# Universidad Nacional de Río Negro
# Int. Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2019

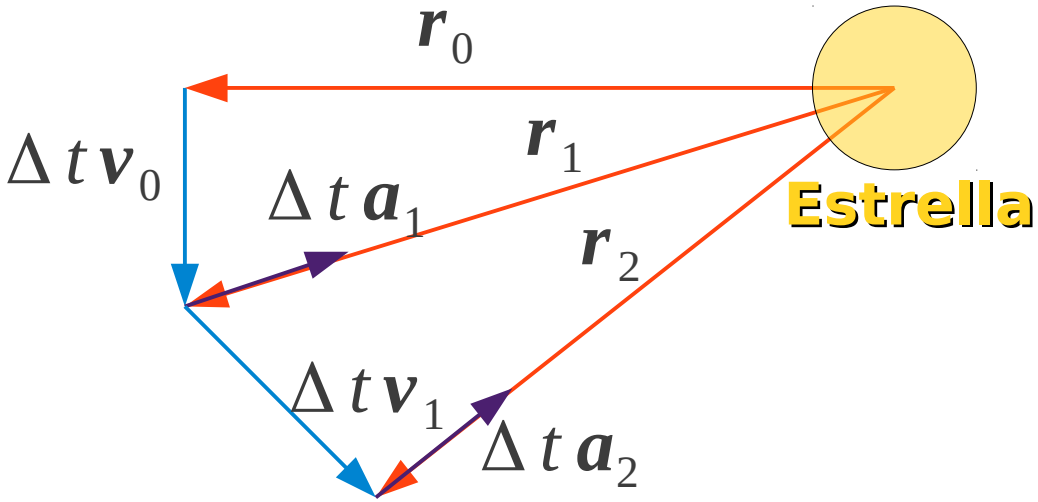
- **Unidad** 03 – Astrofísica: cálido y frío
- **Clase** U03 C01
- **Fecha** 05 Nov 2019
- **Cont** Estructura a gran escala
- **Cátedra** Asorey

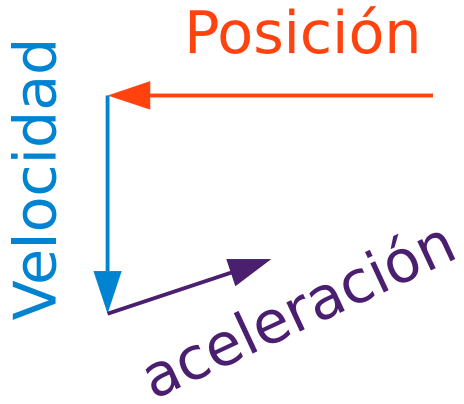
RIO NEGRO

# Contenidos: un viaje en el tiempo

# ¿cómo se mueve un planeta?

- El movimiento no es circular, pero L es constante
- Si L es constante → L = mrv → r v = "cte"
  - Aumenta r, disminuye v; disminuye r, aumenta v



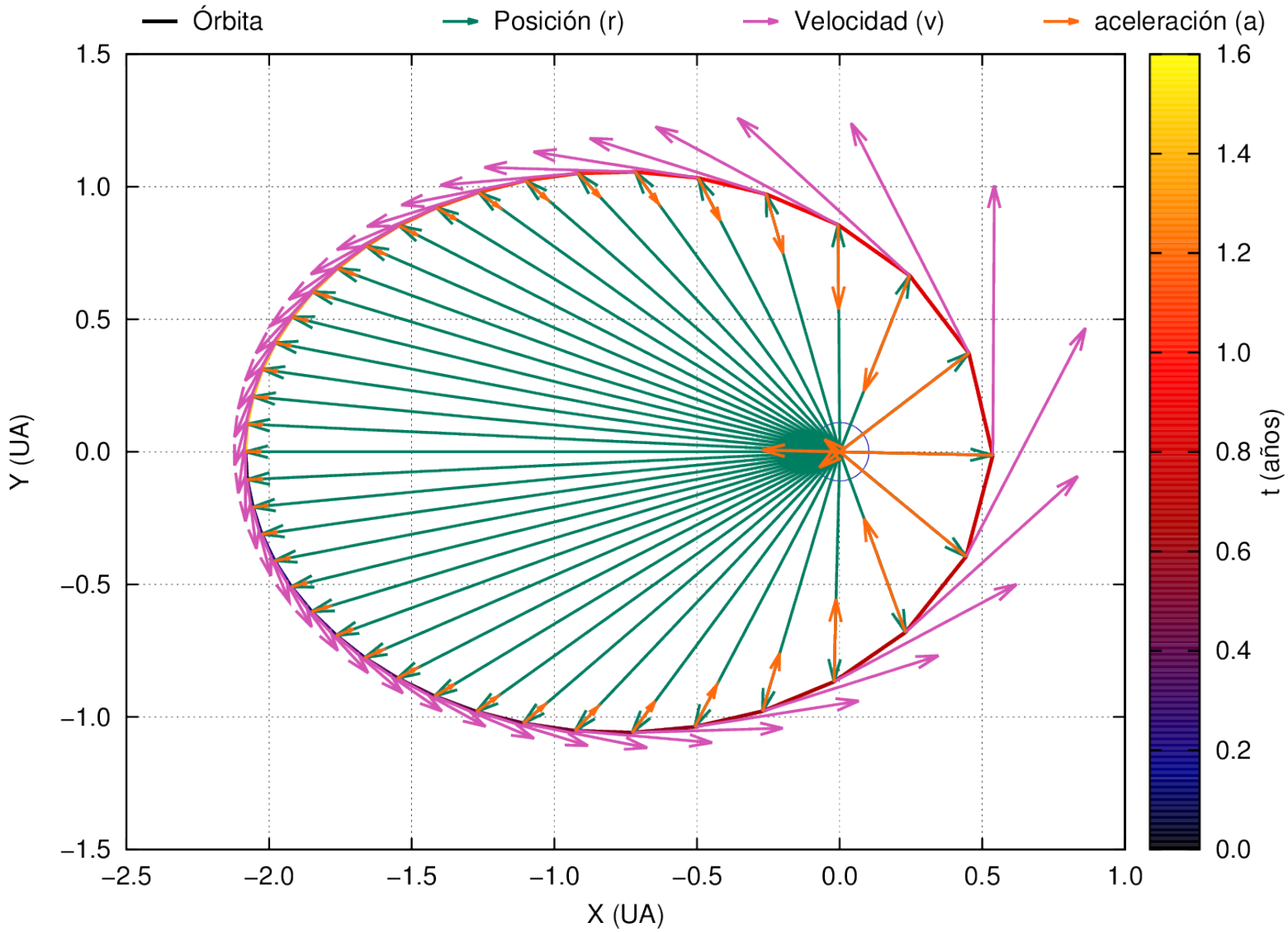



# Tercera Ley

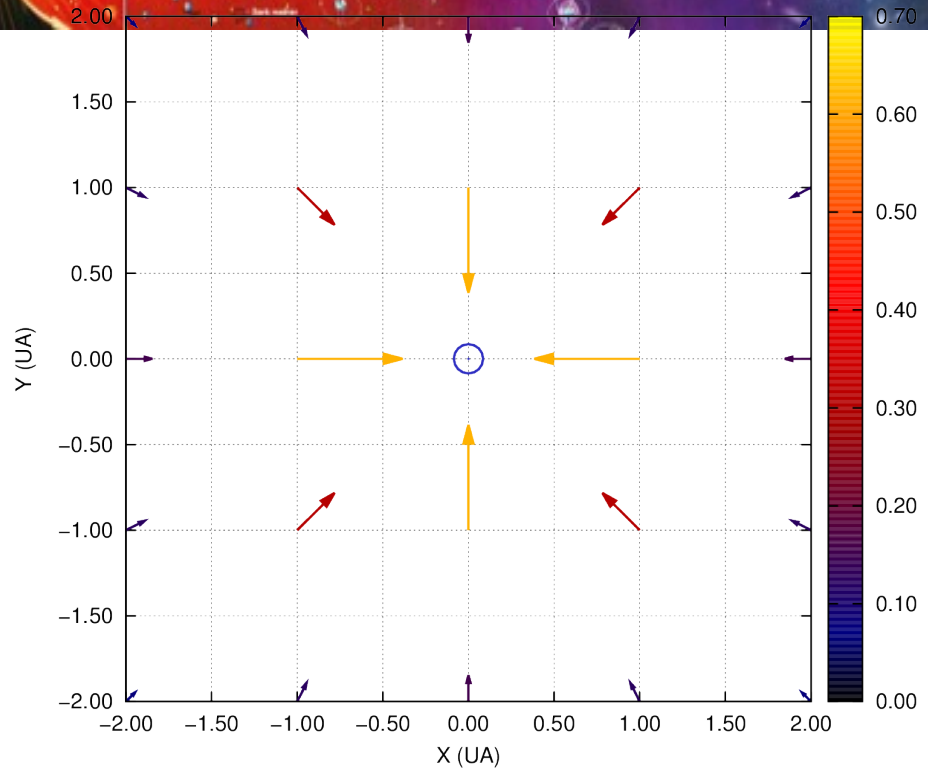
- Y vale para cualquier sistema orbital. Por ejemplo
  - calcule la masa de la Tierra sabiendo que el periodo orbital lunar es de 27,4 días y la distancia media es a=384800 km
  - calcule el radio de la órbita de Io sabiendo que su periodo orbital es de 43h y la masa de Júpiter es $1.899 \times 10^{27}$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

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

# Órbita+posición+velocidad+aceleración



# Muevo la masa de prueba en el plano z=0 → "Campo gravitatorio"




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

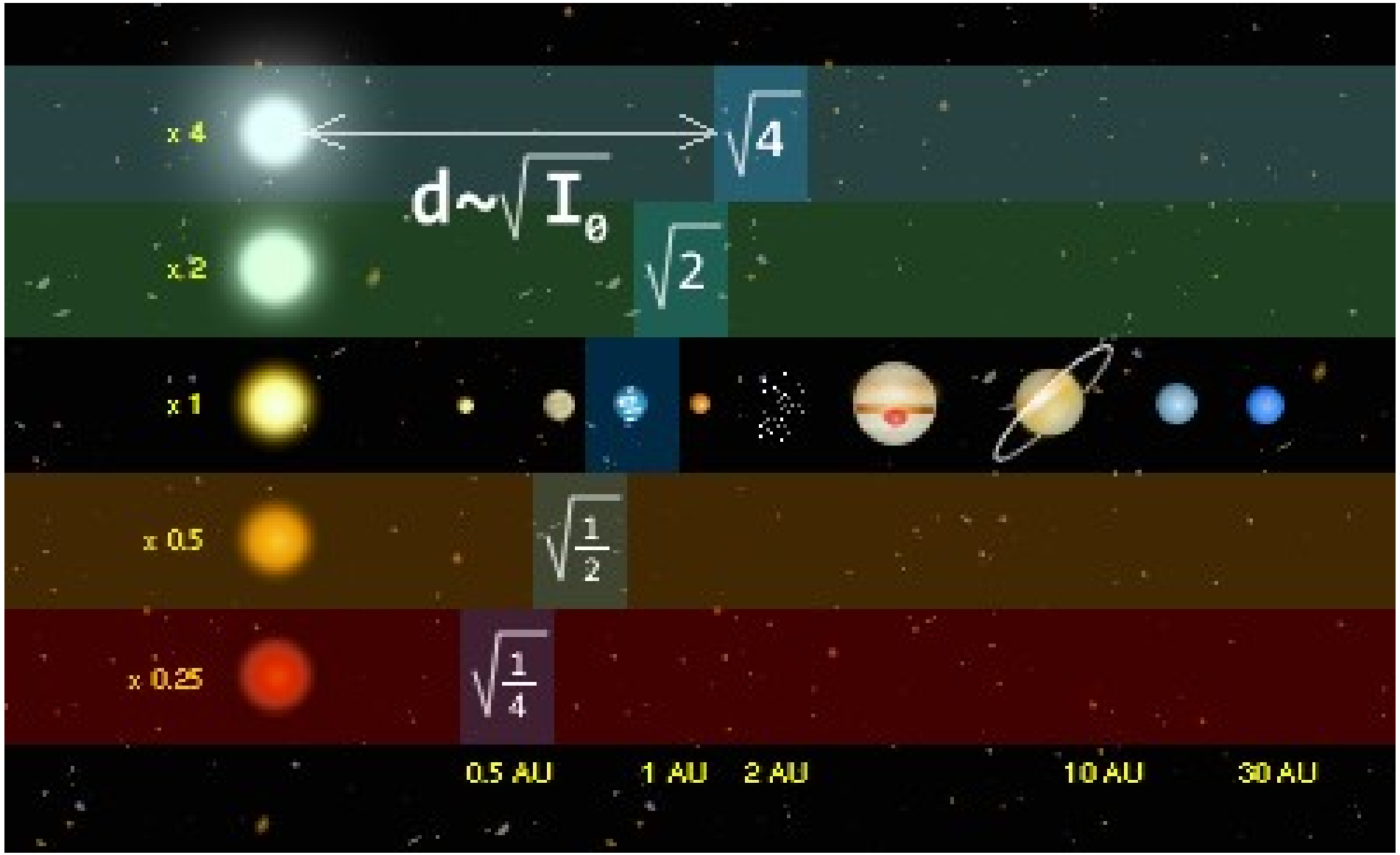
$$\vec{F}(r) = m\left[\left(\frac{G M}{|\vec{r}|^2}\right)\hat{r}\right]$$

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

**g(r)** es un *campo vectorial*.
A cada punto **r** del espacio le asigna el vector **g(r)**

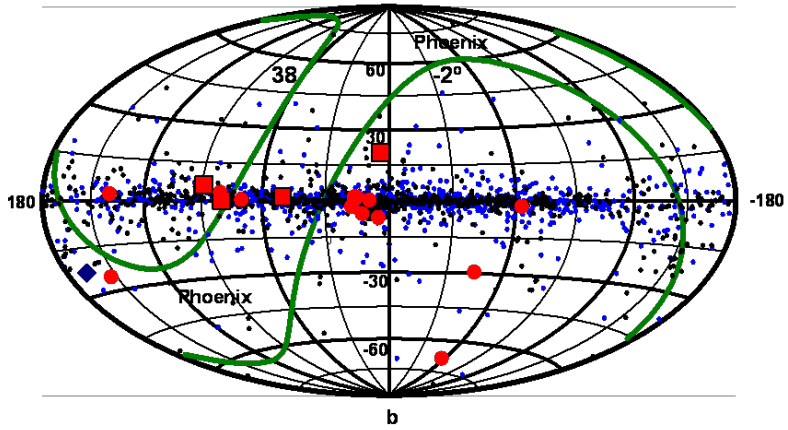
$$\vec{g}(r) = \left(\frac{G M}{|\vec{r}|^2}\right)\hat{r}$$

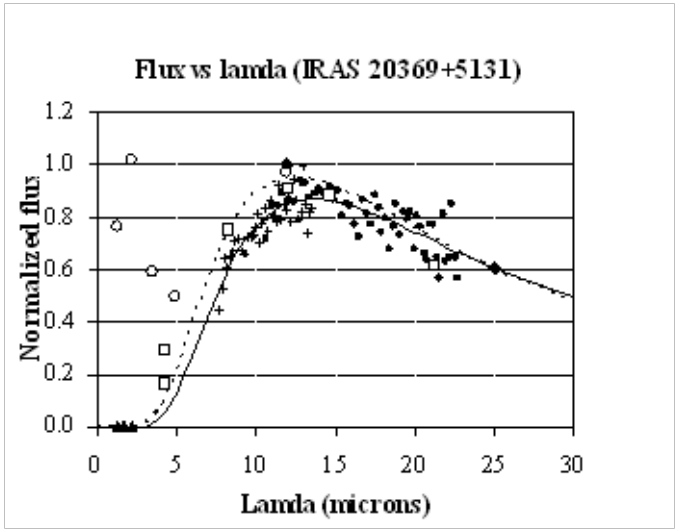
# Zona habitable: Agua líquida (volveremos...)



# IRAS (InfraRed Astronomical Satellite)

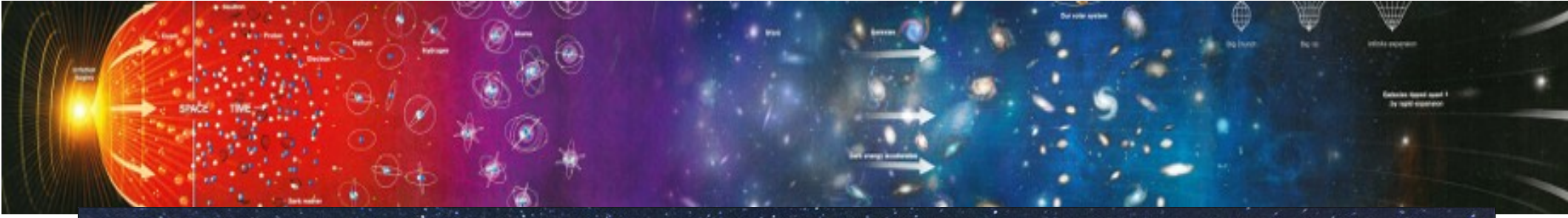
http://home.fnal.gov/~carrigan/infrared_astronomy/Fermilab_search.htm

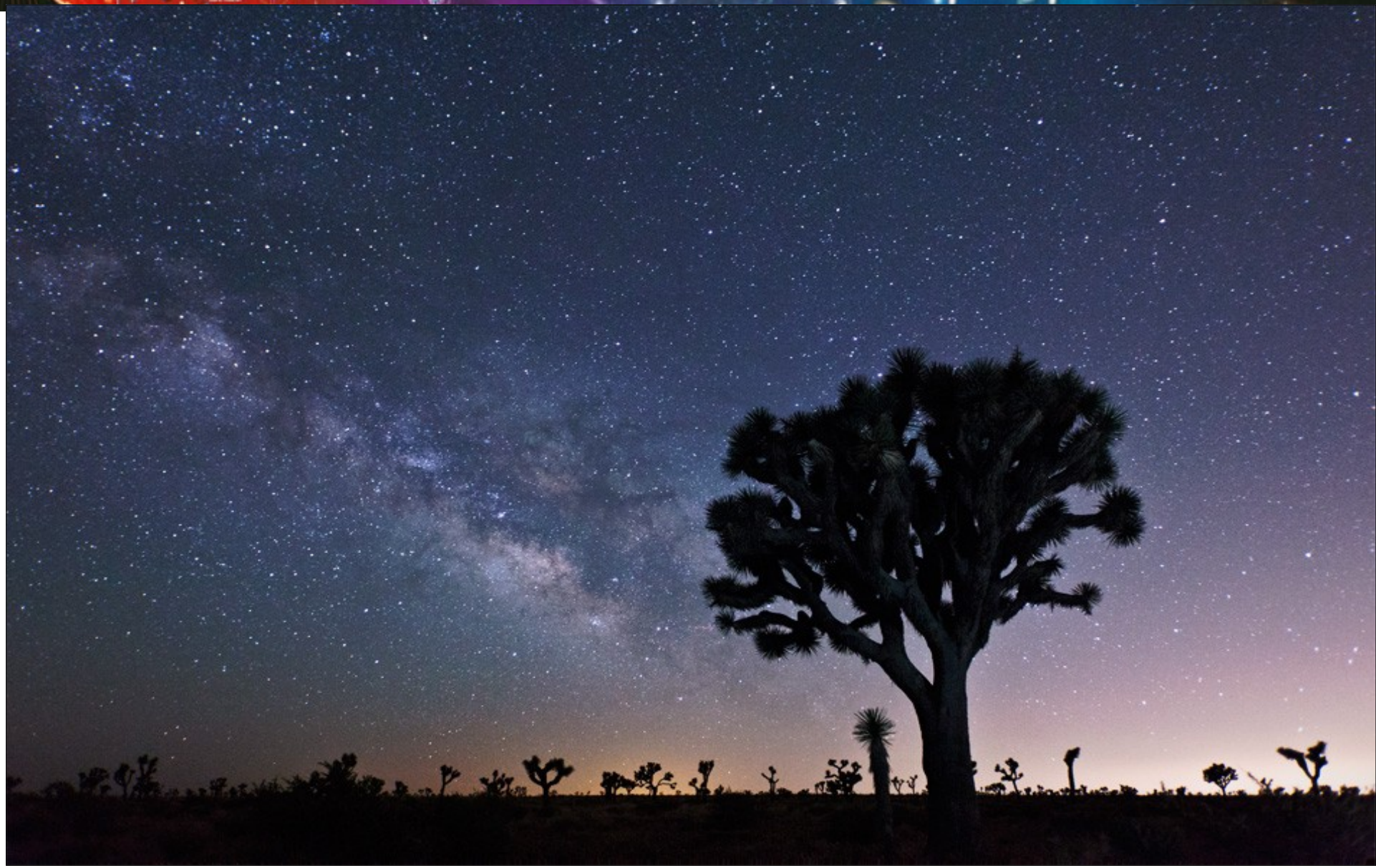


# Qué es la Vida? E. Schrödinger

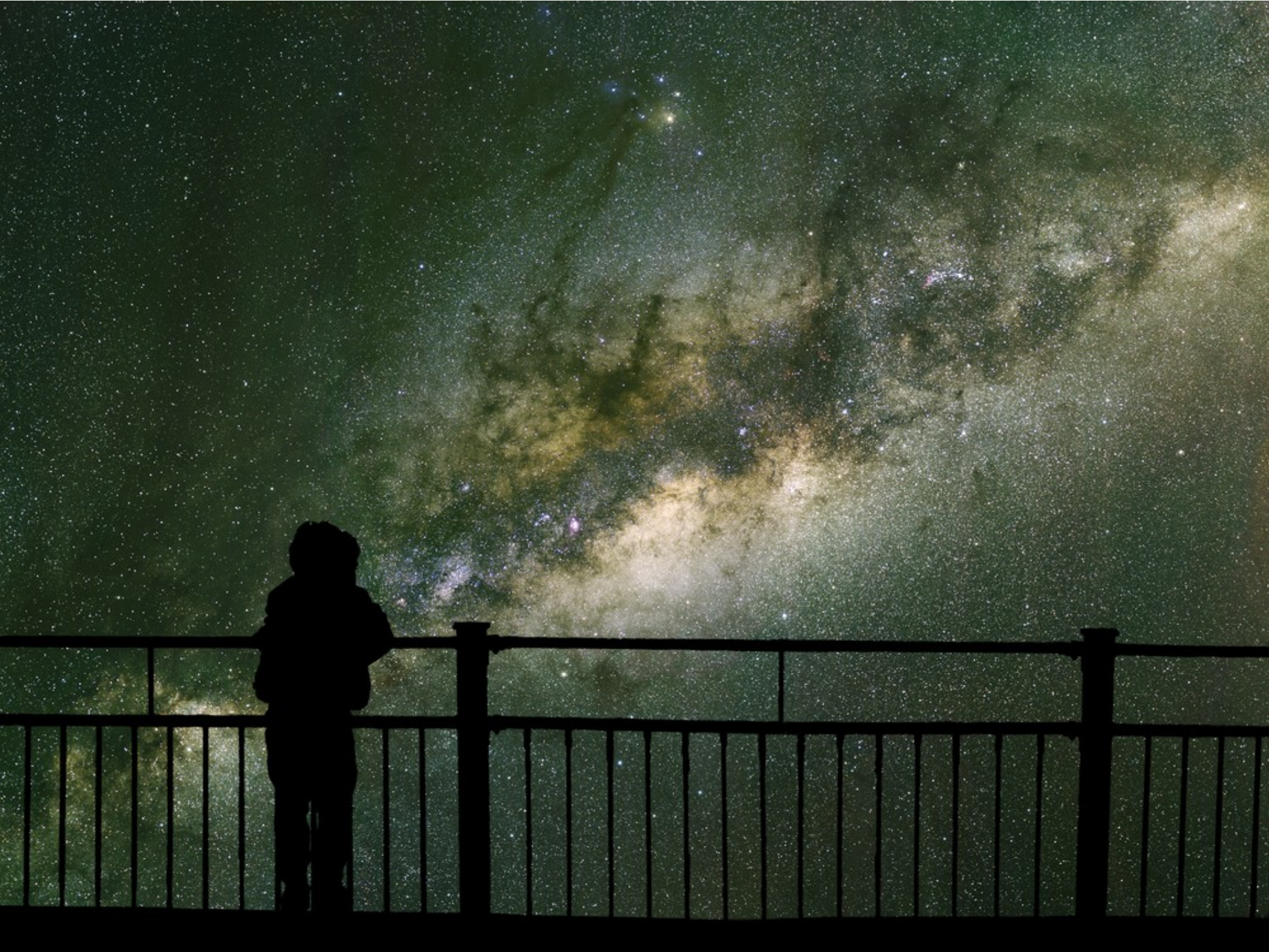
- La vida no viola las leyes de la termondinámica, aumentan su complejidad a costa de aumentar la entropía general en los procesos que hacen parte de esta
- La química de la herencia debe basarse en secuencias aperiódicas con la necesidad de una secuencia informativa que debe ser transmitida


SPACE
TIME



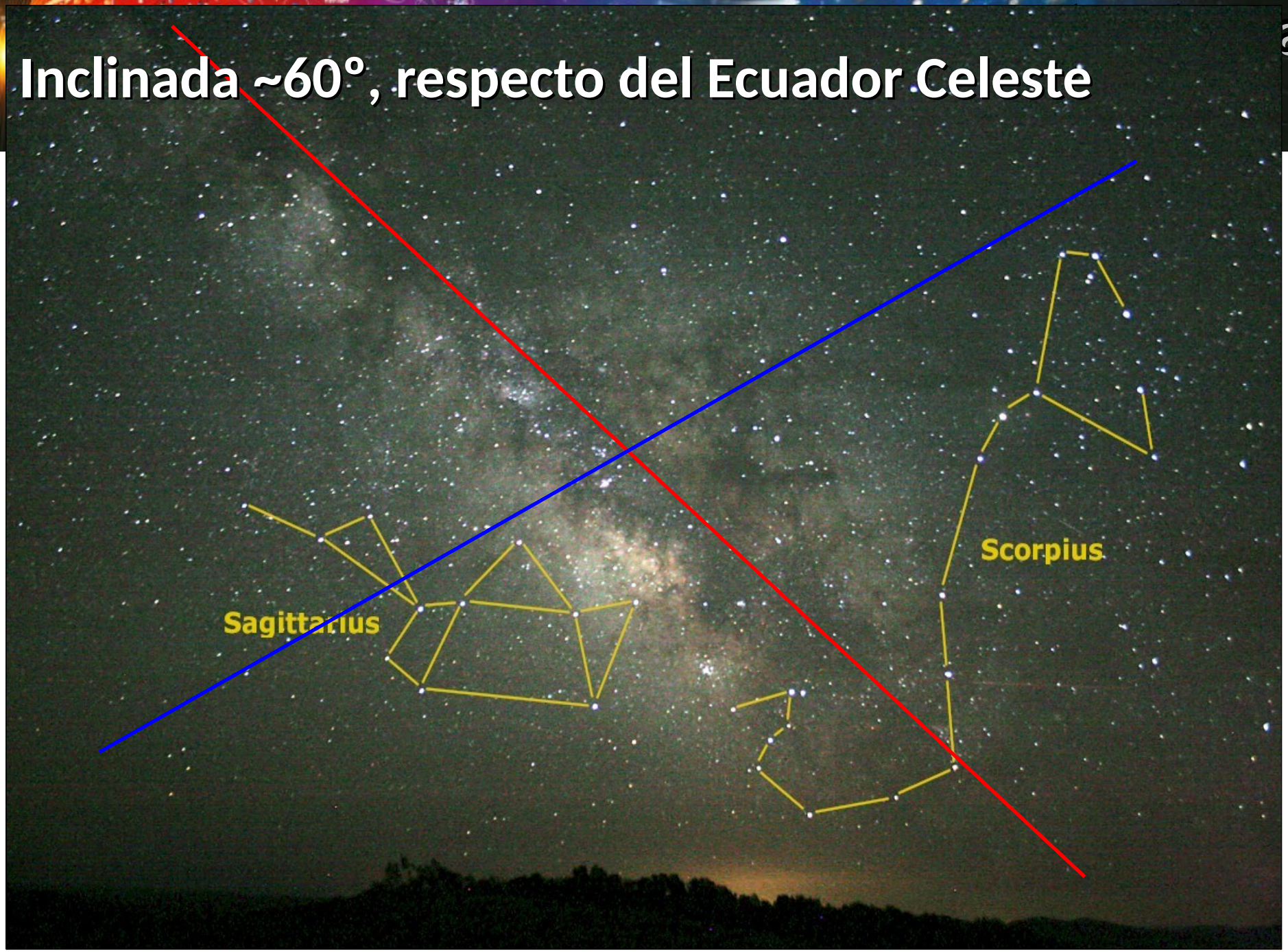

- Una **galaxia** es un sistema autogravitatorio que se compone de:
  - Estrellas
  - Remanentes estelares
  - Un medio interestelar formado por gas y polvo...
  - ... y materia oscura
- **Tamaños:**
  - Enanas (~1000 estrellas, 1000 pc)
  - Gigantes (100000 pc, $10^{14}$ estrellas)
- Y están separadas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

# La Vía Láctea

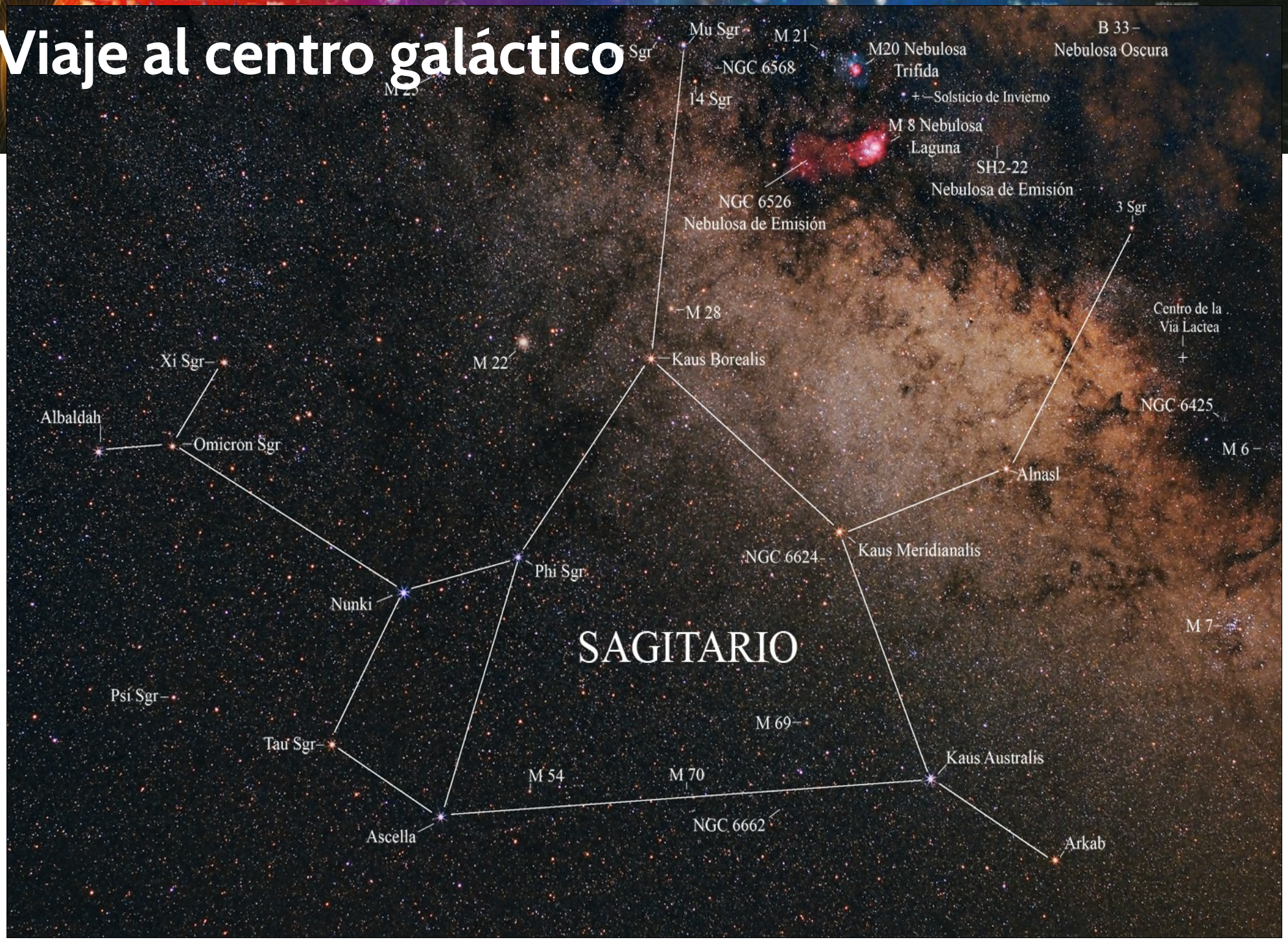


# La Vía Láctea desde Cerro Paranal

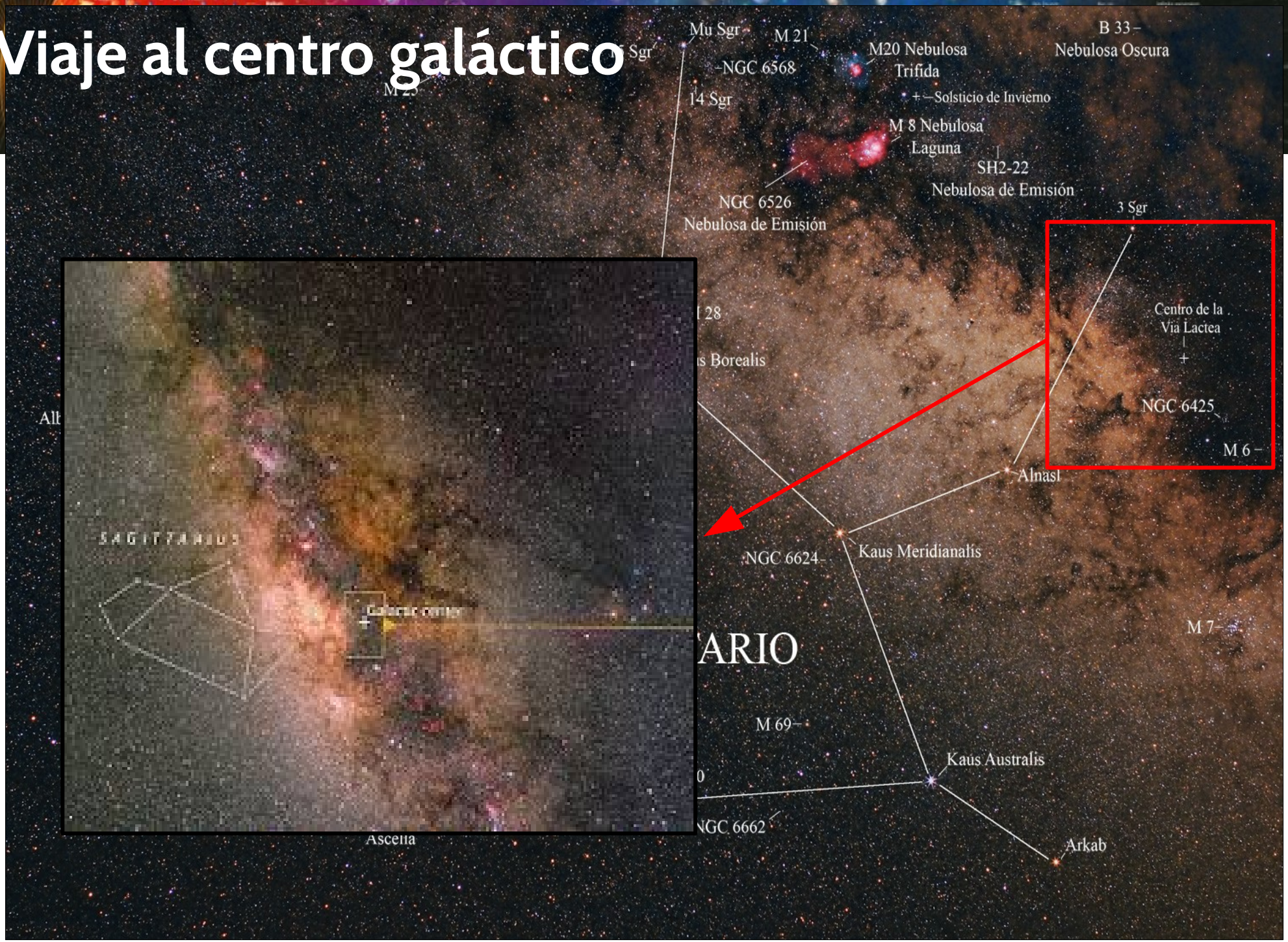
# Inclinada ~60°, respecto del Ecuador Celeste



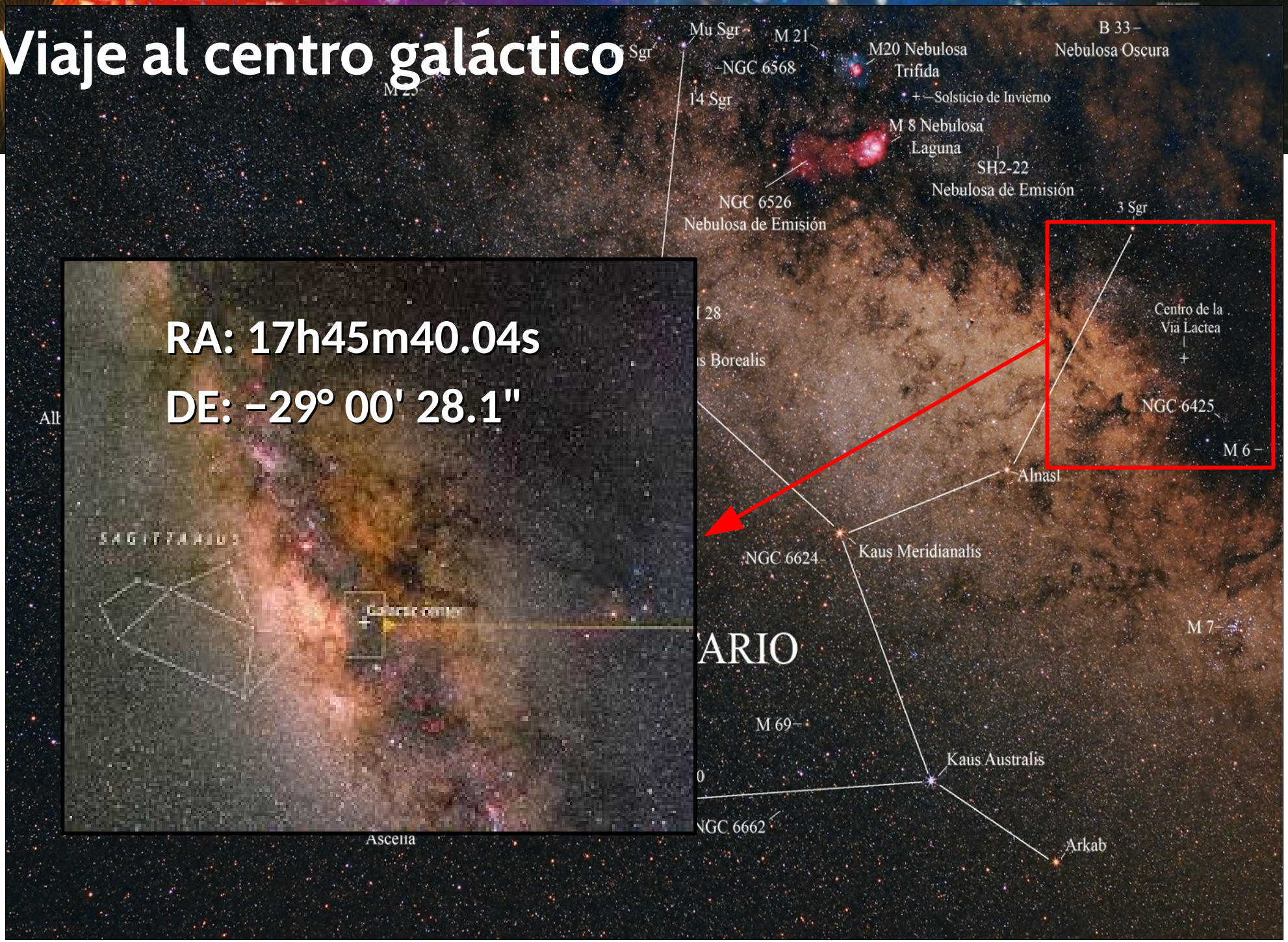
# Viaje al centro galáctico



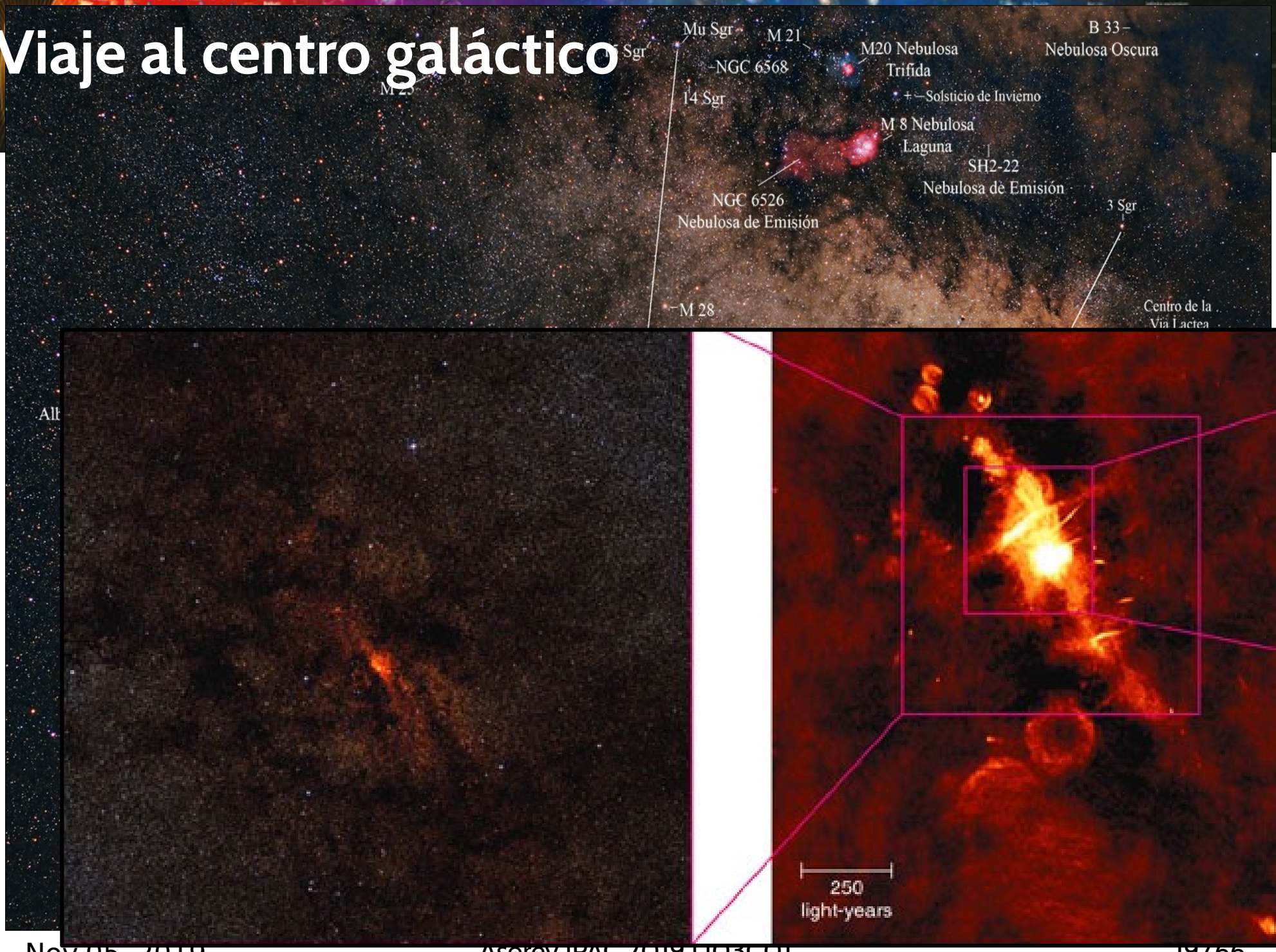
# Viaje al centro galáctico



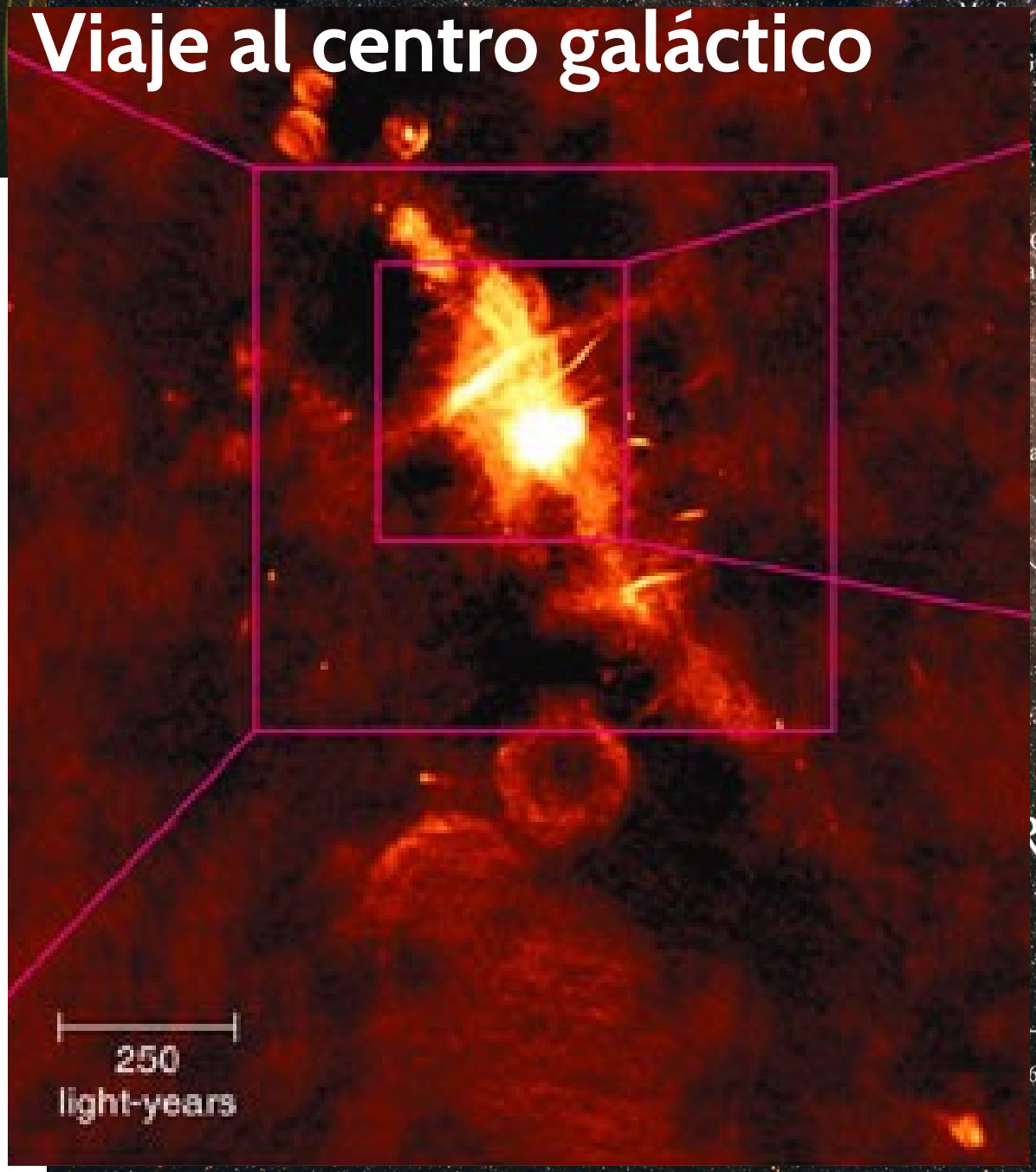
# Viaje al centro galáctico

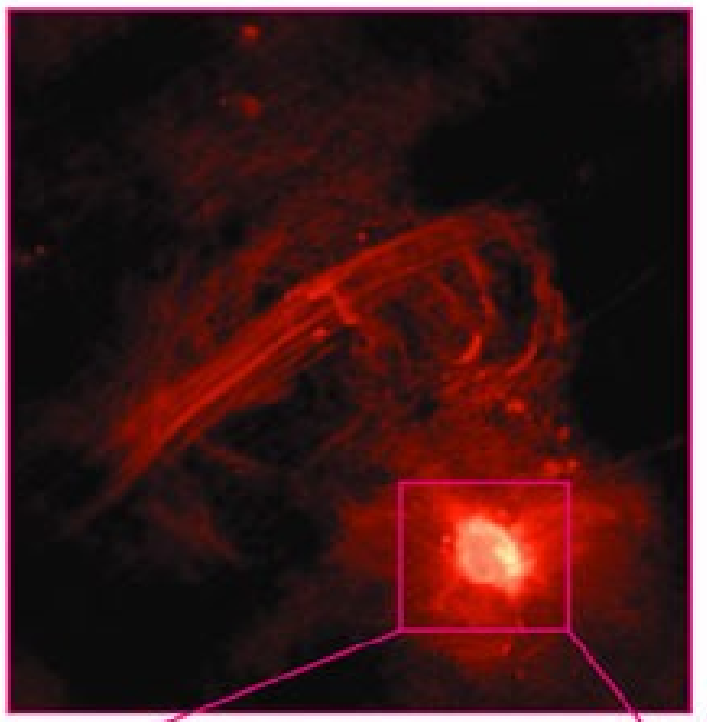


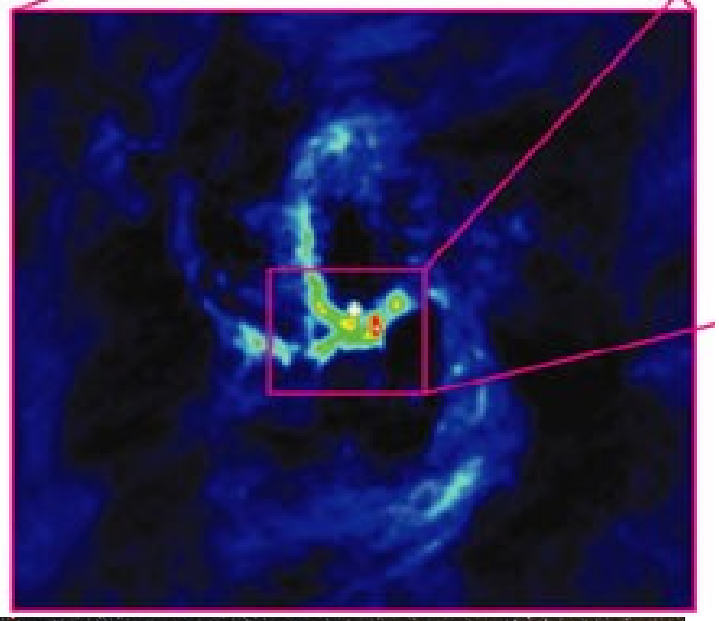
# Viaje al centro galáctico



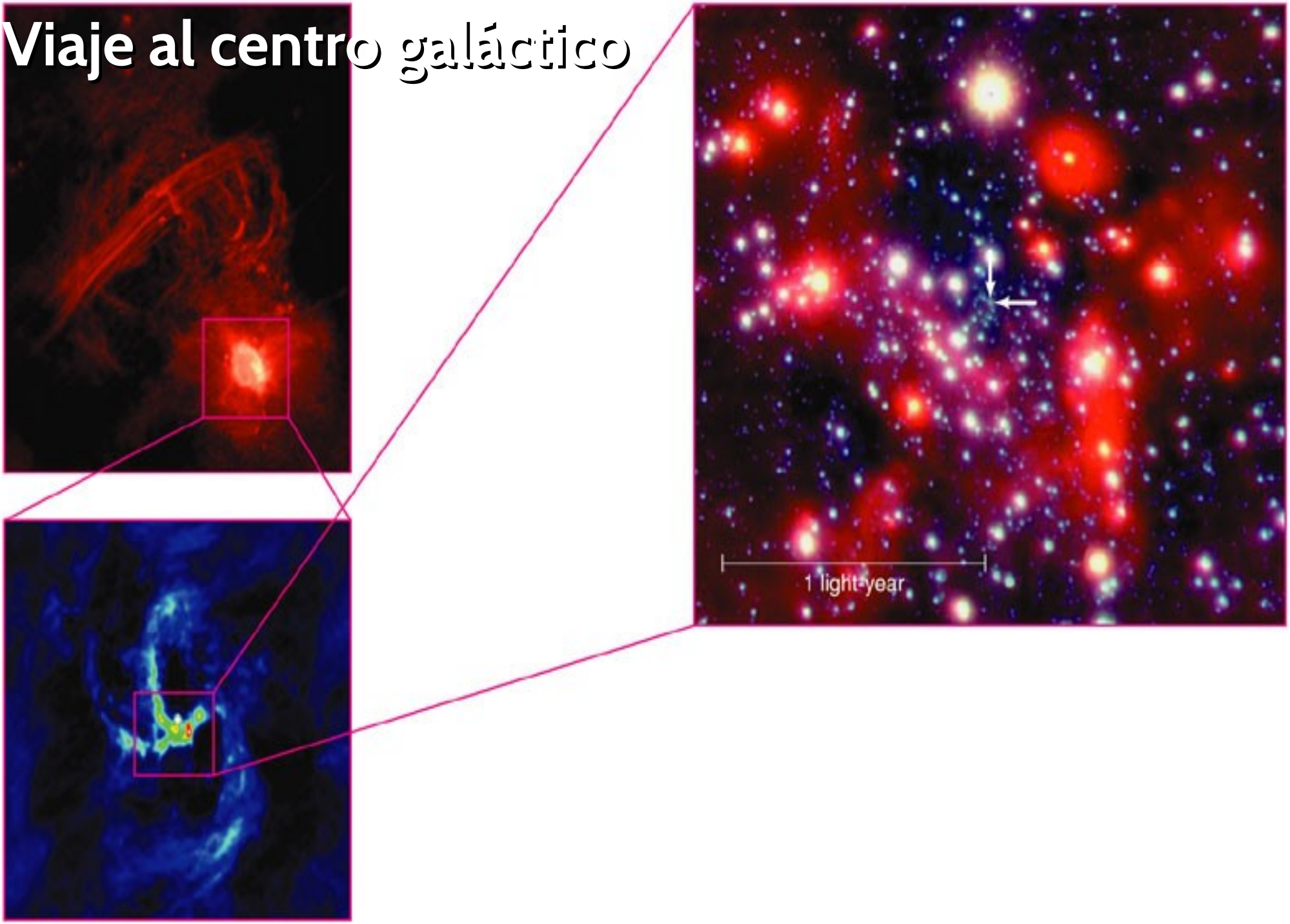
# Viaje al centro galáctico



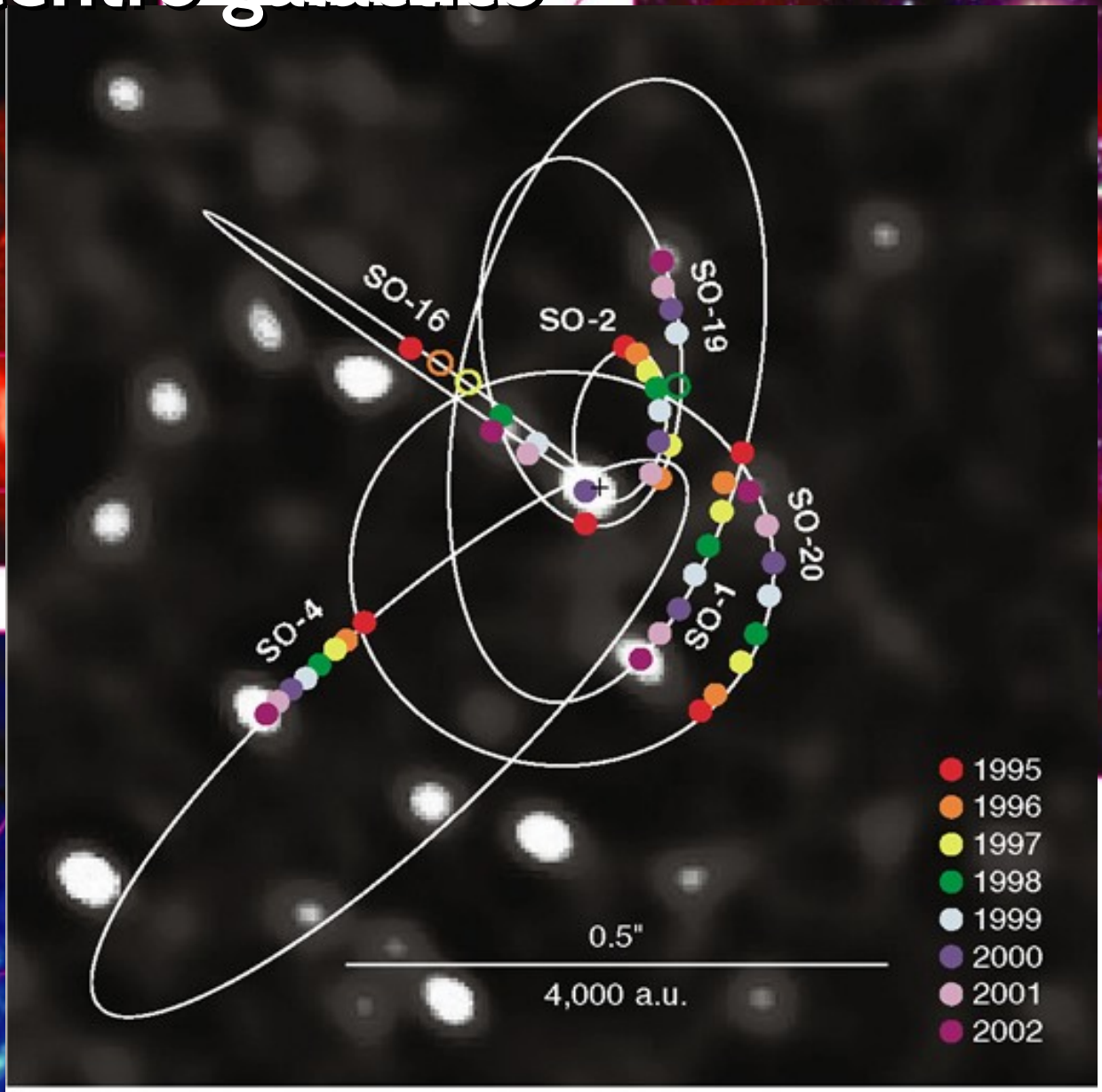





# Viaje al centro galáctico



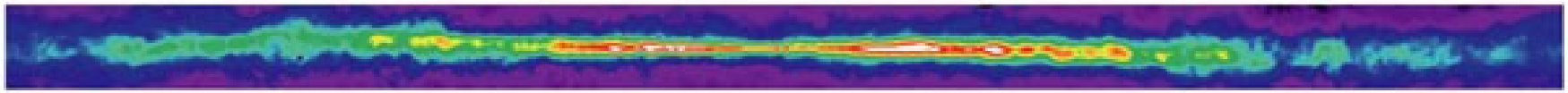
# Viaje al centro galáctico



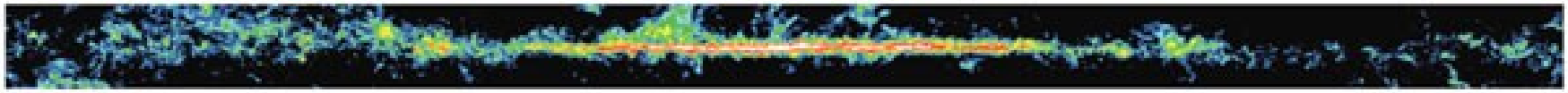

https://www.youtube.com/watch?v=duoHtJpo4GY


# El agujero negro central

Observations with the VLT



**a** 21-cm radio emission from atomic hydrogen gas.



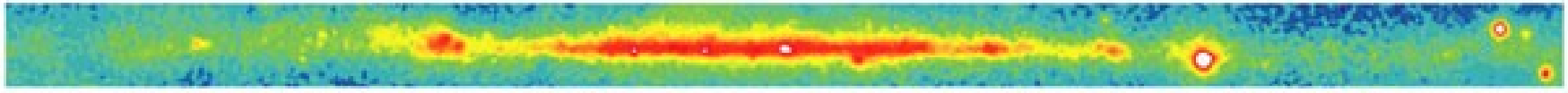
**b** Radio emission from carbon monoxide reveals molecular clouds.

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

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

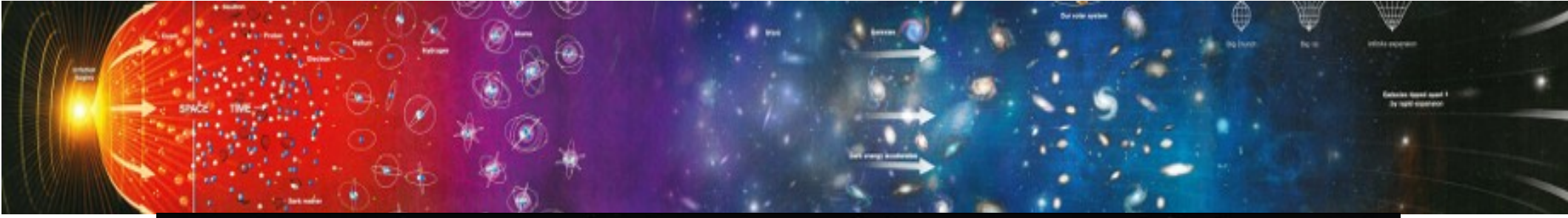
**e** Visible light emitted by stars is scattered and absorbed by dust.

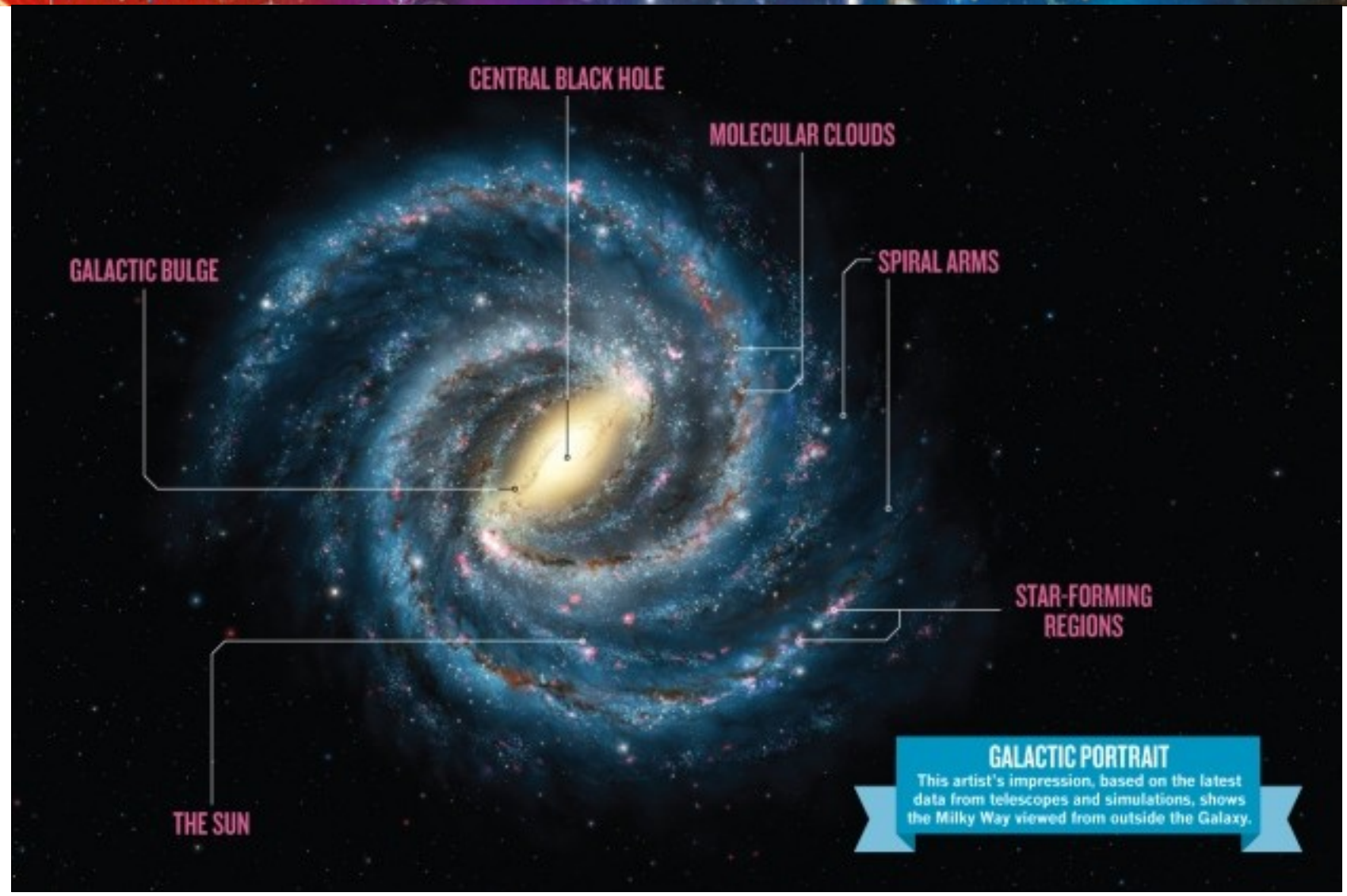
**f** X-ray emission from hot gas bubbles (diffuse blobs) and X-ray binaries (pointlike sources).



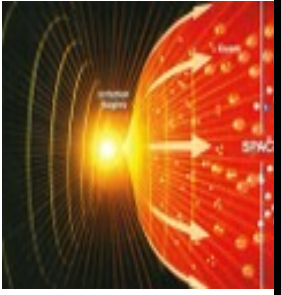
**g** Gamma-ray emission from collisions of cosmic rays with atomic nuclei in interstellar clouds.

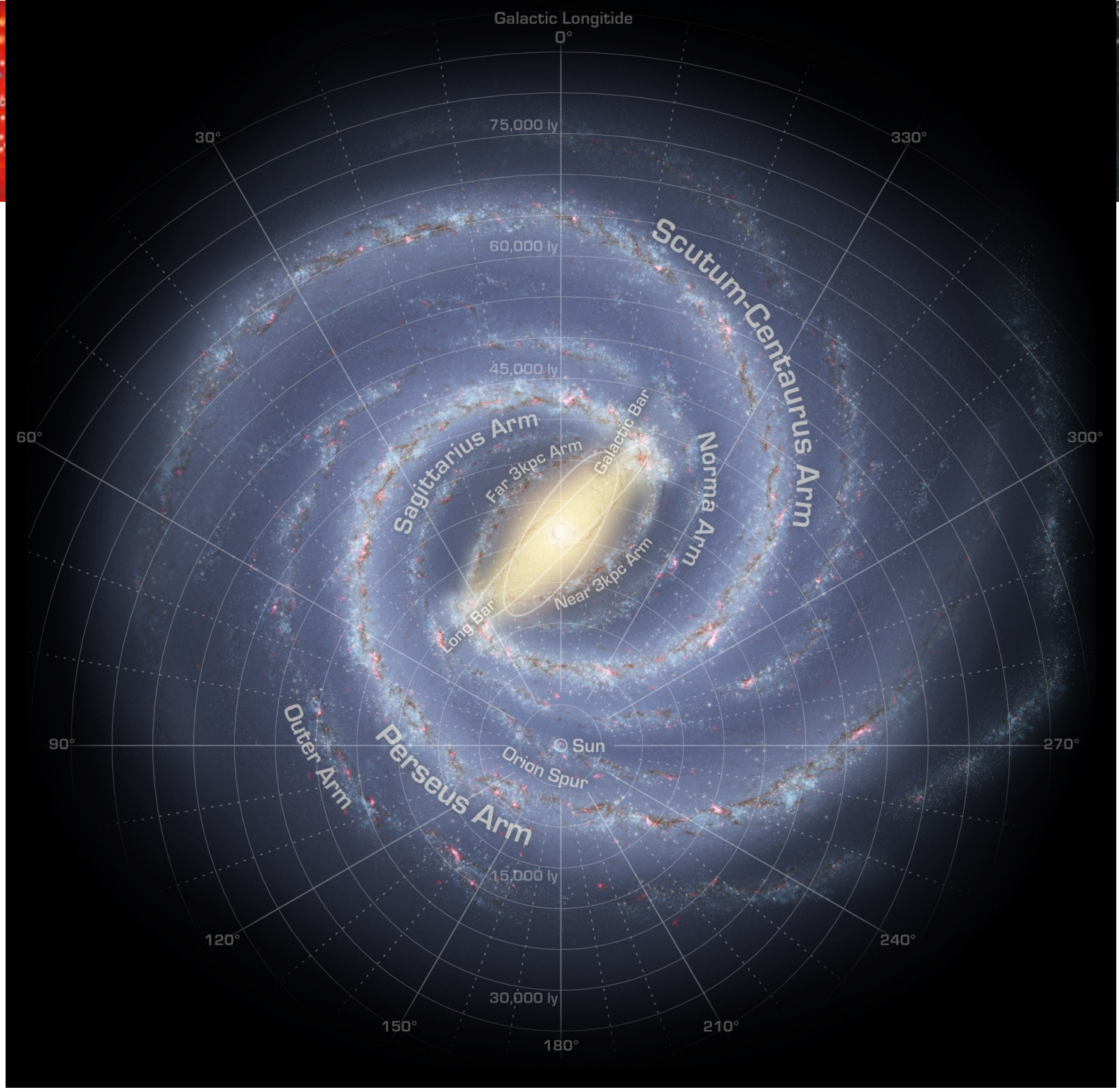
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Infrared-visible_light_comparison_of_VISTA's_gigapixel_view_of_the_centre_of_the_Milky_Way.ogv

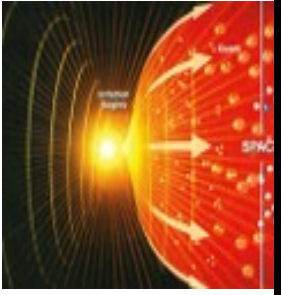


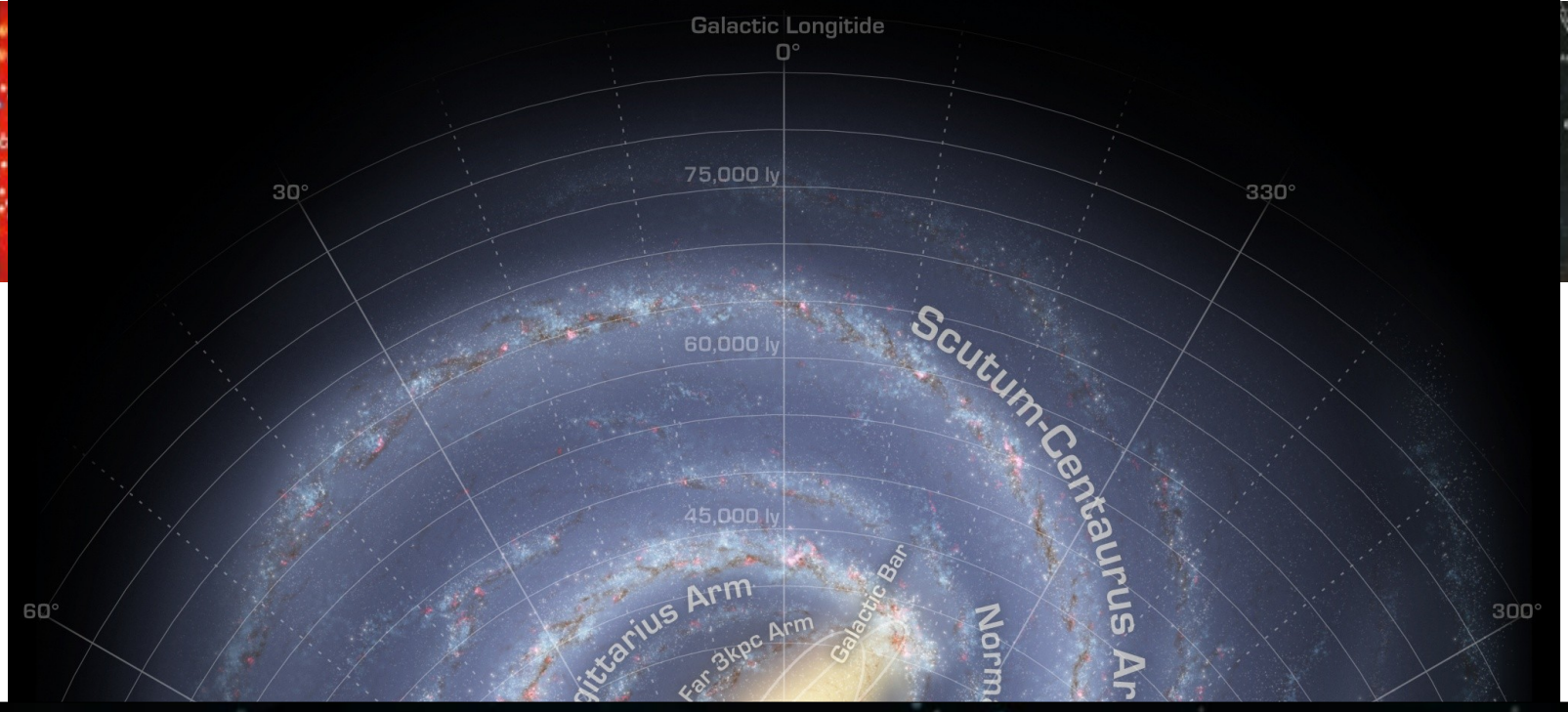



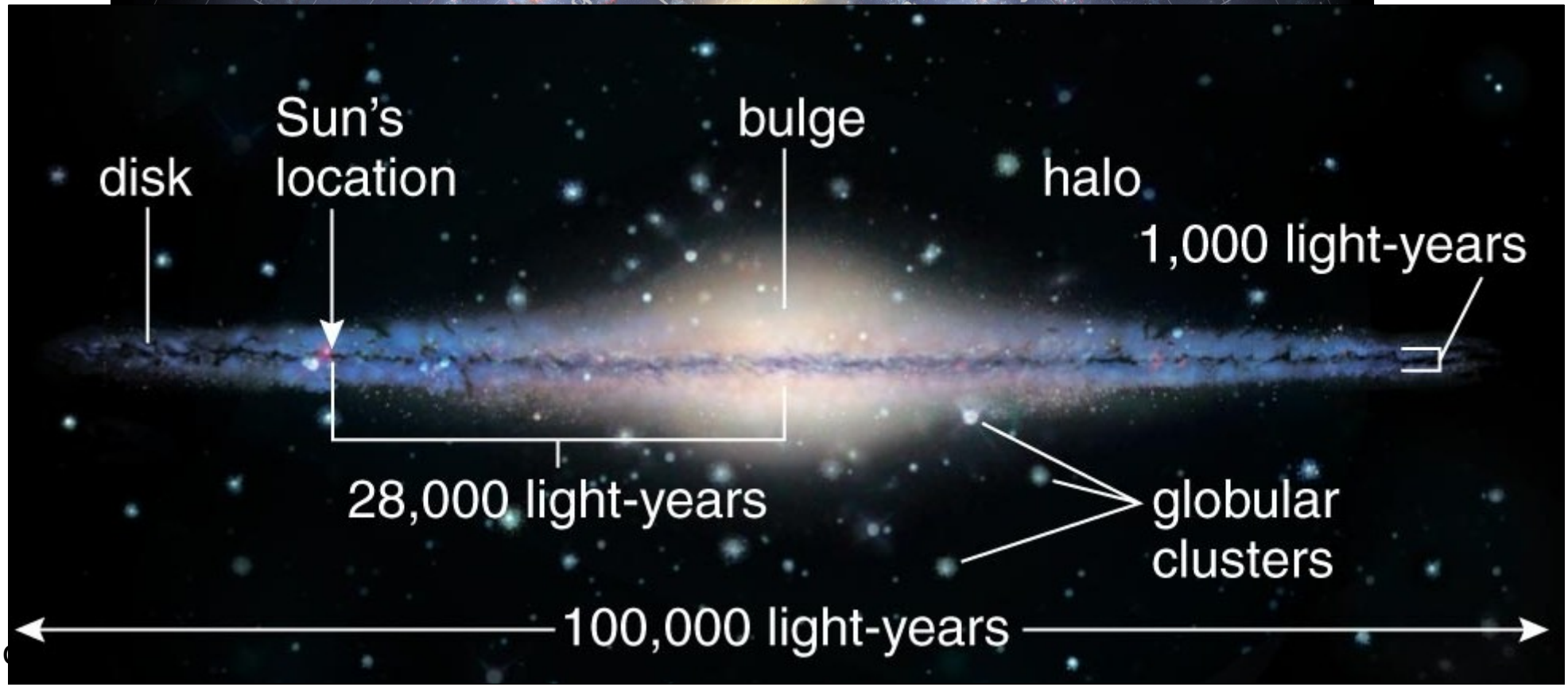

http://www.nature.com/news/galaxy-formation-the-new-milky-way-1.11517#/mw1

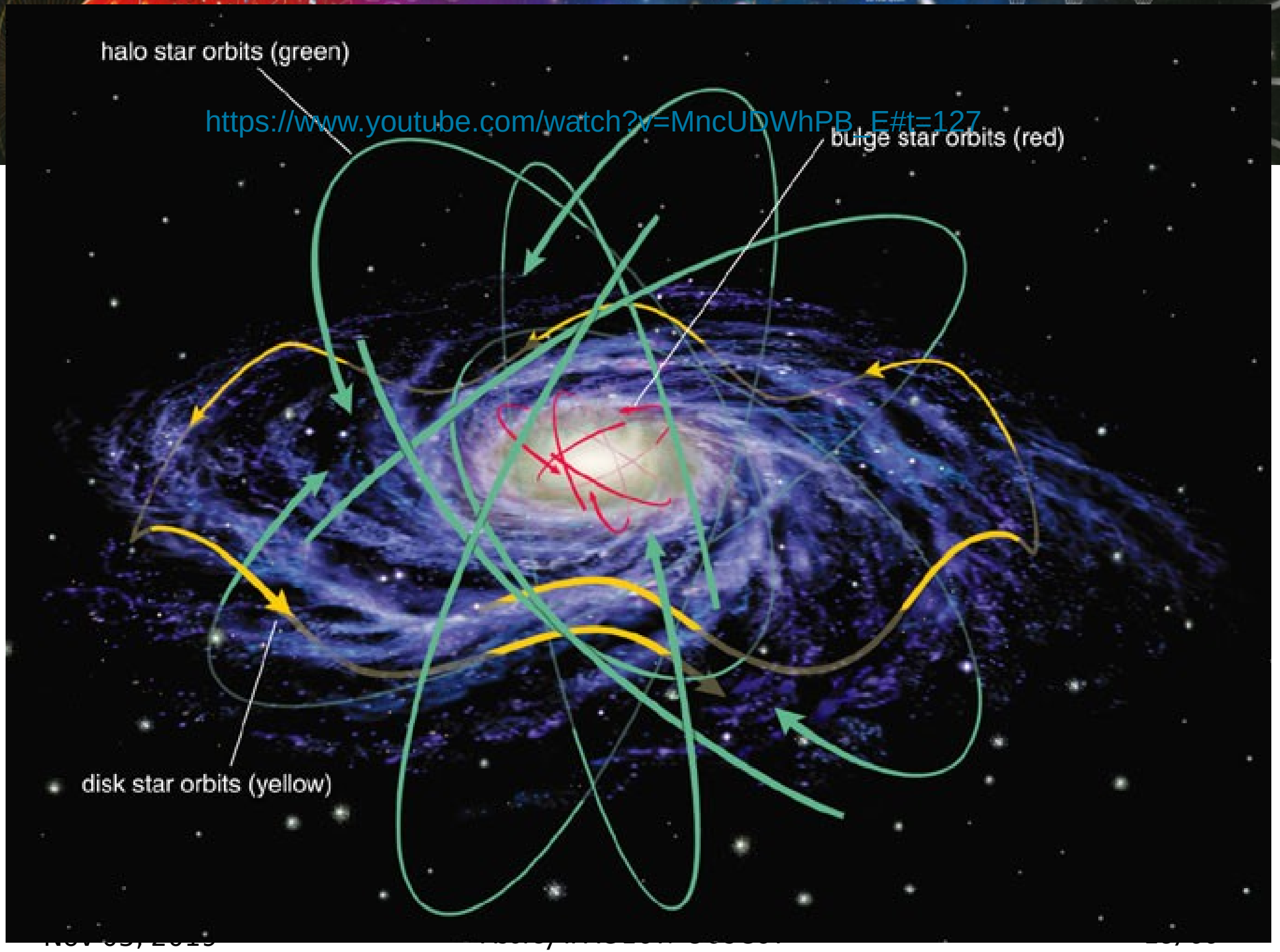



Galactic Longitide
0°
30°
330°
60°
300°
90°
270°
120°
240°
150°
210°
180°
75,000 ly
60,000 ly
45,000 ly
30,000 ly
15,000 ly
Scutum-Centaurus Arm
Sagittarius Arm
Norma Arm
Perseus Arm
Outer Arm
Far 3kpc Arm
Near 3kpc Arm
Galactic Bar
Long Bar
Sun
Orion Spur



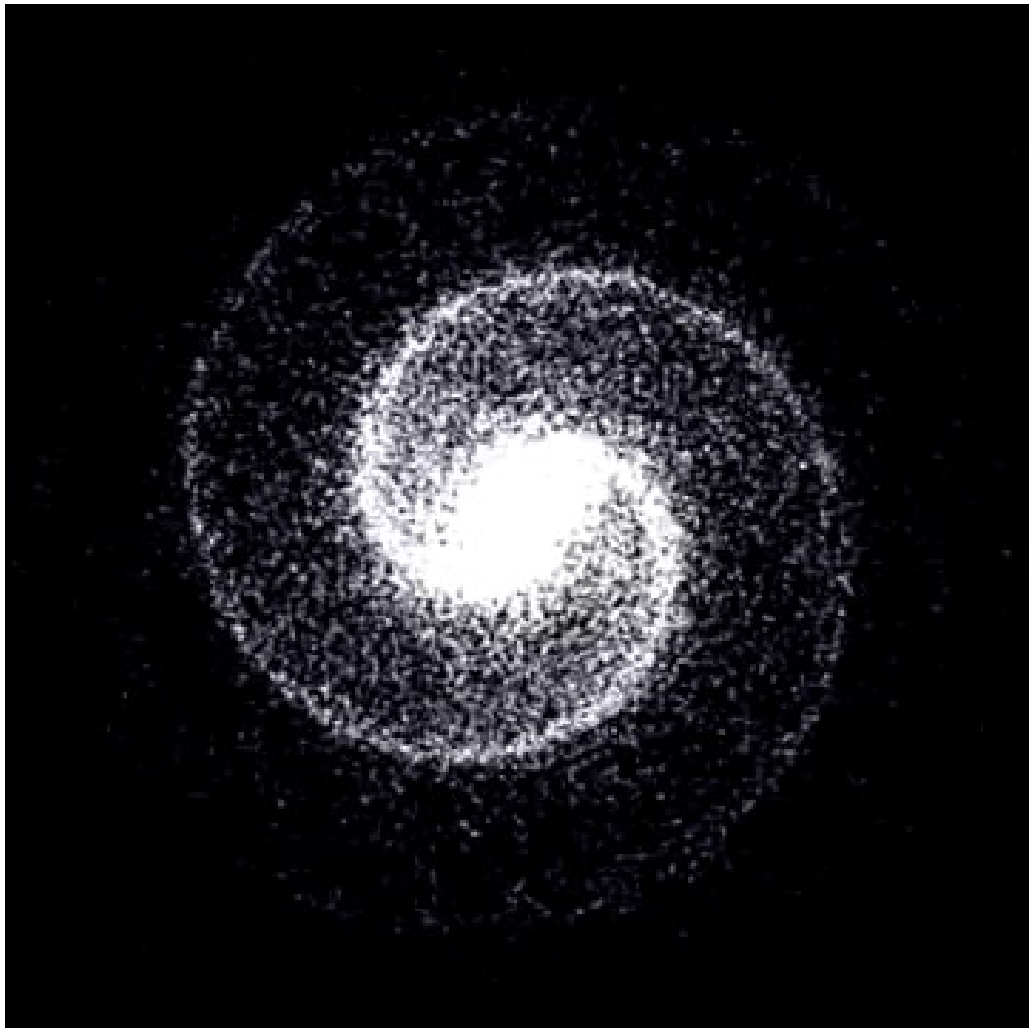

Galactic Longitide
0°
30°
330°
75,000 ly
60,000 ly
45,000 ly
60°
300°
Scutum-Centaurus Ar
Sagittarius Arm
Far 3kpc Arm
Galactic Bar

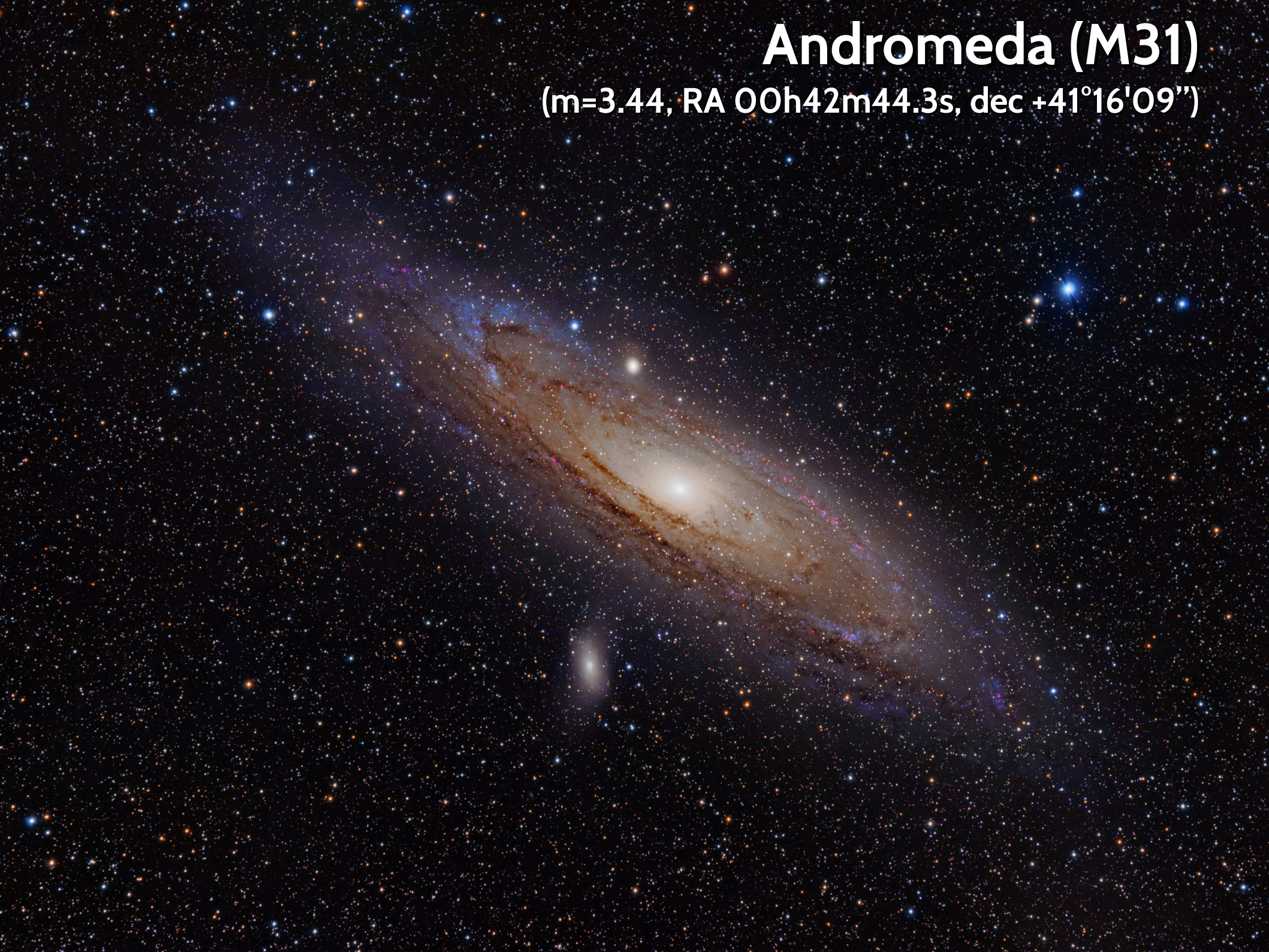

disk
Sun's location
bulge
halo
1,000 light-years
28,000 light-years
globular clusters
100,000 light-years


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 → atracción entre vecinos

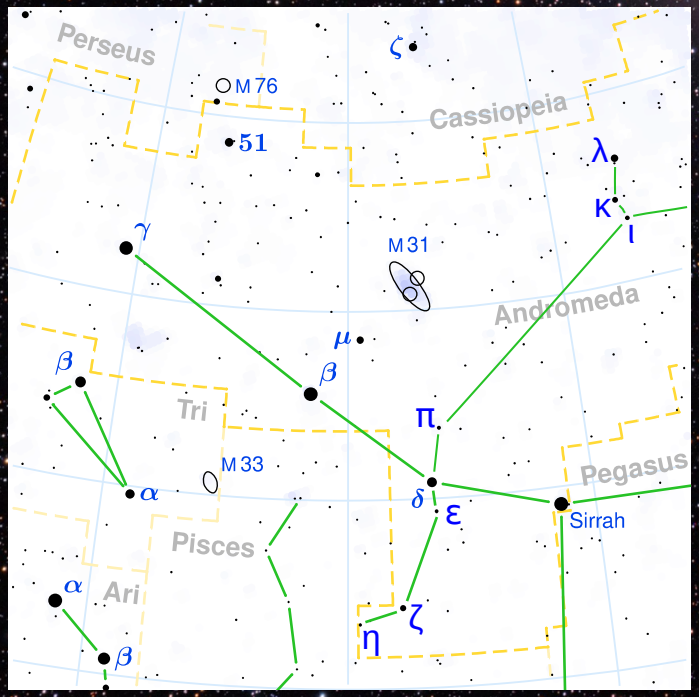



Andromeda (M31)
(m=3.44, RA 00h42m44.3s, dec +41°16'09")

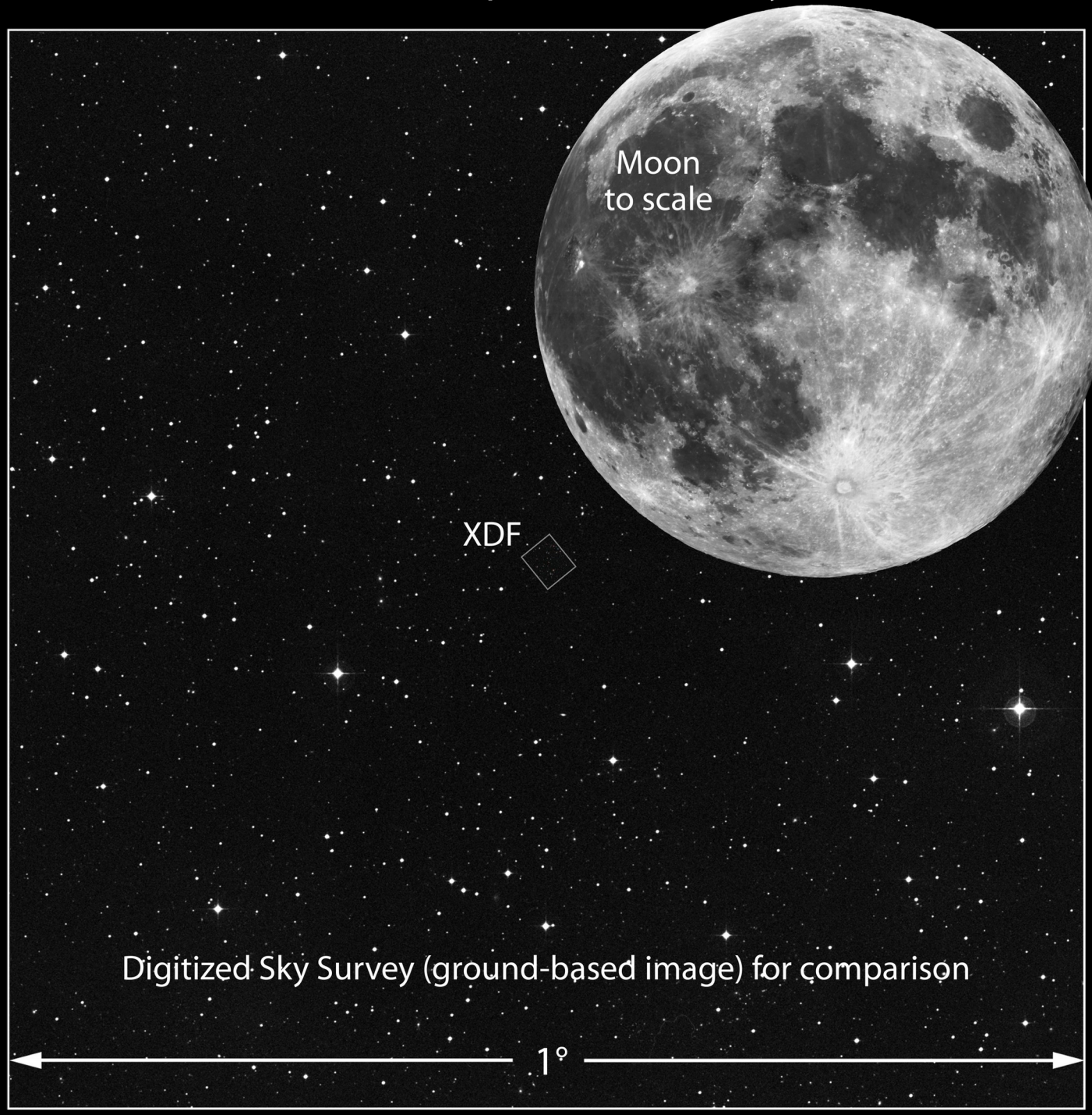
# Andromeda (M31)

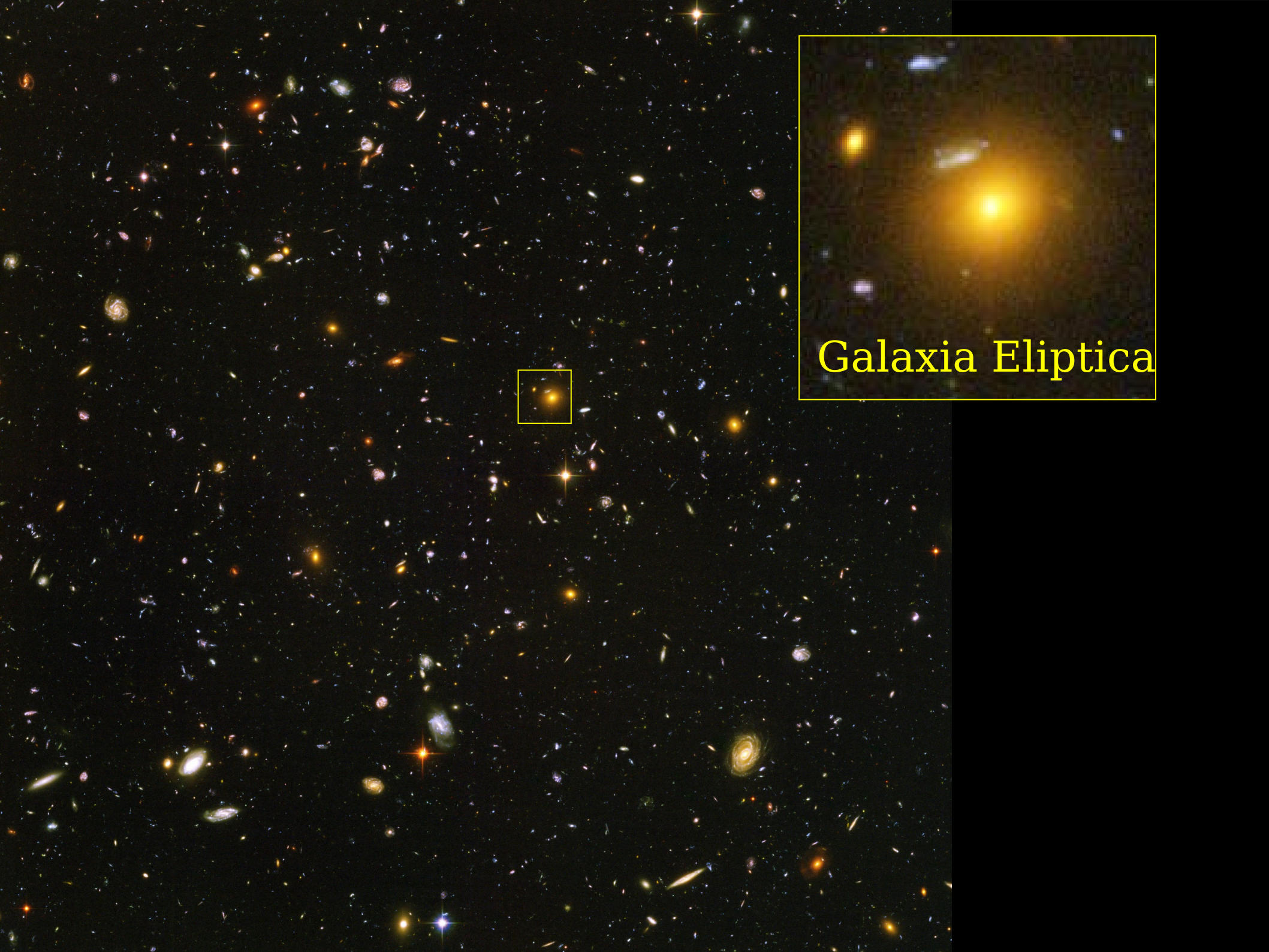
(m=3.44, RA 00h42m44.3s, dec +41°16'09")

- 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: $1.5 \times 10^{12}$ $M_S$



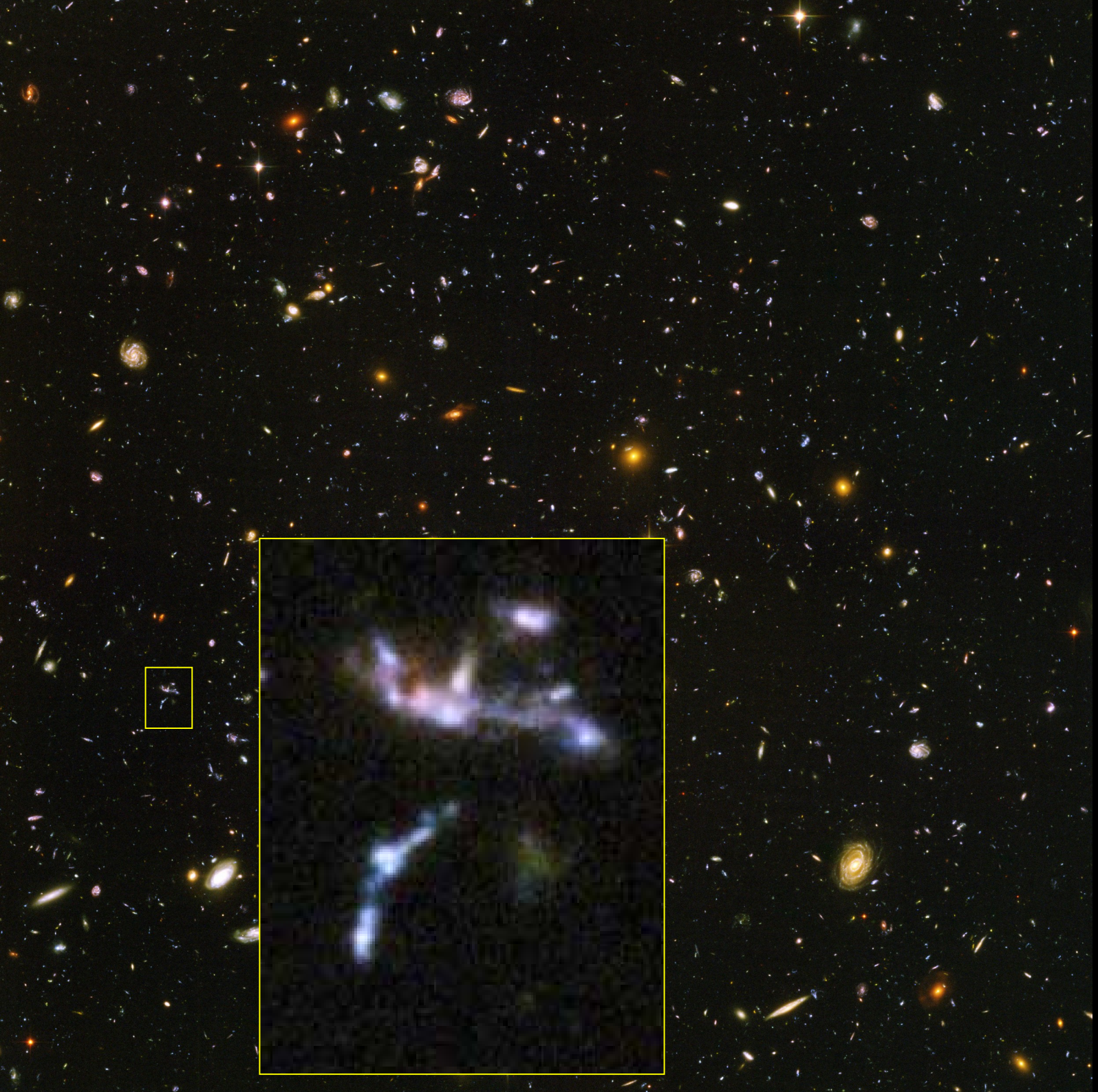

# Size of Hubble eXtreme Deep Field on the Sky




Galaxia Eliptica

n Galáctica

Galaxia Espiral

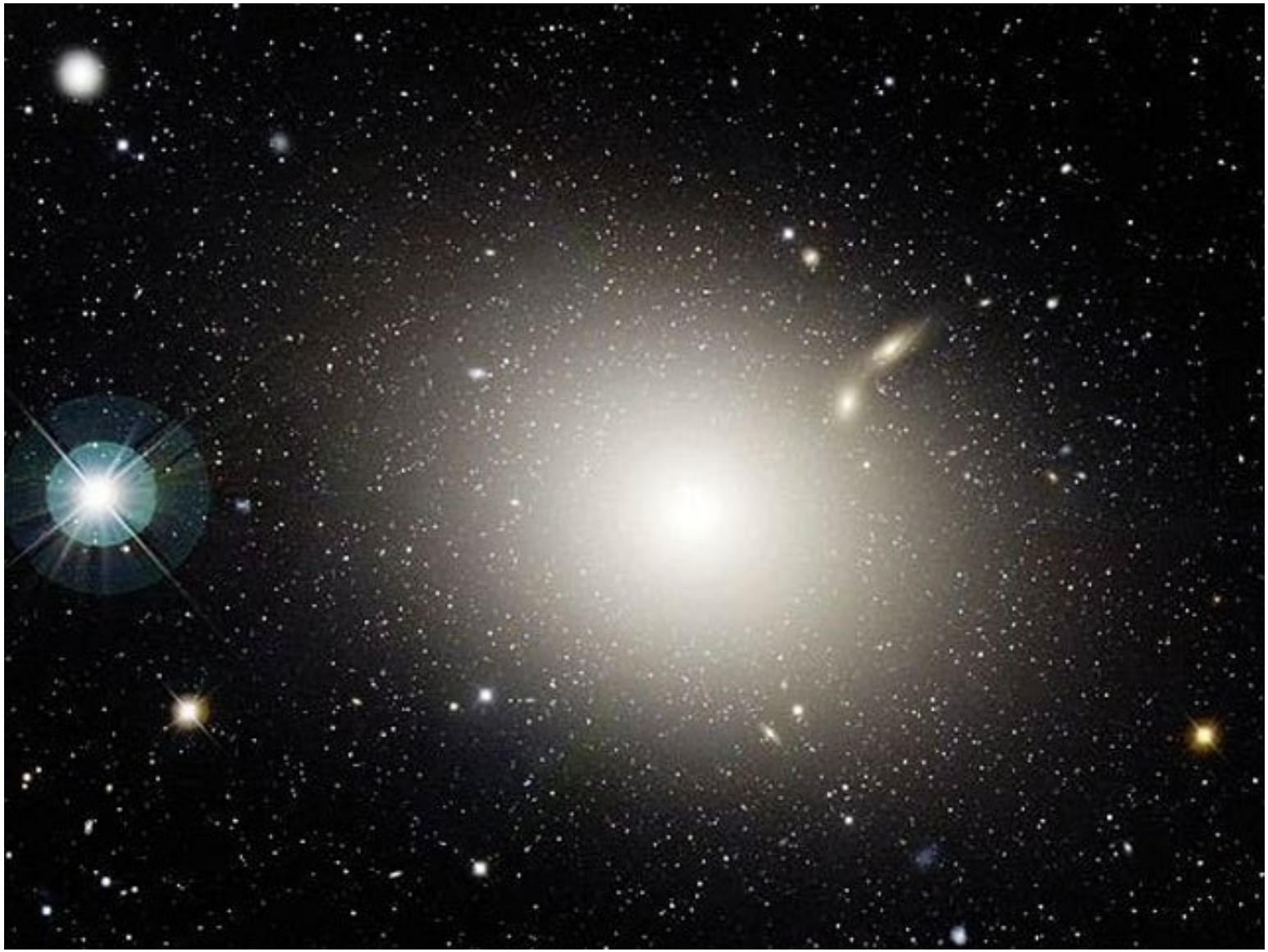


# Clasificación Galáctica

# Clasificación Galáctica

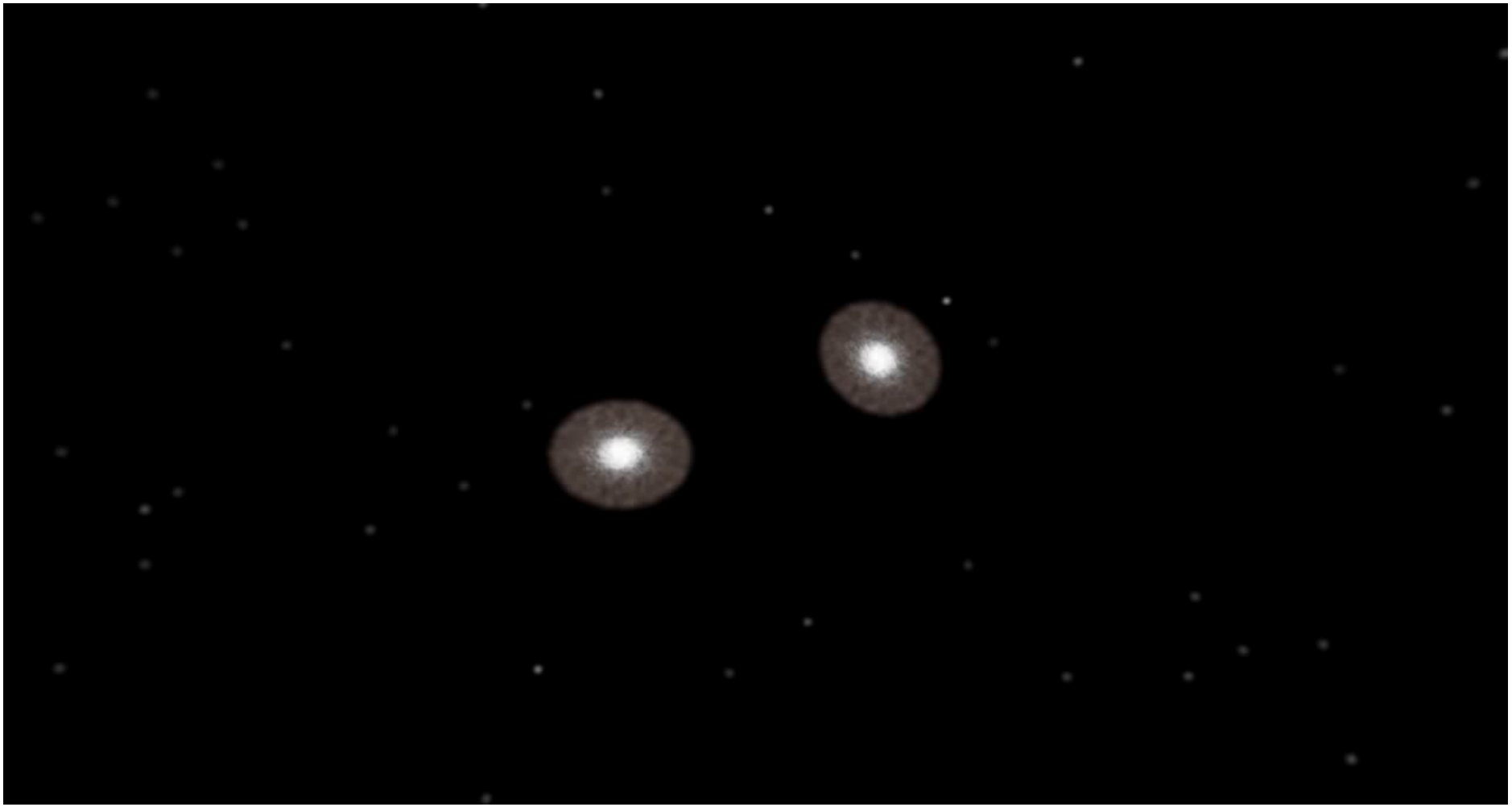
# Clasificación Galáctica

# Clasificación Galáctica



# Clasificación Galáctica (Antennae NGC4038/9)

# Colisión de Galaxias

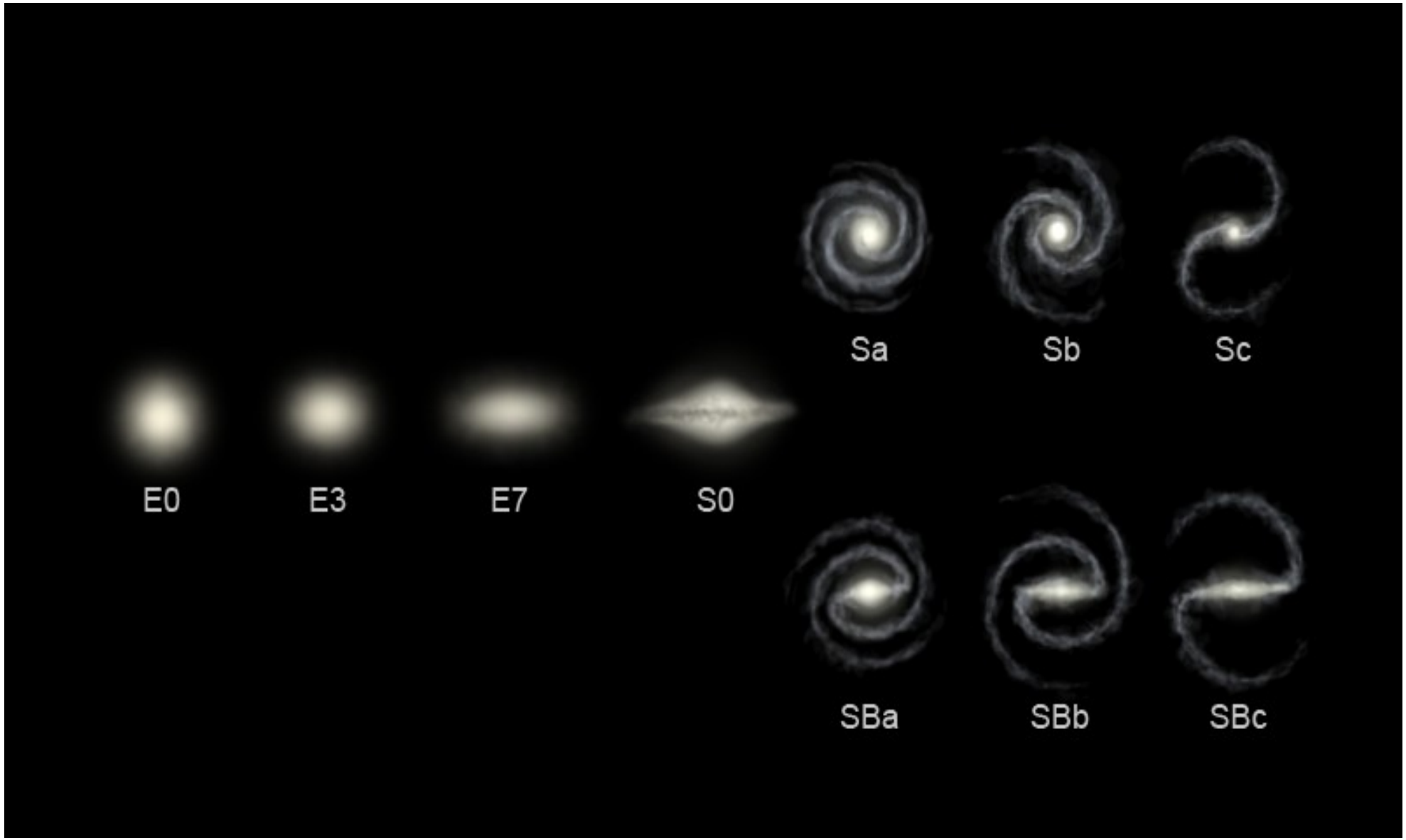


# Galaxia de Anillo (Hoag)

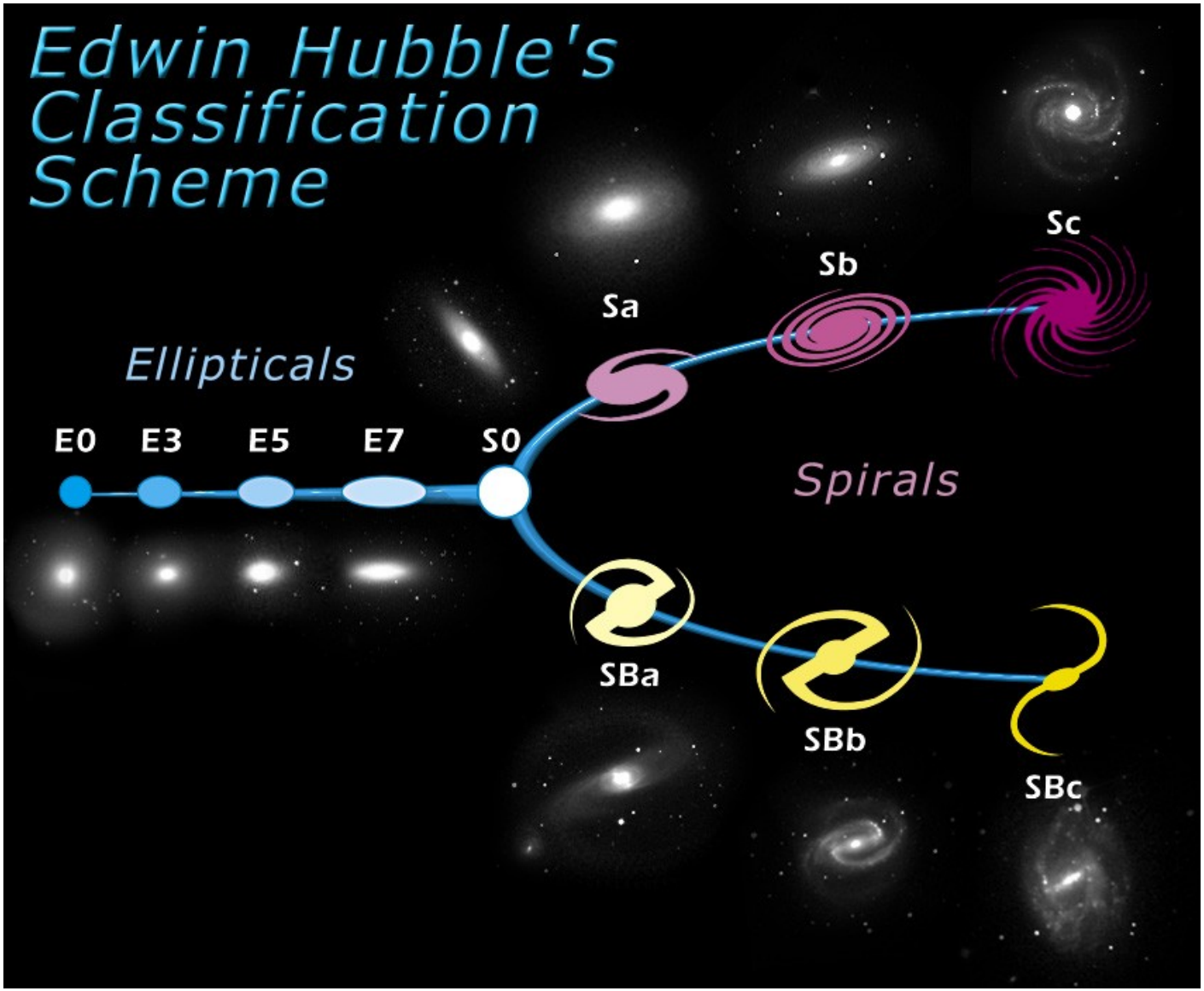
# Colisión galáctica (NGC4676 – Mice galaxies)

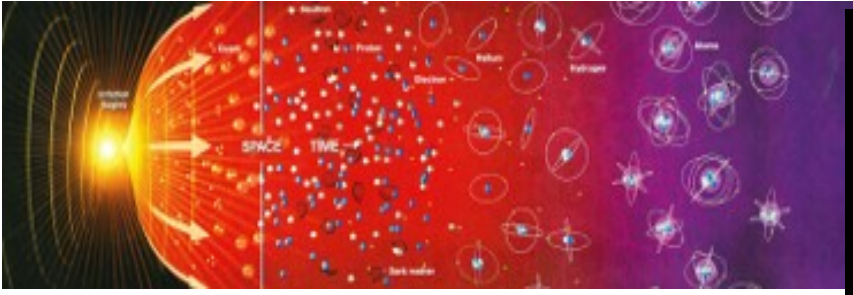
# Colisión galáctica: ARP 273

# Clasificación

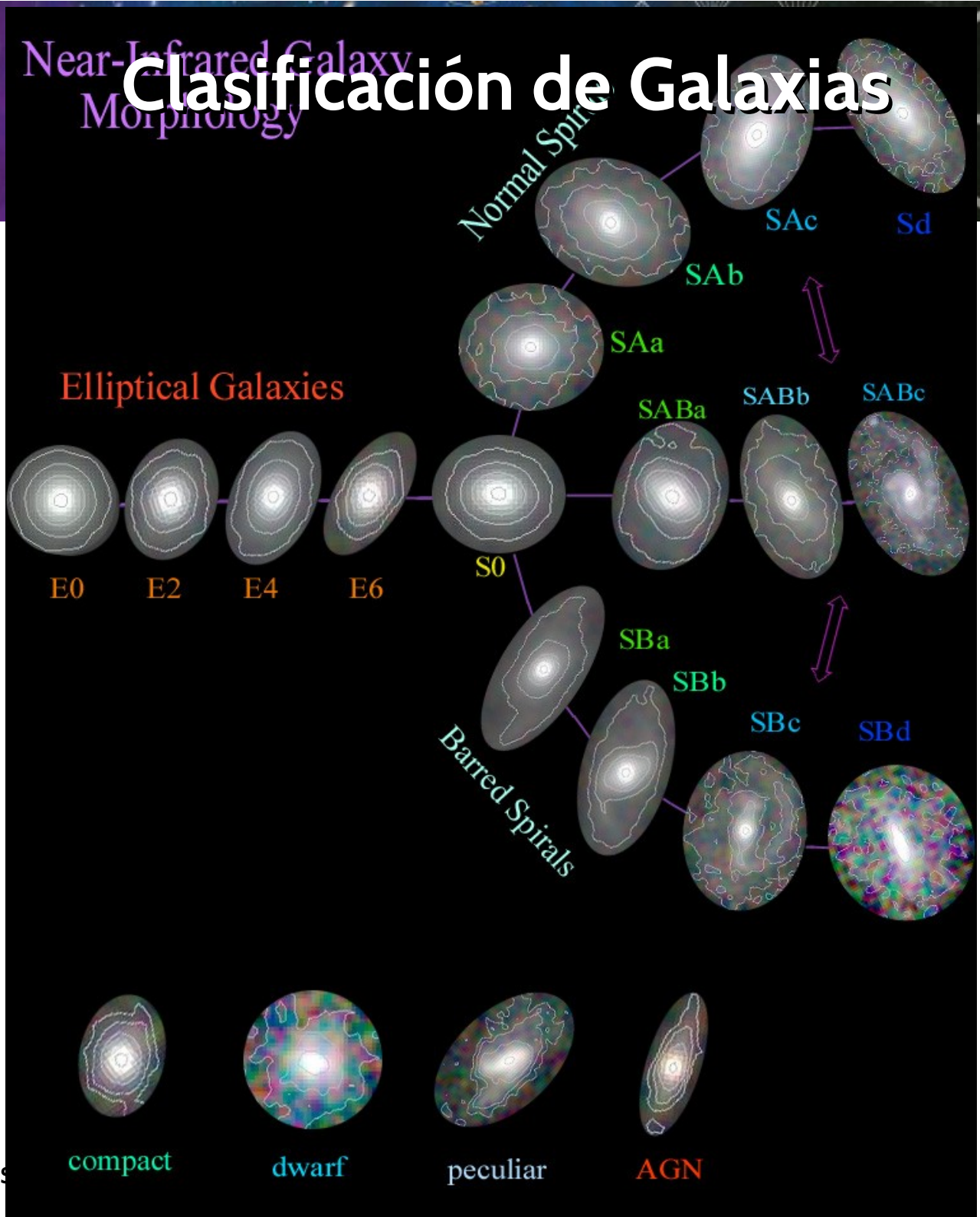


# Clasificación galáctica






# Clasificación de Galaxias




Galaxy Zoo
http://www.galaxyzoo.org

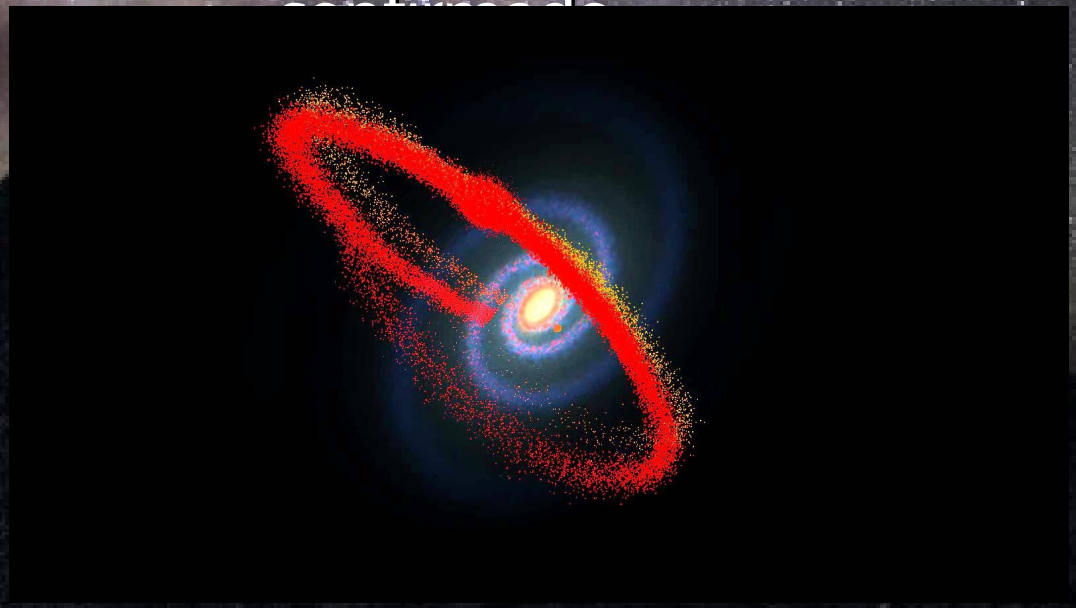
# Un viaje hacia los confines del Universo...

# La Vía Láctea

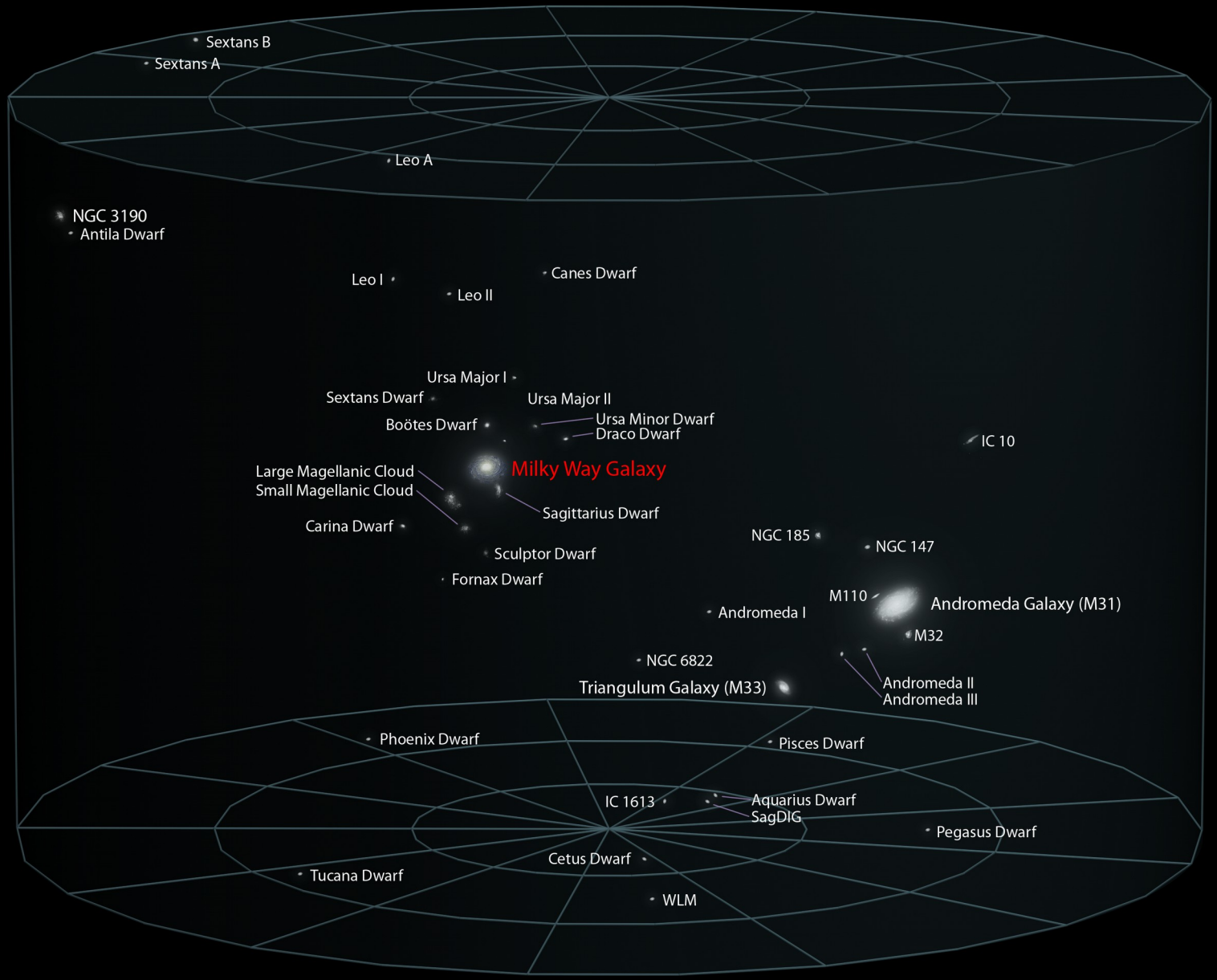
# Los satélites de la Vía Láctea

# 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

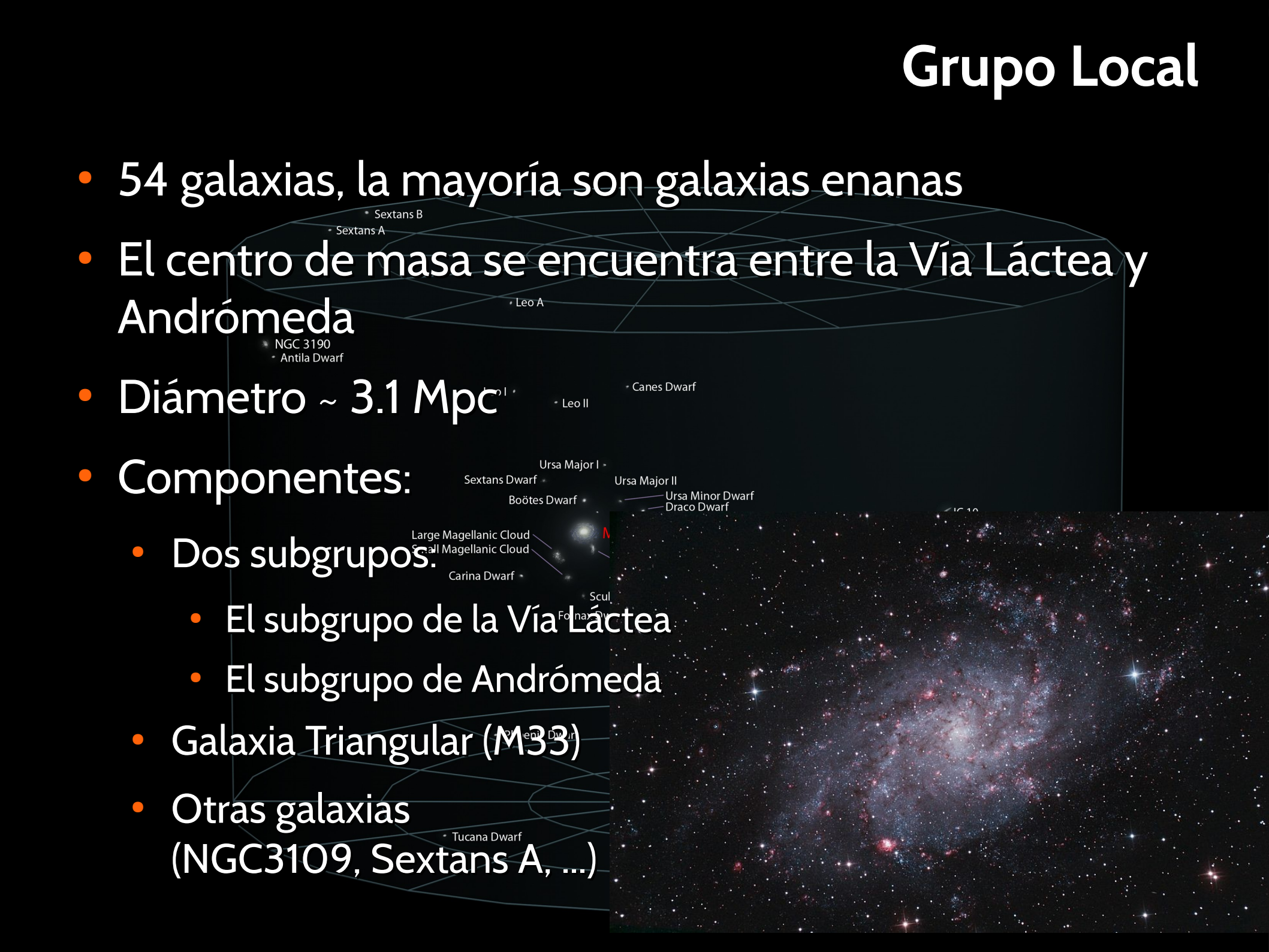


# Grupo Local

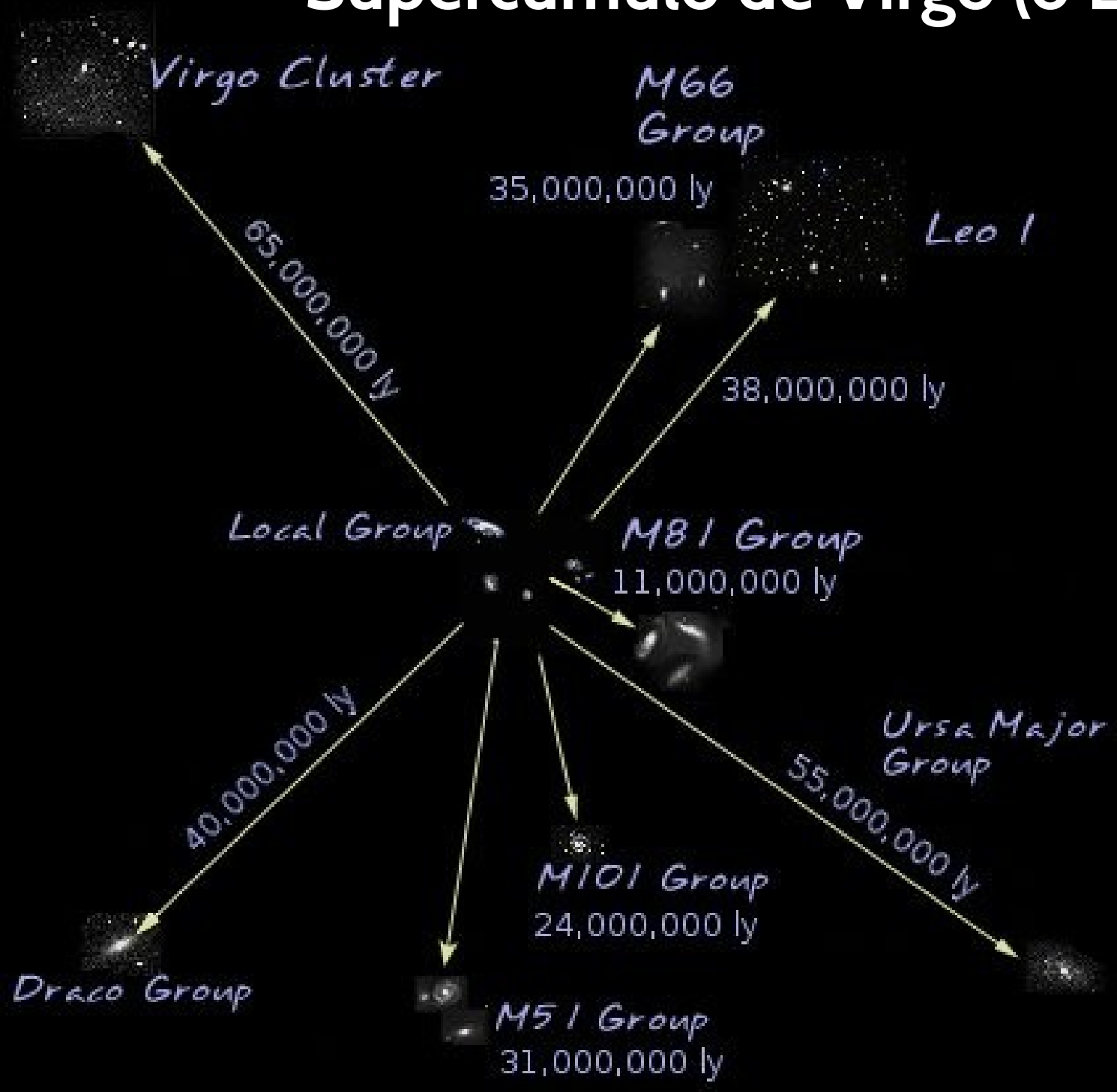

Sextans B
Sextans A
Leo A
NGC 3190
Antila Dwarf
Leo I
Canes Dwarf
Leo II
Ursa Major I
Sextans Dwarf
Ursa Major II
Ursa Minor Dwarf
Boötes Dwarf
Draco Dwarf
IC 10
Large Magellanic Cloud
Small Magellanic Cloud
Milky Way Galaxy
Sagittarius Dwarf
Carina Dwarf
NGC 185
NGC 147
Sculptor Dwarf
Fornax Dwarf
M110
Andromeda Galaxy (M31)
Andromeda I
M32
NGC 6822
Andromeda II
Triangulum Galaxy (M33)
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, ...)



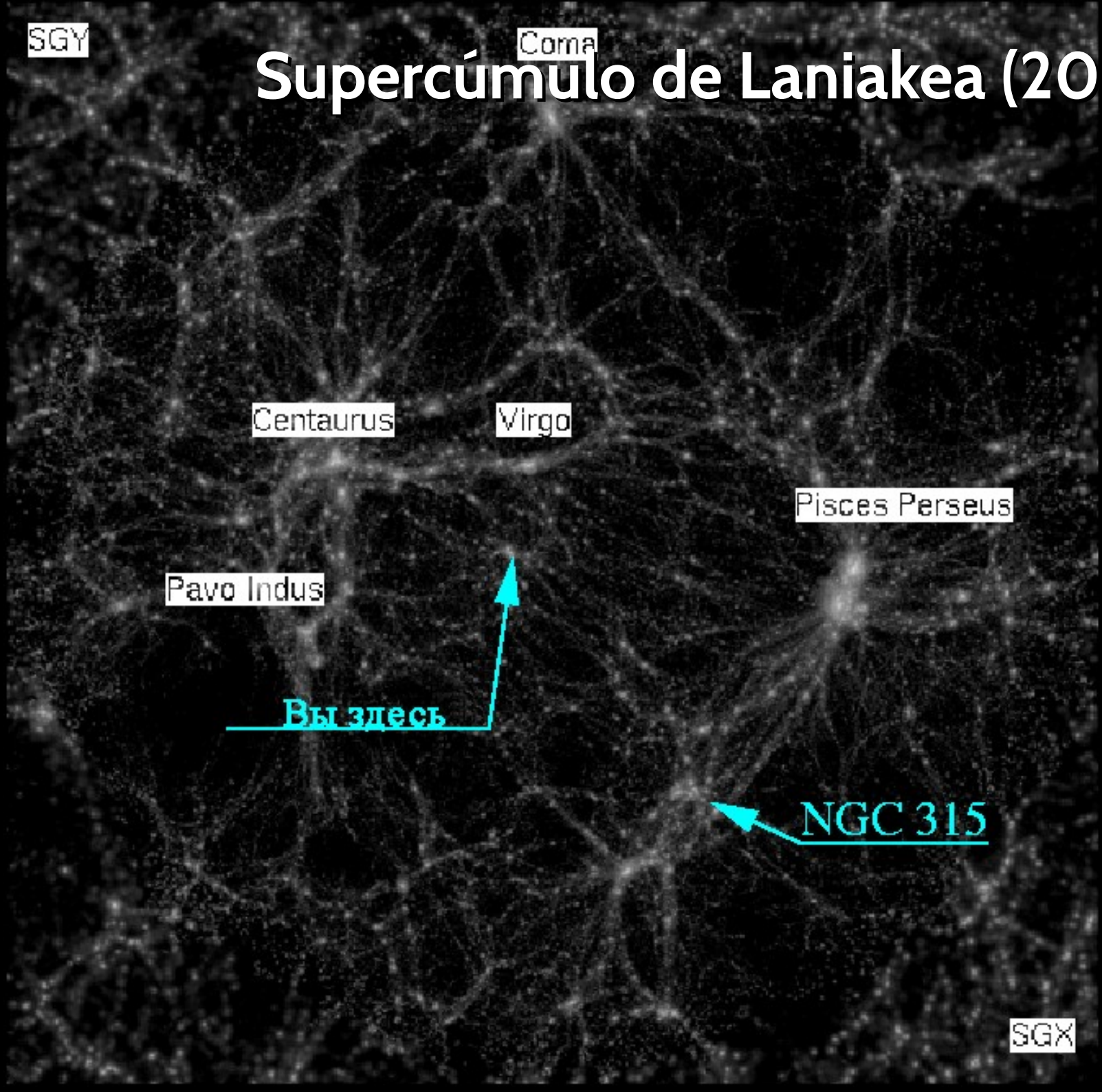
# Supercúmulo de Virgo (o Local)



# 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)

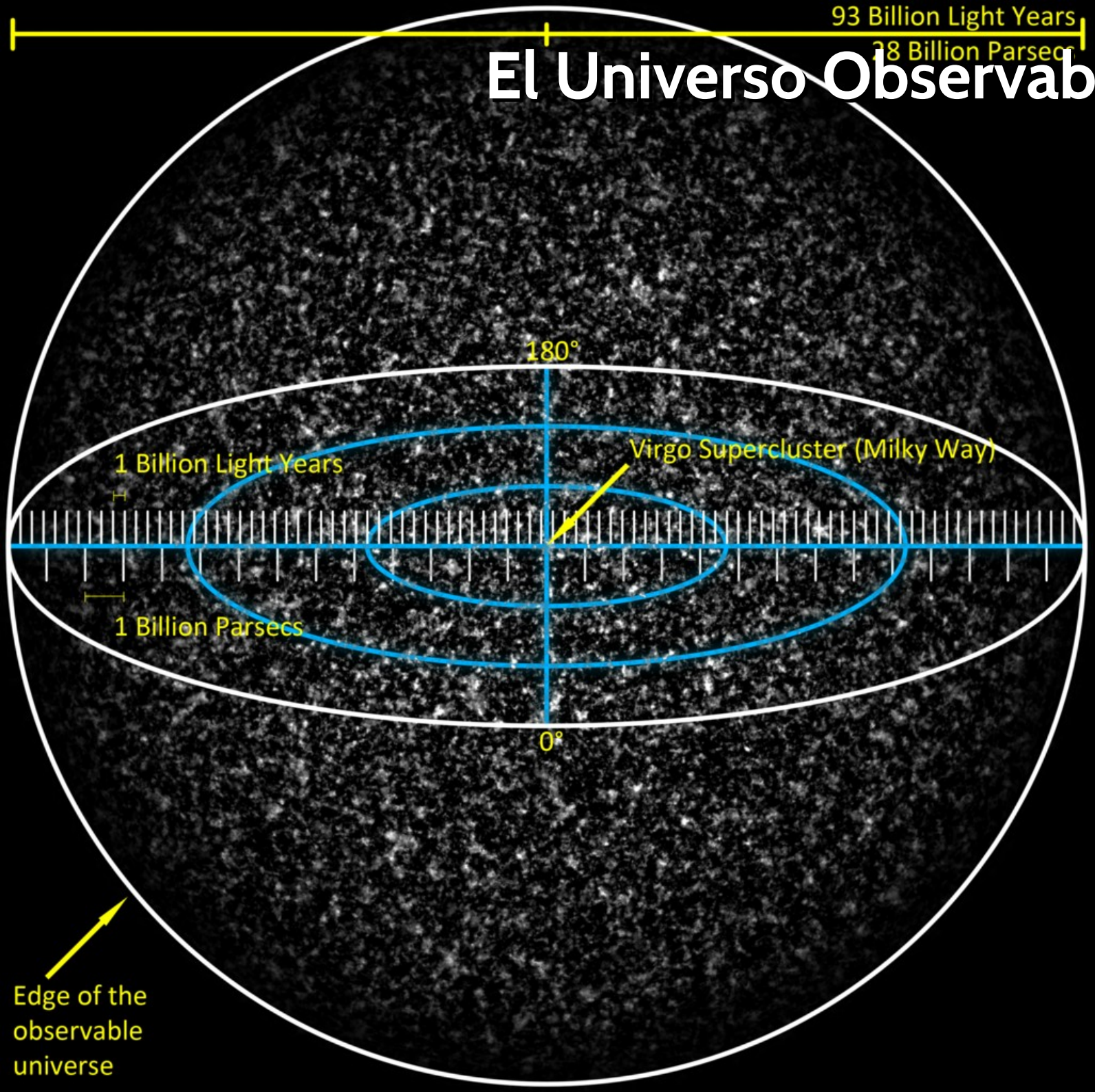
# Supercúmulo de Laniakea (2014)

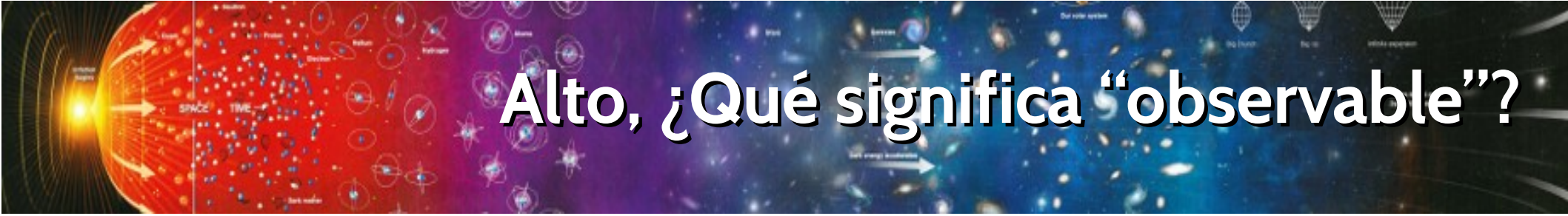


# Supercúmulo de Laniakea (2014)

- Entre 300 y 500 cúmulos de galaxias
- 100000 galaxias en 160 Mpc
- ~$10^{17}$ $M_S$ y ~$5x10^{14}$ $L_s$.
  - Supercúmulo de Virgo
  - Supercúmulo Hydra-Centauro (incluye el Gran Atractor)
  - Supercúmulo Pavo-Indus
- Supercúmulos vecinos:
  - Shapley, Hercules, Coma, Perso-Piscis

# El Universo Observable



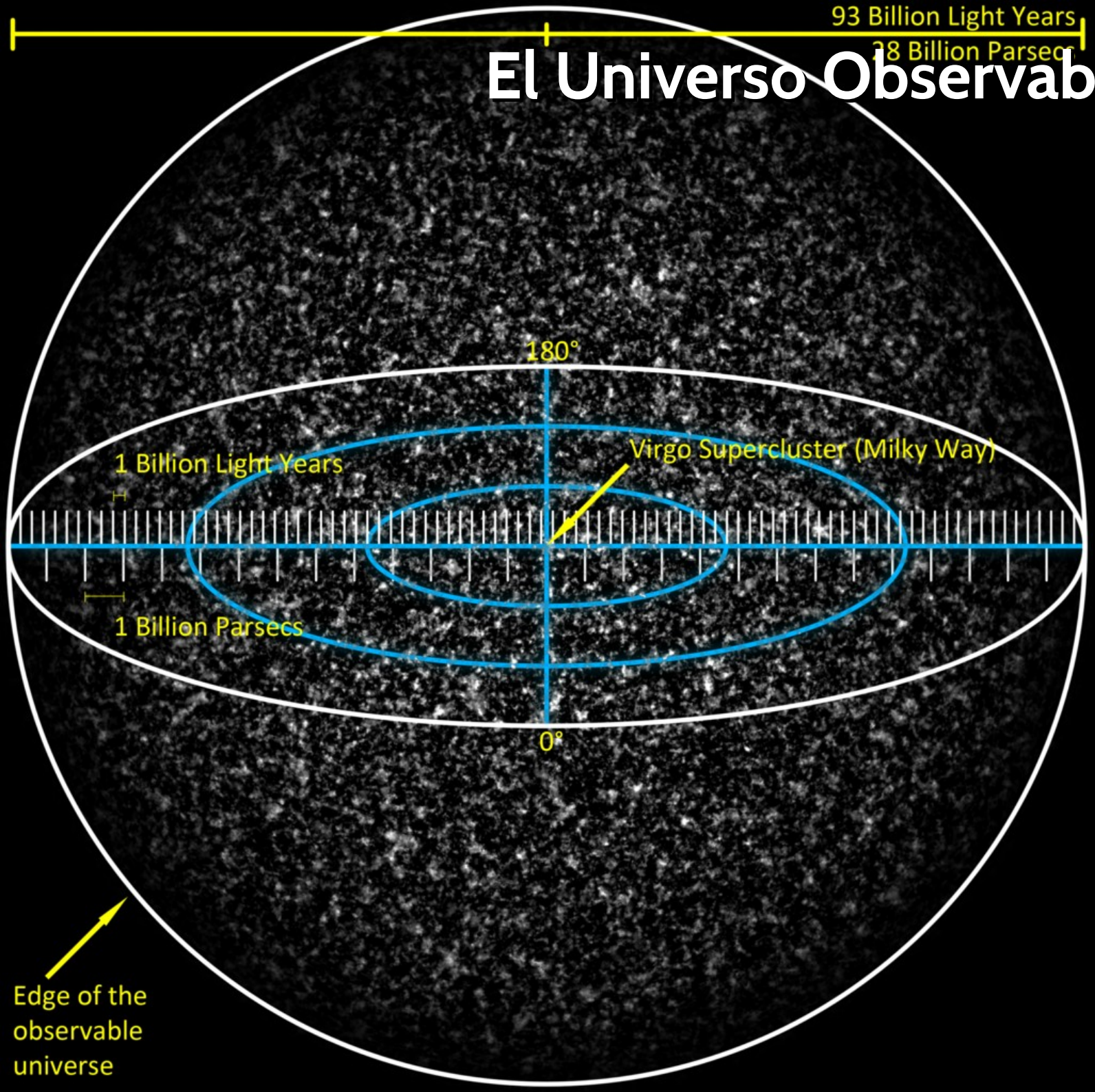


# Alto, ¿Qué significa "observable"?

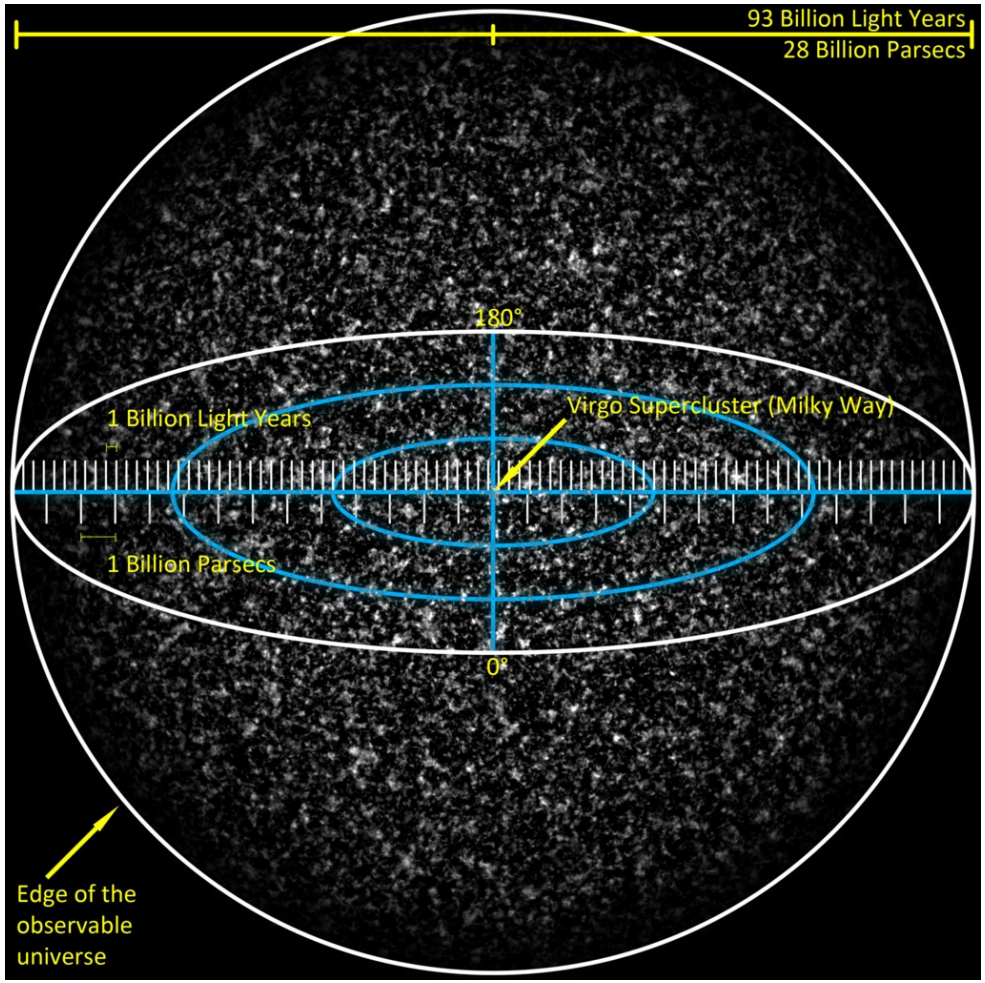
- **Universo observable → r ~ 46.5 mil millones años luz**
  - **Es una esfera centrada en la Tierra que contiene a todos los objetos que pueden ser vistos desde la Tierra ahora.**
  - La luz emitida por estos objetos ha tenido tiempo suficiente para alcanzar a la Tierra
  - **Edad del Universo: $1.37 \times 10^{10}$ años → El Universo observable NO tiene $13.7 \times 10^{9}$ a.l. → universo en expansión (volveremos)**
- **Radio de Hubble → es la distancia que viaja la luz en un tiempo igual al tiempo de Hubble**

$$r_{H_o} = c\, t_{H_o} = \frac{c}{H_0} \simeq 1.37 \times 10^{10} \text{ años luz}$$

# El Universo Observable



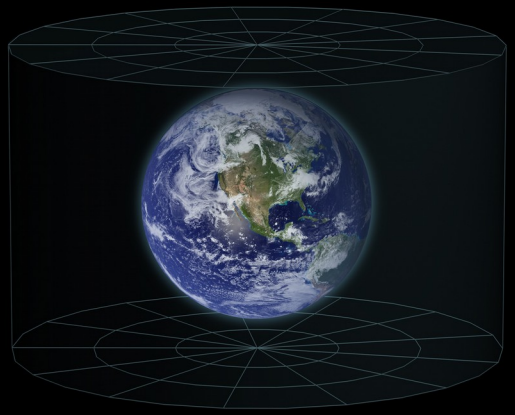
# ¿Cómo se distribuye?



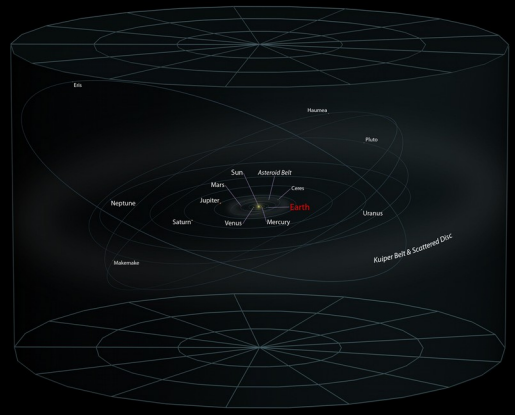

- ¡¡¡A las escalas más grandes el Universo es isótropo y homogeneo!!!
- *parejito* dirían por ahí...
- Esto tiene consecuencias observaciones que veremos en la próxima unidad

# El Universo Observable

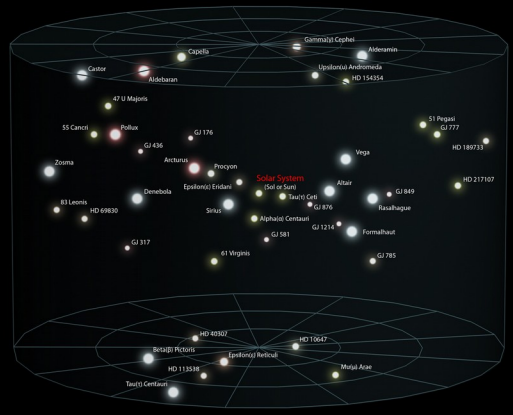
## Earth



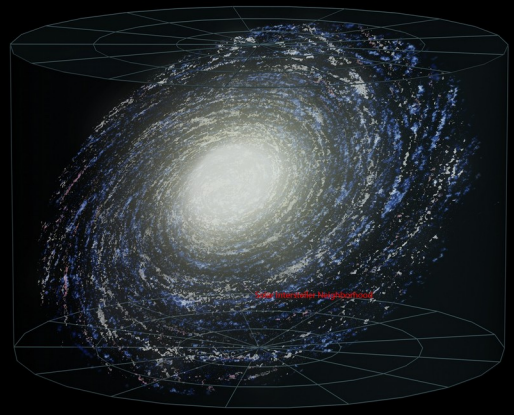
## Solar System



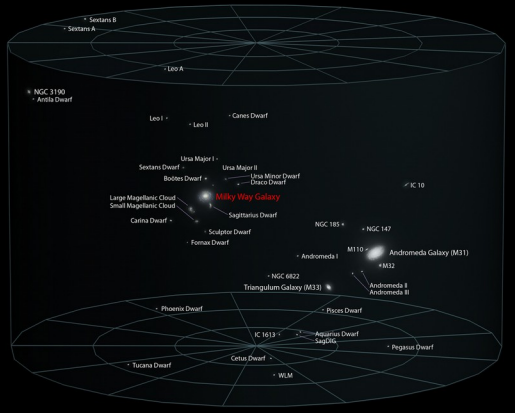

## Solar Interstellar Neighborhood



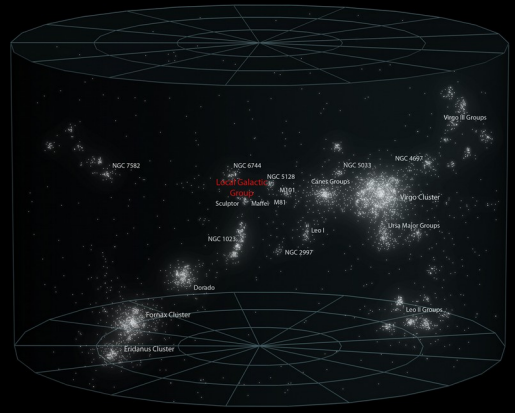

## Milky Way Galaxy



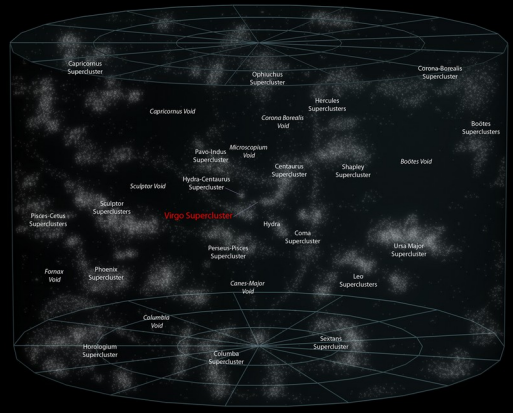

## Local Galactic Group




## Virgo Supercluster




## Local Superclusters




## Observable Universe