

La Vía Láctea y Galaxias

Ernesto Nicola

Palma de Mallorca, 02-12-2021



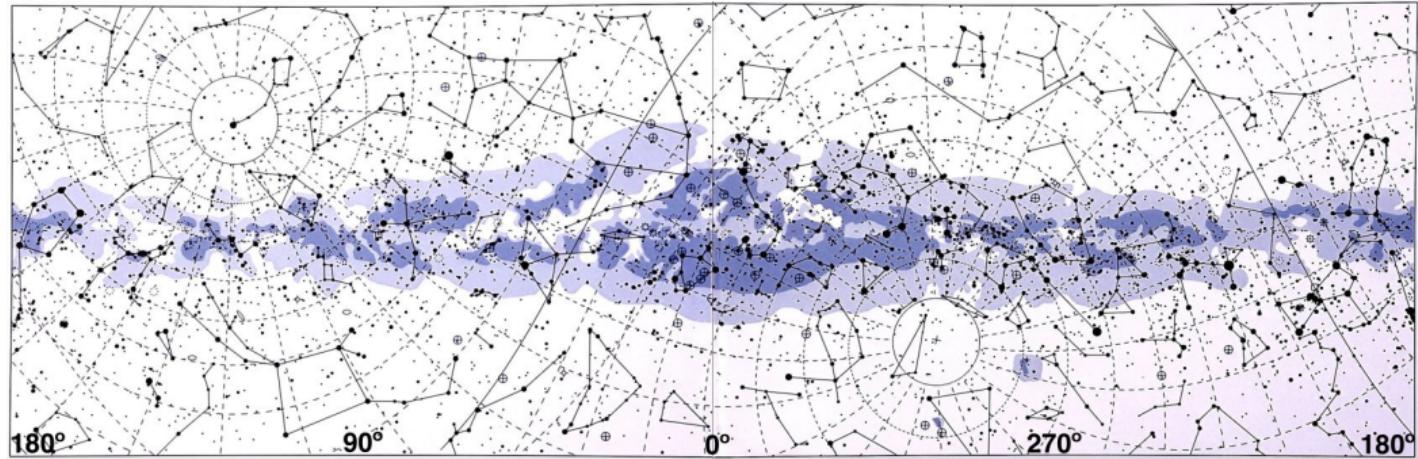
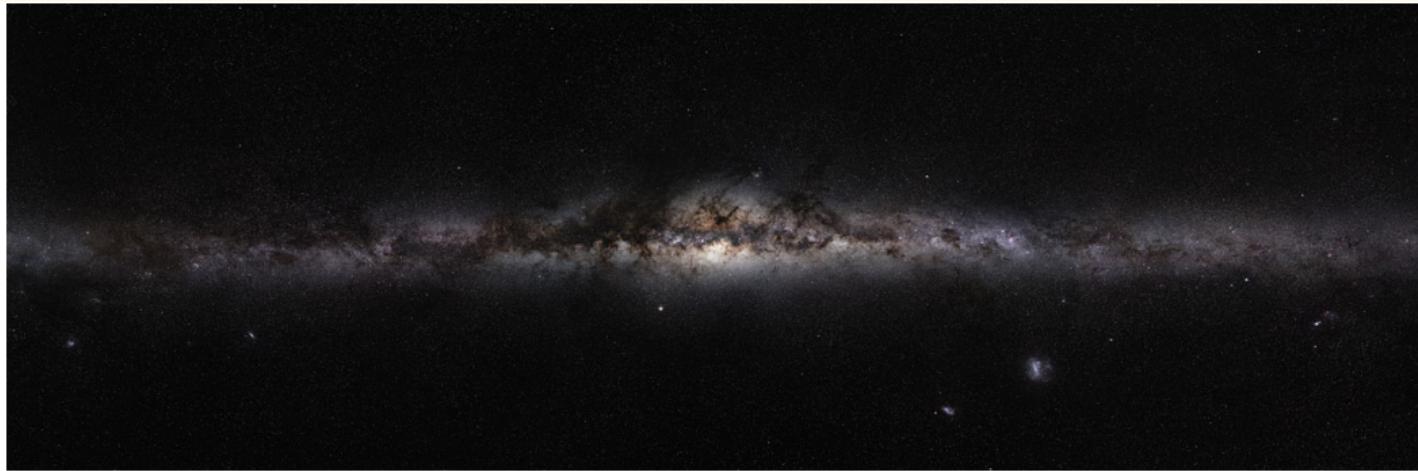
La Vía Láctea sobre los telescopios VLT de la ESO (Cerro Paranal, Chile)



Panorama de la Vía Láctea (por Serge Brunier)



Panorama de la Vía Láctea (por Serge Brunier)



¿Qué es la Vía Láctea?



- La Vía Láctea es una zona del cielo donde hay una tenue y difusa luminosidad. Esta zona es alargada, cruzando prácticamente todo el cielo, y muy irregular.
- La zona de luminosidad se ensancha cerca de las constelaciones de Sagitario y Escorpio.
- Se parece a un camino (vía) o río.
 - Muchas culturas antiguas veían la Vía Láctea como una vía o río
 - Los antiguos griegos la llamaban "galaxíás" ("lechoso"); que deriva de "Gala" ("leche")
 - Ahora la llamamos la galaxia Vía Láctea (lo cual es redundante!)

Contenido de la charla

① La **estructura** de la Vía Láctea

- Disco Galáctico
- Bulbo Galáctico
- Halo Galáctico

② La **geografía** de la Vía Láctea

- Nombres de los brazos de la Vía Láctea
- La Vía Láctea en Coordenadas Galácticas
- Partes Visibles y Partes Ocultas de la Vía Láctea

③ La Vía Láctea; **de cerca a lejos**

④ De la Vía Láctea al **Universo Observable**

⑤ **Otras Galaxias:** Clasificación

⑥ Resumen de la Charla

1. La estructura de la Vía Láctea

¿De que está compuesta la Vía Láctea?

Composición de La Vía Láctea:

① Estrellas (~ 90%):

- Aproximadamente el 90% de la masa de la galaxia está contenida en las estrellas
- Entre 100–400.000.000.000 estrellas
 - Comparando con la población mundial (~ 7.000.000.000 personas); hay ~ 30 estrellas por persona!

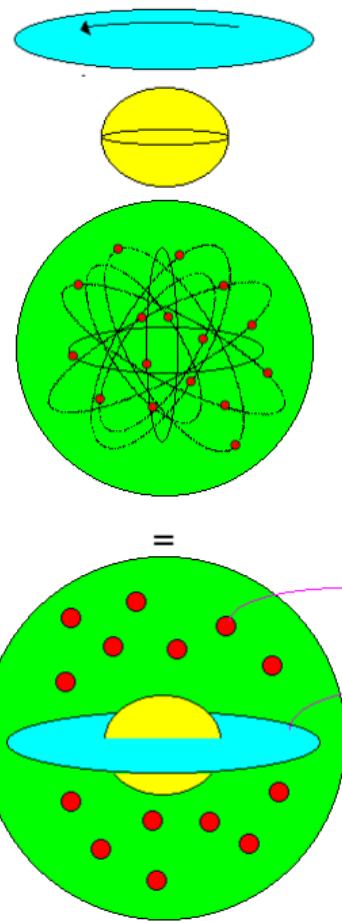
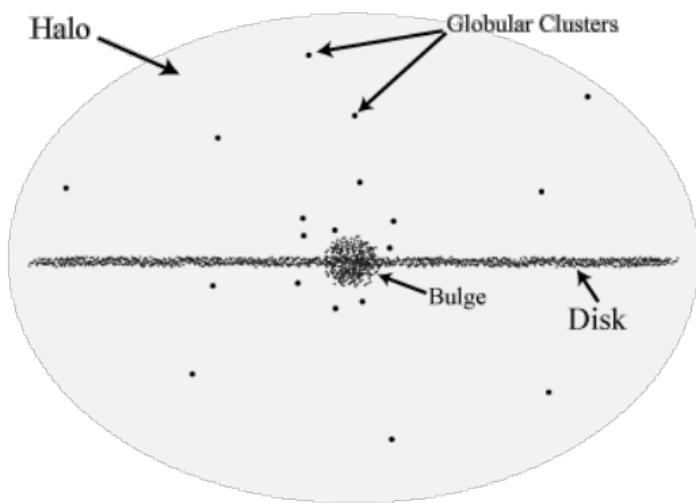
② Medio Interestelar (~ 10%)

- Gas Interestelar
 - Contiene el 10% de la masa de la galaxia
 - Formado fundamentalmente por **átomos**: Hidrógeno 70%, Helio 28%, el 2% restante de C, N, O, Ne, Na, ...
 - Algunas **moléculas** también forman parte del gas interestelar en cantidades extremadamente pequeñas: Hidrógeno molecular, monóxido de carbono, etc.
- Polvo Interestelar
 - Contiene el 0,1% de la masa de la galaxia
 - En realidad se parece mas al humo que al polvo que conocemos en la tierra (partículas muy pequeñas!)
 - Formado por: Hielo, silicatos, grafitos, ...

Estructuras de la Vía Láctea

Tres partes principales:

- ① **Disco** (estrellas jóvenes y de mediana edad + medio interestelar)
- ② **Bulbo** (estrellas viejas)
- ③ **Halo** (estrellas viejas)

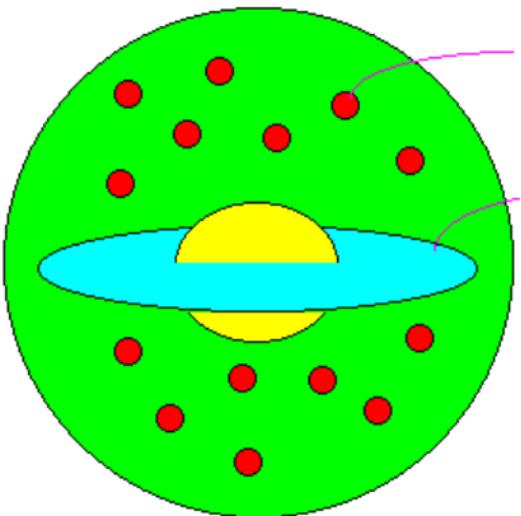


Un Modelo a escala de la Vía Láctea



Escala: 1 mm = 1000 ly

- ① **Disco:** 2 CDs (100 mm de diámetro y 2 mm de espesor)
- ② **Bulbo:** Una pelota de ping-pong (20 mm de diámetro)
- ③ **Halo:** Una bola imaginaria "de gelatina" que envuelve los CDs y contiene ~150 granos de pimienta.
- Un cubo de 1 mm de lado (contiene casi todas las estrellas visibles a simple vista!)

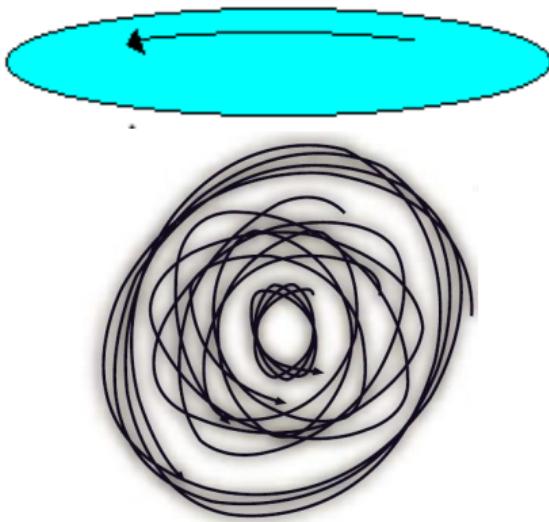


1. La estructura de la Vía Láctea

Disco galáctico

Disco: Contenido y Movimiento

- Disco contiene:
 - La mayoría de las estrellas jóvenes y de mediana edad
 - Medio interestelar: gas y polvo interestelar
- Continuamente están naciendo nuevas estrellas en el disco galáctico y también están "muriendo" (finalizando su vida) estrellas viejas.
 - ¡En promedio nacen unas 7 estrellas por año!
- Las estrellas en el disco rotan alrededor del centro de la galaxia en un mismo plano y en órbitas elípticas



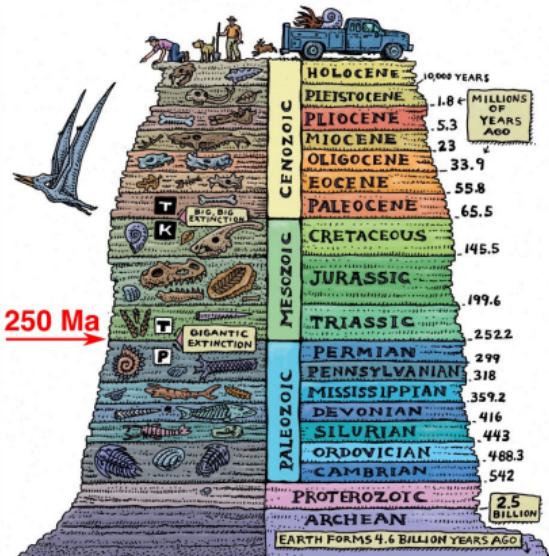
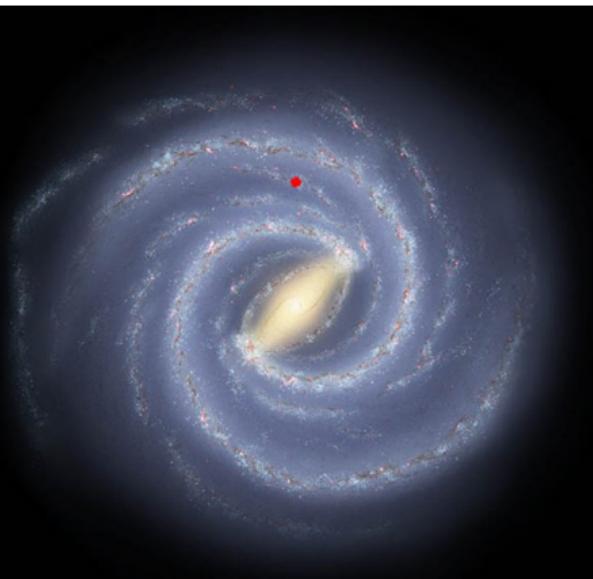
Disco: Tamaño



¿Qué tamaño tiene el disco de la Vía Láctea?

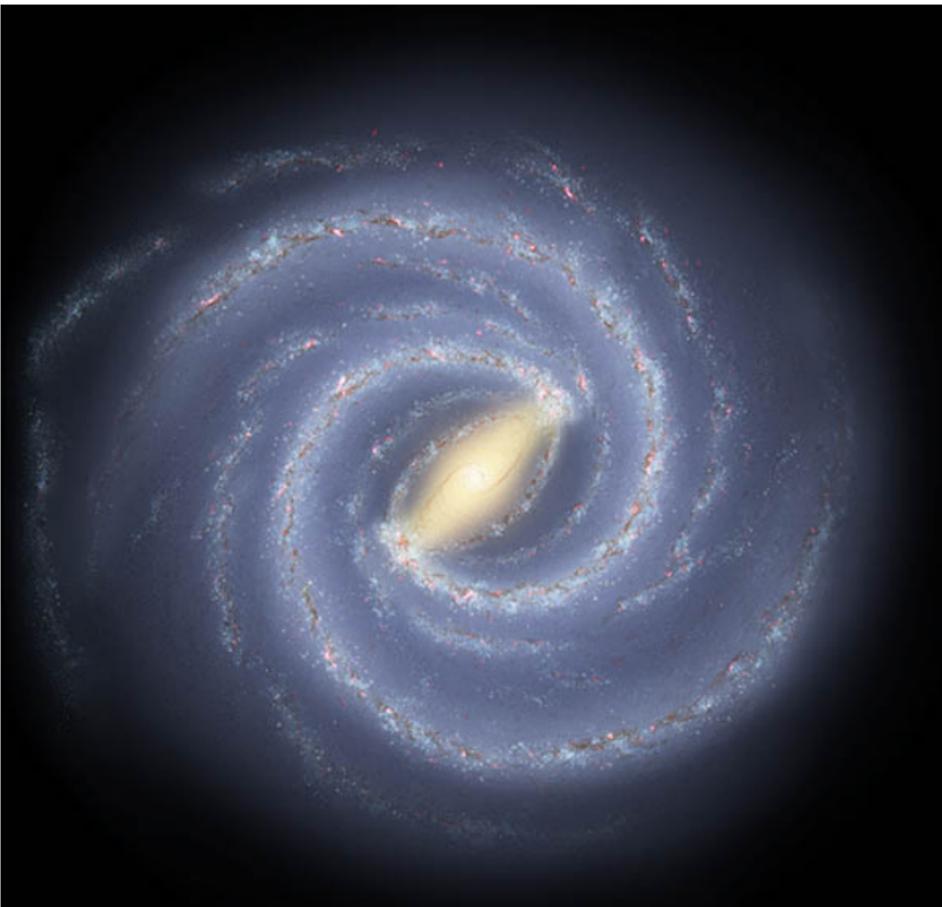
- El disco tiene 100.000 años-luz (ly) de diámetro y 2.000 años-luz (ly) de grosor
- En nuestro modelo (Escala: 1.000 ly = 1 mm):
 - Diámetro: 100.000 ly = 100 mm
 - Grosor: 2.000 ly = 2 mm

Disco: Nuestro rincón en la galaxia



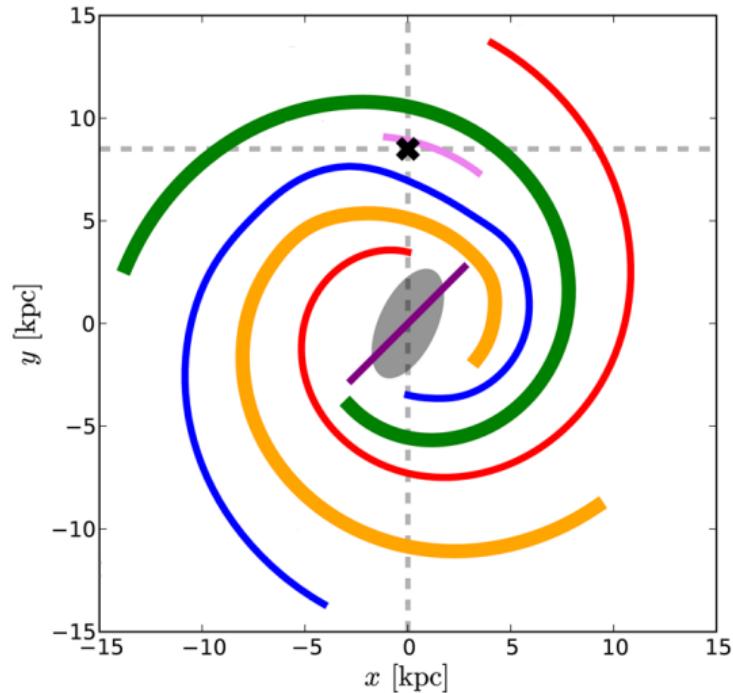
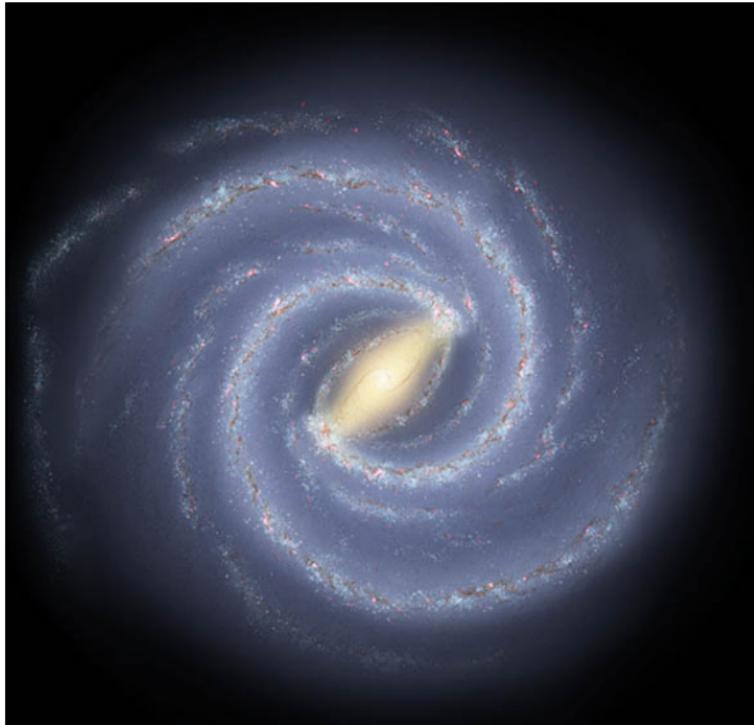
- El sol está ubicado a ~ 25.000 ly del centro de la galaxia (en el modelo el sol está a 25 mm del centro del disco)
- El sol da una vuelta a la galaxia cada ~ 250 millones de años (\equiv "año galáctico").
- Desde su nacimiento el sol ha rotado ~ 20 veces

Disco: Espiral



- Las estrellas en el disco están mayormente ubicadas sobre los brazos de una espiral
- Los brazos se juntan cerca del centro de la galaxia

Disco: Brazos de la Espiral



- 2+2 Brazos
 - **2 Brazos Mayores** (verde y naranja)
 - **2 Brazos Menores** (rojo y azul)
- Los brazos se juntan cerca del centro de la galaxia

Disco: ¿Cuántos Brazos tiene de la Espiral?

Controversia: ¿Cuántos brazos? ¿2 o 4 o 2+2?



Pre-Spitzer (2005)



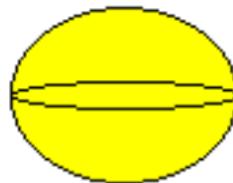
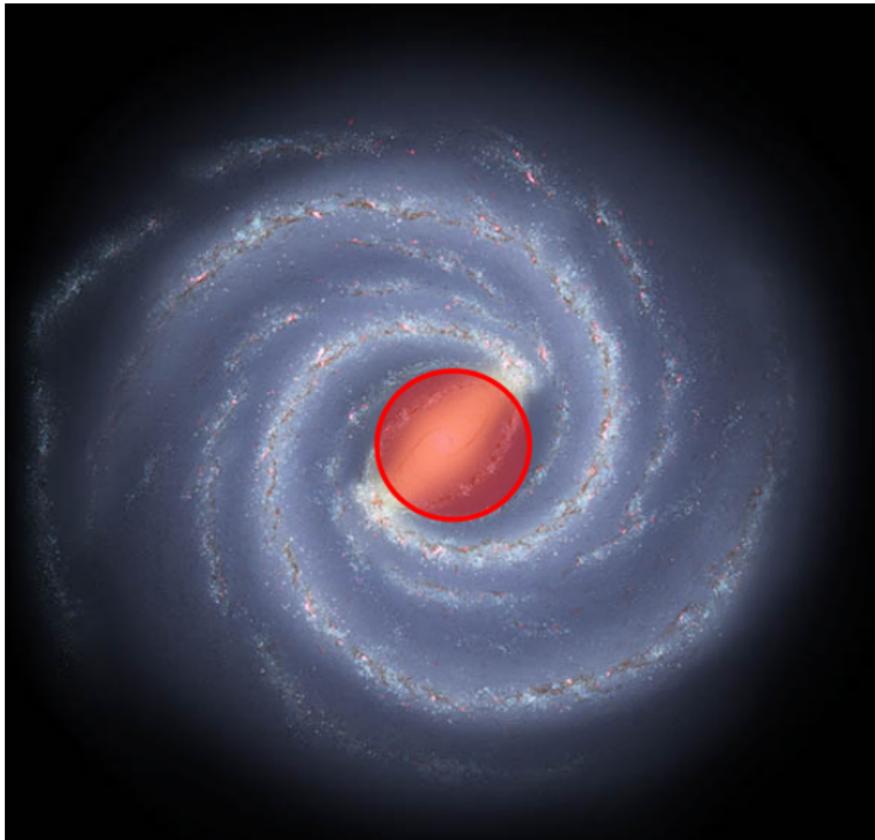
Post-Spitzer (2008)

- Hasta hace poco se pensaba que eran solo 2.
- Después pasaron a ser 4 brazos.
- Respuesta provisoria: 2+2 (2 mayores y 2 menores más cierto número de "atajos" entre los brazos)

1. La estructura de la Vía Láctea

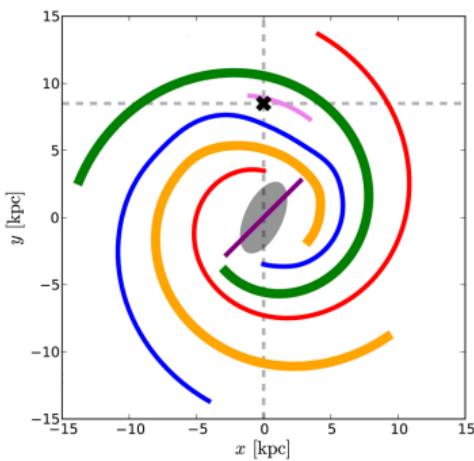
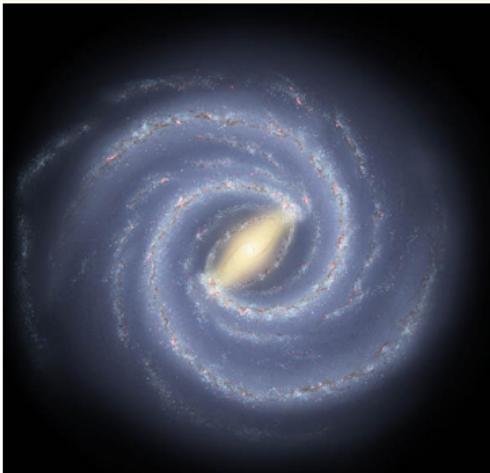
Bulbo galáctico

Bulbo: Estrellas viejas



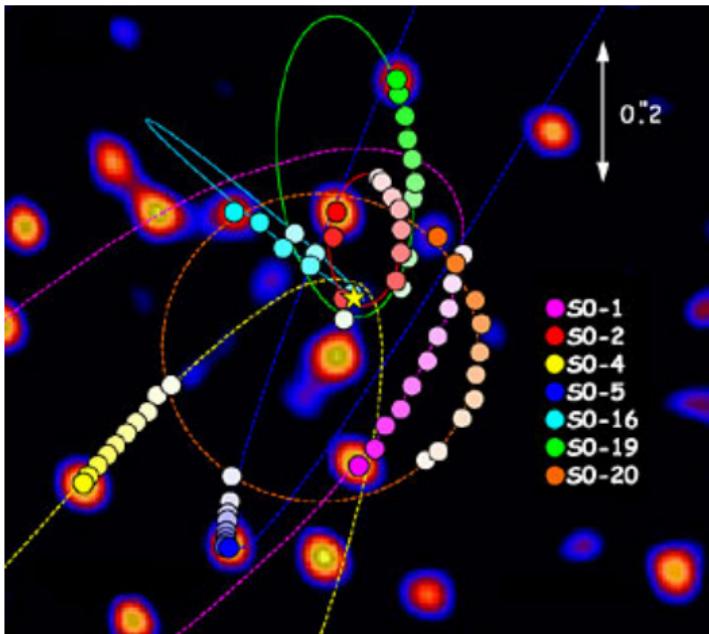
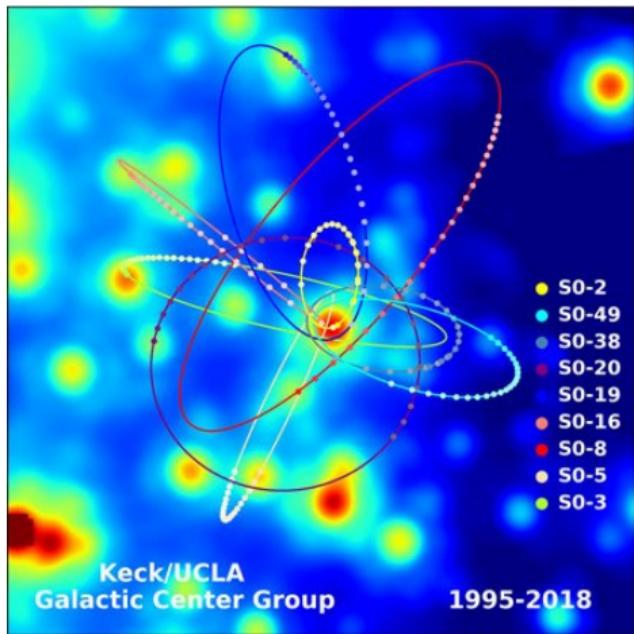
- El Bulbo es una zona elipsoidal en el centro de la galaxia que tiene un diámetro de ~ 15.000 ly (en el modelo son 15 mm)
- El Bulbo está compuesto por estrellas viejas y rojizas y muy poca cantidad de medio interestelar.
- Las estrellas del bulbo orbitan alrededor del centro galáctico (pero sus órbitas no están orientadas en el plano del disco)

Bulbo: En el centro de la galaxia hay un bulbo y una barra



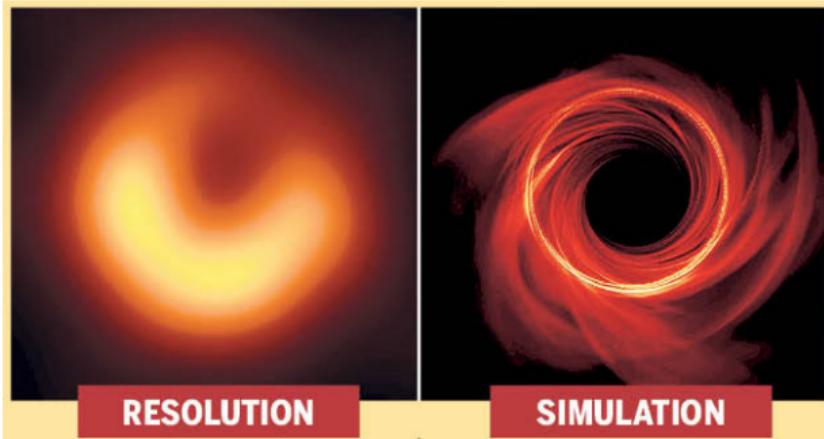
- Estudios recientes indican que, además del bulbo, también existe una **barra** en el centro de la galaxia.
- La barra (o las barras ya que algunos estudios indican que hay dos), es una zona cilíndrica con la densidad alta de estrellas.
- Las estrellas de la barra son más jóvenes que las del bulbo.
- La barra rota sobre el centro de la galaxia como si fuese un cuerpo rígido.
- En los extremos de la barra parecen nacer algunos de los brazos de la espiral del disco.

Bulbo: Agujero negro supermasivo



- En el centro del bulbo (el centro galáctico) hay un agujero negro supermasivo.
 - El agujero negro está en la constelación de Sagitario (cerca del "pico de la tetera") y se llama **Sgr A*** ("Sagitario A estrella").
- La masa del agujero negro es equivalente a $\sim 5.000.000$ masas solares.
 - Sin embargo, la masa del agujero supermasivo es una cantidad ínfima de la masa total de la galaxia. ($\sim 0.001 - 0.0001\%$)

Bulbo: Agujero negro supermasivo

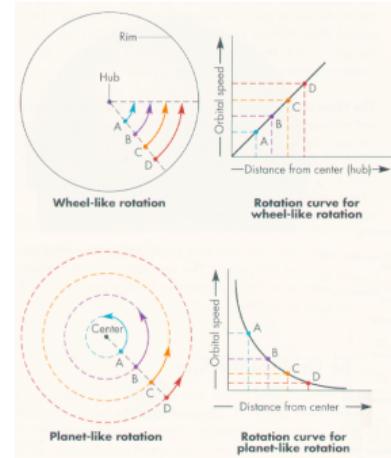
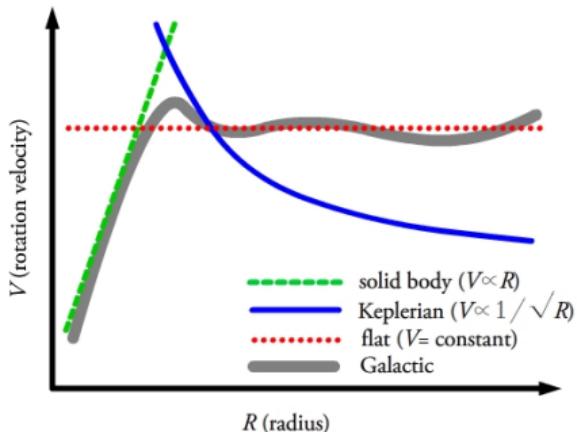


- Casi todas las galaxias estudiadas parecen tener un agujero negro supermasivo en su centro
- En algunas galaxias el agujero negro supermasivo central consume grandes cantidades de materia cercana (gas y polvo).
 - Las **galaxias de núcleo activo** (AGN, *Active Galaxy Nucleus*, por sus siglas en inglés) emiten grandes cantidades de radiación electromagnética y partículas
 - Dependiendo del ángulo de inclinación en el cielo en el que las observamos desde la tierra, las AGNs se conocen como Quásares, Blázares o galaxias Seyfert.
 - Se piensa que la Vía Láctea ha pasado por fase(s) activa(s) en el pasado.

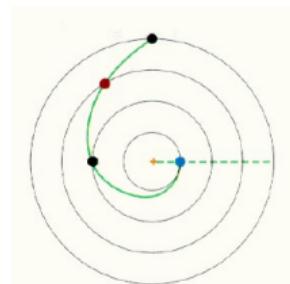
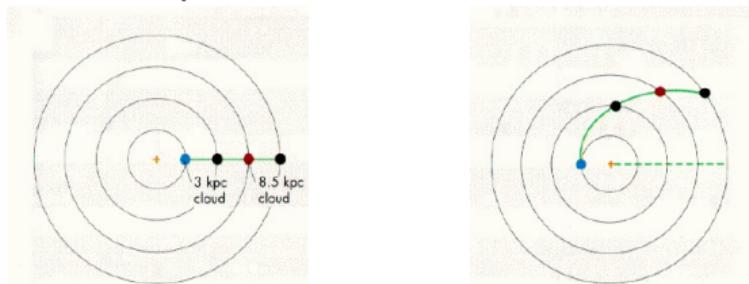
Rotación de la Espiral y la Barra

Rotación de las Estrellas en el Disco y la Barra

- Las estrellas se mueven con velocidad aproximadamente constante en el disco y como un cuerpo rígido en la barra



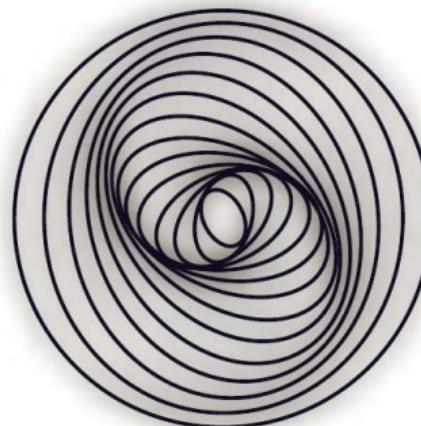
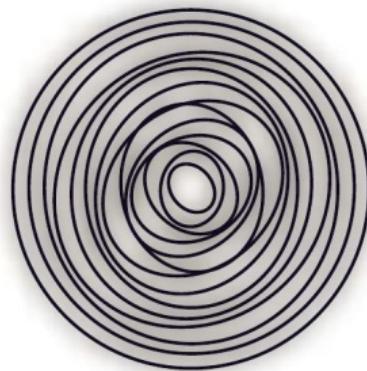
- En el disco se produce una rotación diferencial:



¿Porqué se forman la Espiral y la Barra?

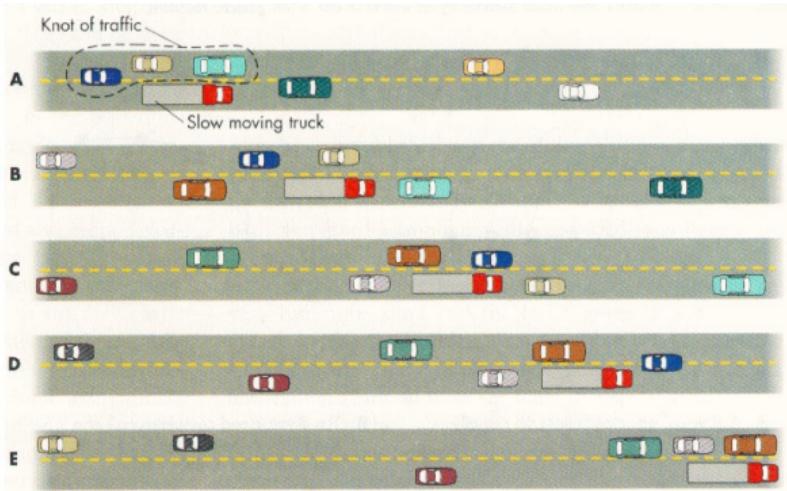
Coordinación de órbitas estelares elípticas

Órbitas elípticas en el disco:



¿Qué ocurre en los brazos de la Espiral?

- En los brazos de la espiral del disco de produce un efecto de "embotellamiento" de estrellas y gas



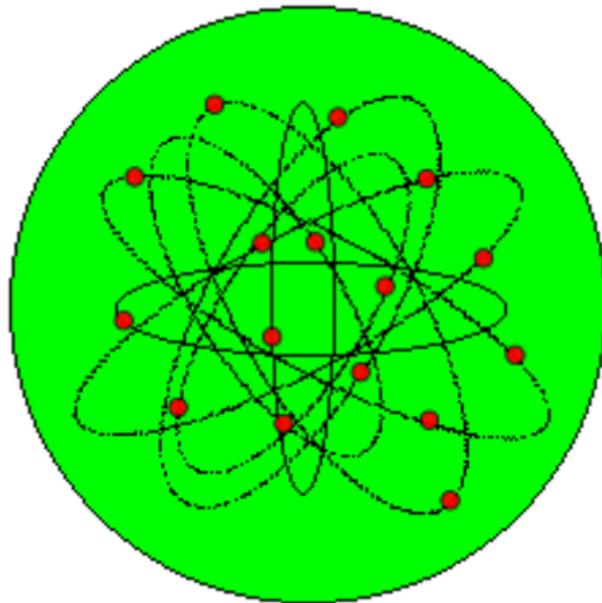
- La zona del brazo de la espiral se mueve mucho mas lentamente que las estrellas y el gas que lo componen
- Las estrellas y la materia que componen los brazos de las espirales van cambiando con el tiempo.
 - Las estrellas entran y salen de los brazos de las espirales a medida que rotan alrededor del centro galáctico.

1. La estructura de la Vía Láctea

Halo galáctico

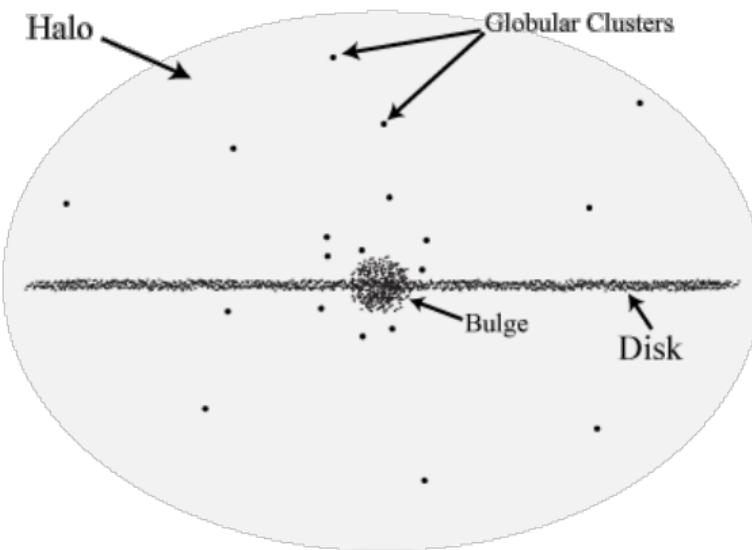
Halo: Composición

- El halo galáctico es una zona aproximadamente esférica que envuelve tanto al disco como el bulbo



- El halo está compuesto por tres partes:
 - 1 Halo estelar
 - 2 Corona galáctica (compuesto de plasma (gas) muy caliente)
 - 3 Halo de materia oscura

Halo: El Halo Estelar



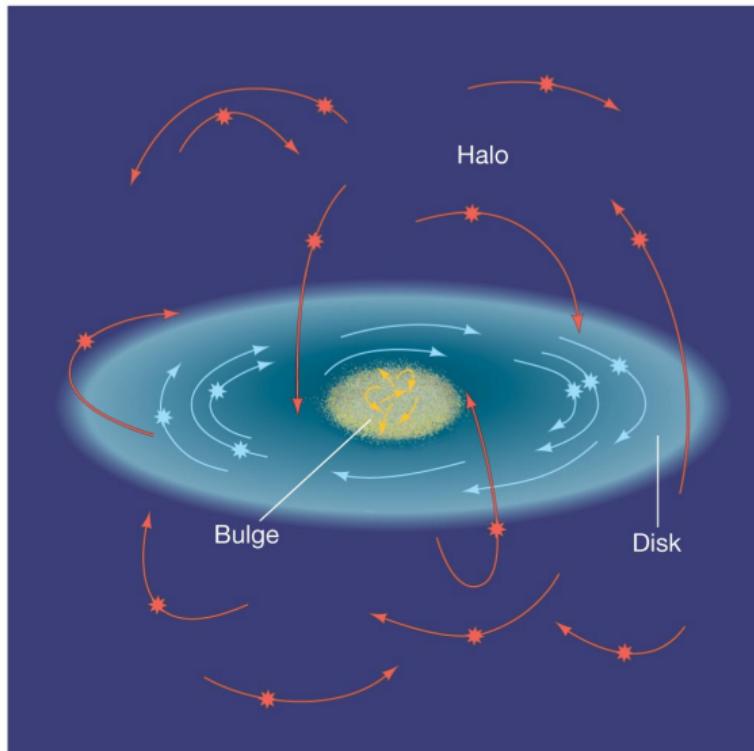
(a)

Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.

- El halo estelar está compuesto por estrellas viejas y rojizas
- Prácticamente la totalidad de estas estrellas está contenida en alguno de los más de 150 cúmulos globulares que posee nuestra galaxia
- Fuera de los cúmulos globulares la densidad de estrellas es muy baja
- Los cúmulos globulares contienen entre (entre 20,000 y 1 millón de estrellas) y orbitan el centro de la galaxia

Halo: Movimiento/Rotación de los Cúmulos Globulares

- Las órbitas de las estrellas en el disco son todas en la misma dirección y en el plano del disco galáctico
- Las órbitas de las estrellas en el halo y bulbo no tienen simetría cilíndrica.



Halo: Halo de Materia Oscura

- Mas allá del halo de nuestra galaxia, un envoltorio de materia oscura parece rodear toda la galaxia
- Esta enigmática "materia oscura" también ha sido observada envolviendo otras galaxias
- Se calcula que el 95% de la materia que compone la galaxia es materia oscura.
- La materia oscura del halo es la responsable de la rotación diferencial de las estrellas en el disco galáctico

2. La geografía de la Vía Láctea

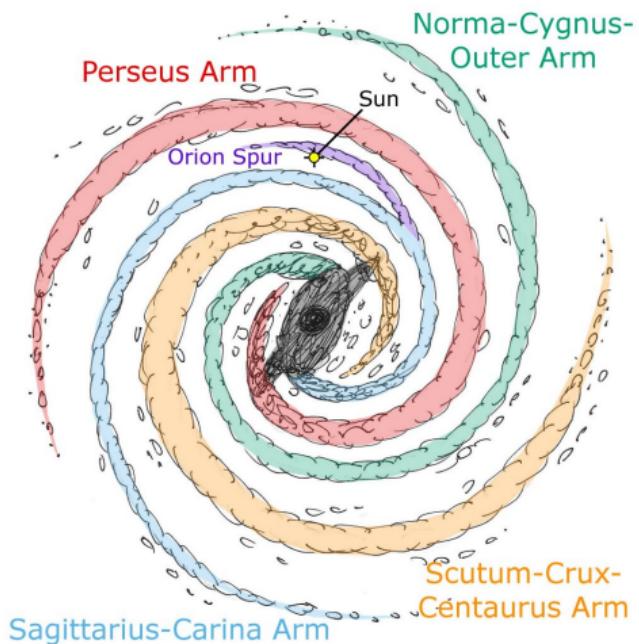
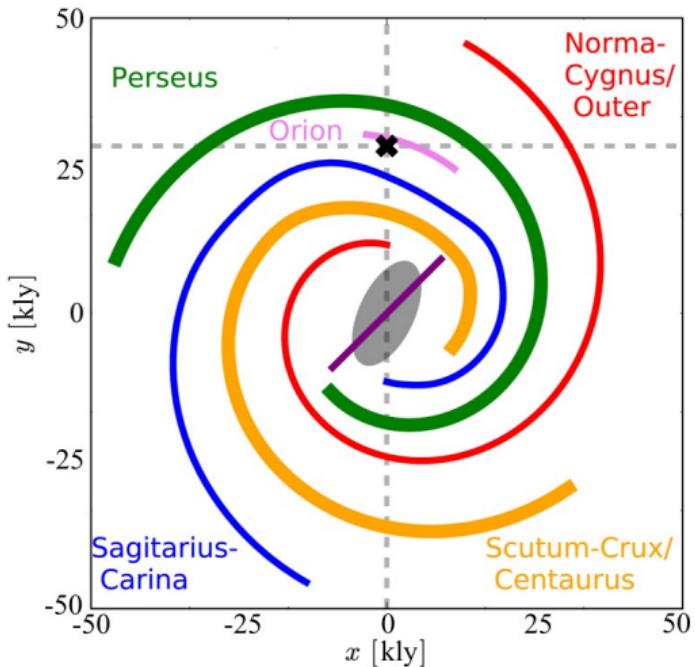
La geografía de la Vía Láctea

- Nombres de los brazos de la espiral
- ¿Cómo está orientada la tierra respecto a la galaxia?
- ¿Qué parte de la galaxia vemos desde nuestra latitud?
- A lo largo del año vemos distintas partes de la galaxia.

2. La geografía de la Vía Láctea

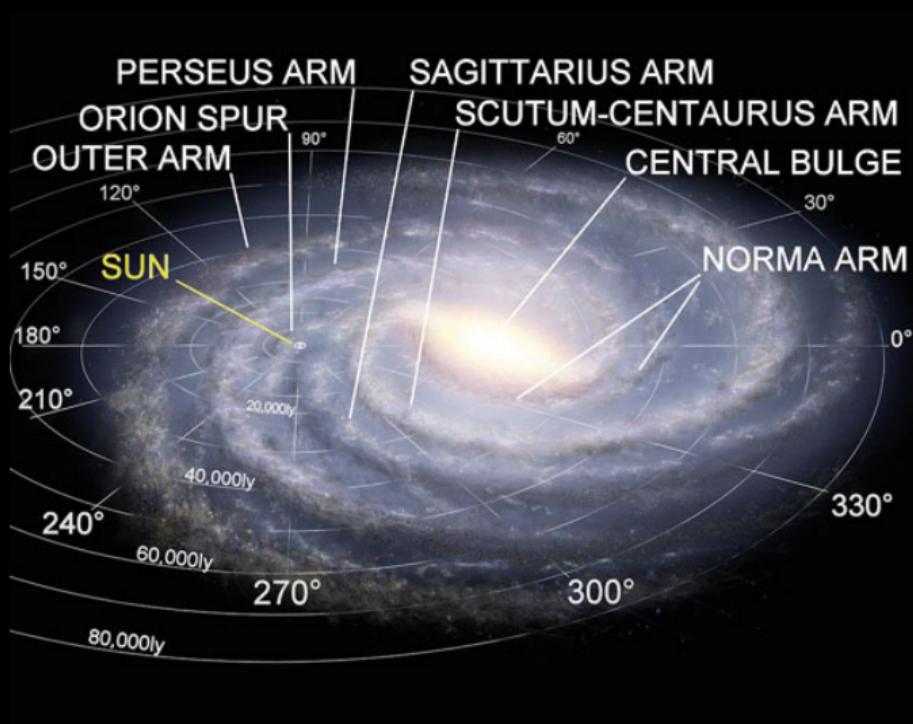
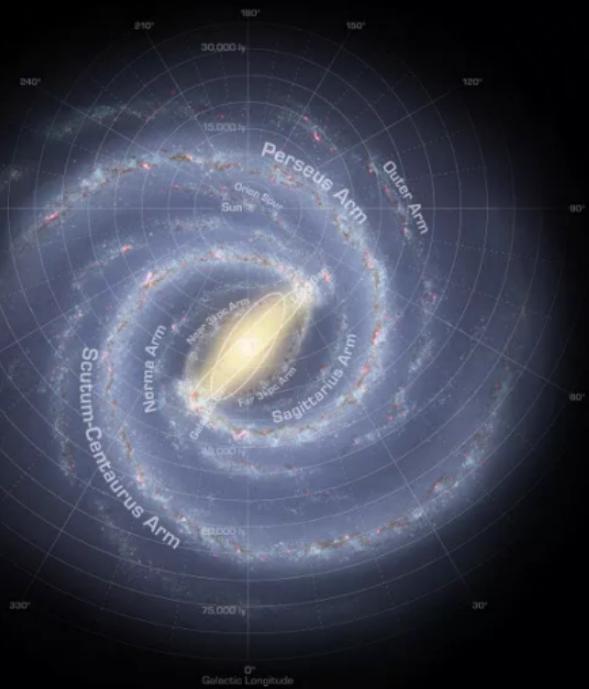
Nombres de los brazos de la Vía Láctea

Nombres de los brazos de la Vía Láctea

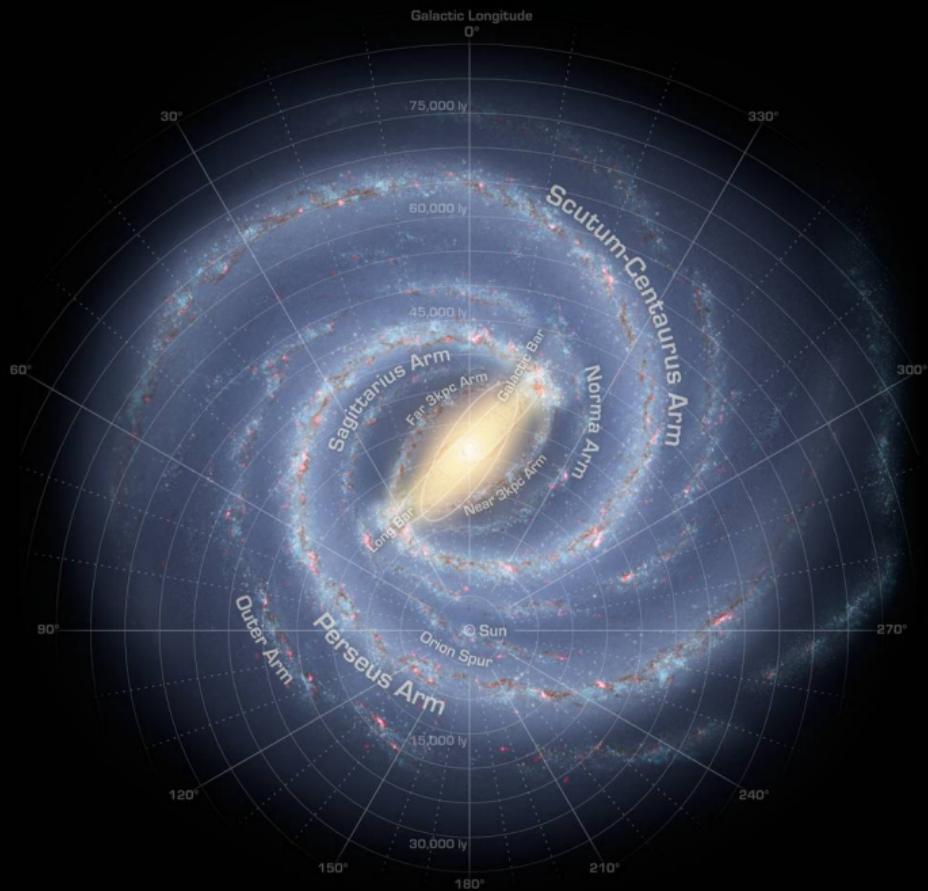


- 2 Brazos Mayores: **Brazo de Perséo y Brazo de Scutum - Crux/Centauro**
- 2 Brazos Menores: **Brazo de Sagitario - Carina y Brazo de Norma - Cisne/Exterior**
- Brazo o Transecto de Orión

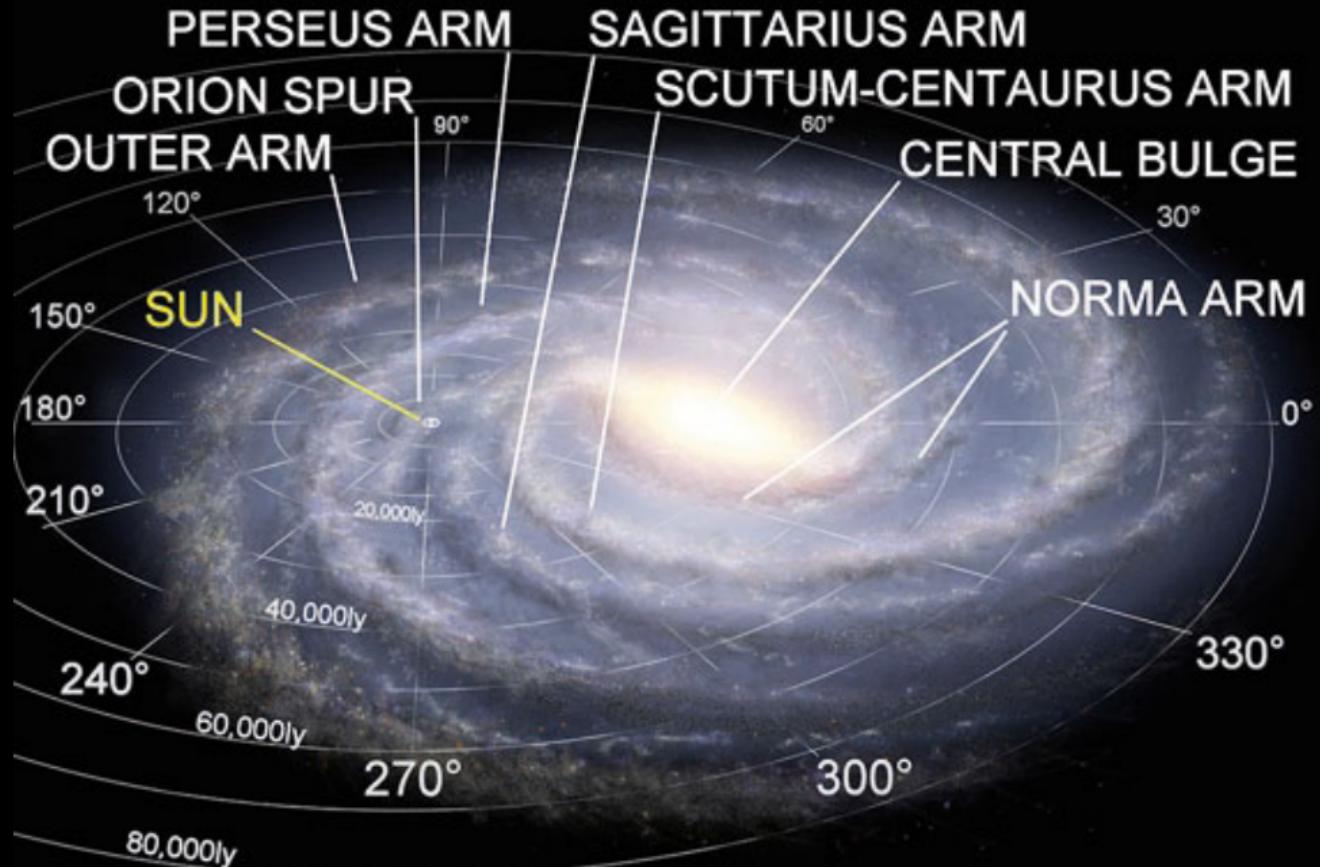
El mapa de la Vía Láctea



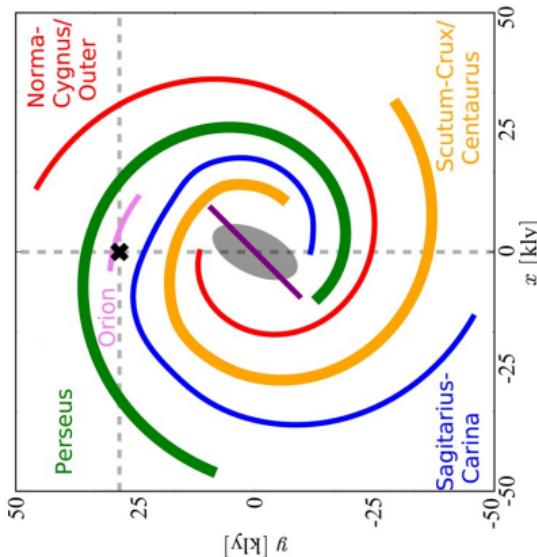
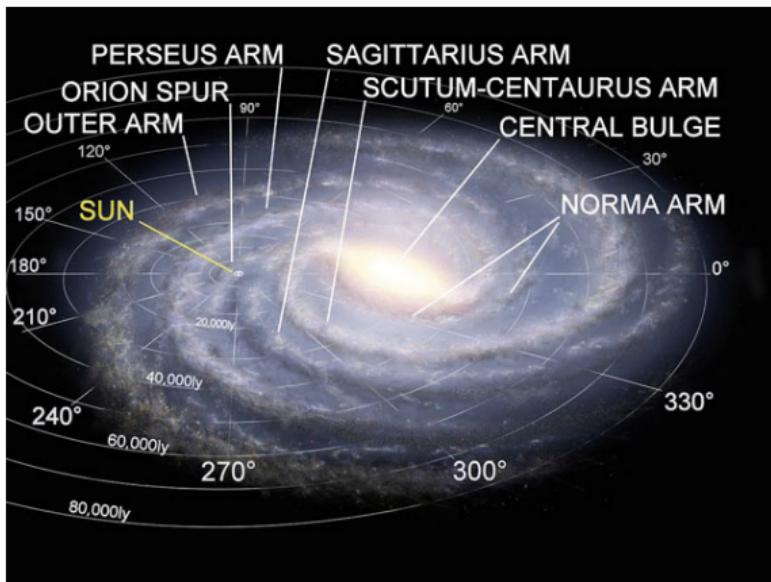
Nombres de los brazos de la Vía Láctea: De Frente



Brazos de la Vía Láctea: De Lado



El mapa de la Vía Láctea: Algunas distancias típicas

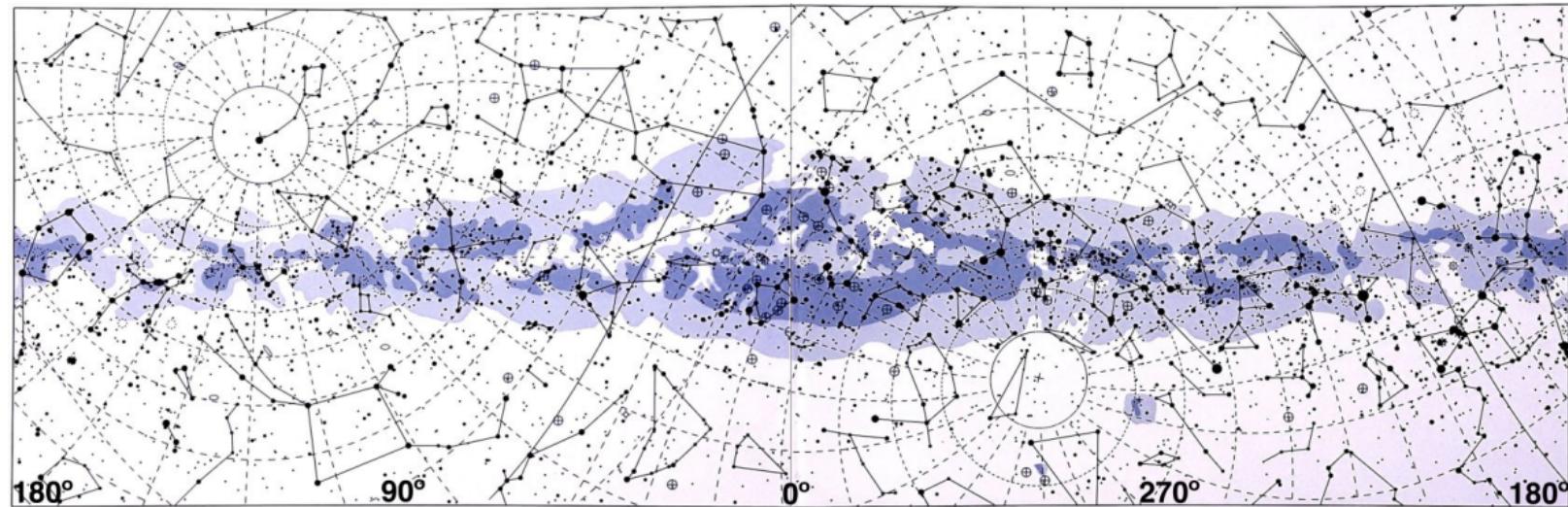


- Ancho y distancia entre brazos
 - Ancho de los brazos: $\sim 4,000$ ly
 - Espacio entre brazos: $\sim 2,000$ ly
- Hacia el centro de la galaxia
 - Brazo de Sagitario: $\sim 5,000$ ly
 - Brazo de Scutum-Centauro: $\sim 10,000$ ly
 - Brazo de Norma: $\sim 15,000$ ly
 - Inicio del Bulbo/Barra: $\sim 17,000$ ly
 - Centro de la galaxia: $\sim 27,000$ ly
- Hacia afuera de la galaxia
 - Centro del brazo de Orión: $\sim 1,500$ ly
 - Brazo de Perséo: $\sim 8,000$ ly
 - Brazo de Norma/Exterior: $\sim 20,000$ ly

2. La geografía de la Vía Láctea

La Vía Láctea en Coordenadas Galácticas

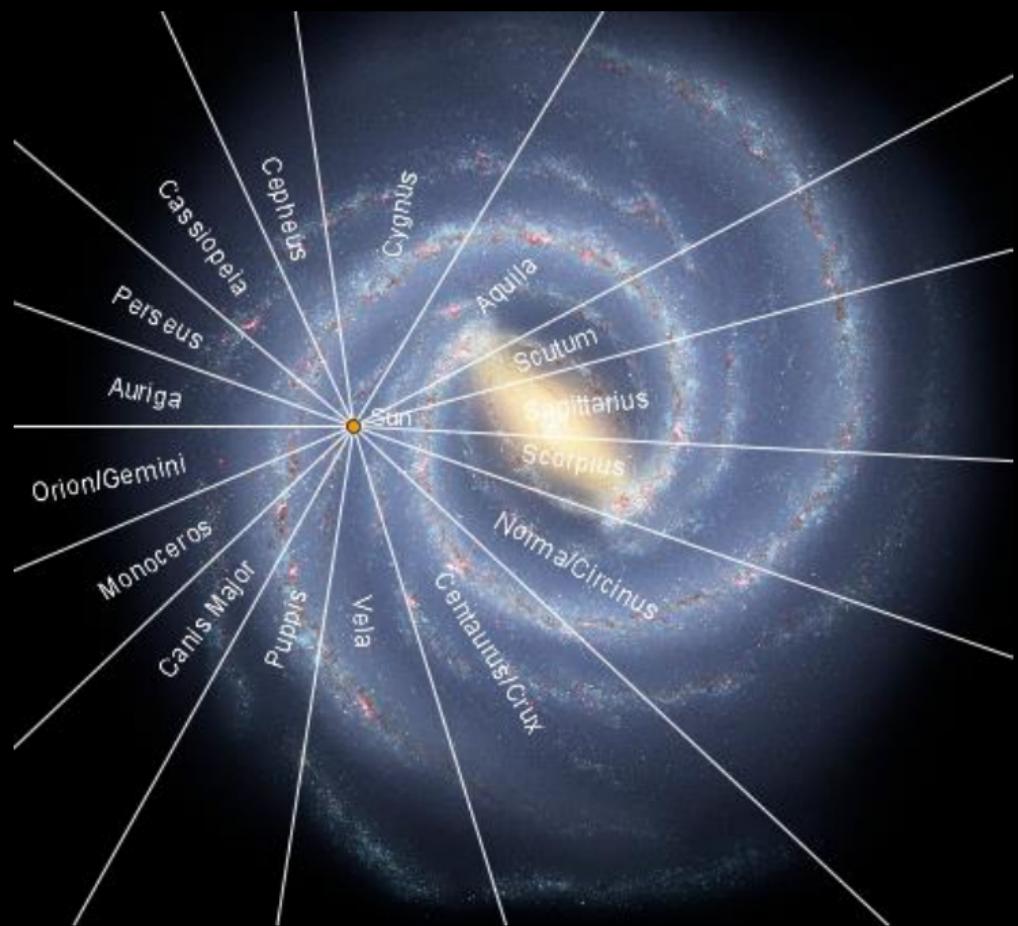
La Vía Láctea en Coordenadas Galácticas (Long. y Lat. Galáctica)



Los "sectores" de la Vía Láctea



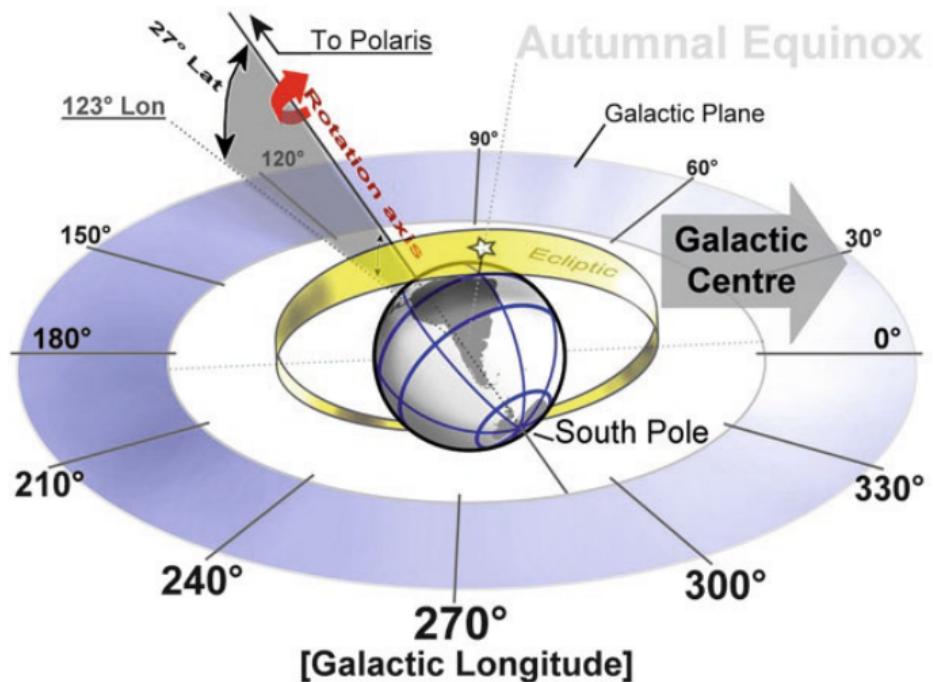
Constelaciones en el Plano Galáctico



2. La geografía de la Vía Láctea

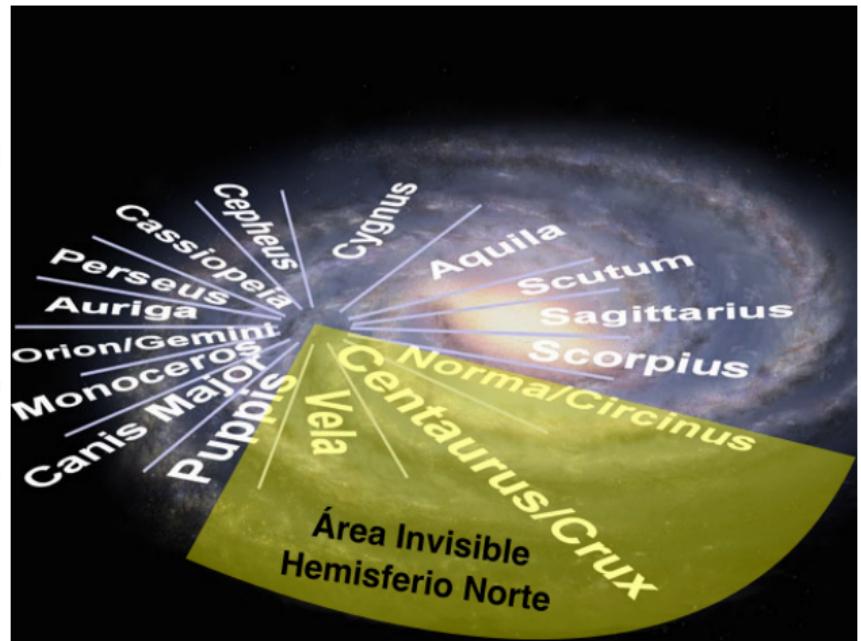
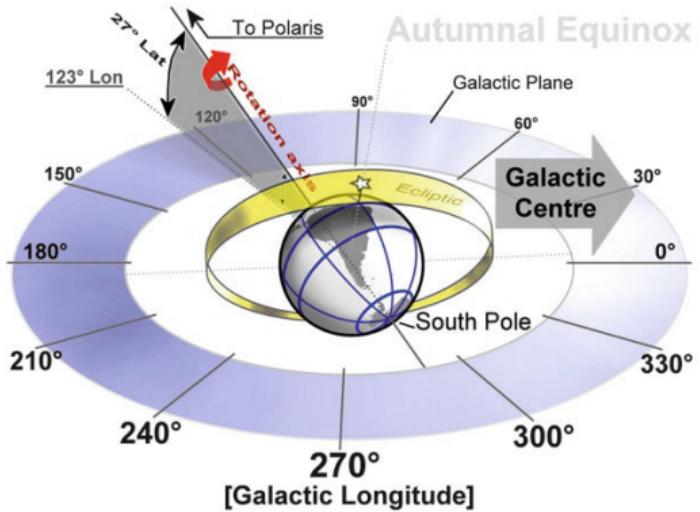
Partes Visibles y Partes Ocultas de la Vía Láctea

¿Cómo está orientada la tierra respecto a la galaxia?

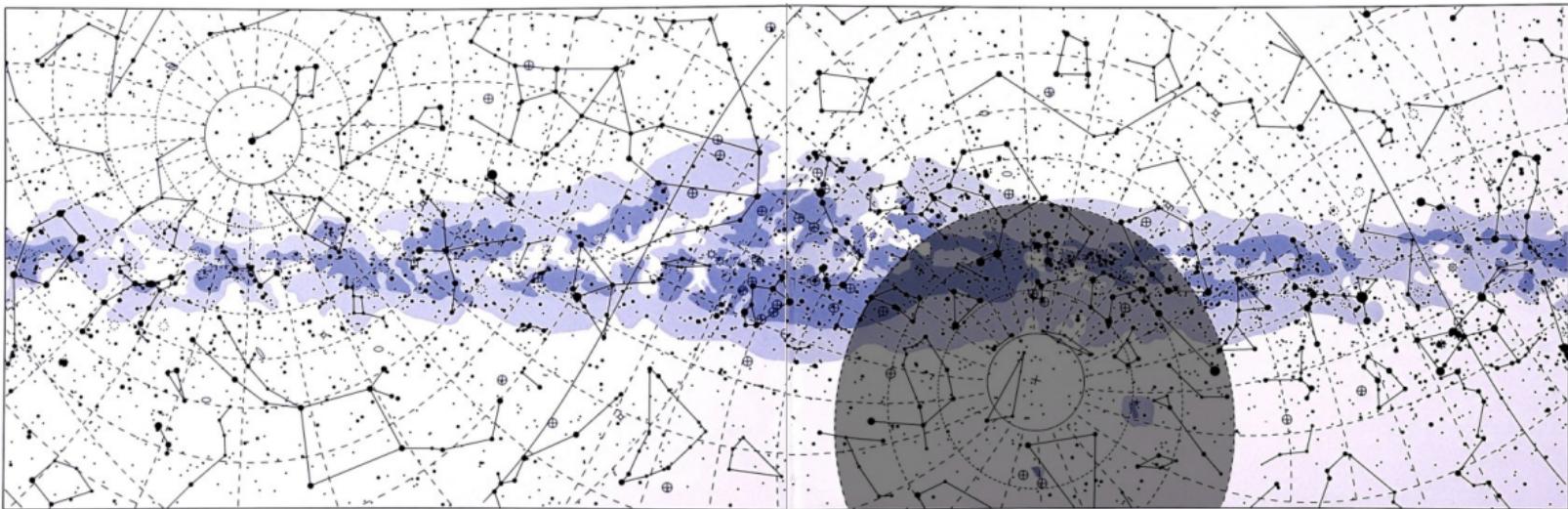


¿Qué parte de la galaxia vemos desde nuestra latitud?

- En el **hemisferio norte**, para latitudes medianas:

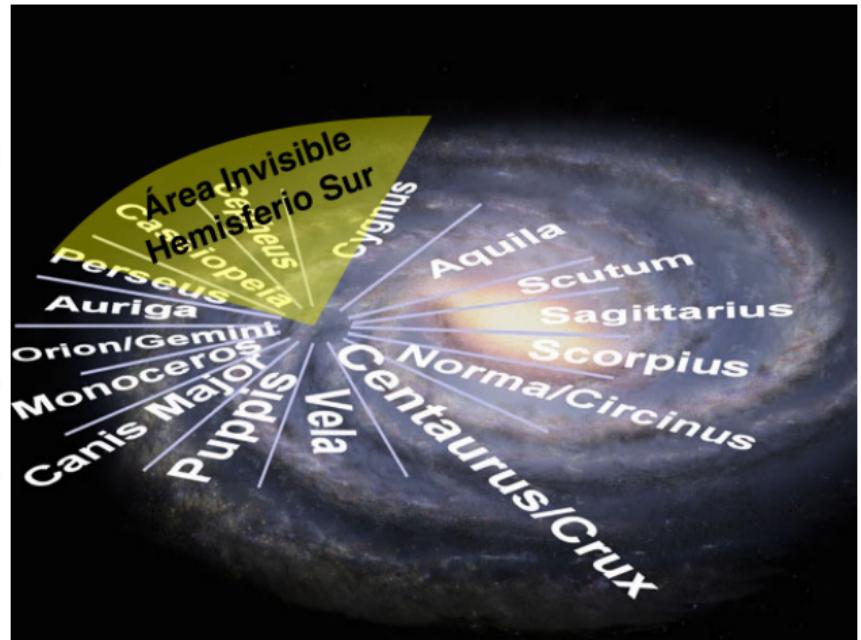
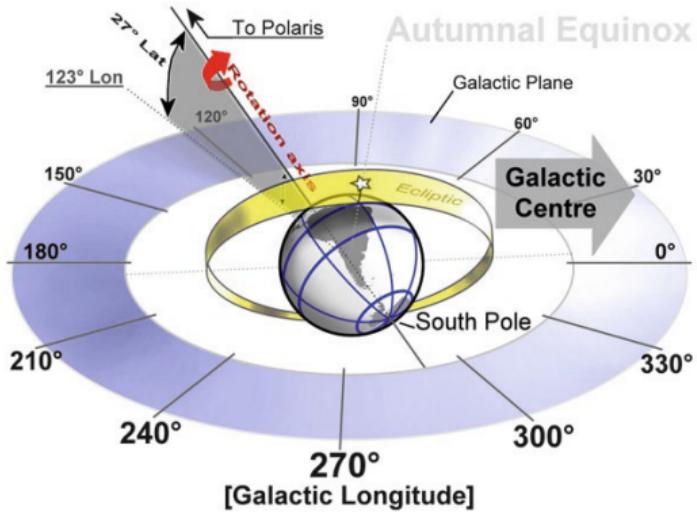


Galaxia visible desde el Hemisferio Norte ($\sim 40^\circ$ N)

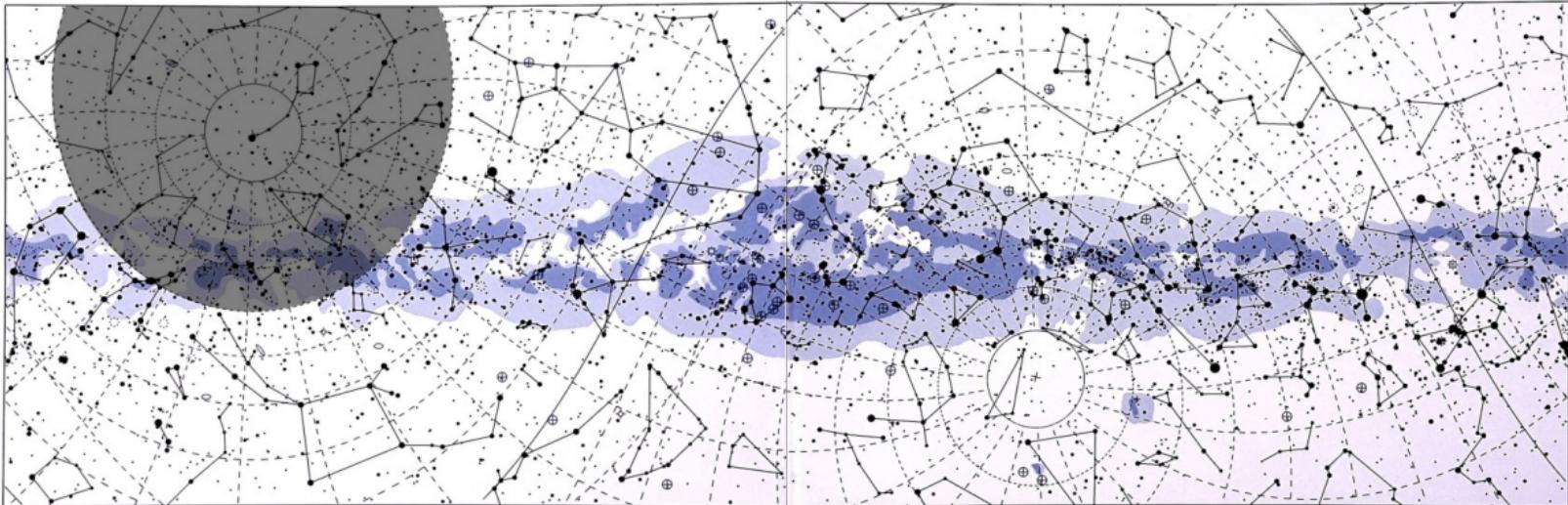


¿Qué parte de la galaxia vemos desde nuestra latitud?

- En el **hemisferio sur**, para latitudes medianas:

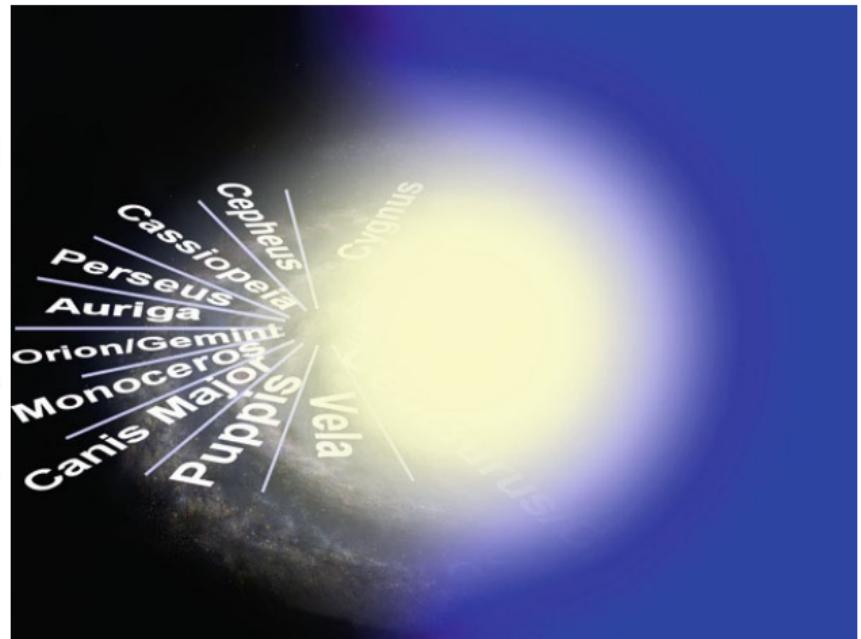
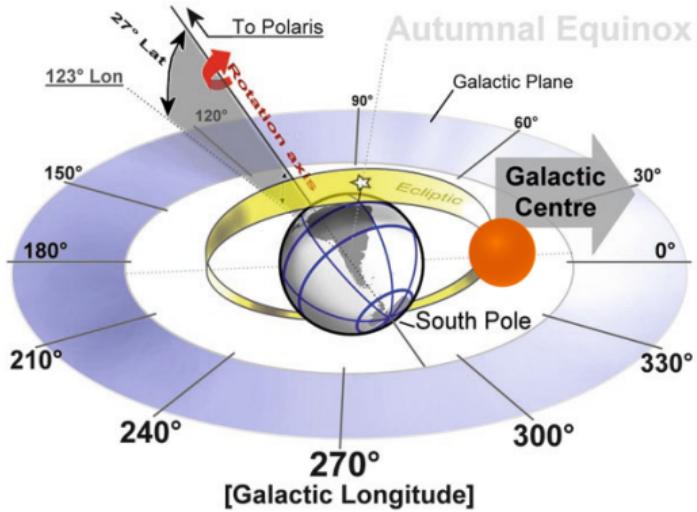


Galaxia visible desde el Hemisferio Sur ($\sim 40^\circ$ S)



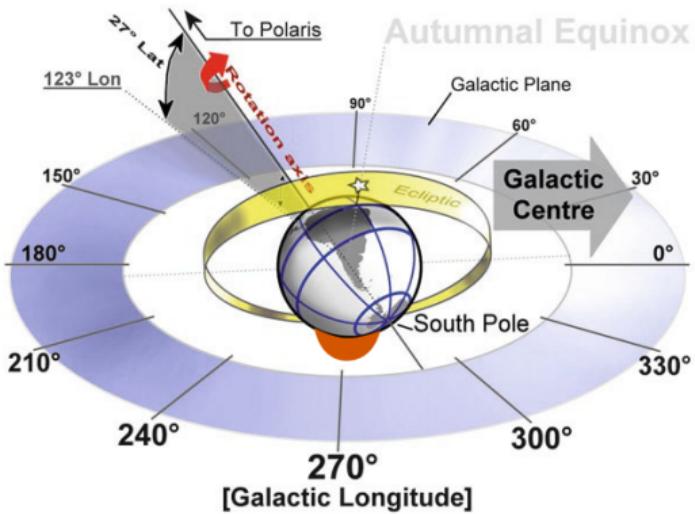
A lo largo del año vemos distintas partes de la galaxia.

~ Solsticio de Diciembre



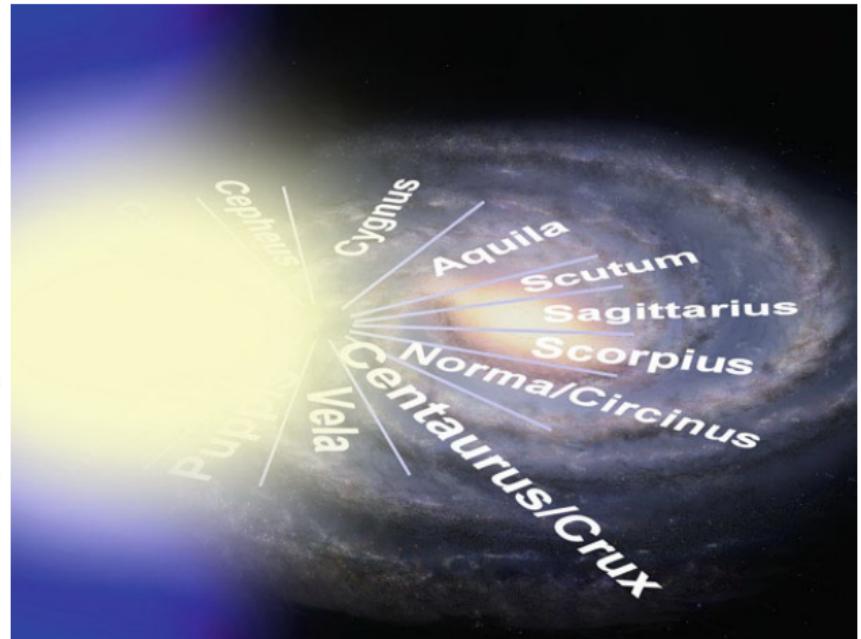
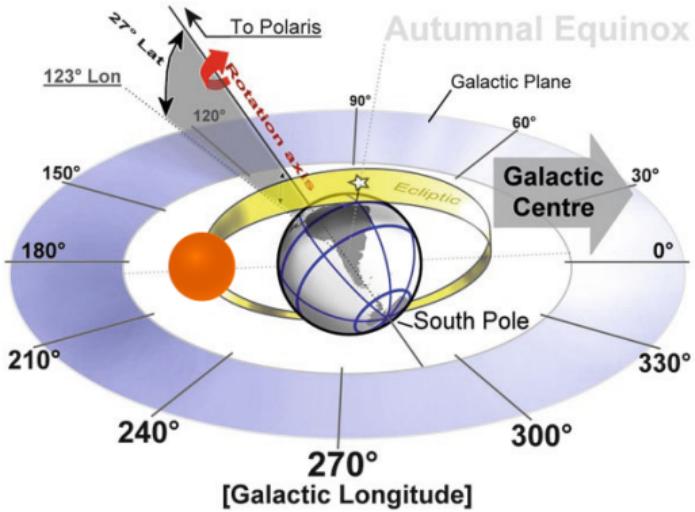
A lo largo del año vemos distintas partes de la galaxia.

~ Equinocio de Marzo



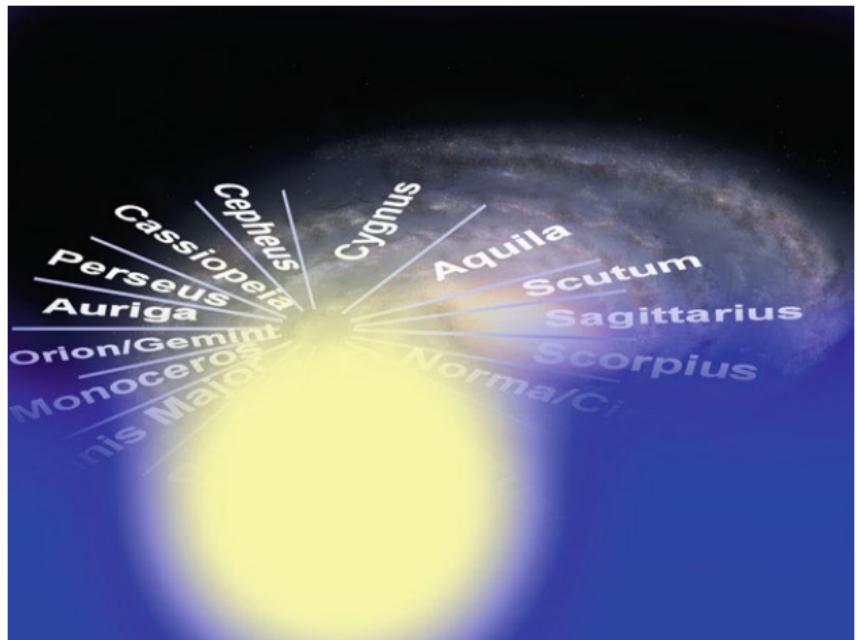
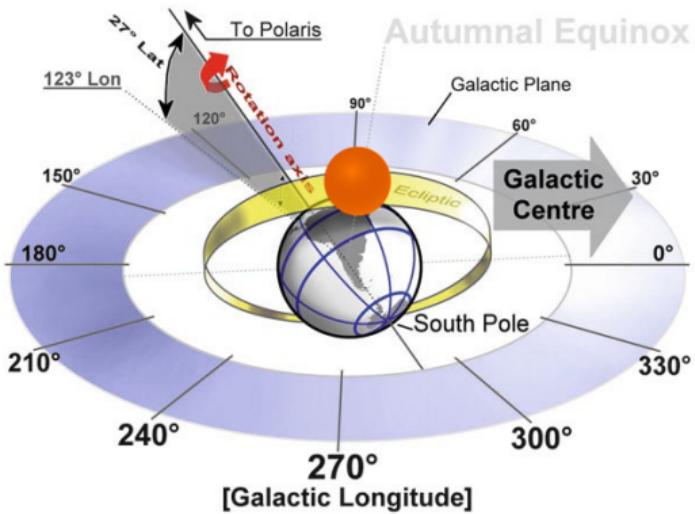
A lo largo del año vemos distintas partes de la galaxia.

~ Solsticio de Junio



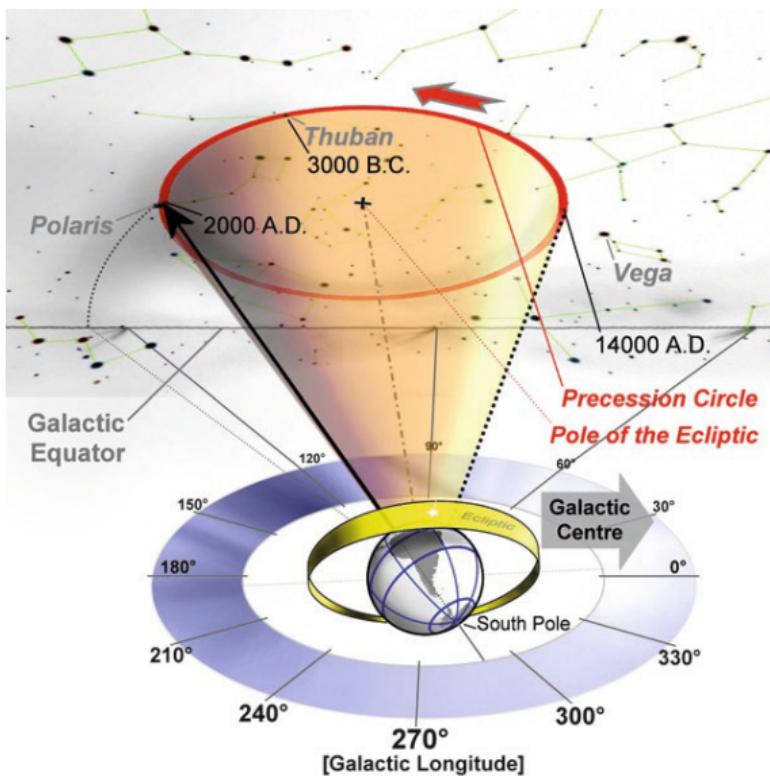
A lo largo del año vemos distintas partes de la galaxia.

~ Equinocio de Septiembre



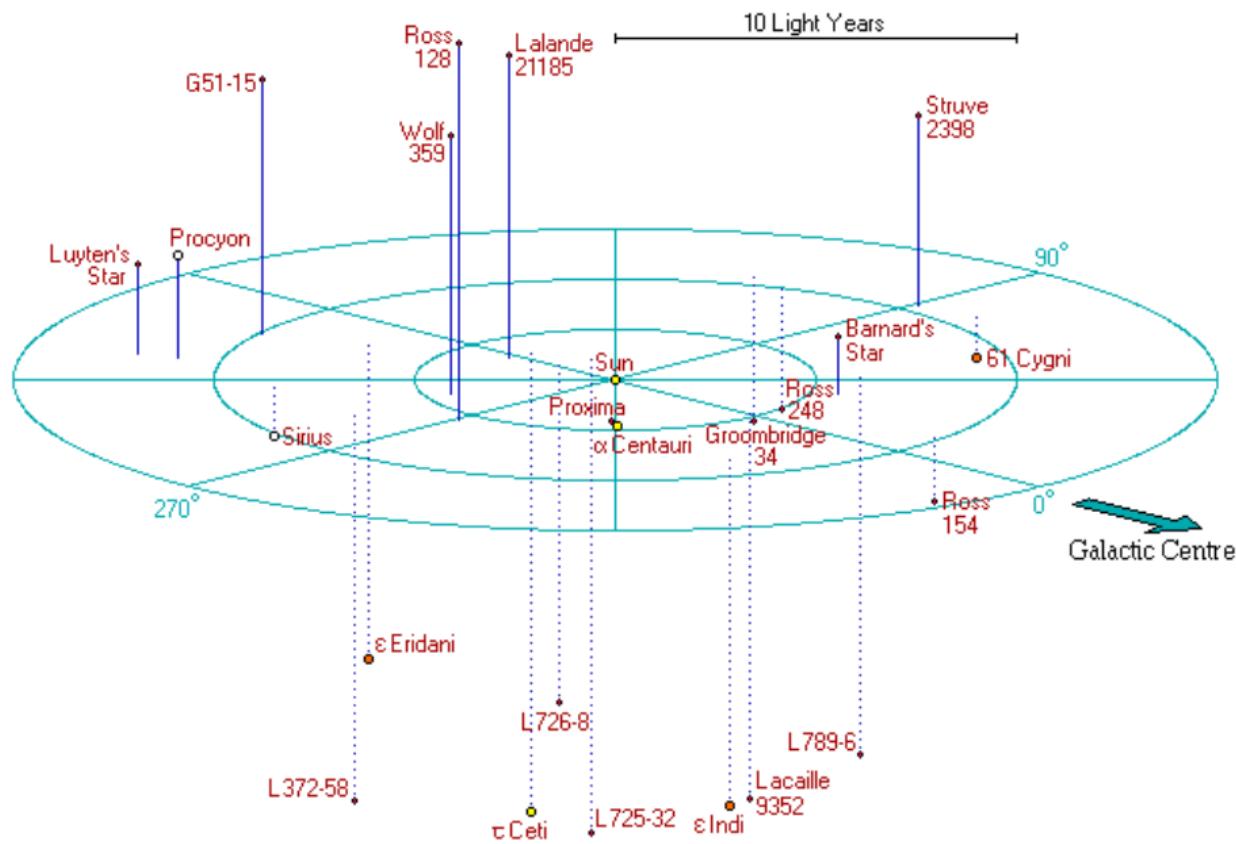
Precesión de los Equinoccios

¿Cómo varía la posición de la galaxia con la precesión de los equinoccios?



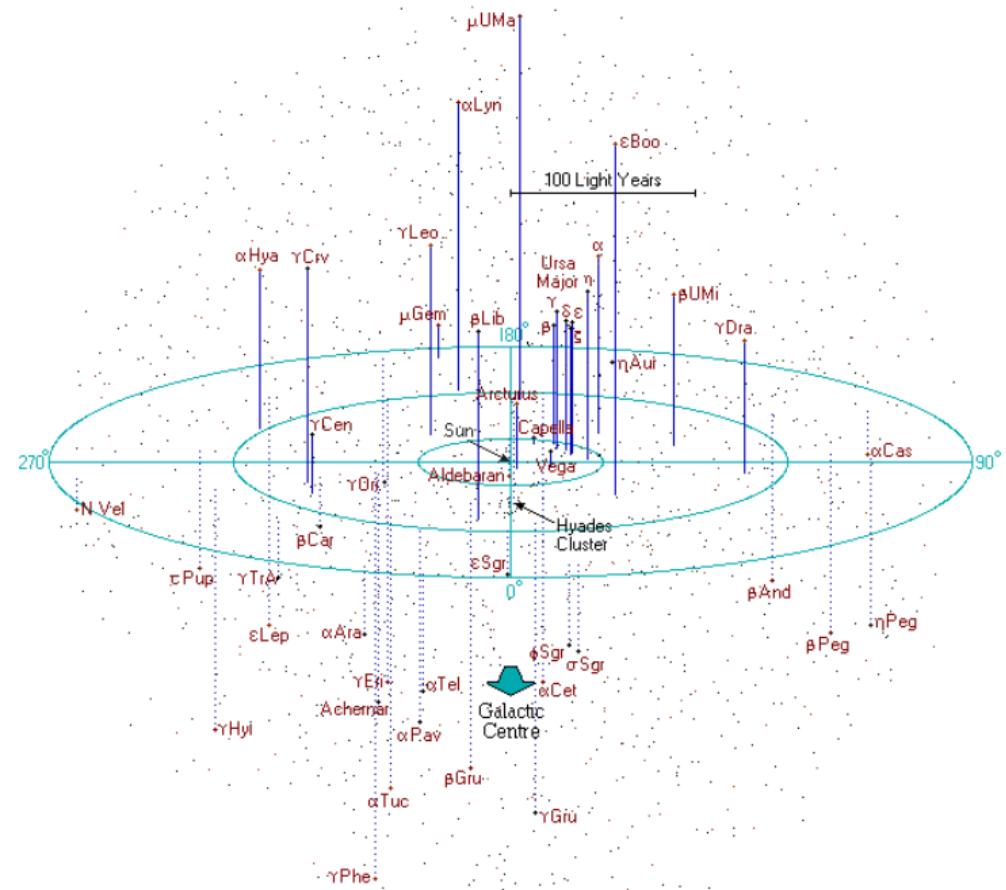
3. La Vía Láctea; de cerca a lejos

Las Estrellas más Cercanas (hasta 12.5 ly del Sol)



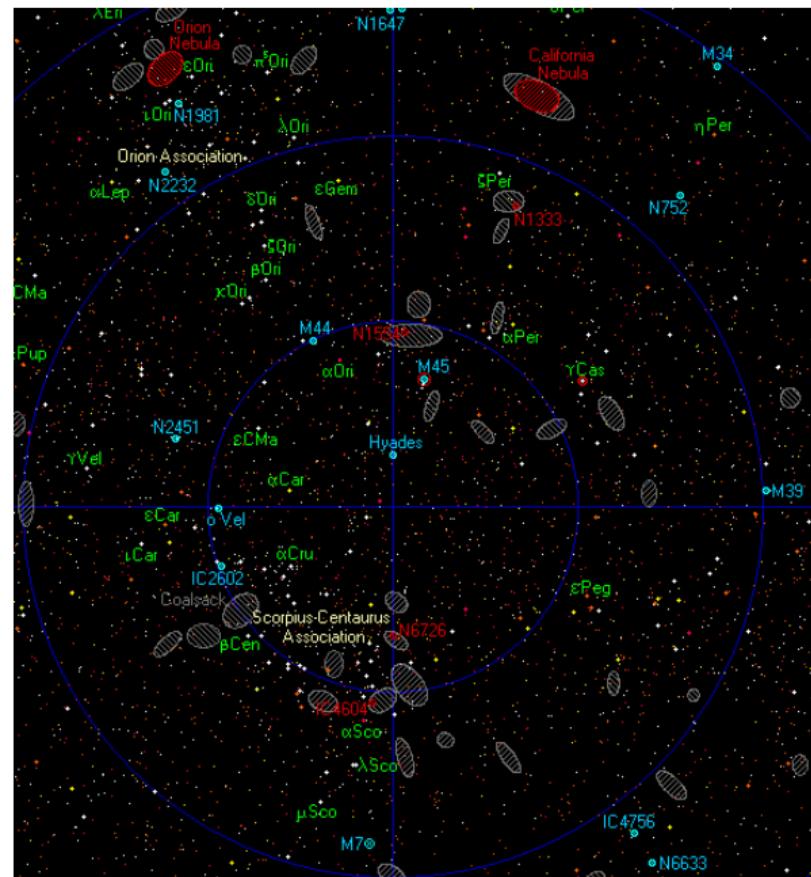
- ~ 33 estrellas; la mayoría son enanas rojas

La Vecindad del Sistema Solar (hasta 250ly del Sol)



- ~ 260,000 estrellas (solo se muestran las 1,500 más brillantes)

El Brazo de Orión (hasta 1.000ly del Sol)



Cúmulos Abiertos (a menos de 1 kly):

- Hyades (Tau) ~ 0.15kly
- Pleyades M45 (Tau) ~ 0.44kly
- Pleyades del Sur IC2602 (Car) ~ 0.48kly
- Pesebre/Colmena M44 (Can) ~ 0.58kly
- M39 (Cyg) ~ 0.8kly
- NGC 2451 (Pup) ~ 0.85kly
- Ptolomeo M7 (Sco) ~ 0.98kly

Nebulosas de Emisión:

- N. de Orión M42 (Ori) ~ 1.3kly
- California (Per) ~ 1kly

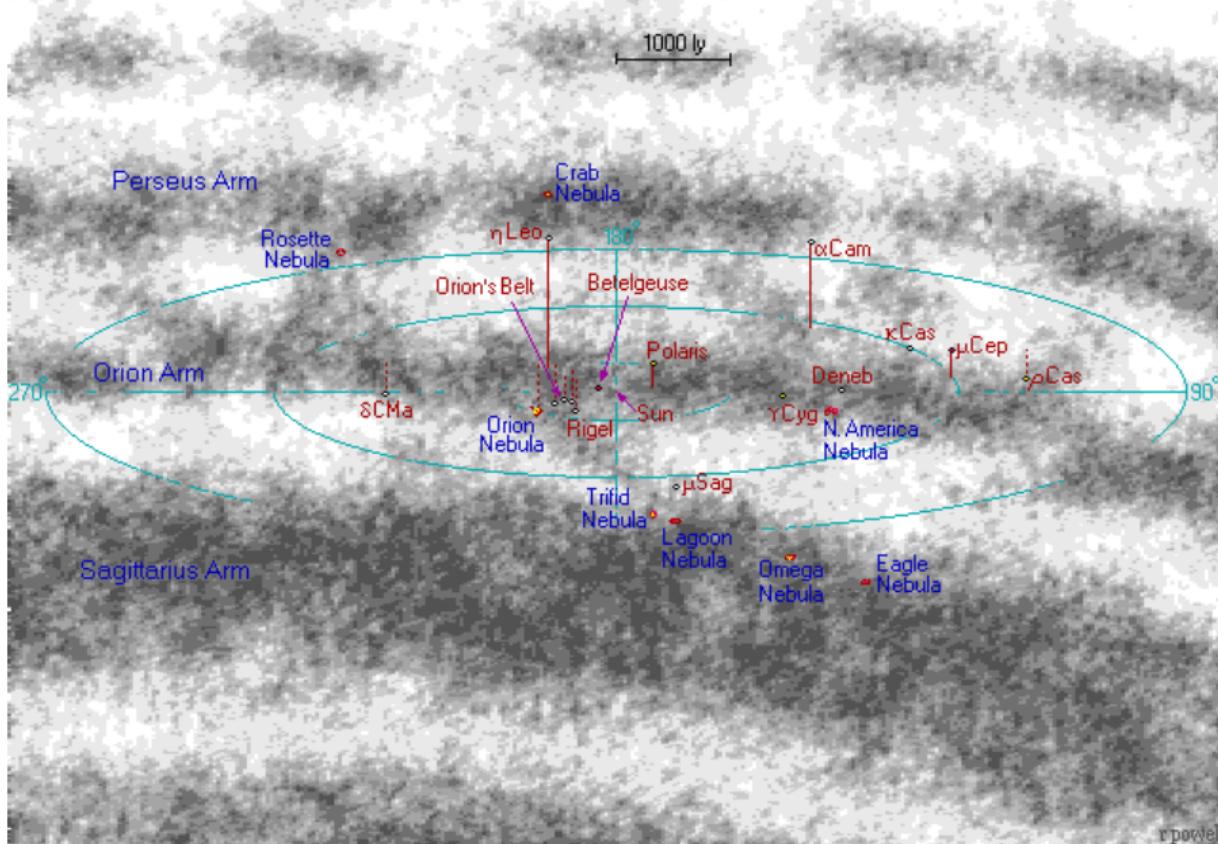
Nebulosas de Reflexión:

- Merope (Pleyades) (Tau) ~ 0.44kly

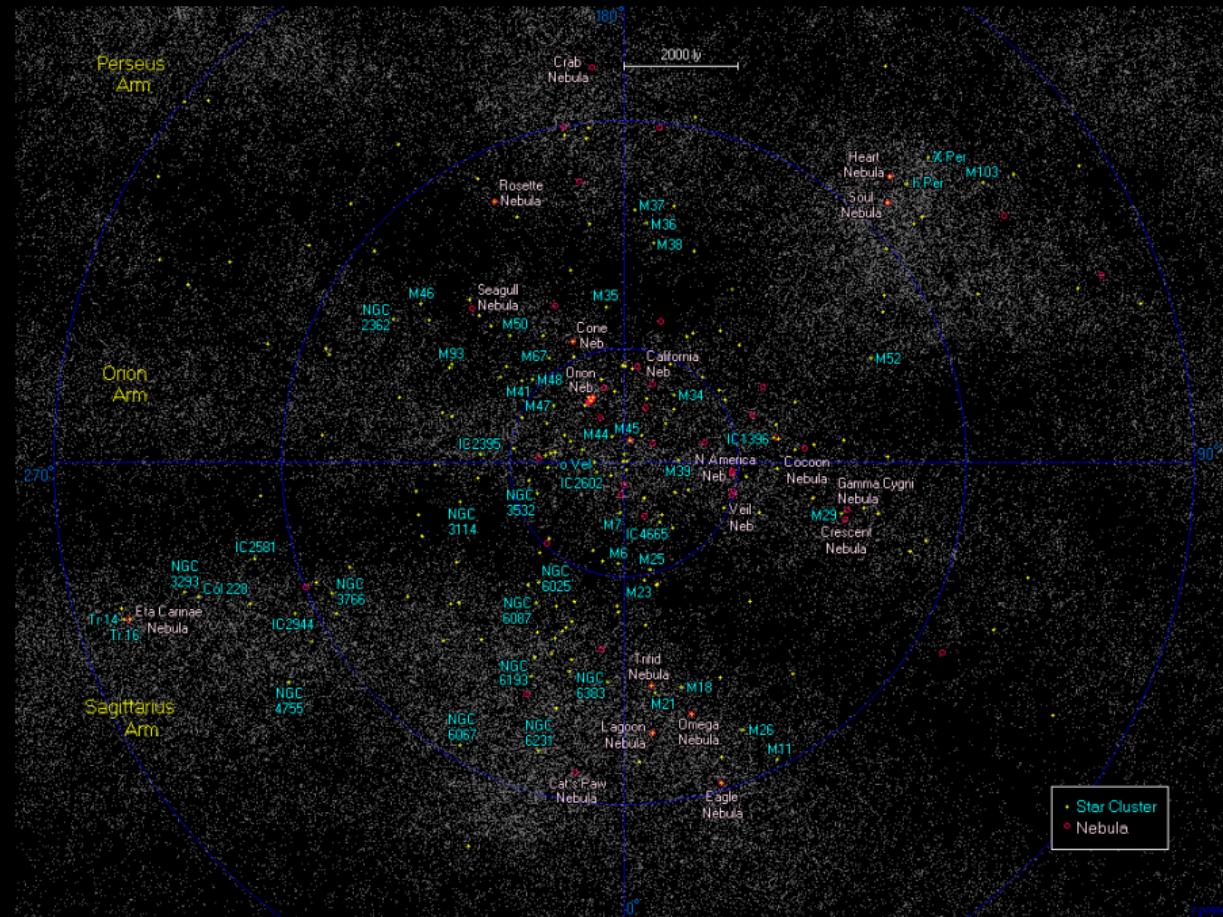
Nebulosas Oscuras:

- Saco de Carbón (Cru) ~ 0.59kly

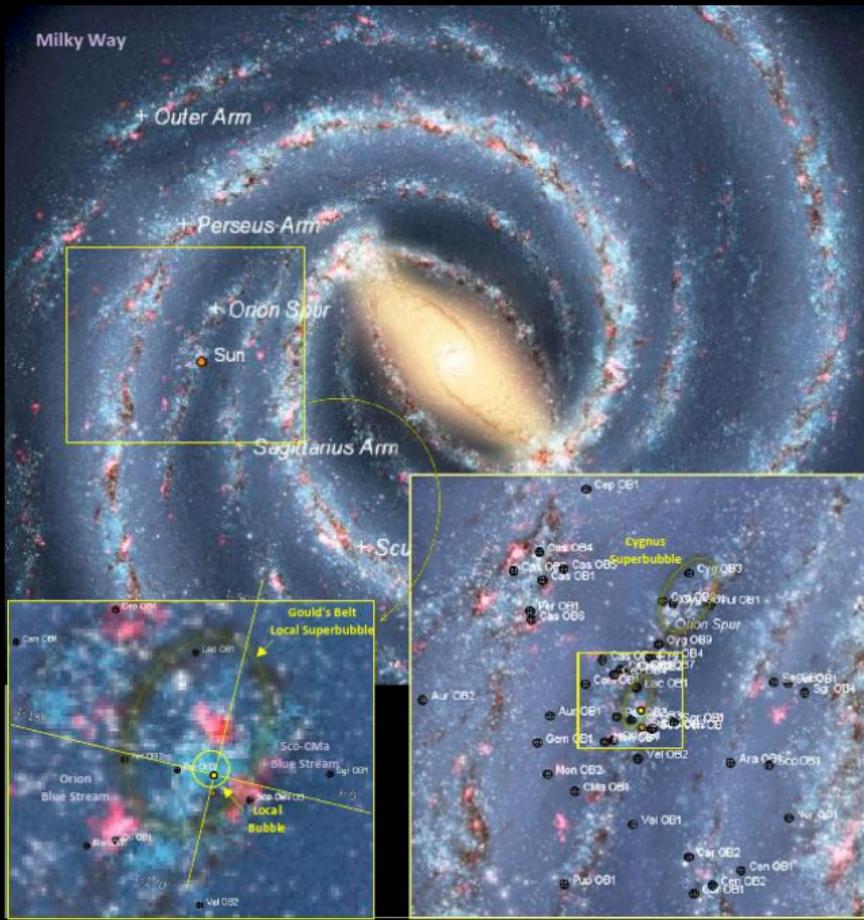
Los Brazos de Orión, Perseo y Sagitario (hasta 5.000ly del Sol)



Los Brazos de Orión, Perseo y Sagitario (hasta 10.000ly del Sol)

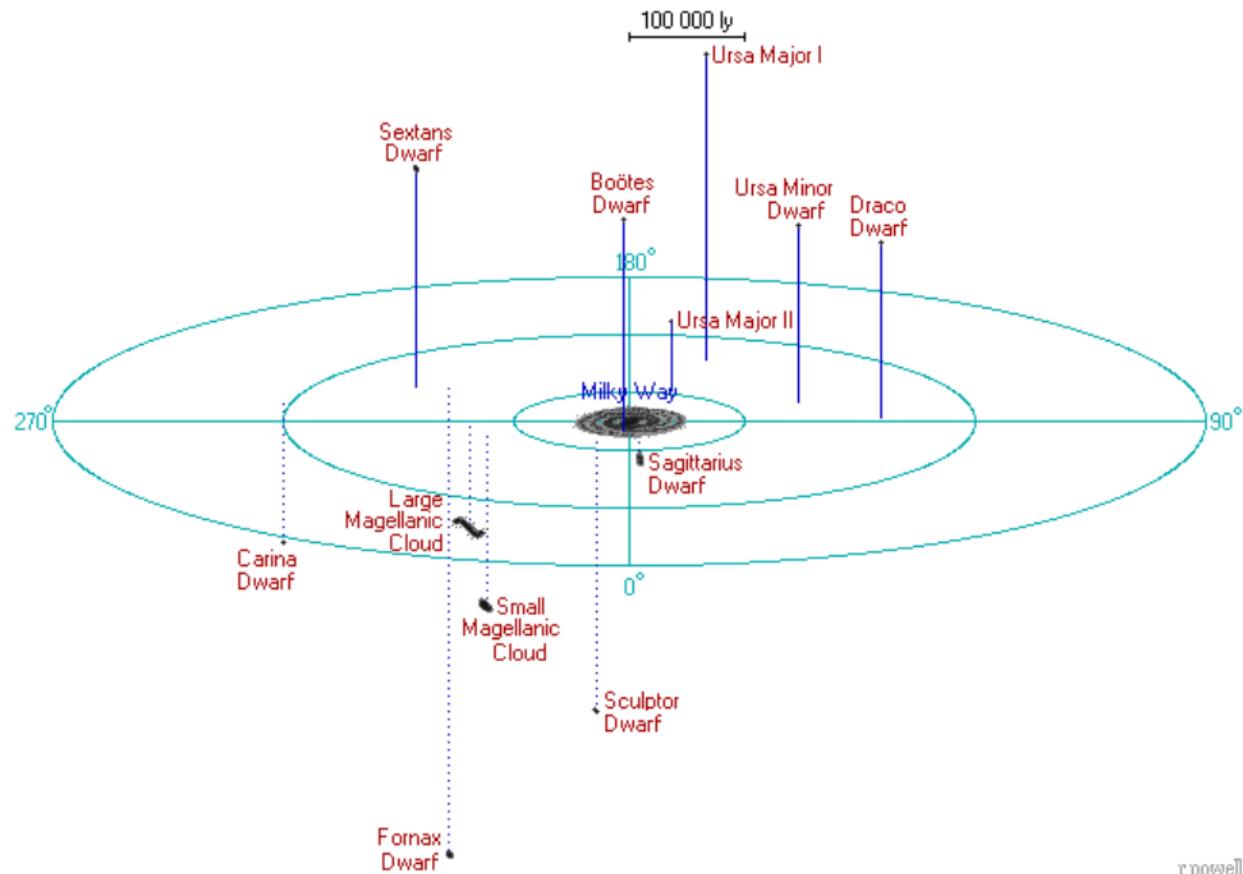


La Galaxia Entera

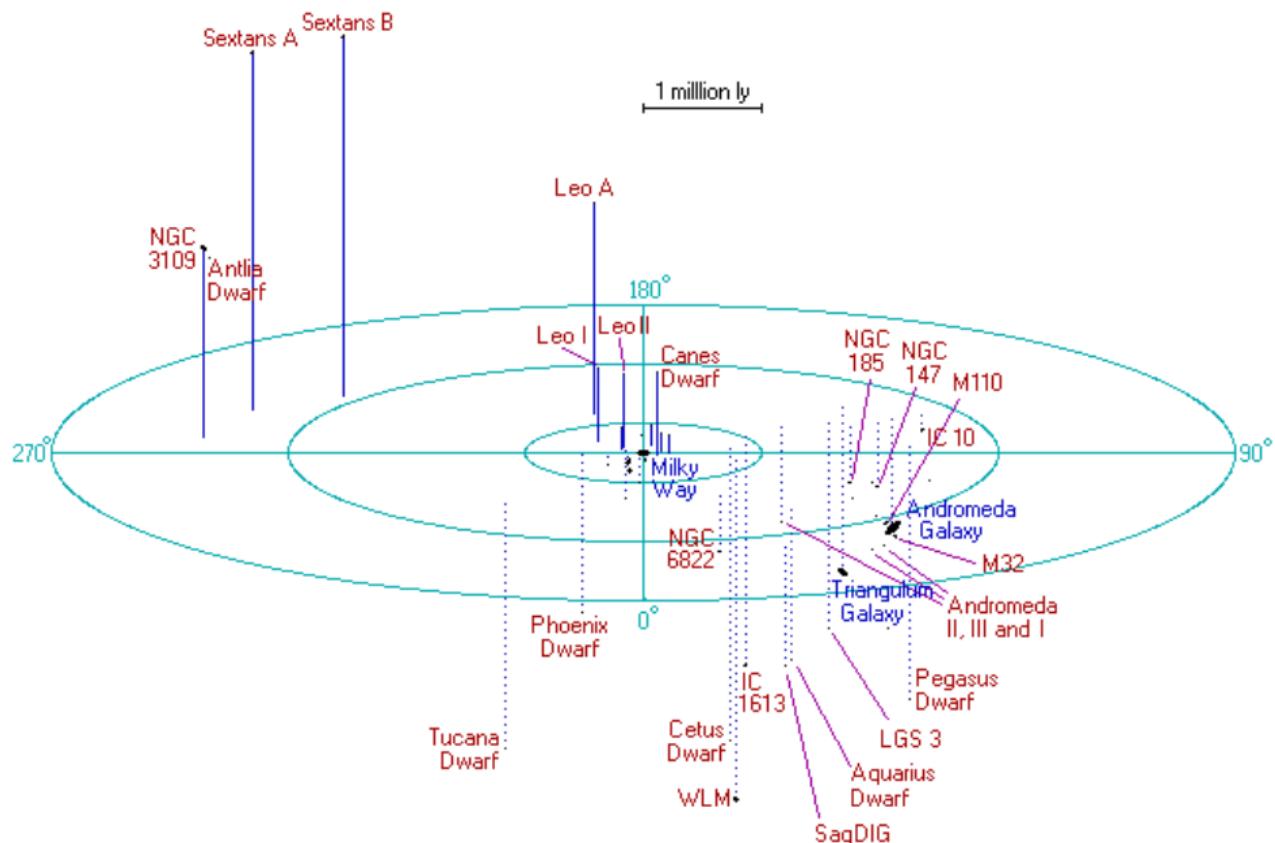


4. De la Vía Láctea al Universo Observable

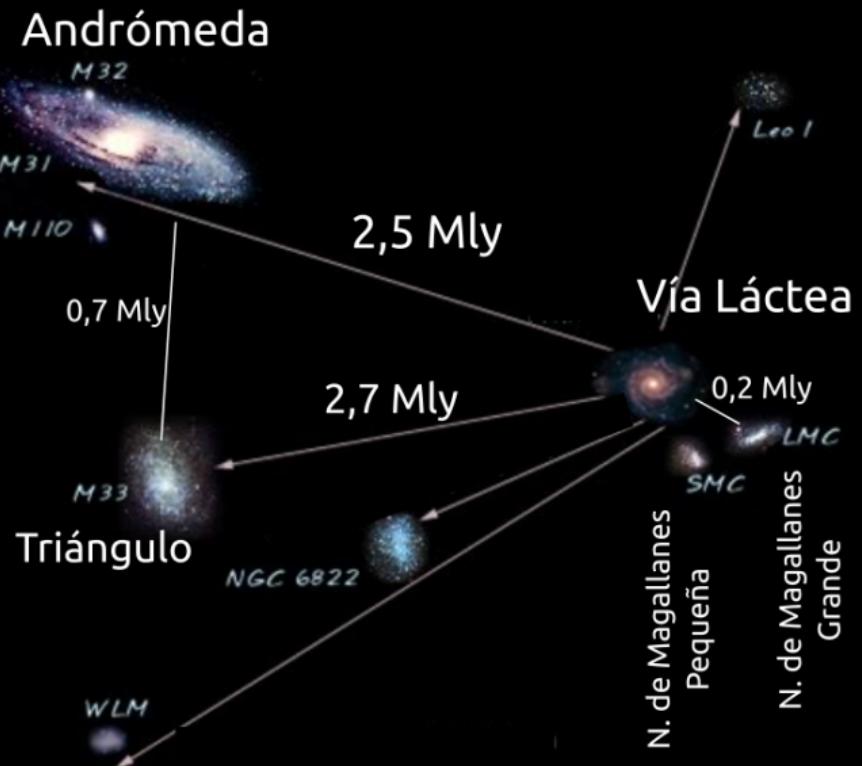
El entorno de la Vía Láctea: Galaxias satélites de la Vía Láctea



El entorno de la Vía Láctea: el Grupo Local



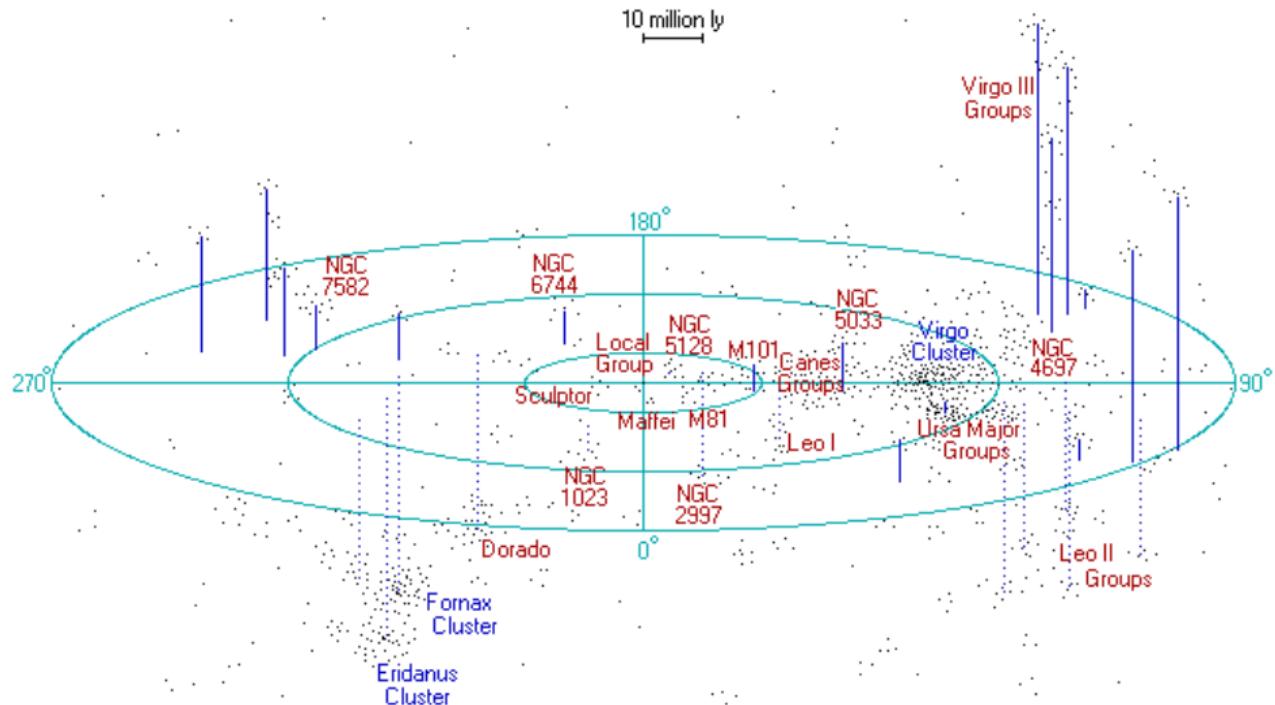
El entorno de la Vía Láctea: el Grupo Local



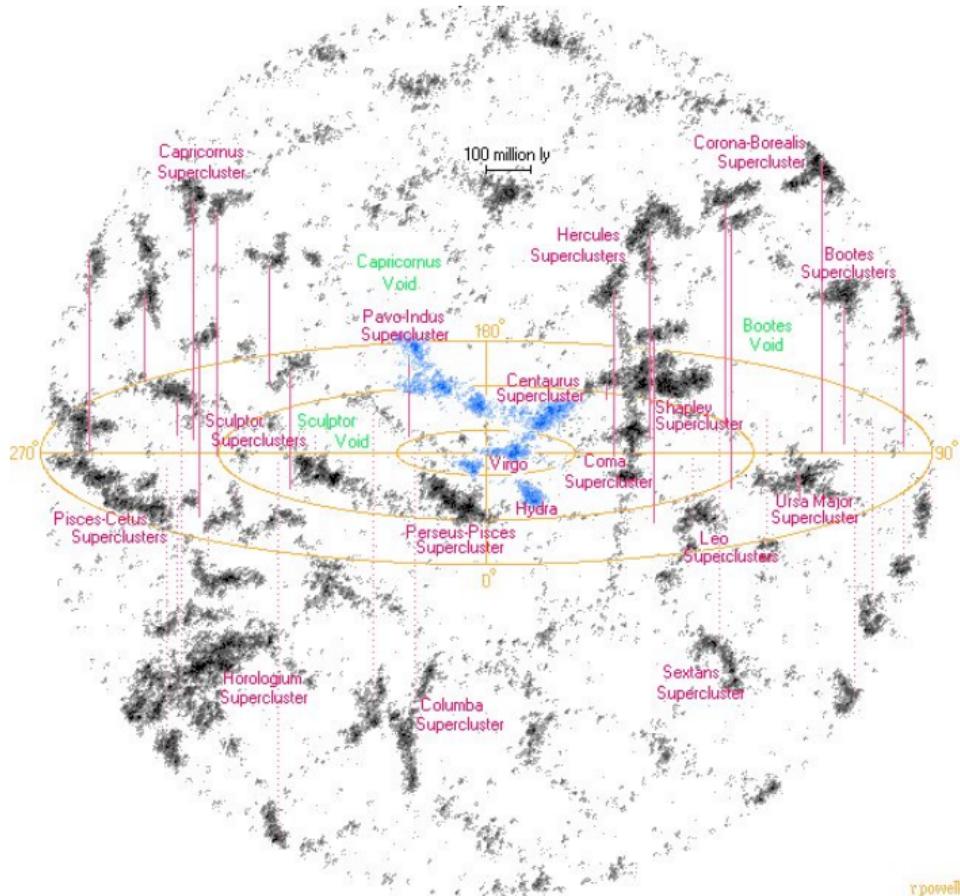
El Cúmulo de Virgo



Supercúmulo de Virgo: Incluye el Cúmulo de Virgo y el Grupo Local



Los Supercúmulos de Galaxias más Cercanos: Laniakea



El Supercúmulo de Laniakea

LANIKA EA

El Cúmulo de Virgo forma parte de la "espuma galáctica"

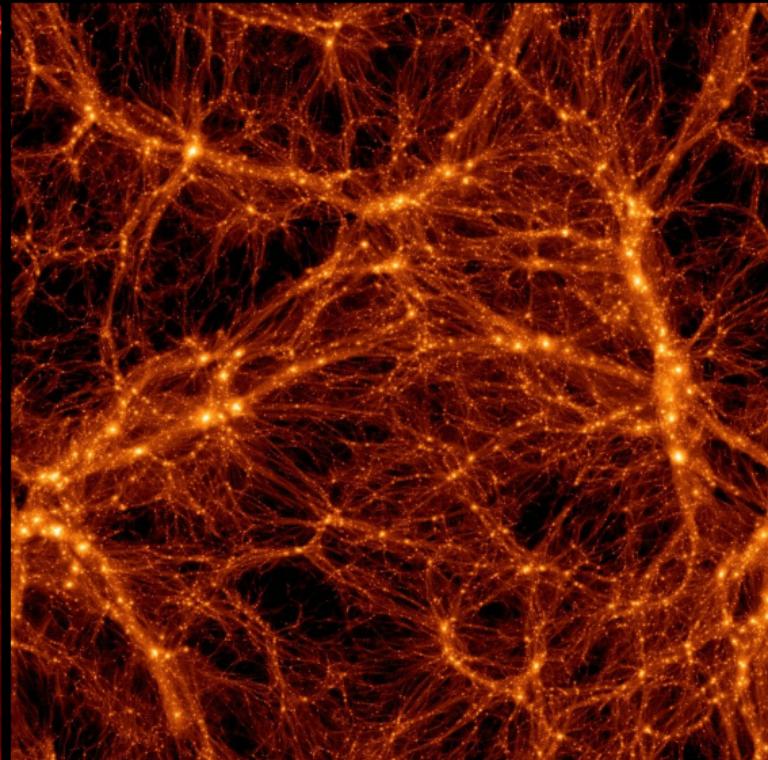
180 Mpc/h

COMA

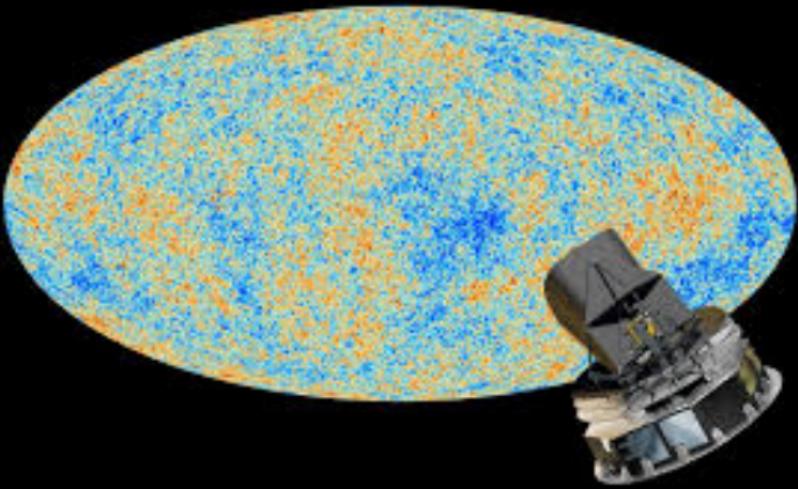
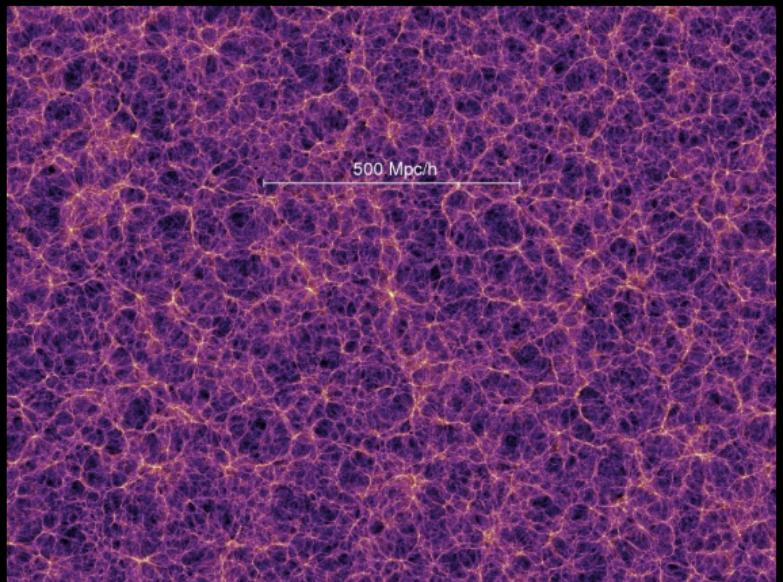
VIRGO

GA

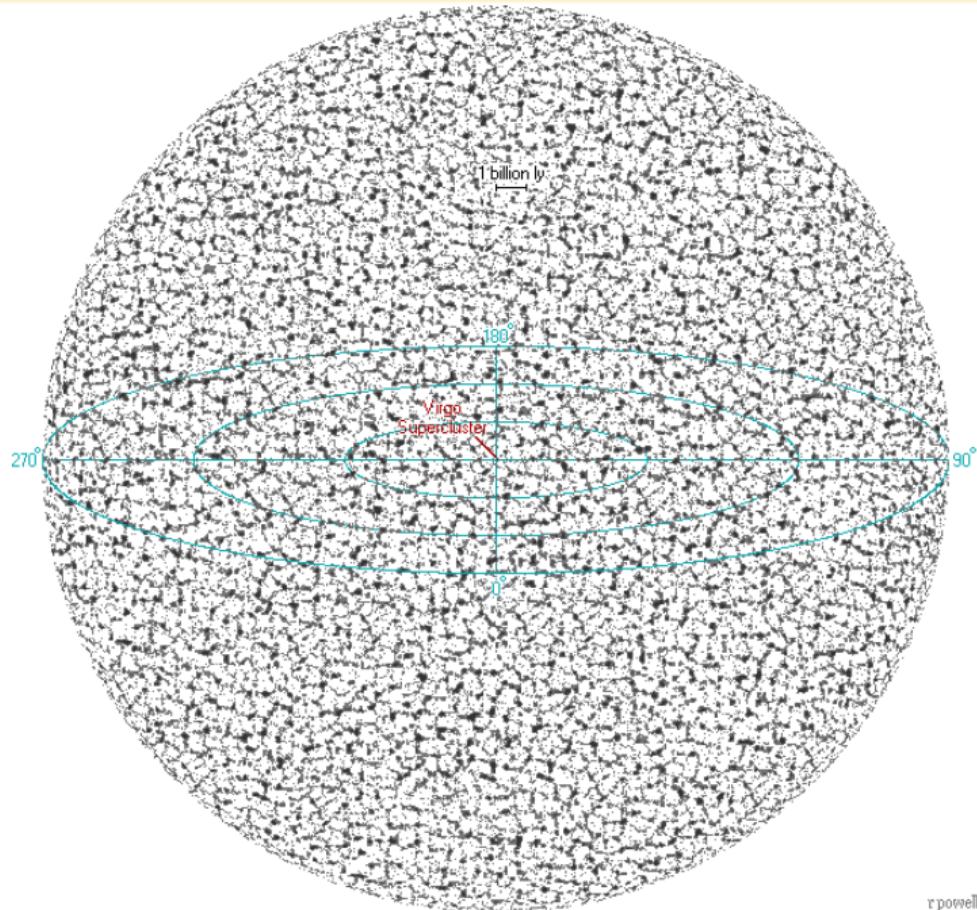
PERSEUS



De la "espuma galáctica" al Universo Observable



El Universo Observable



5. Clasificación de Galaxias

Clasificación de Galaxias



Barred Spiral



Irregular



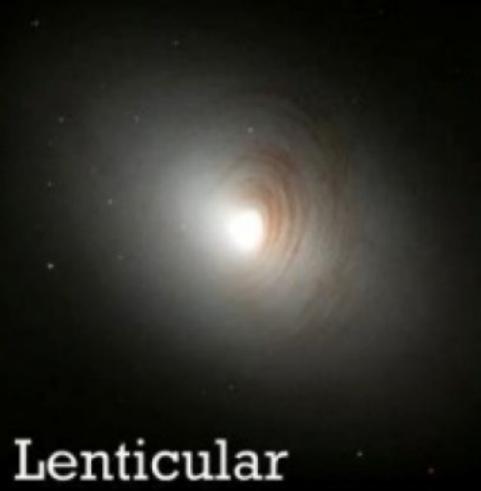
Spiral



Peculiar

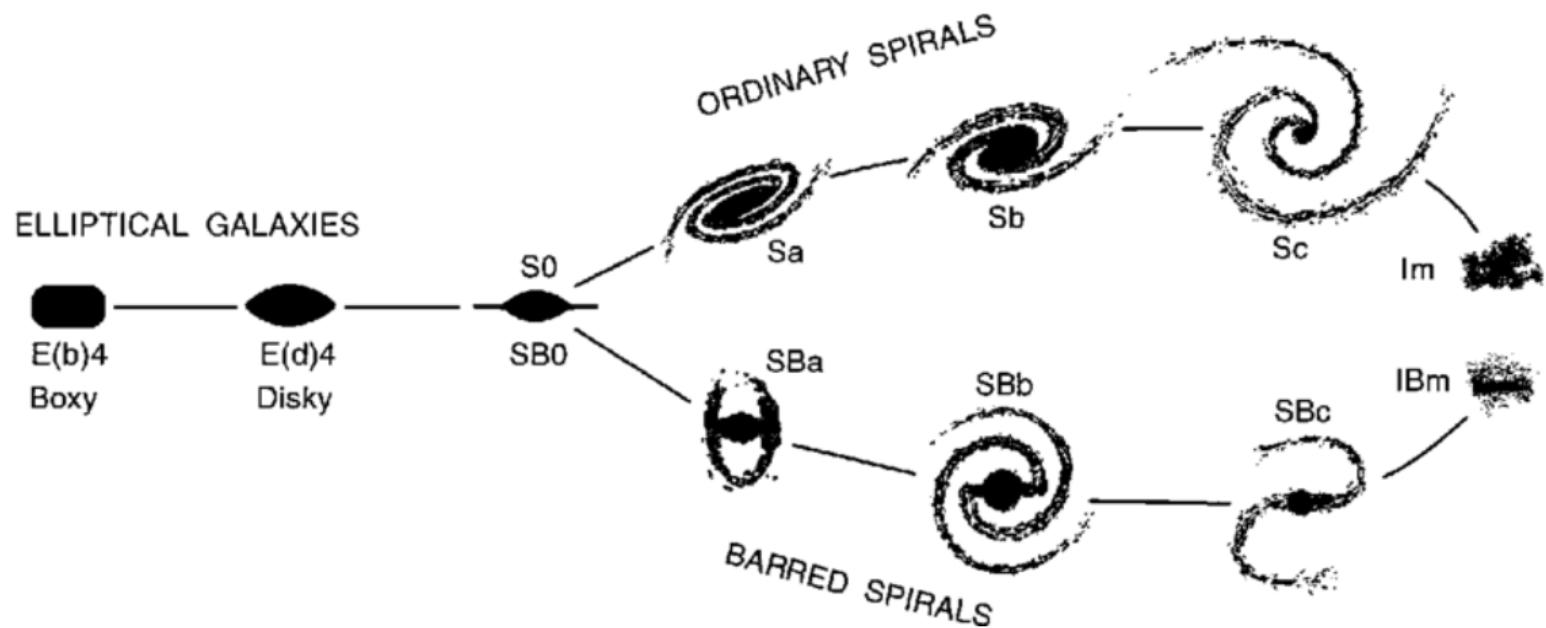


Elliptical



Lenticular

Secuencia de Hubble (Diagrama Diapasón)



Secuencia de Hubble (Diagrama Diapasón)

Hubble's Galaxy Classification Scheme

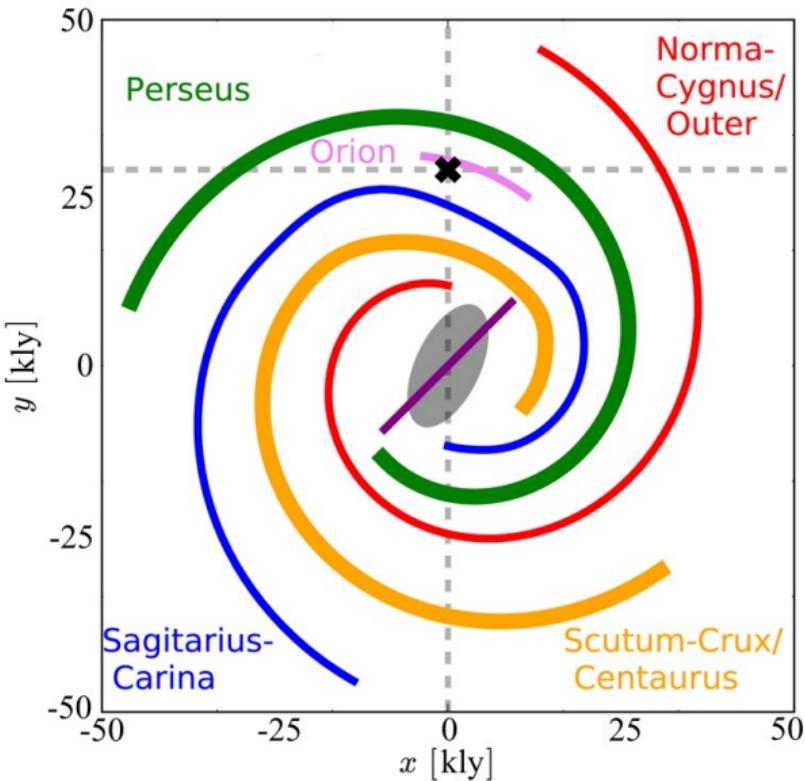
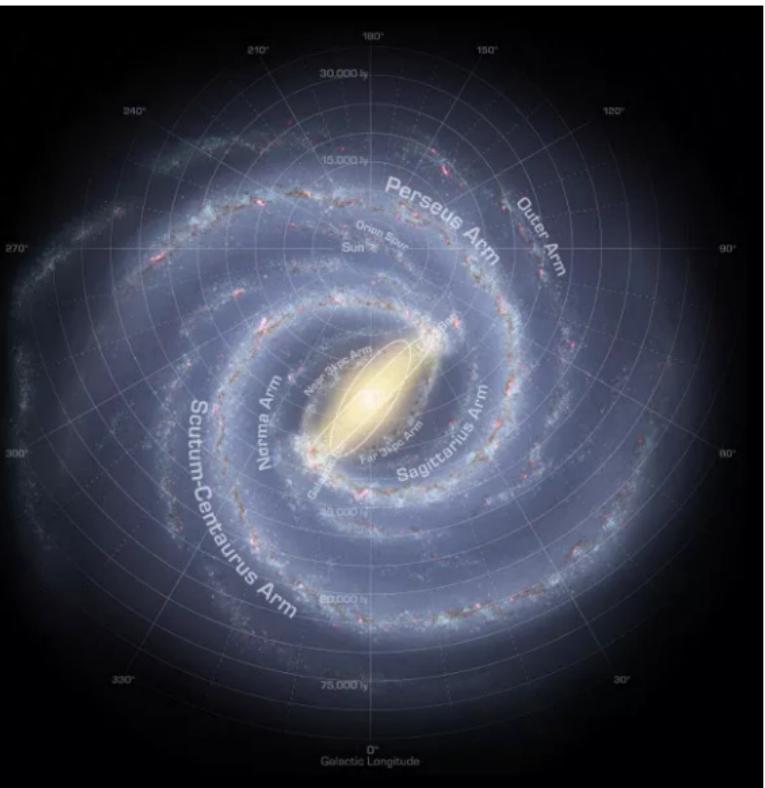


6. Resumen de la Charla

Resumen de la Estructura de la Vía Láctea

- La Vía Láctea está compuesta por **estrellas** (90% de la masa) y **materia interestelar** (10%; gas y polvo)
- La Vía Láctea está compuesta de un **disco** plano, un **bulbo** en su centro y un **halo** envolvente
- El **disco**:
 - Está compuesto de estrellas jóvenes y de mediana edad y contiene casi toda la materia interestelar de la galaxia
 - Tiene zonas donde hay mayor concentración de estrellas: estas tienen forma de espirales
 - En los brazos de la espiral tiene lugar gran parte de la "actividad" de la galaxia:
- El **bulbo** y el **halo**:
 - Contienen estrellas viejas y poca materia interestelar
 - En el centro de la galaxia está el bulbo que contiene en su interior agujero negro supermasivo.
 - Prácticamente la totalidad de las estrellas de halo están contenidas en cúmulos globulares
 - La parte exterior de halo está compuesta de materia oscura

Resumen de la Geografía de la Vía Láctea



- La Vía Láctea tiene cuatro brazos; dos mayores y dos menores

El mapa de la Vía Láctea

