

# LAS GALAXIAS Y EL UNIVERSO

- **Introducción**
- **Tour por las Galaxias**
- **Distribución de Galaxias en el espacio.**
- **Masas de Galaxias y Materia Oscura**
- **Formación y Evolución de Galaxias**
- **Estructuras de Gran Escala**

**¿Qué piensa usted?**

**¿Cuántas estrellas (más o menos) hay en una galaxia?**

**¿Cuántas galaxias (más o menos) hay en el Universo?**

## ✓ **Introducción**

- **Tour por las Galaxias**
- **Distribución de Galaxias en el espacio.**
- **Masas de Galaxias y Materia Oscura**
- **Formación y Evolución de Galaxias**
- **Expansión del Universo**
- **Estructuras de Gran Escala**

La Vía Láctea es sólo una entre miles de millones de galaxias.

- **1755, Immanuel Kant sugiere la existencia de vastas colecciones de estrellas fuera de la Vía Láctea.**
- **1845, William Parsons construye un gigantesco telescopio (1.8 m diam.) y observa la estructura de un “Universo Isla” (M51, en Canes Venatici).**
- **Herschel, padre e hijo, catalogan muchas nebulosas**

# EL DEBATE SHAPLEY- CURTIS

- 1920, en la academia nacional de ciencias de USA, tuvo lugar un debate sobre la naturaleza de las nebulosas espirales.
- Shapley, objetos de la Vía Láctea.
- Curtis, objetos externos.
- No hubo solución hasta que se determinó la distancia a las nebulosas espirales.

# Descubrimiento: distancia a galaxias

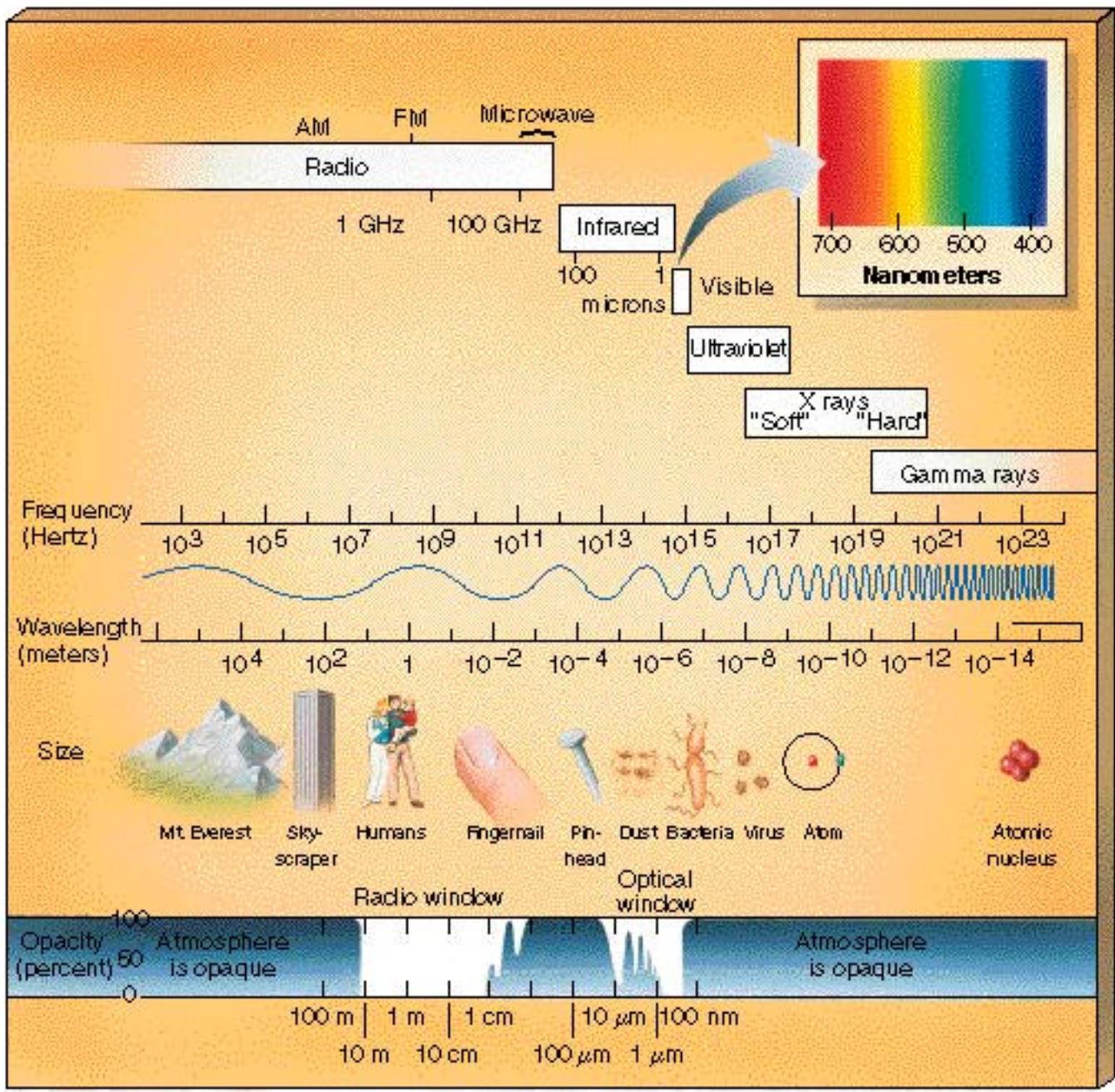
- **1923, Edwin Hubble fotografió Andrómeda (M31, espiral) y descubre estrellas pulsantes, Cefeidas.**
- **1912, Henrietta Leavitt, determinó la relación brillo-periodo.**
- **1924, Hubble aplica esta relación a las cefeidas en M31 y determina su distancia, (hoy, 2.2 millones de años luz)**

## Hubble Deep Field.

Alcanza una magnitud de 30, unos cuatro mil millones de veces más débil de lo que puede ver el ojo humano.

Se obtuvo con el Tel. del Espacio y se expuso por 100 hrs, durante 10 días.





## ✓ **Tour por las Galaxias**

- **Distribución de Galaxias en el espacio.**
- **Masas de Galaxias y Materia Oscura**
- **Formación y Evolución de Galaxias**
- **Expansión del Universo**
- **Estructuras de Gran Escala**

- **Tour por las Galaxias**

  - ✓ **La Vía Láctea**

  - Distribución de Galaxias en el espacio.
  - Masas de Galaxias y Materia Oscura
  - Formación y Evolución de Galaxias
  - Expansión del Universo
  - Estructuras de Gran Escala

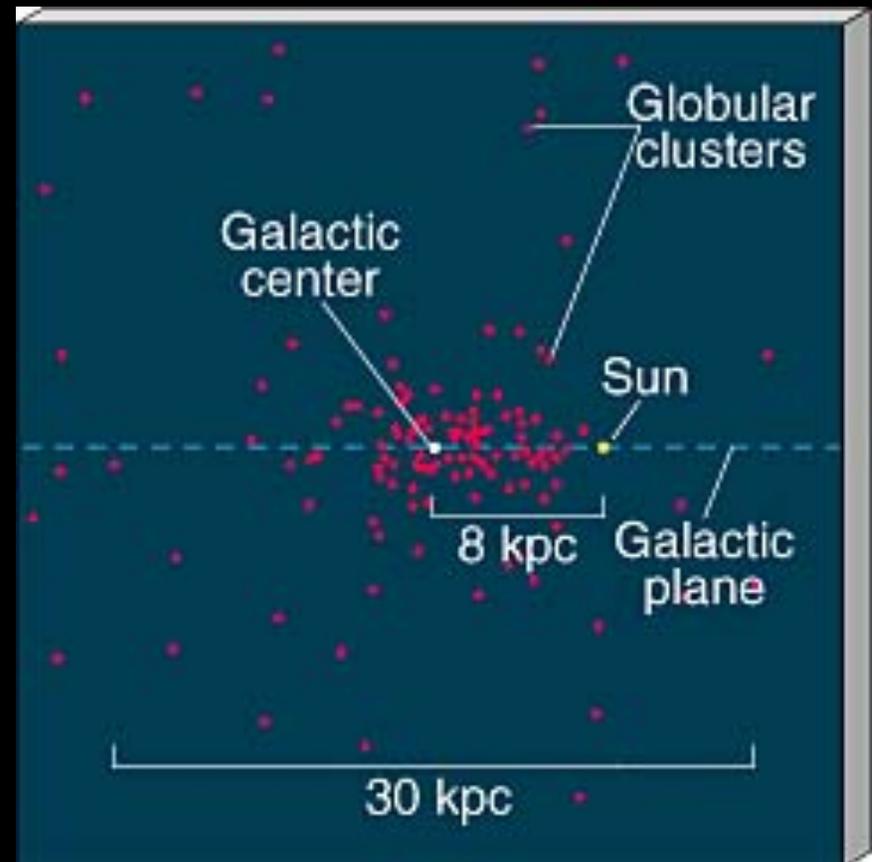
# EL sol en Nuestra Galaxia

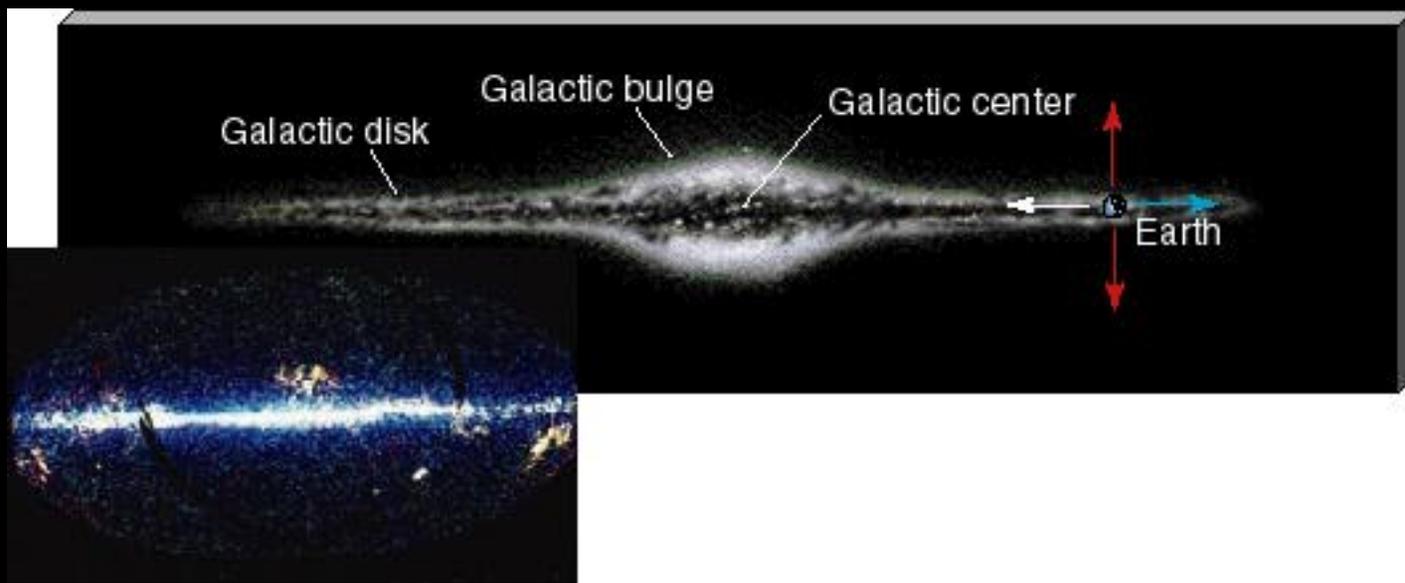
- **Contando estrellas Herschel en 1780 determinó (erróneamente) la posición del sol en la Vía Láctea.**
- **1930, Trumpler estudiando cúmulos de estrellas descubre el polvo interestelar.**
- **La posición del Sol en la Galaxia se determina estudiando la distribución de cúmulos globulares.**
- **Distancia a C.G. usando variables RR Lyrae.**
- **Distancia Sol -> Centro Galáctico = 28.000 a.l.**

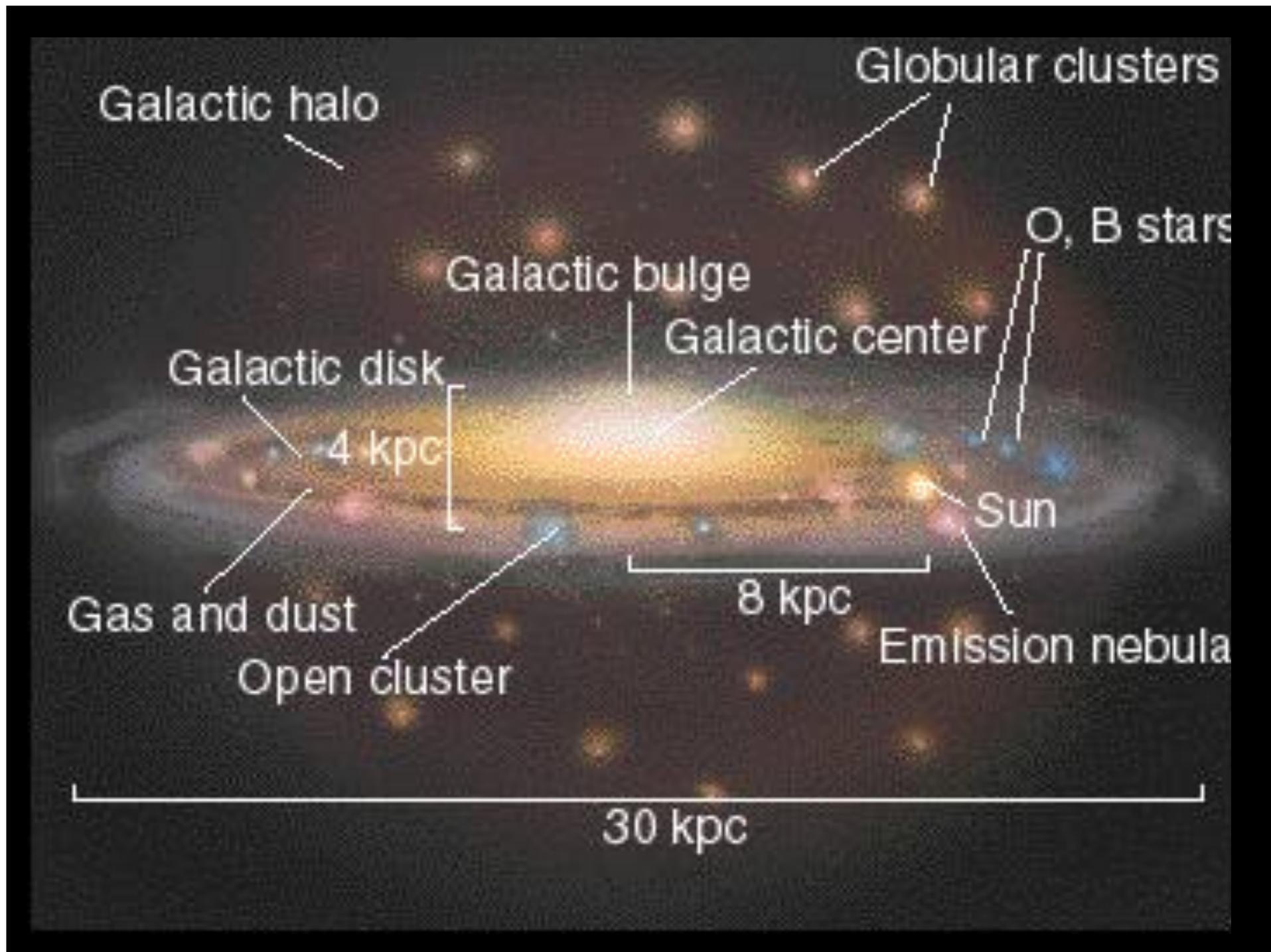
# Distribución de Cúmulos Globulares

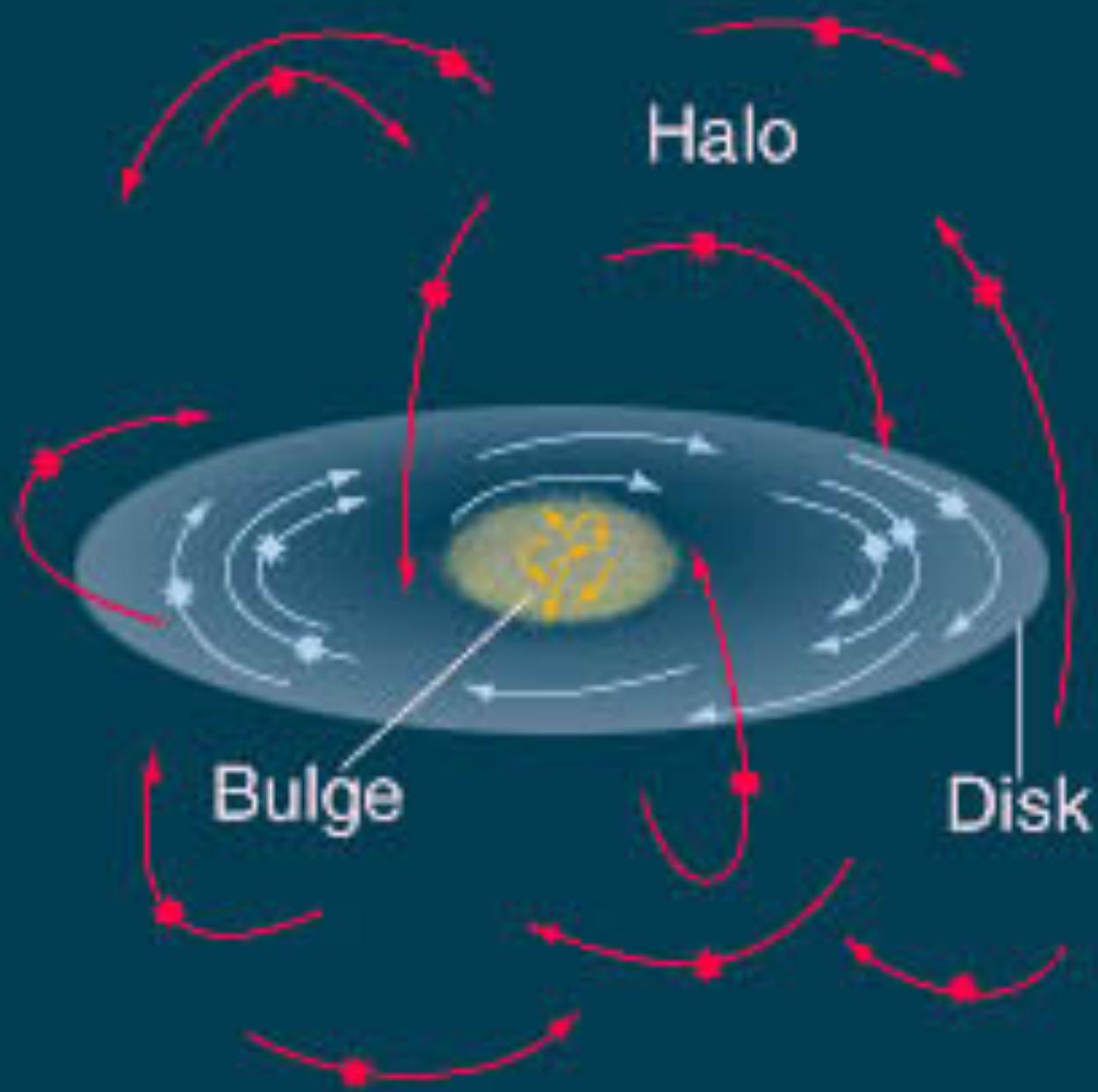
- Usando la distribución de cúmulos globulares se puede medir la distancia al centro Galáctico.

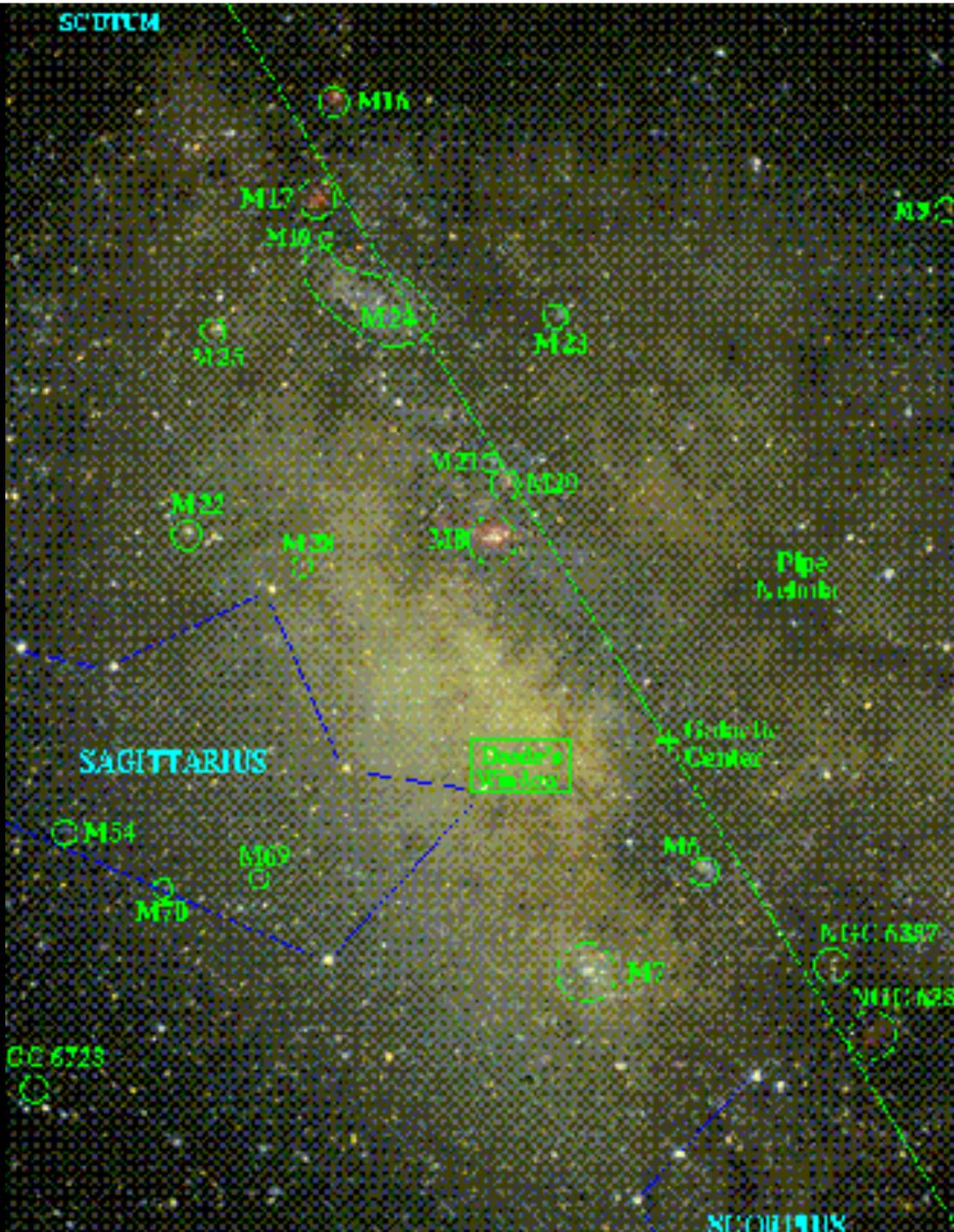
$$R_0 = 8 \text{ kpc}$$











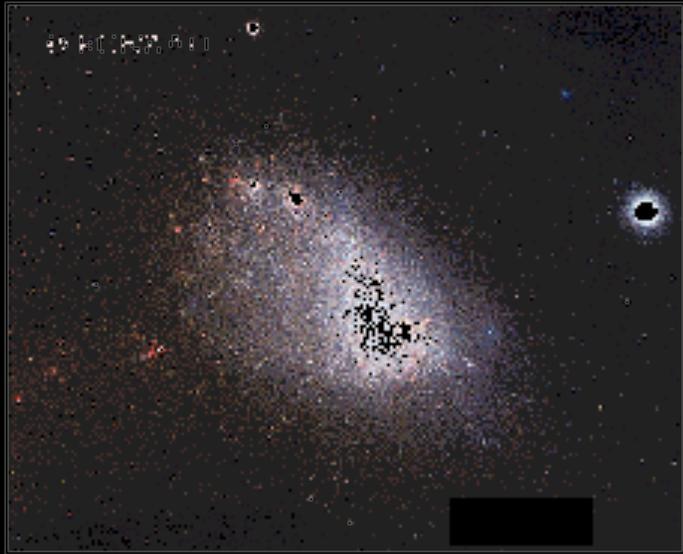
Notar:

- Disco
- Centro, 30000 al hacia Sagitario
- Polvo
- Las estrellas a 1 kpc giran 1 vez cada 4 millones de años respecto al centro

- **Tour por las Galaxias**

- ✓ **Nuestros vecinos**

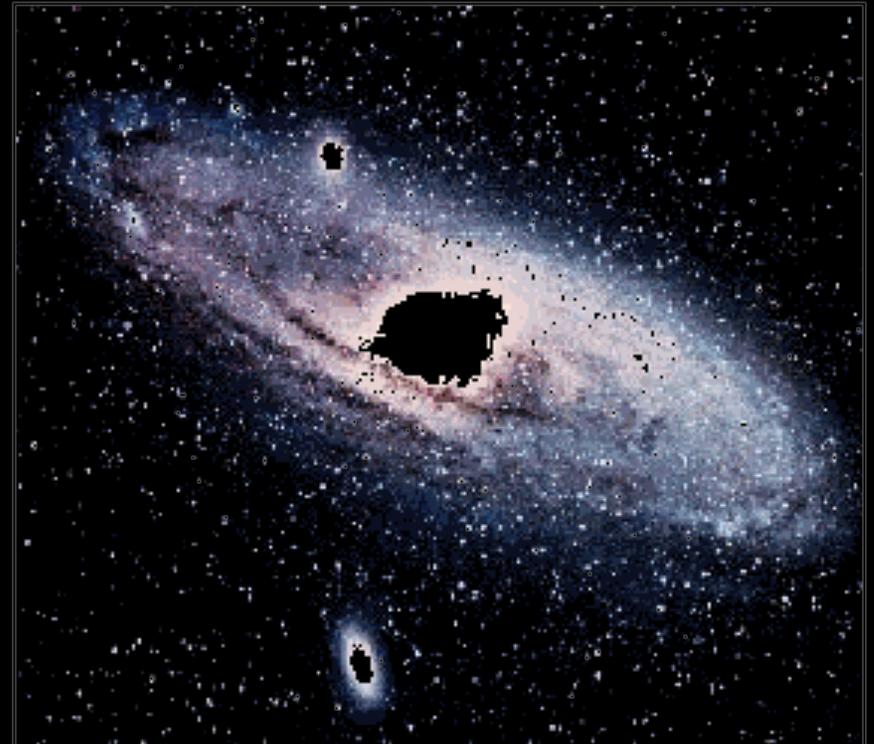
- Distribución de Galaxias en el espacio.
  - Masas de Galaxias y Materia Oscura
  - Formación y Evolución de Galaxias
  - Expansión del Universo
  - Estructuras de Gran Escala



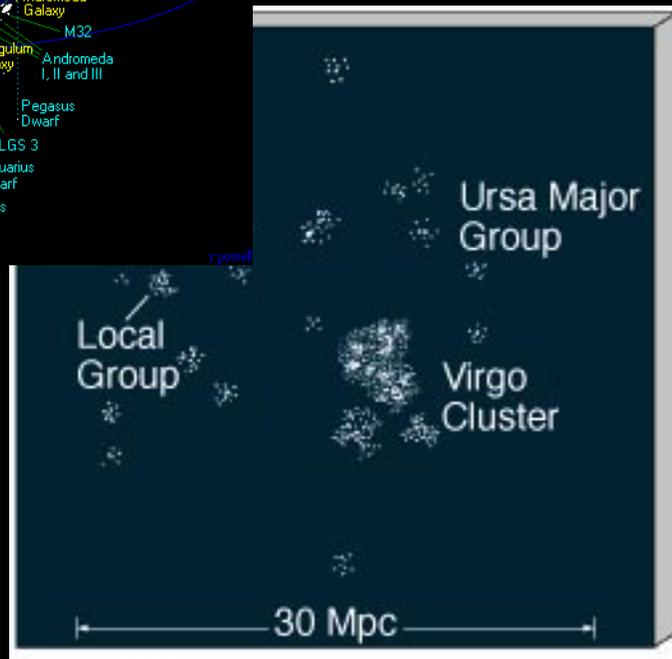
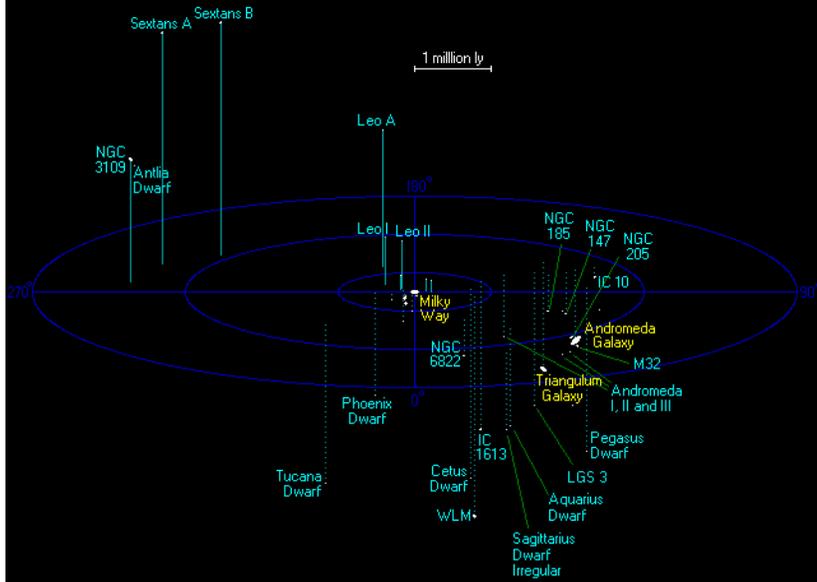
**Satellites of the Milky Way: The Large and Small Magellanic Clouds - 50,000 light-years**

Nearby galaxies

**Andromeda Galaxy – 2.2 million light-years  
(Hubble 1925)**



**Grupo Local. Tiene cerca de 20 galaxias.**



**Cúmulo de Virgo.  
Parte central**



Cúmulo de Coma.  
Colección de muchas  
galaxias

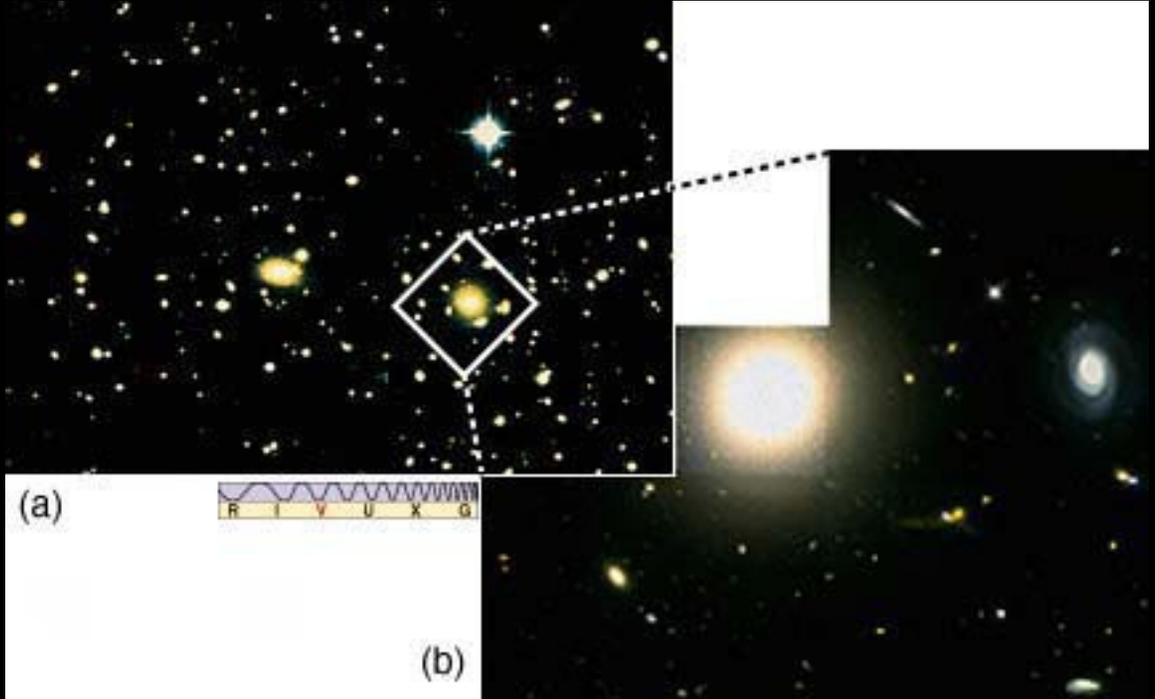


Imagen del Telescopio  
Espacial Hubble

- **Tour por las Galaxias**

- ✓ **Secuencia de Hubble**

- Distribución de Galaxias en el espacio.
  - Masas de Galaxias y Materia Oscura
  - Formación y Evolución de Galaxias
  - Expansión del Universo
  - Estructuras de Gran Escala

# Secuencia de Hubble

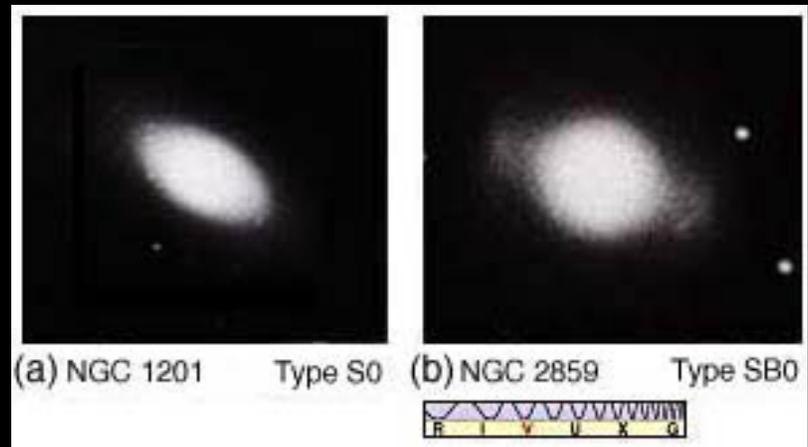
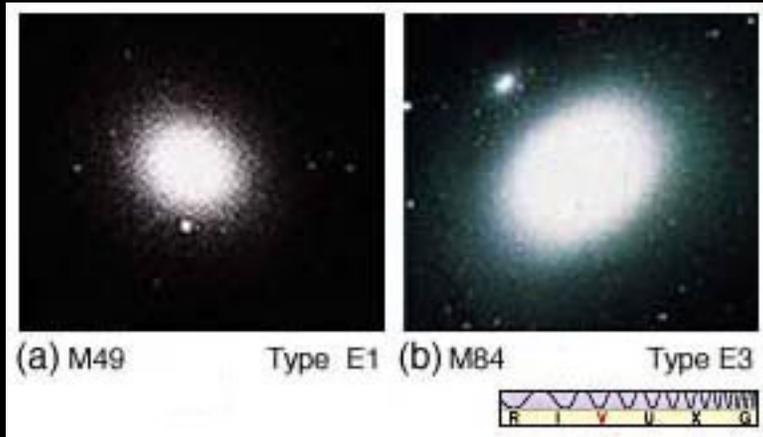


# Secuencia de Hubble

Hubble clasificó las galaxias en tres tipos morfológicos básicos:  
*elípticas, espirales e Irregulares.*

- **ELIPIICAS: (E)** Subdivididas en *E0 - E7* de acuerdo a:  $\epsilon \equiv 1 - b/a$ , donde *a*: semieje mayor y *b*: semieje menor
  - E0 corresponde a  $\epsilon = 0$  (*esférica*) y E7  $\epsilon = 0.7$  (*plana*)
- **ESPIRALES: (S)** Subdivididas en:
  - SB (barreadas) y S (sin barras)
  - Sa, Sb o Sc: de acuerdo a la razón disco/bulbo, **espaciamiento de los brazos y suavidad.**
- **IRREGULARES: (I)** Subdivididas en Irr I (con alguna seña de brazos espirales, barras, etc..) y Irr II, el resto

*Secuencia Evolutiva de Hubble E (tempranas) → S (Tardías)¿?*





M81

Type Sa



M51

Type Sb



NGC 2997 Type Sc



NGC 3992

Type SBa



NGC 1433

Type SBb



NGC 1300

Type SBc

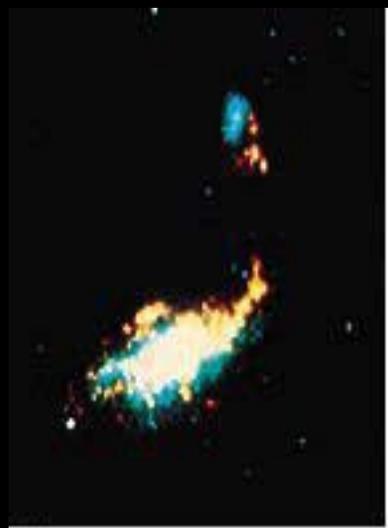


Centaurus A Radio Galaxy (VLT KUEYEN + FORS2)

ESO PR Photo 05b/00 (8 February 2000)

© European Southern Observatory





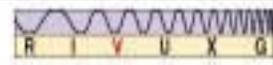
(a)

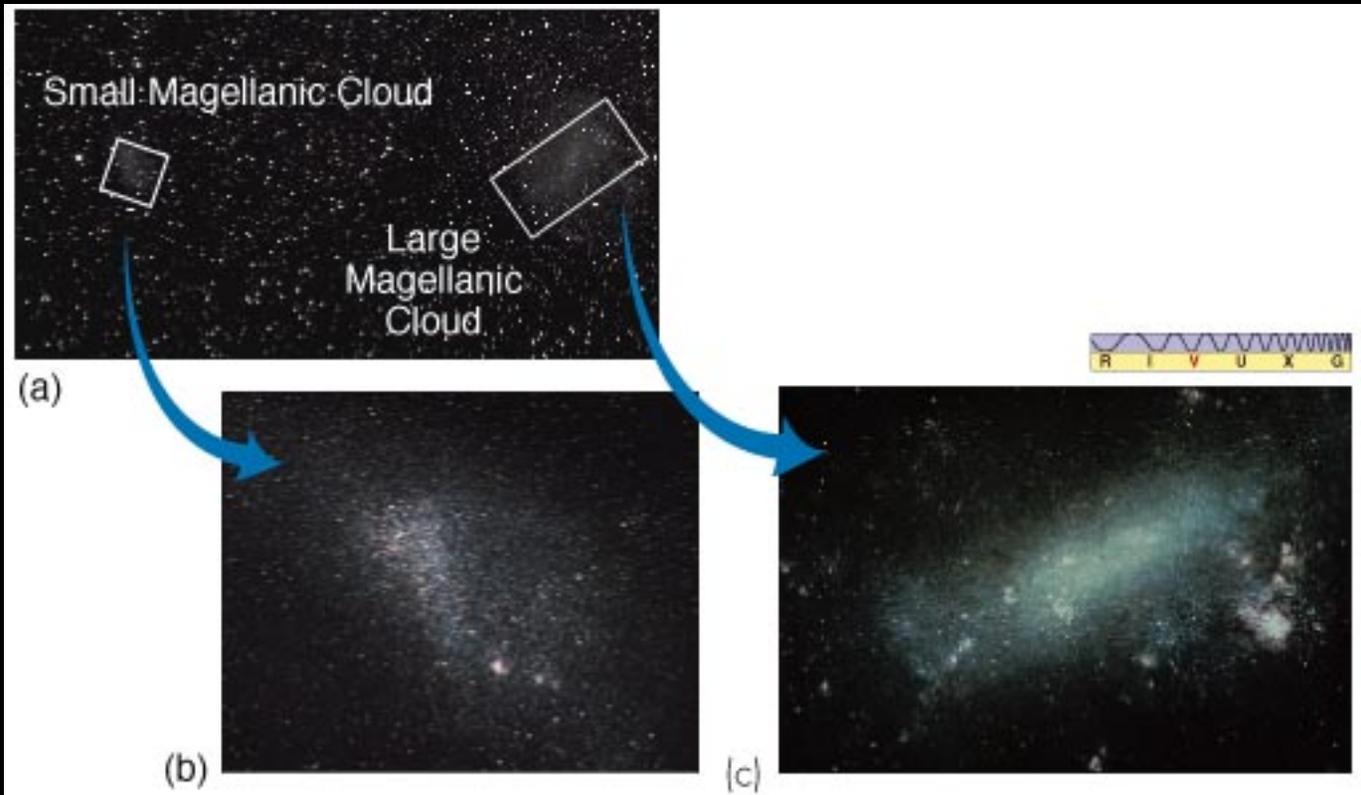


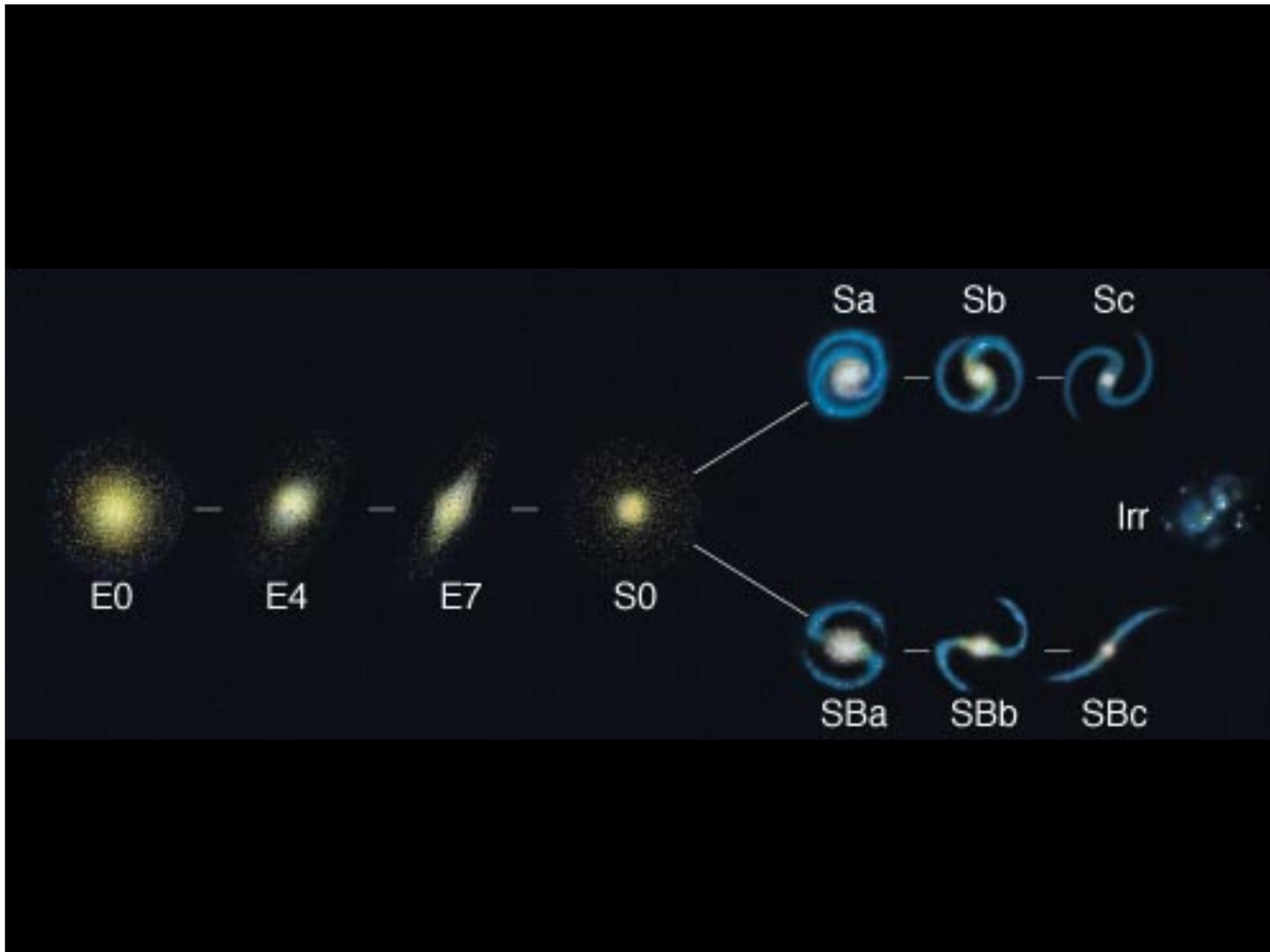
(b)



(c)







- **Tour por las Galaxias**

  - ✓ **Características de las Galaxias**

- **Distribución de Galaxias en el espacio.**
- **Masas de Galaxias y Materia Oscura**
- **Formación y Evolución de Galaxias**
- **Expansión del Universo**
- **Estructuras de Gran Escala**

# Características de Galaxias

	<i>Elípticas</i>	<i>Espirales</i>	<i>Irregulares</i>
<b>Morfología</b>	elíptica	Disco-bulbo barra	Irregular
<b>Perfil <math>\mu</math></b>	$r^{1/4}$	Bulbo- $r^{1/4}$ Disco-exp.	-
<b>Características</b>	★ viejas no gas no form. ★	Pop. I y II Gas y polvo Formación ★	Pop. I y II Gas y polvo Formación ★
<b>Dimensiones</b>	0.5-100 kpc	5-100kpc	1-10kpc
<b>Masa</b>	$10^7-10^{13}$ $M_{\odot}$	$10^9-10^{13} M_{\odot}$	$10^8-10^{10} M_{\odot}$
<b>Luminosidad</b>	$10^5-10^{11}$ $L_{\odot}$	$10^8-10^{11} L_{\odot}$ $L_{bulbo} \setminus L_{disco} -0.05-0.3$	$10^7-10^{10} L_{\odot}$
<b>Magnitud</b>	-8 -- -23	-16 – -23	-13 – -20
<b>Dinámica</b>	Aleatoria	Rotación disco Aleatoria bulbo	Aleatoria-rotación

# Poblaciones Estelares en E y S

## **ELÍPTICAS**

**Estrellas viejas - Poco Gas - Rojas - Esféricas o ligeramente achatadas - Poco momentum angular - Estrellas se mueven aleatoriamente y la dispersión de velocidad depende de la masa**

## **ESPIRALES**

**Estrellas jóvenes - Mucho Gas y Polvo - Formación Estelar - Azules - Discos rotando**

## COLORES

- **Estrellas más masivas son más *azules*, más *luminosas* y *viven menos*.**
- **Galaxias con formación de estrellas son azules.**
  - Estrellas jóvenes son muy luminosas
  - La mayor parte de la luz viene de estas estrellas
- **Galaxias con poca formación de estrellas son rojas.**
  - Luz viene de las Gigantes Rojas principalmente.

# Gas en Elípticas

★ evolucionan → pierden masa → mueren como enanas blancas (EB), estrellas de neutrones o hoyos negros.

¿Donde queda el gas?

$$M_{\text{EB}} \approx 0.6 - 0.8 M_{\odot}$$

Una ★ como el Sol perdió  $0.2 M_{\odot}$

- La mayor parte de la luz de una E viene de gigantes rojas y la mayor parte de las gigantes rojas son de  $1M_{\odot}$ , dado la edad del Universo ( $10^{10}$  años).
- Una galaxia Elíptica tiene,  $L \approx 10^{10}L_{\odot}$
- Una gigante roja,  $L \approx 10^4L_{\odot}$  y vive  $\tau \approx 10^6$  años

→Masa total perdida

$$\frac{L_E}{L_{GR}} \cdot 0.2 \approx 10^6 \cdot 0.2 \approx 2 \times 10^5 M_{sol}$$

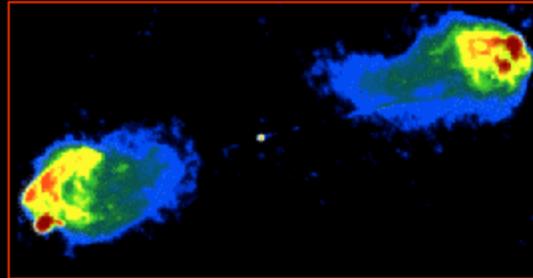
→Tasa de producción de gas

$$\frac{2 \times 10^5 M_{sol}}{10^6 \text{ años}} \approx 0.2 \left[ \frac{M_{sol}}{\text{año}} \right]$$

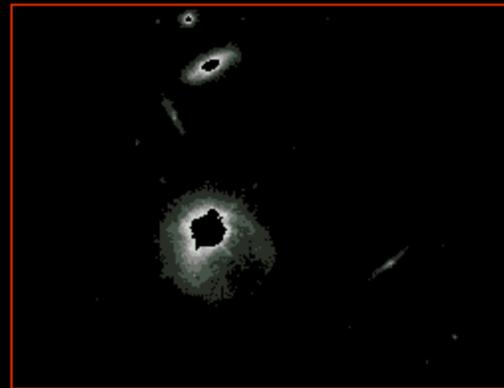
→En  $10^{10}$  años se acumulan  $2 \times 10^9 M_{\odot}$  **BASTANTE**

¿Por qué no hay formación de estrellas?

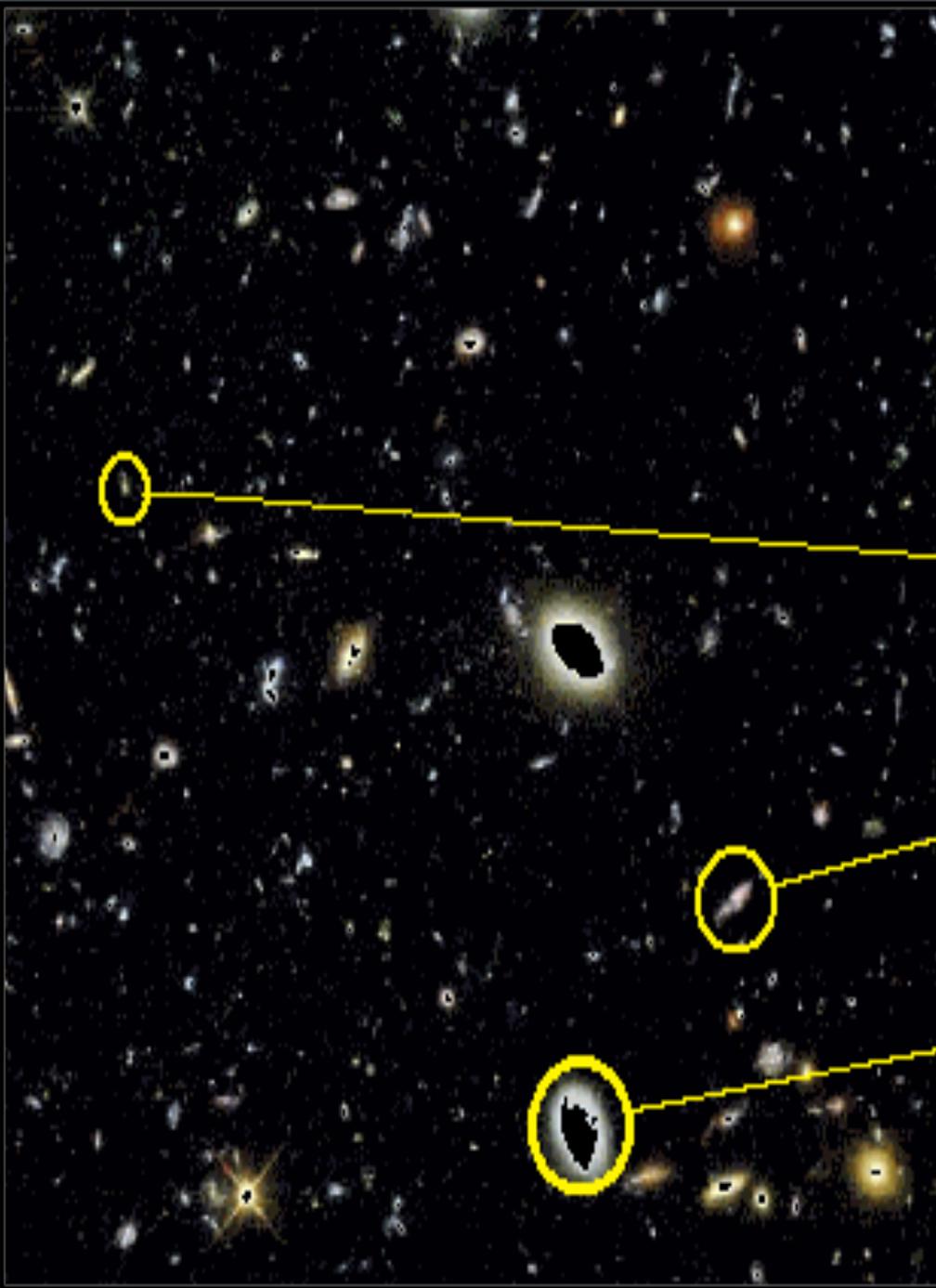
Temperatura del gas muy alta



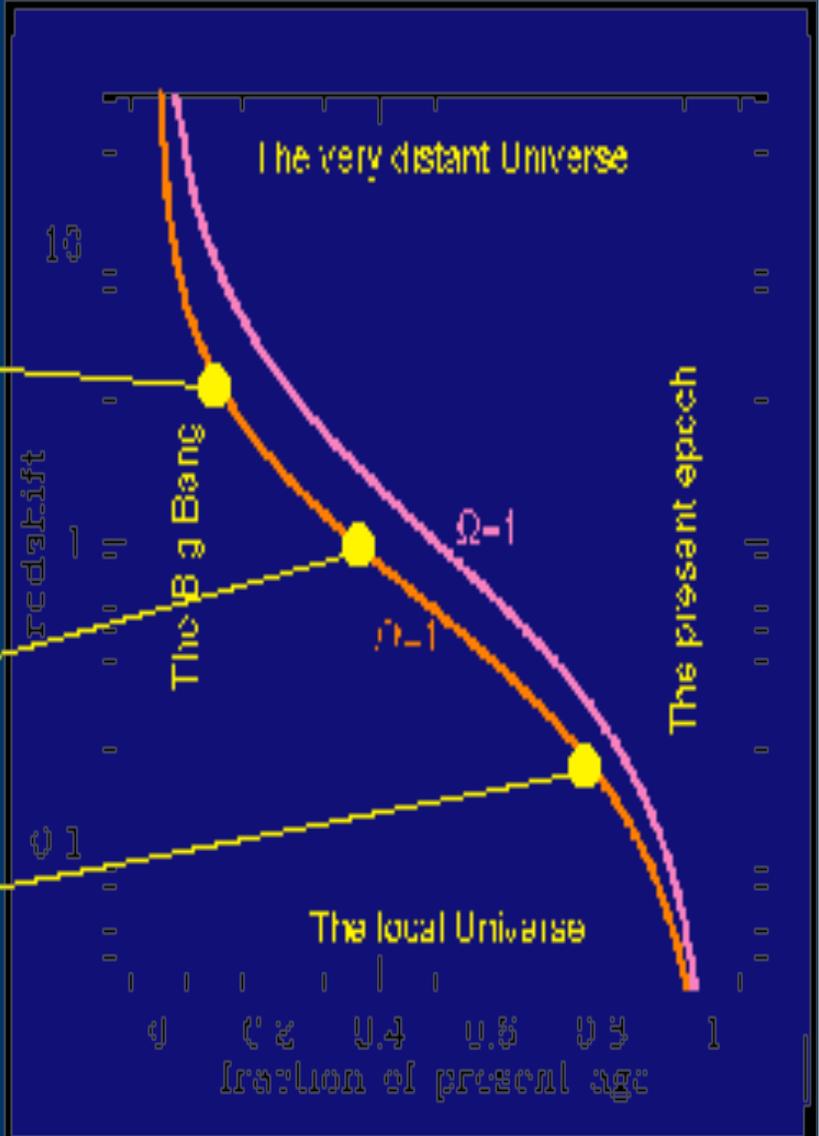
Active galaxies and quasars are produced by accretion of material on to a very massive black hole in the centres of the galaxies



- Tour por las Galaxias
- ✓ **Distribución de Galaxias en el espacio.**
- Masas de Galaxias y Materia Oscura
- Formación y Evolución de Galaxias
- Expansión del Universo
- Estructuras de Gran Escala



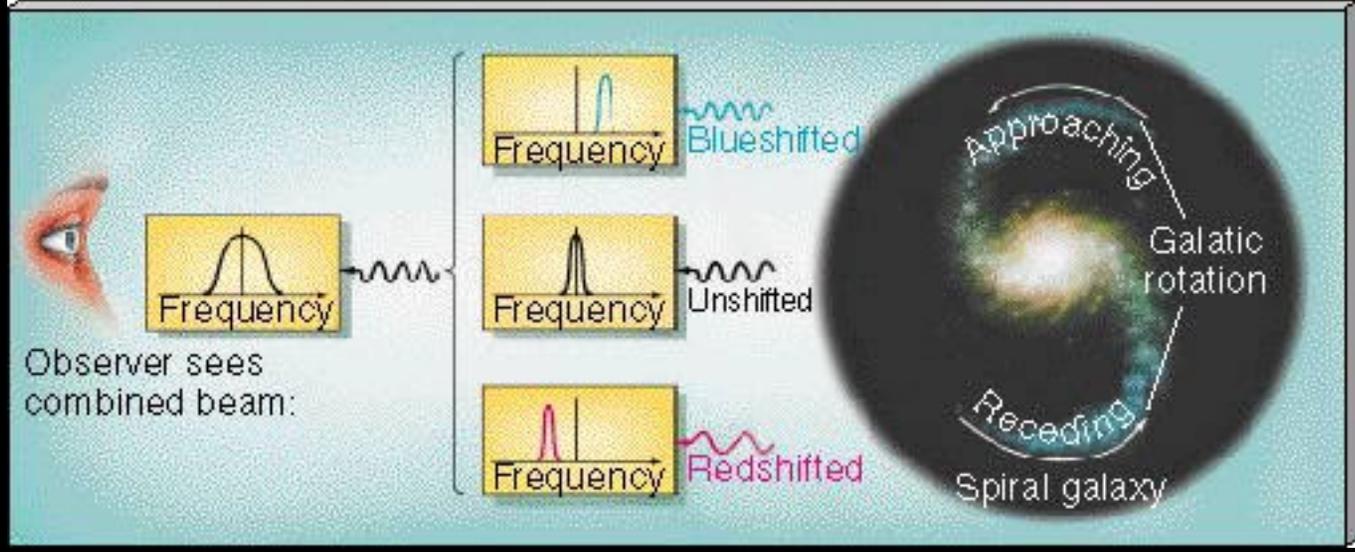
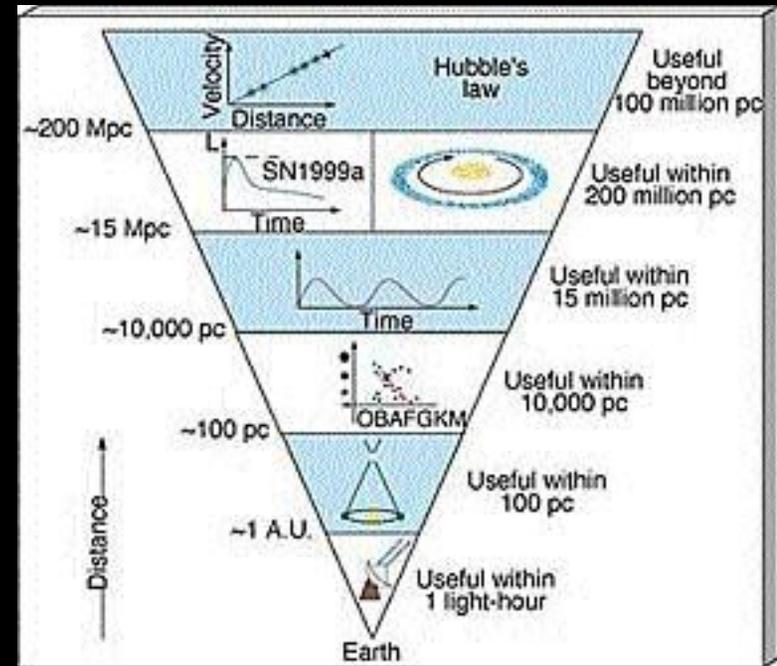
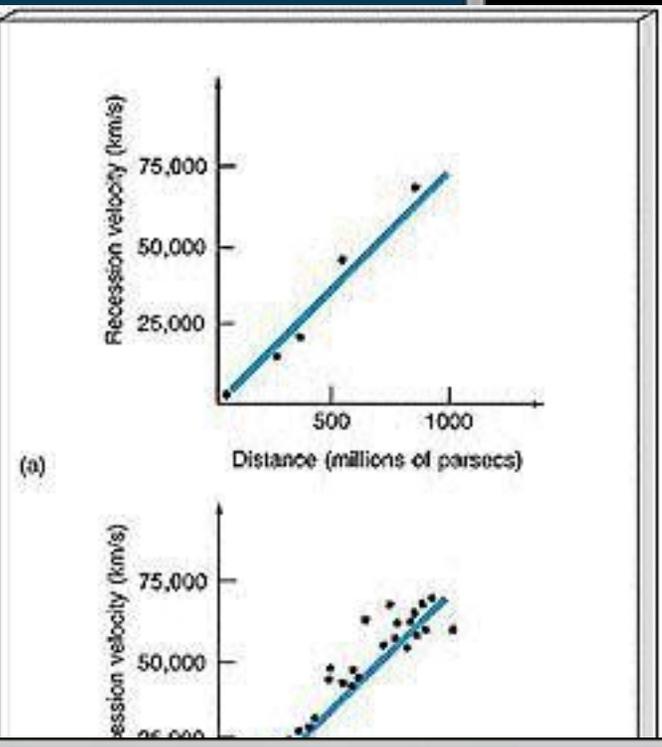
$$(1+z) = \frac{\lambda_{\text{observed}}}{\lambda_{\text{emitted}}} = \frac{R_{\text{now}}}{R_{\text{then}}}$$



(a) Backg

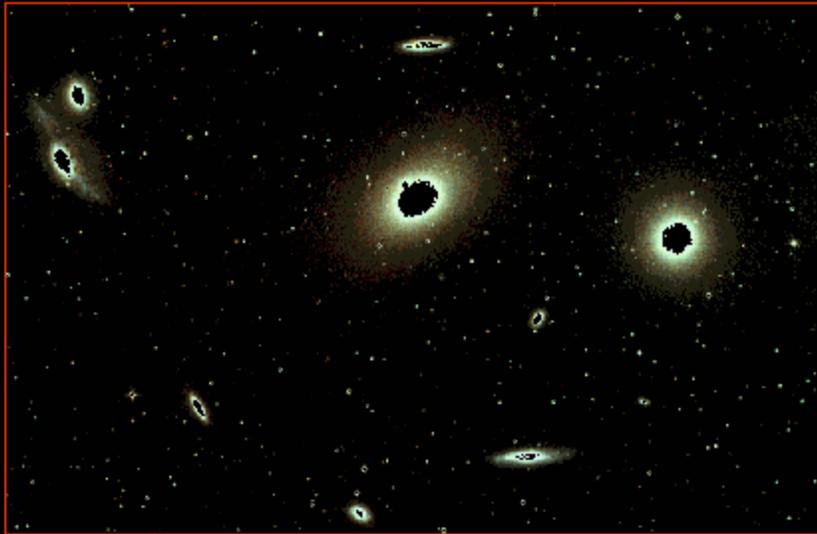
10,0

ity (solar units)

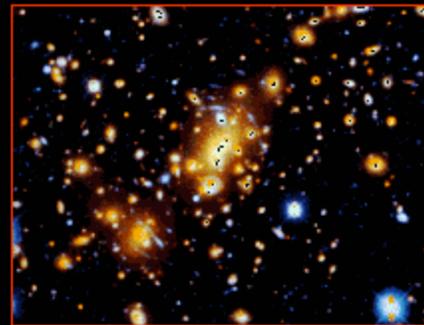
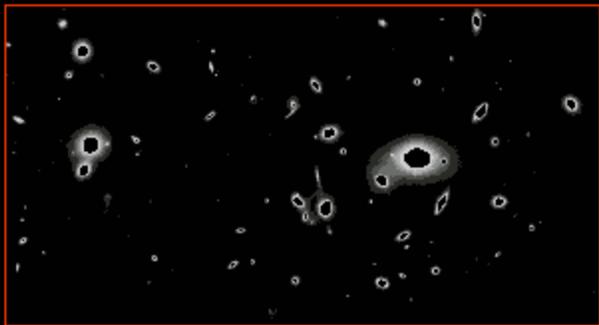


# Correlaciones con Luminosidad

- ➔ **Luminosidad y metalicidad:** La metalicidad de galaxias aumenta con la luminosidad
- ➔ **Luminosidad y rotación:** Observaciones de curvas de rotación en espirales muestran que  $L \propto V_{\max}^4$ , Tully-Fisher
  - ⇒  $V_{\max}$  es la rapidez máxima de rotación.
  - ⇒ Teóricamente esto se entiende si,
    - +  $M/L = \text{cte} = C_{VL}$
    - +  $L/R^2 = \text{cte} = C_{SB}$
- ➔ **Luminosidad y movimientos aleatorios:** Ley Faber-Jackson para galaxias elípticas
  - ⇒ Observaciones muestran que  $L \propto \sigma^4$ ,  $\sigma$  velocidad de dispersión

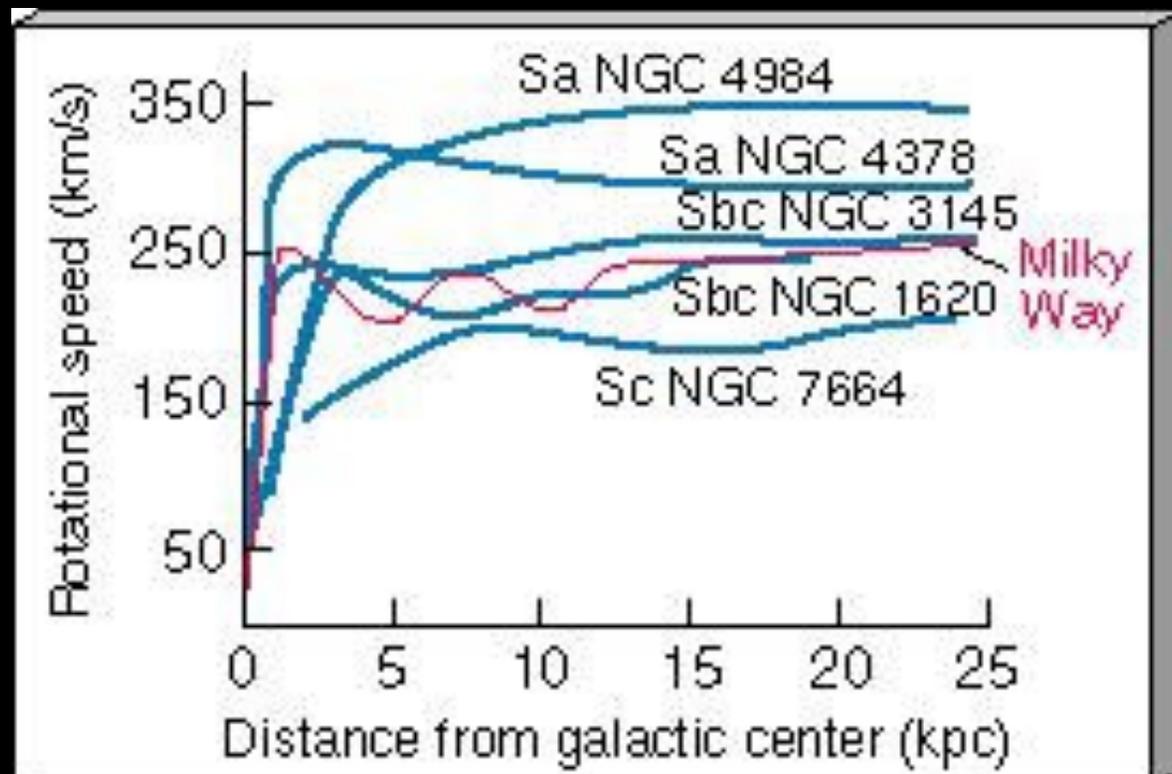


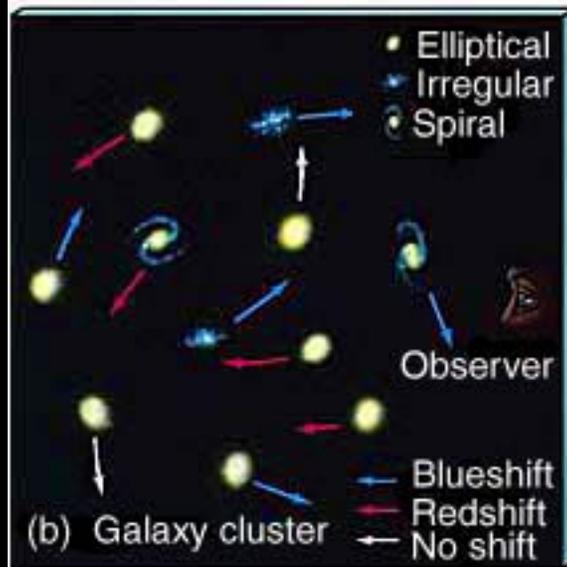
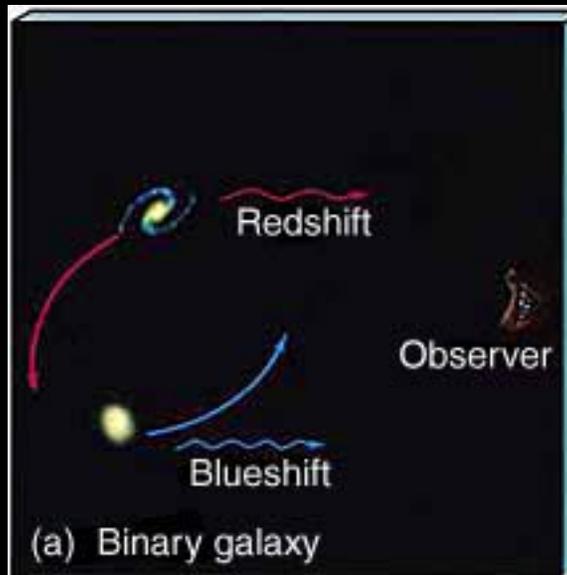
Clusters of galaxies



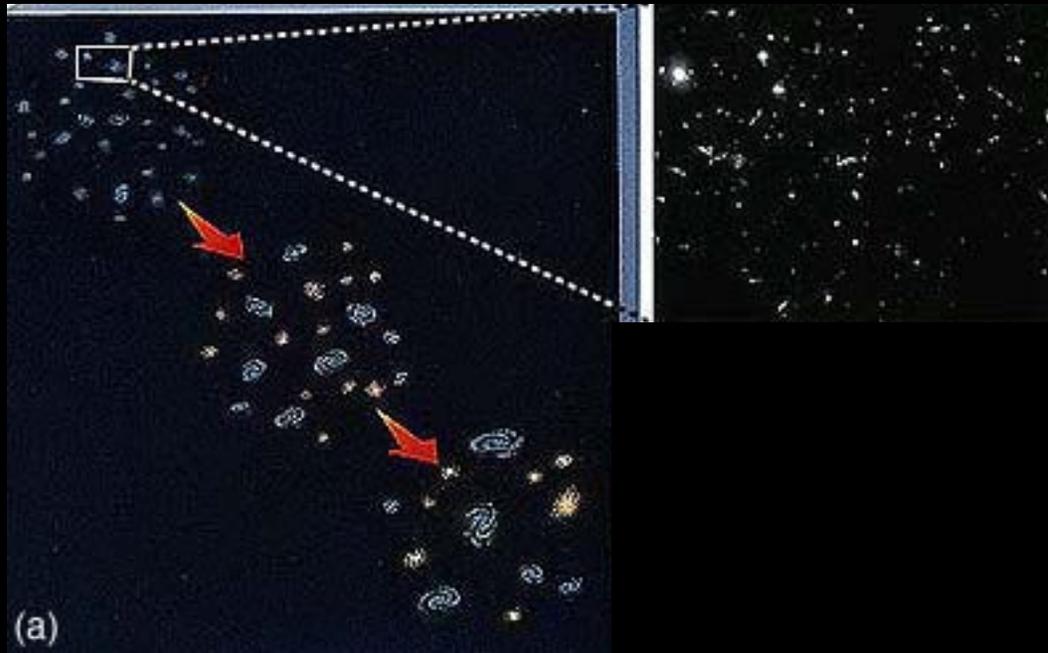
Nature's lenses

- Tour por las Galaxias
- Distribución de Galaxias en el espacio.
- ✓ Masas de Galaxias y Materia Oscura
- Formación y Evolución de Galaxias
- Expansión del Universo
- Estructuras de Gran Escala



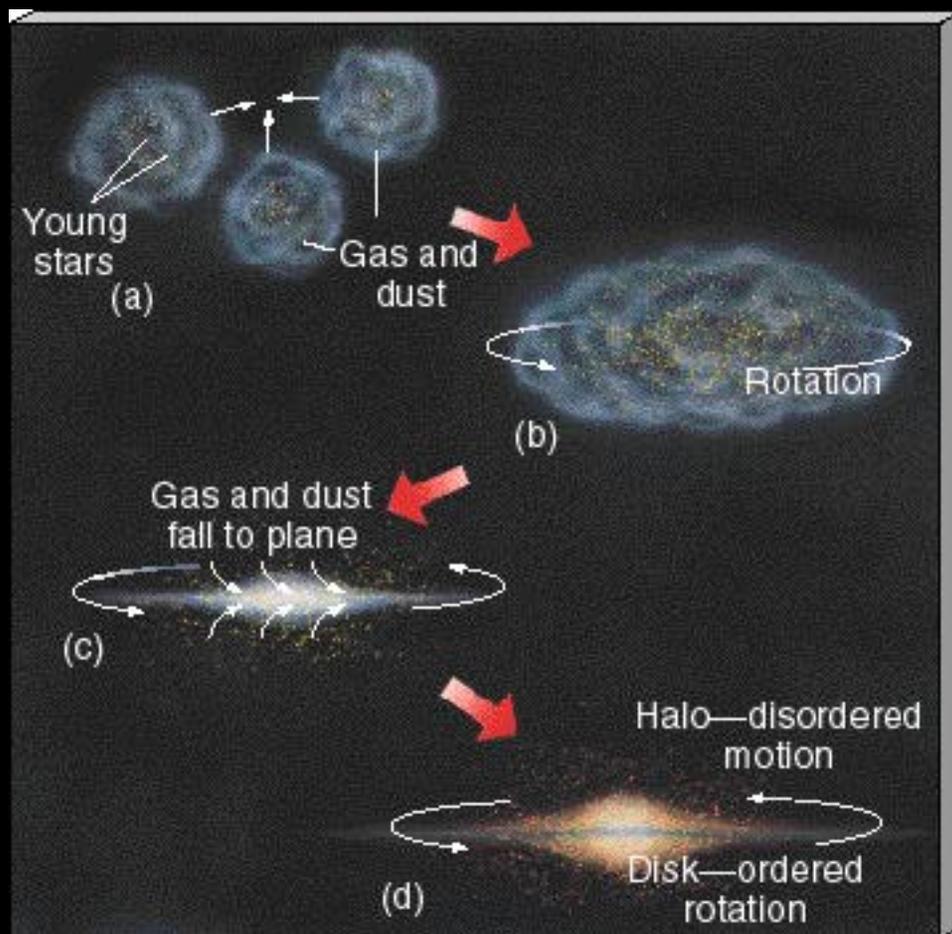


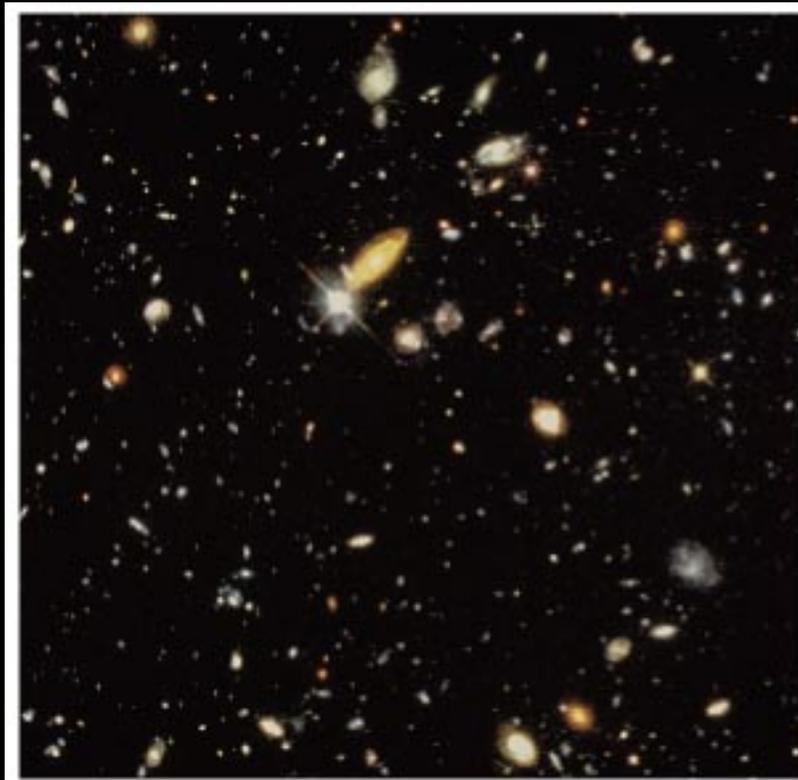
- Tour por las Galaxias
- Distribución de Galaxias en el espacio.
- Masas de Galaxias y Materia Oscura
- ✓ **Formación y Evolución de Galaxias**
- Expansión del Universo
- Estructuras de Gran Escala



**La visión moderna para la formación de galaxias es que las galaxias se ensamblaron a partir de fusión o choques de bloques pregalácticos**

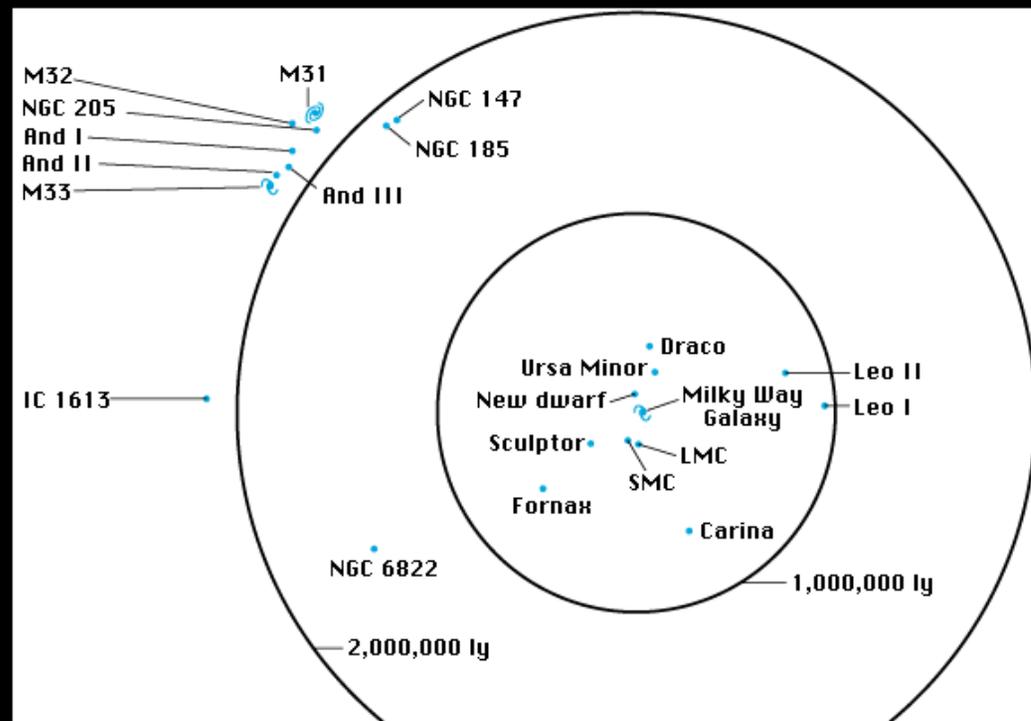


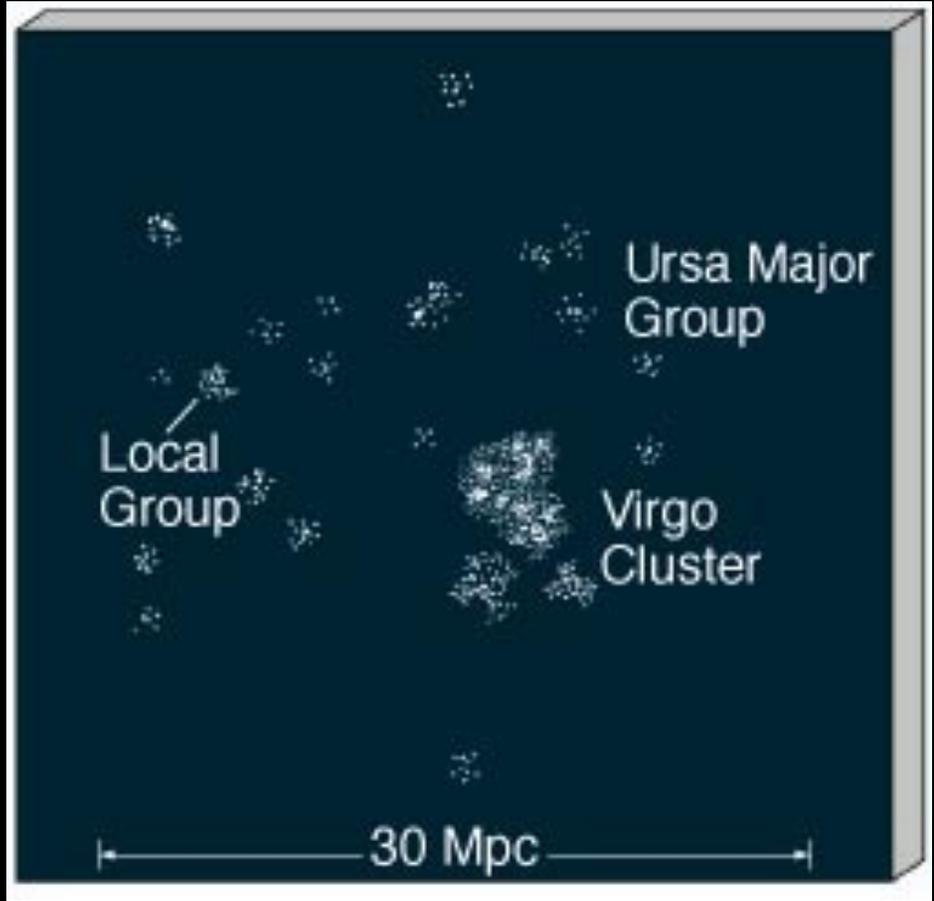


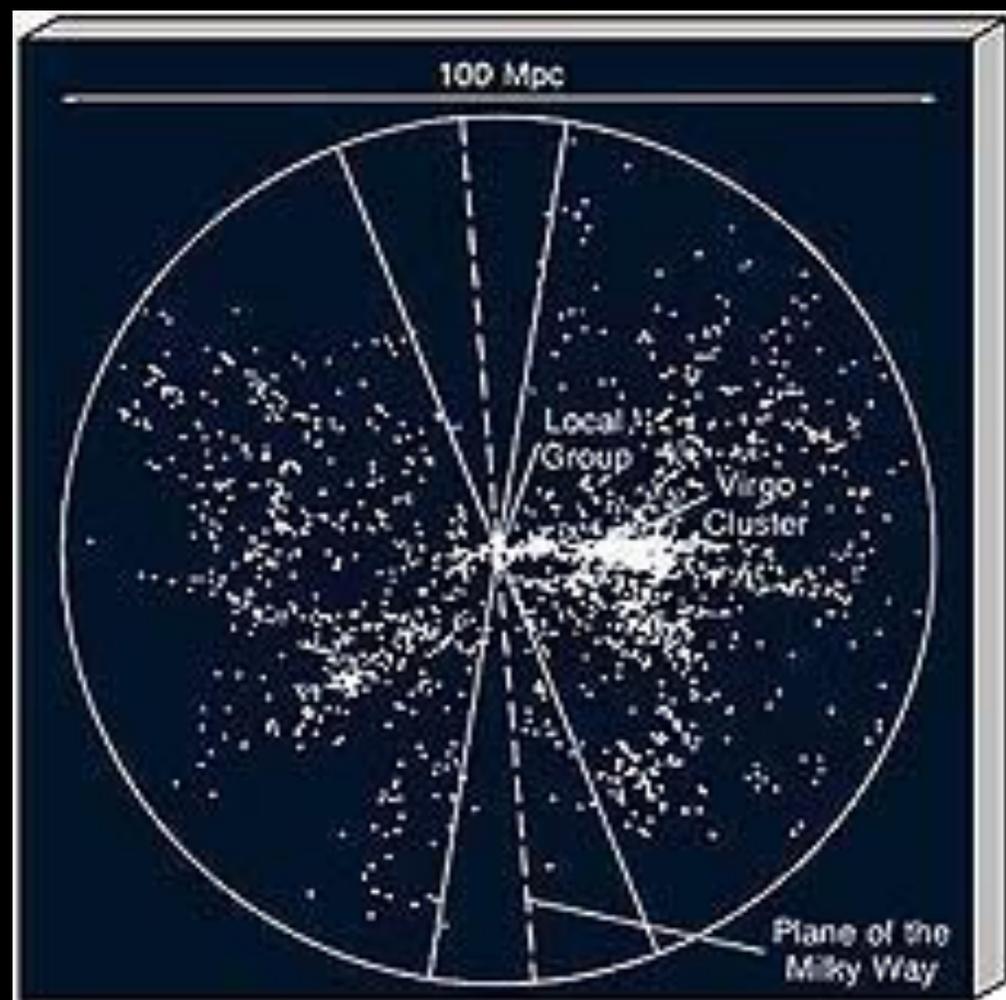


- Tour por las Galaxias
- Distribución de Galaxias en el espacio.
- Masas de Galaxias y Materia Oscura
- Formación y Evolución de Galaxias
- Expansión del Universo
- ✓ Estructuras de Gran Escala

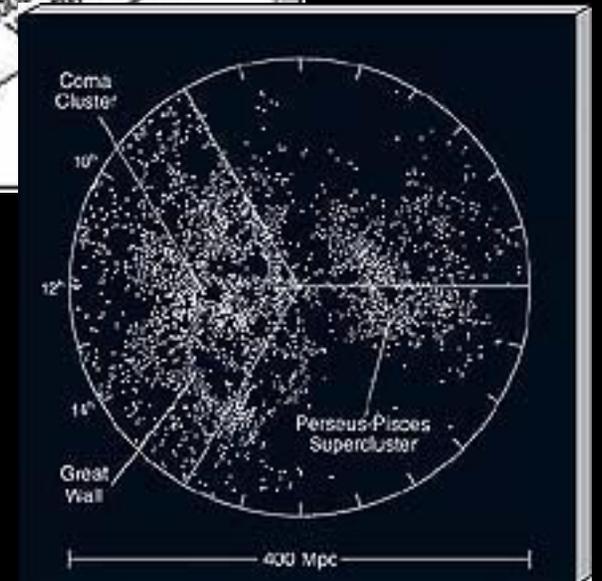
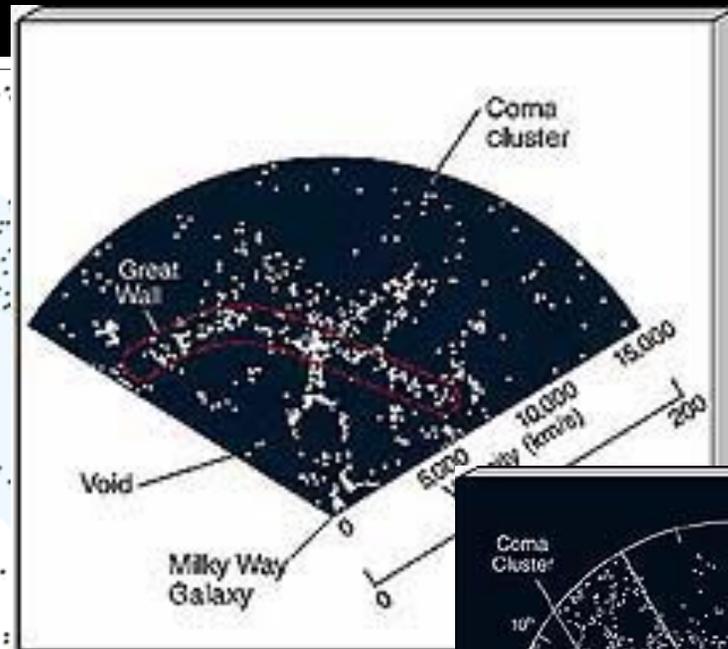
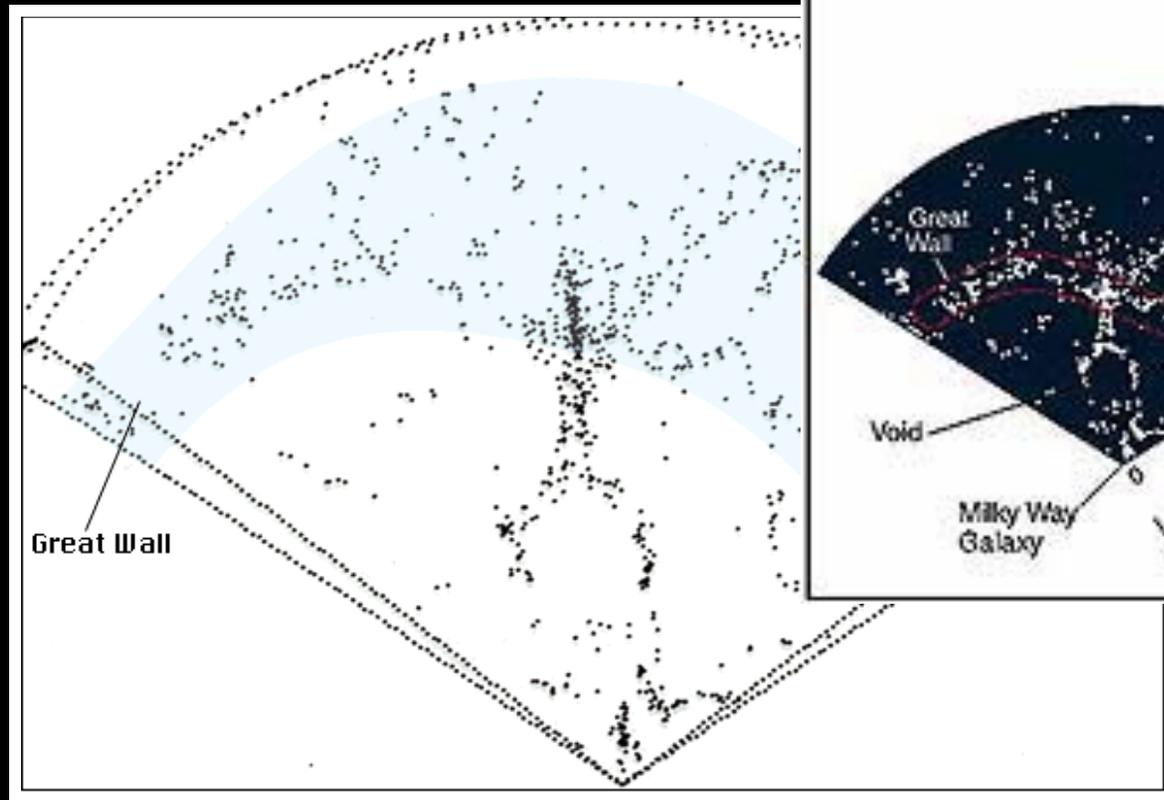
# El Grupo Local



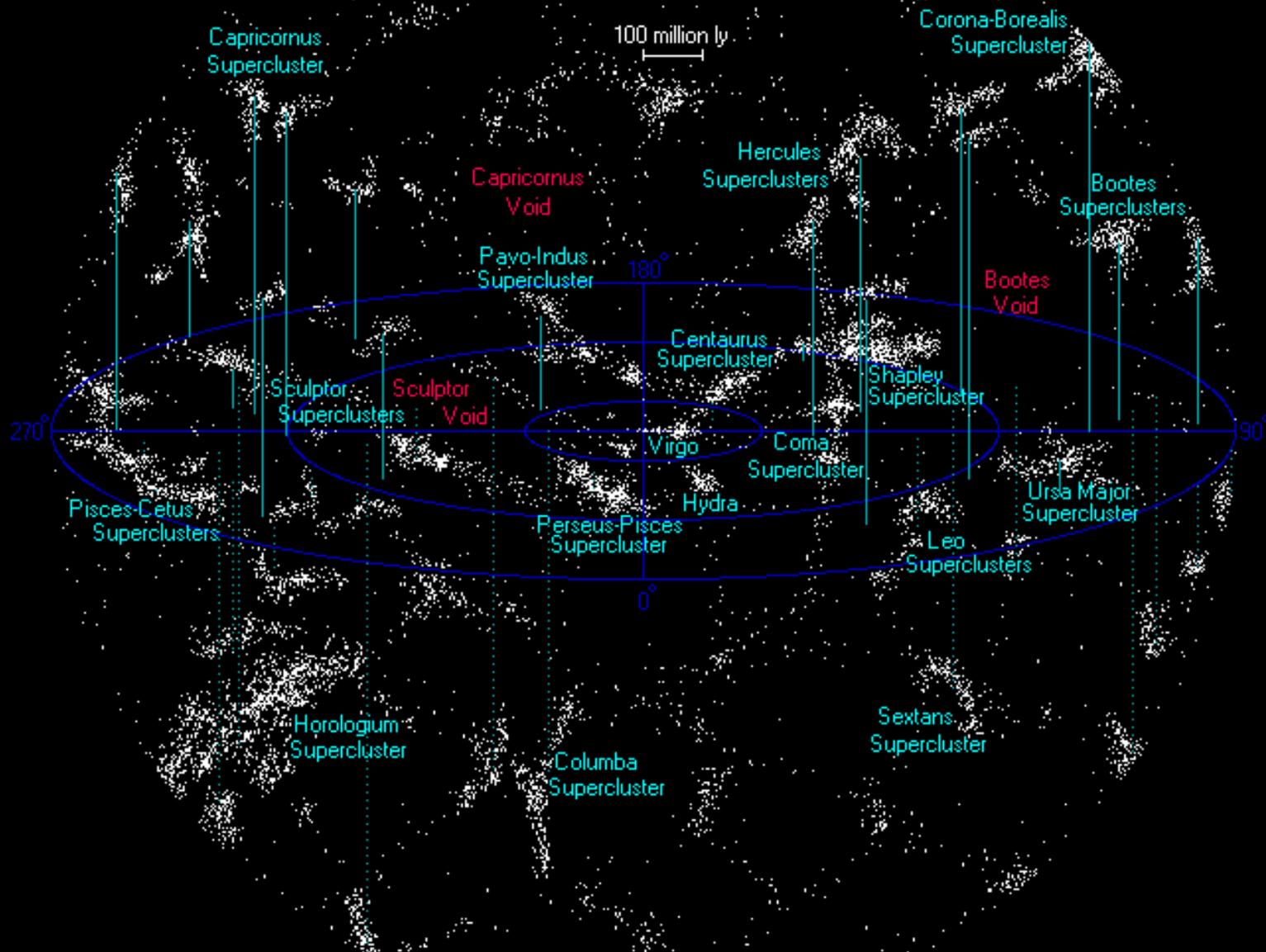


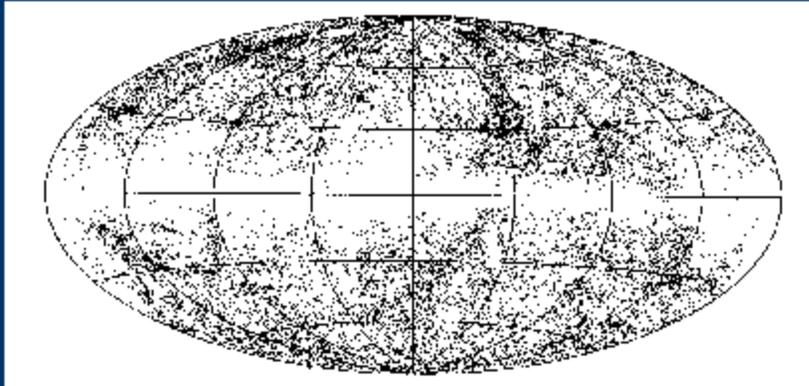


# Un corte en el Universo

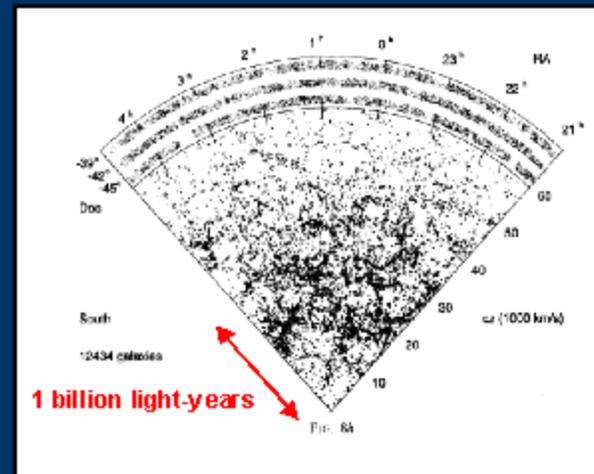


# Supercúmulos de Galaxias





The distribution of galaxies in space:  
voids up to 300 million light-years across separated by sheets and filaments of galaxies



# El Universo

