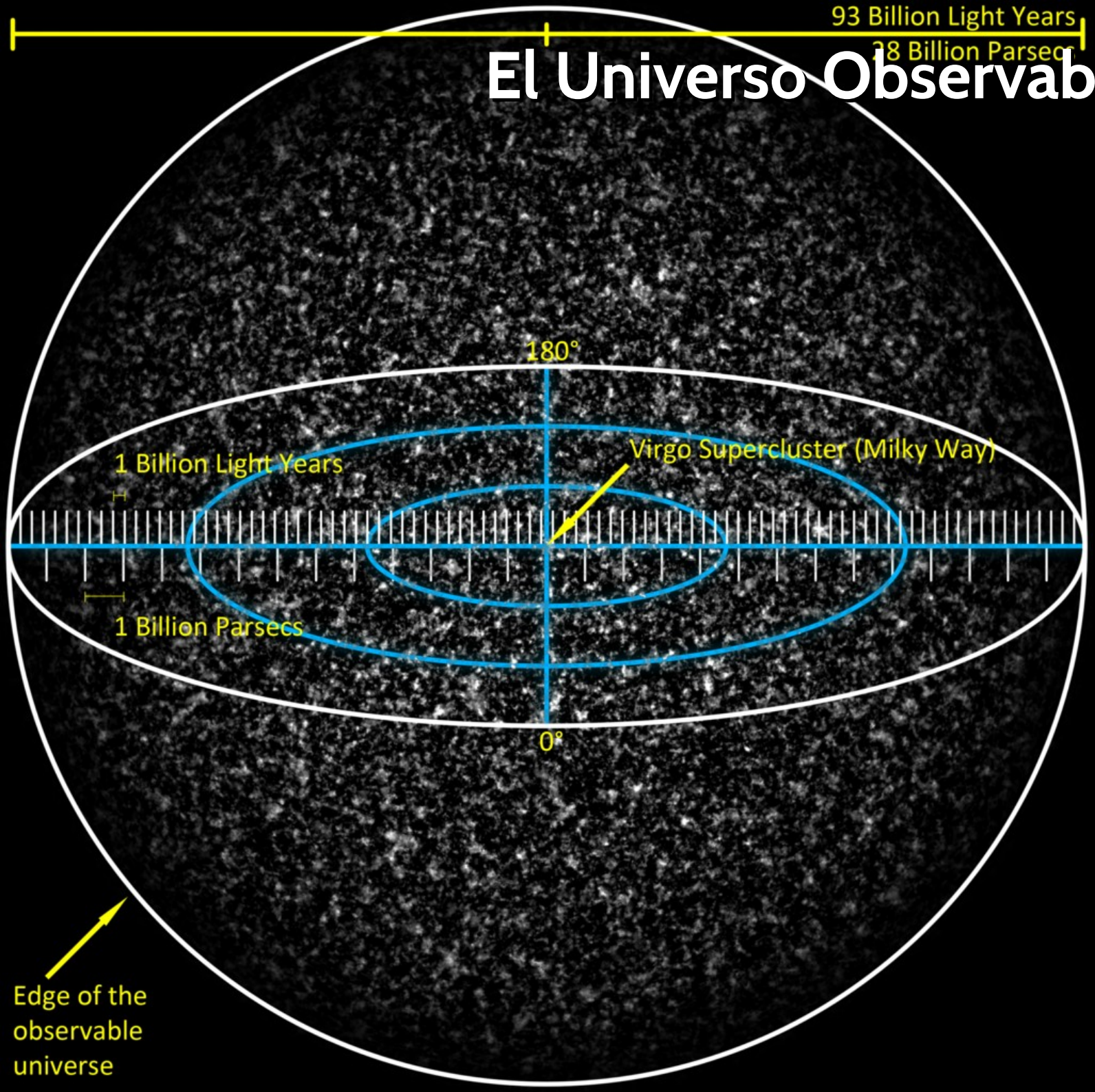
Supercúmulo de Laniakea (2014)



Supercúmulo de Laniakea (2014)

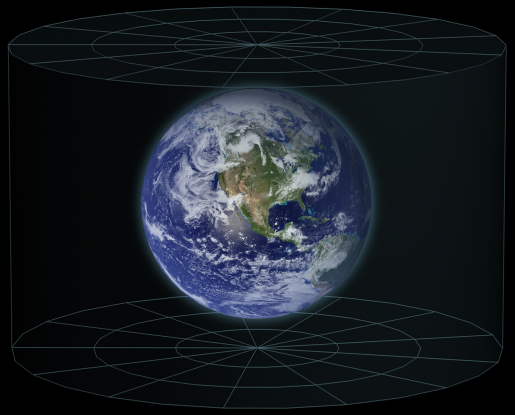
- Entre 300 y 500 cúmulos de galaxias
- 100000 galaxias en 160 Mpc
- ~10^{17} M_S y ~$3x10^{12}$ L_s.
  - Supercúmulo de Virgo
  - Supercúmulo Hydra-Centauro (incluye el Gran Atractor)
  - Supercúmulo Pavo-Indus
- Supercúmulos vecinos:
  - Shapley, Hercules, Coma, Perso-Piscis

El Universo Observable

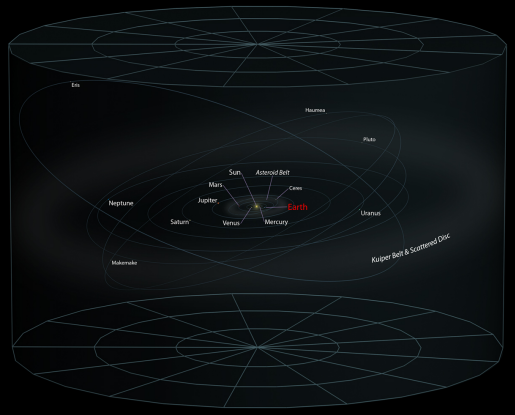


El Universo Observable

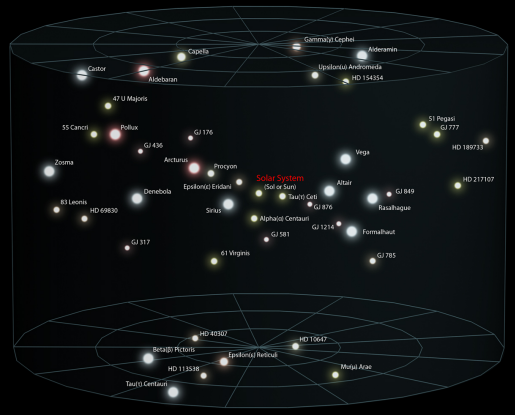
Earth



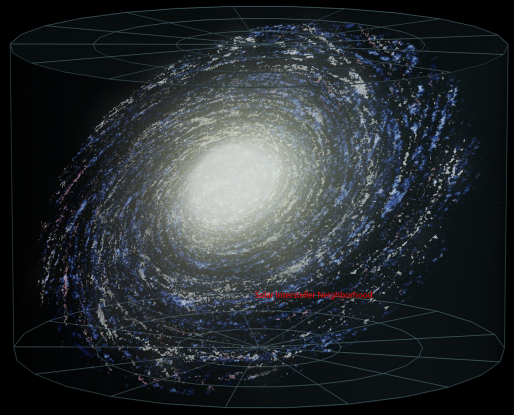
Solar System



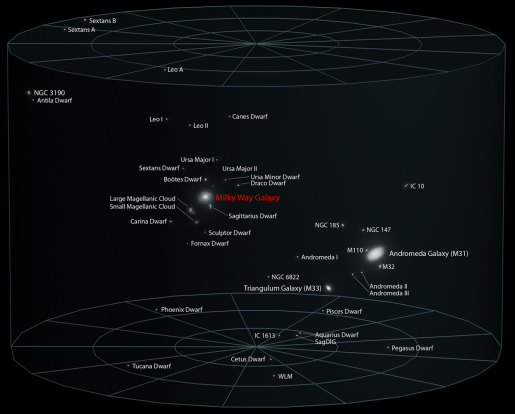
Solar Interstellar Neighborhood



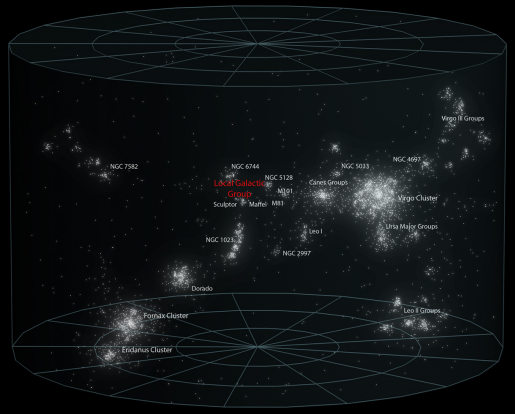
Milky Way Galaxy



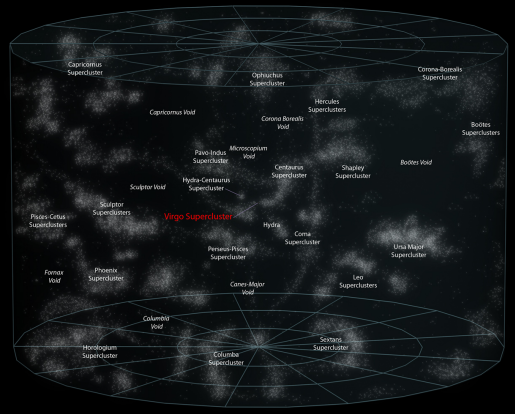
Local Galactic Group



Virgo Supercluster



Local Superclusters



Observable Universe