



LA VIDA DE UNA ASTRÓNOMA

Mercedes Mollá

Biografía

- 1979: Licenciatura C. Físicas (UAM)
- 1980: Curso de Ingeniería Nuclear (JEN)
- 1981: Tesina de licenciatura + Boda
- 1980-1984: Empresarios Agrupados
- 1983: Nació mi primera hija
- 1984: Consejo de Seguridad Nuclear (funcionaria)
- 1985, 1986: Nacimiento de otros 3 hijos
- 1988: Empecé el doctorado en la UAM
- 1991-1993: Ayudante de primer ciclo (UAM)
- 1993: Tesis Doctoral
- 1993-1996: Ayudante de segundo ciclo (UAM)
- 1997: Becaria post-doctoral Pisa (Italia)
- 1998: Becaria post-doctoral Quebec (Canadá)
- 1999-2002: Contratada de reincorporación UAM
- 2003-ahora: Investigadora CIEMAT
(UNED Mujeres en las estrellas)
- 2009-2010: Sabático en Sydney (Australia)

Foto

Foto

Foto

Foto

Foto

Foto

Foto

Foto

A vibrant, multi-colored astronomical image showing a dense field of stars and interstellar dust. The colors range from deep reds and oranges to bright blues and greens, indicating different temperatures and chemical compositions. A white rectangular box is drawn in the upper right quadrant, highlighting a specific region of interest. The overall scene is a complex, multi-colored star-forming region or galaxy cluster.

Resumen de lo que hago

Formación y evolución de galaxias
(espirales, irregulares y de baja masa)

¿En qué consiste la materia ?
¿De qué está formada?
¿Cuales son sus componentes?

Sistema periódico
de los elementos

Física
de las
partículas
elementales

¿Cómo se forman
los elementos?

¿Cómo se forman
las moléculas

A Schematic Outline of the Cosmic History

Time since the Big Bang (years)

~ 300 thousand

~ 500 million

~ 1 billion

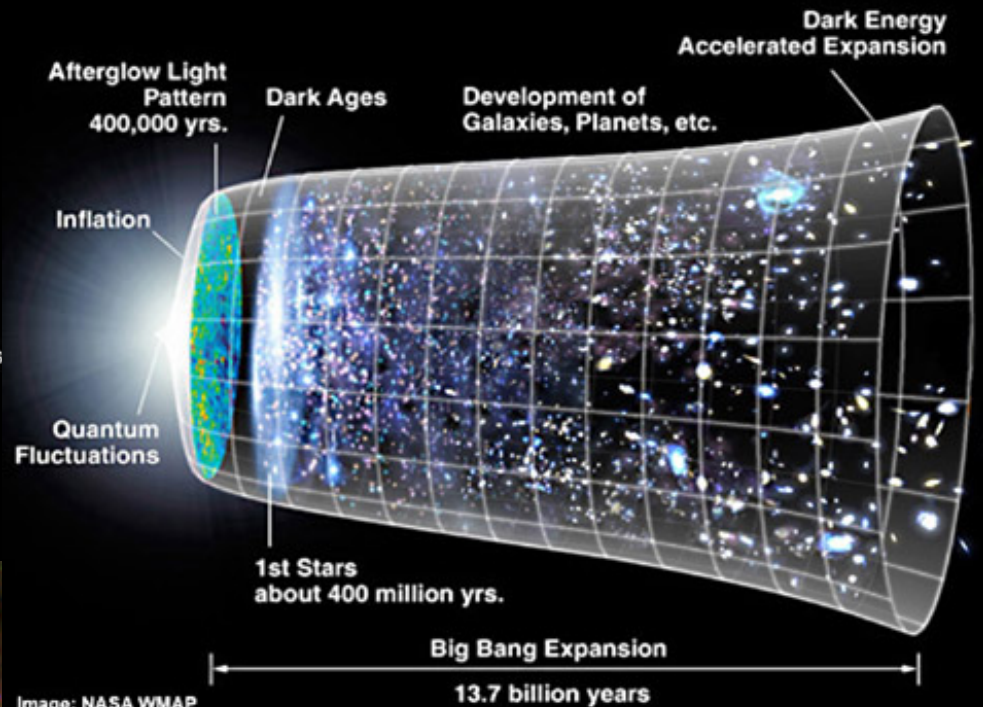
~ 9 billion

~ 13 billion



- ← The Big Bang
The Universe filled with ionized gas
- ← The Universe becomes neutral and opaque
The Dark Ages start
- Galaxies and Quasars begin to form
The Reionization starts
- The Cosmic Renaissance
The Dark Ages end
- ← Reionization complete, the Universe becomes transparent again
- Galaxies evolve
- The Solar System forms
- Today: Astronomers figure it all out!

Este es un esquema de cómo ha sido la historia del universo.
Yo trabajo en evolución de galaxias



S.G. Djorgovski et al. & Digital Media Center, Caltech

Image: NASA WMAP

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

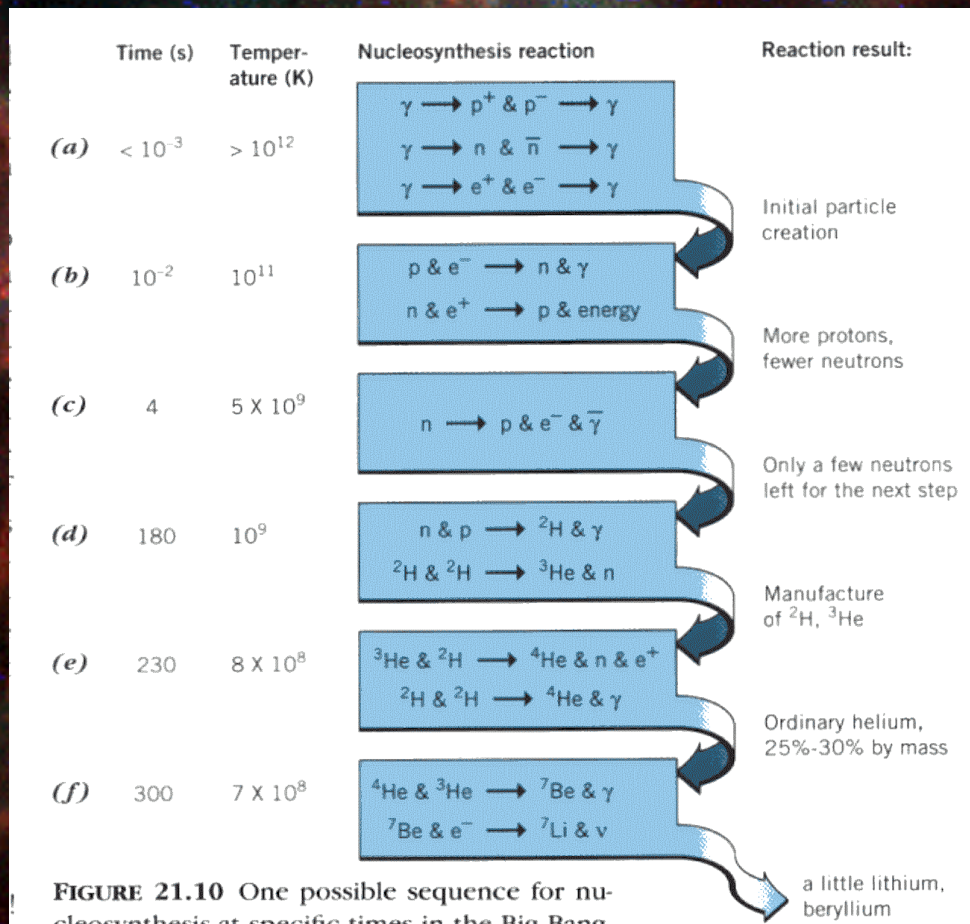


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado: Al expandirse se enfría y pierde energía

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

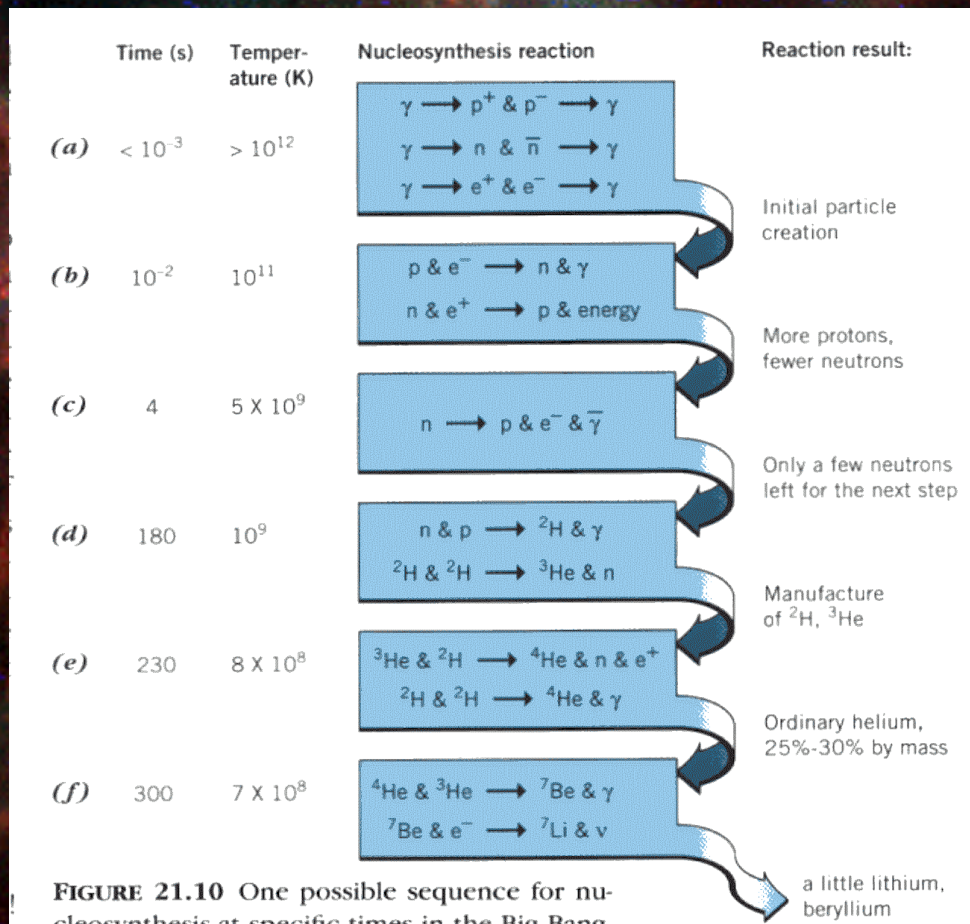


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:

2. Era de las partículas pesadas:

Los fotones crean materia y antimateria: electrones, protones, fotones, positrones, muones y algunos tipos de neutrinos. Procesos de aniquilación

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

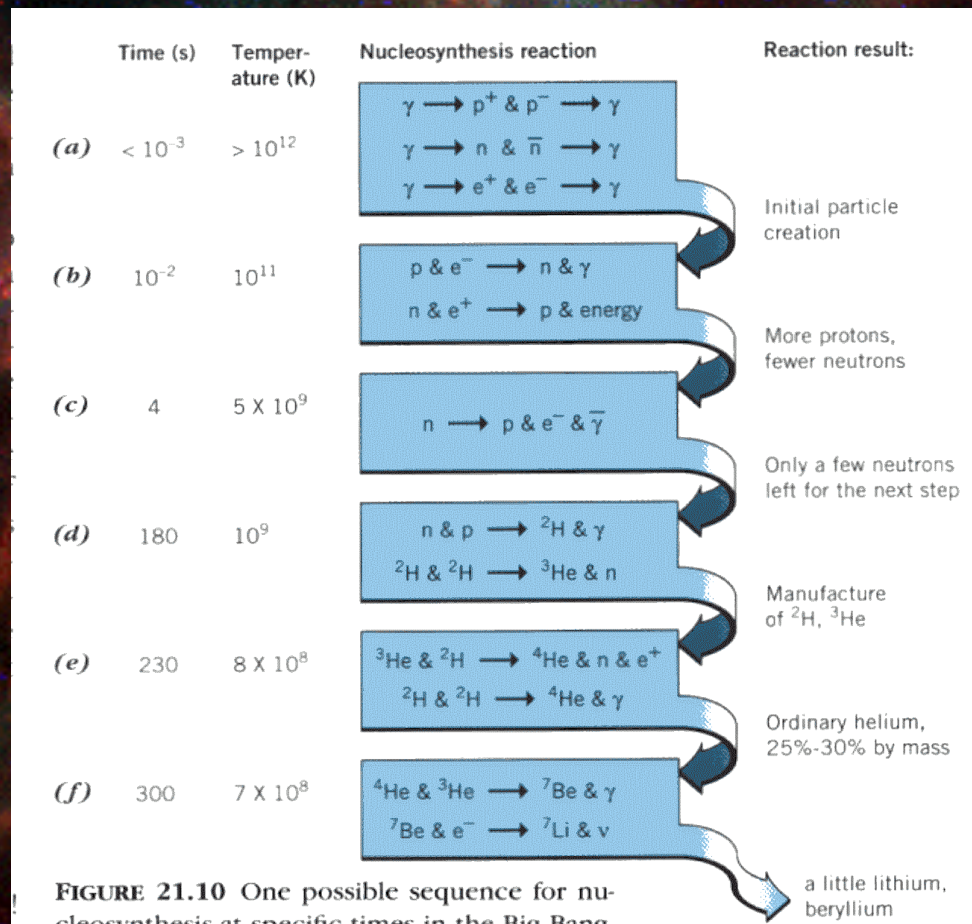


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:

2. Era de las partículas pesadas:

3. Era de las partículas ligeras:

Se empiezan a crear los neutrones de protones y electrones. A una temperatura de 10^{10} K, la fracción n/p se congela

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

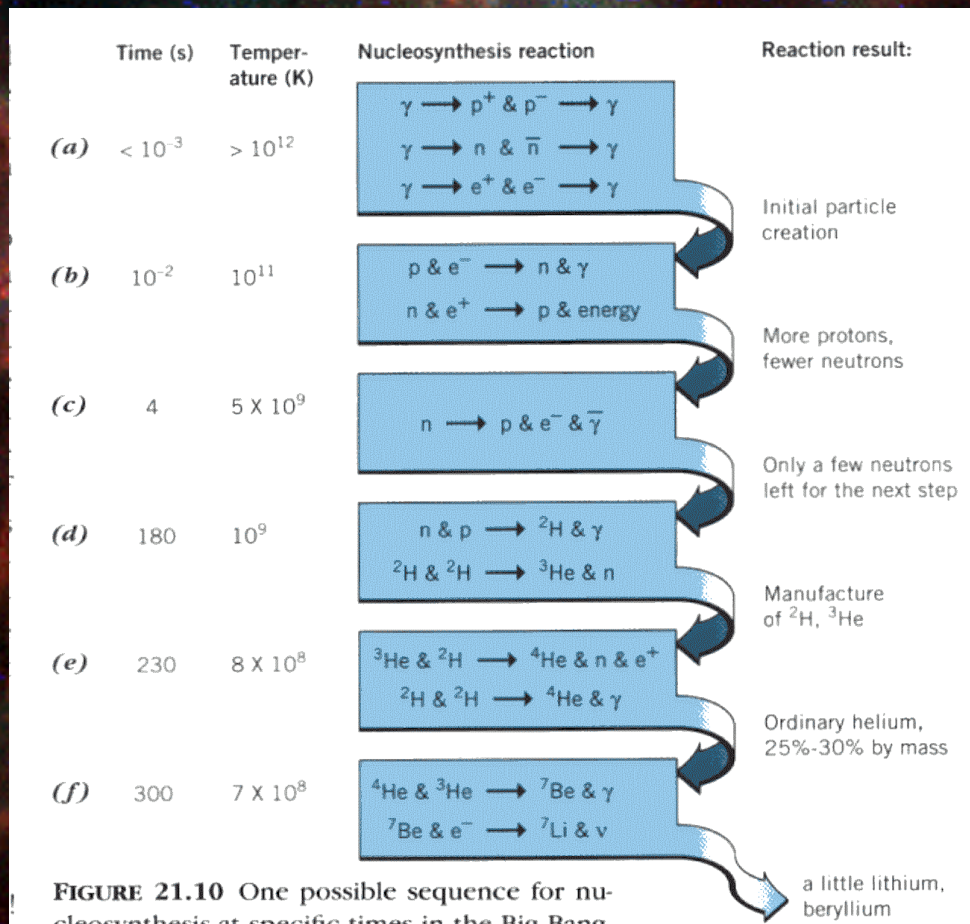


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:

2. Era de las partículas pesadas:

3. Era de las partículas ligeras:

4. Era de la radiación: Los fotones no pueden crear nada más. la relación de nucleones a fotones, parámetro η ($\approx 10^{-10}$), se conserva constante desde entonces

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

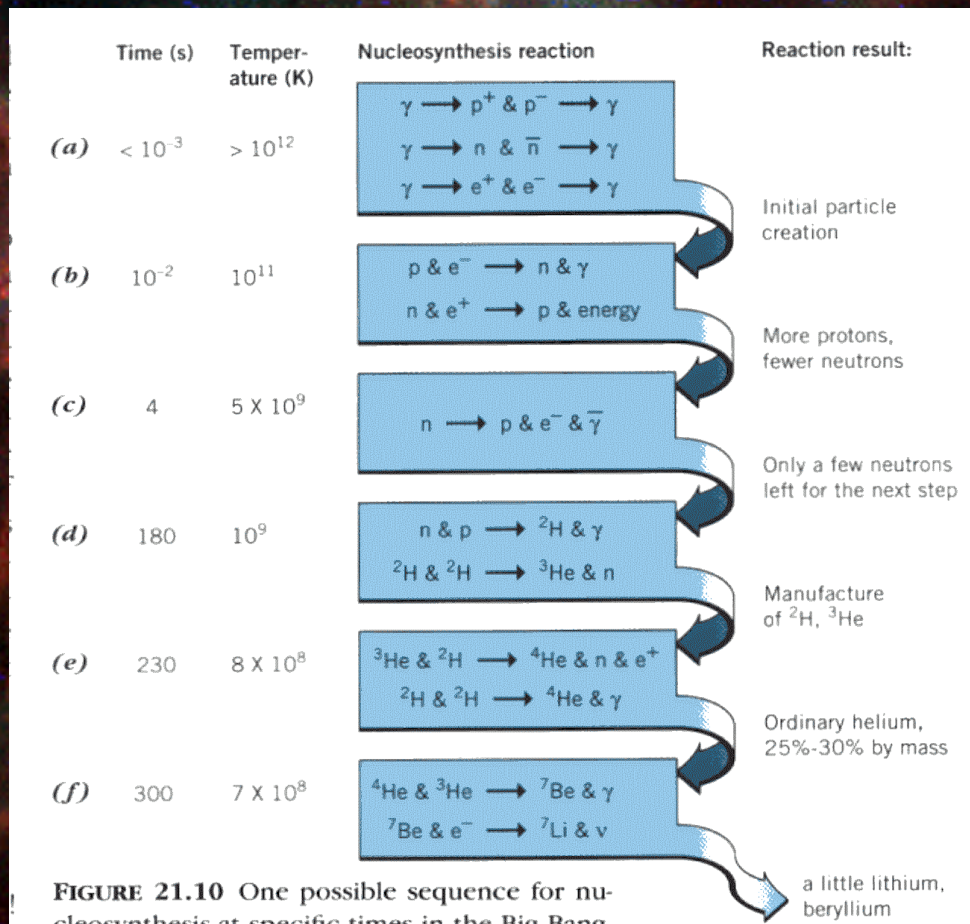


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:

2. Era de las partículas pesadas:

3. Era de las partículas ligeras:

4. Era de la radiación:

5. Formación de núcleos ligeros (H y D): Los neutrones que aún no se han desintegrado acaban formando D

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

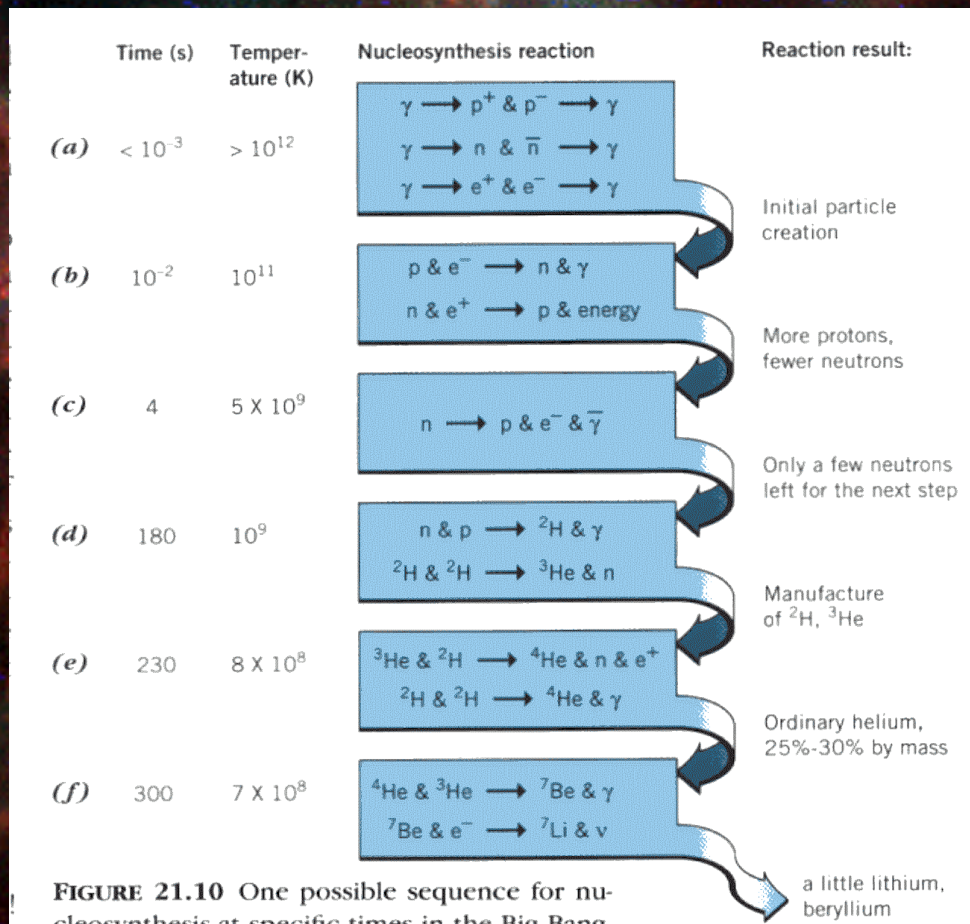


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:

2. Era de las partículas pesadas:

3. Era de las partículas ligeras:

4. Era de la radiación:

5. Formación de núcleos ligeros

6. Reacciones nucleares: ${}^3\text{He}$ y ${}^4\text{He}$,
Abundancia de He fijada

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

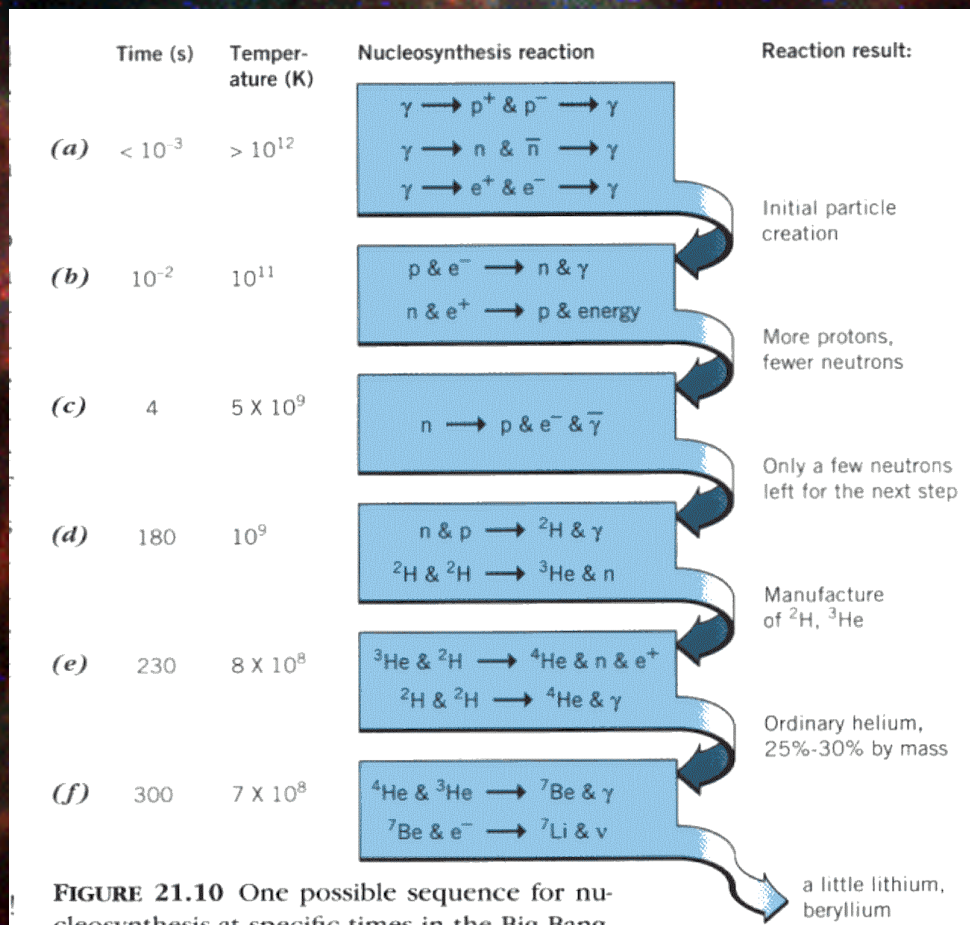


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:
2. Era de las partículas pesadas:
3. Era de las partículas ligeras:
4. Era de la radiación:
5. Formación de núcleos ligeros
6. Reacciones nucleares:
7. Era de la recombinación: Cuando $T < 3000 \text{ K}$, comienza la formación de átomos completos (miles de años)

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

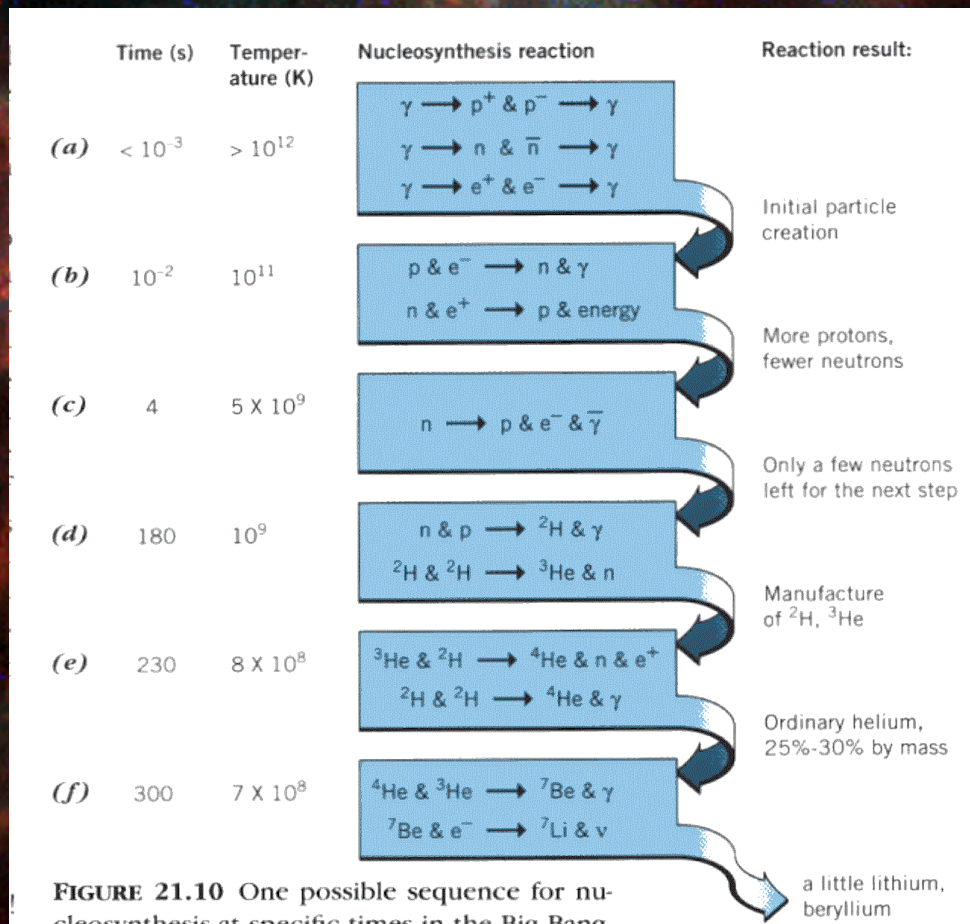


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:
2. Era de las partículas pesadas:
3. Era de las partículas ligeras:
4. Era de la radiación:
5. Formación de núcleos ligeros (H y D)
6. Reacciones nucleares:
7. Era de la recombinación
8. La Radiación y la materia se desacoplan: Radiación de fondo de microondas(2.7 K)

Nucleosíntesis del Big-Bang

En el tiempo 0 hay a una singularidad en la que toda la materia converge.

La temperatura y presión son enormes: plasma ionizado.

La densidad es enorme así que la radiación no puede “viajar”

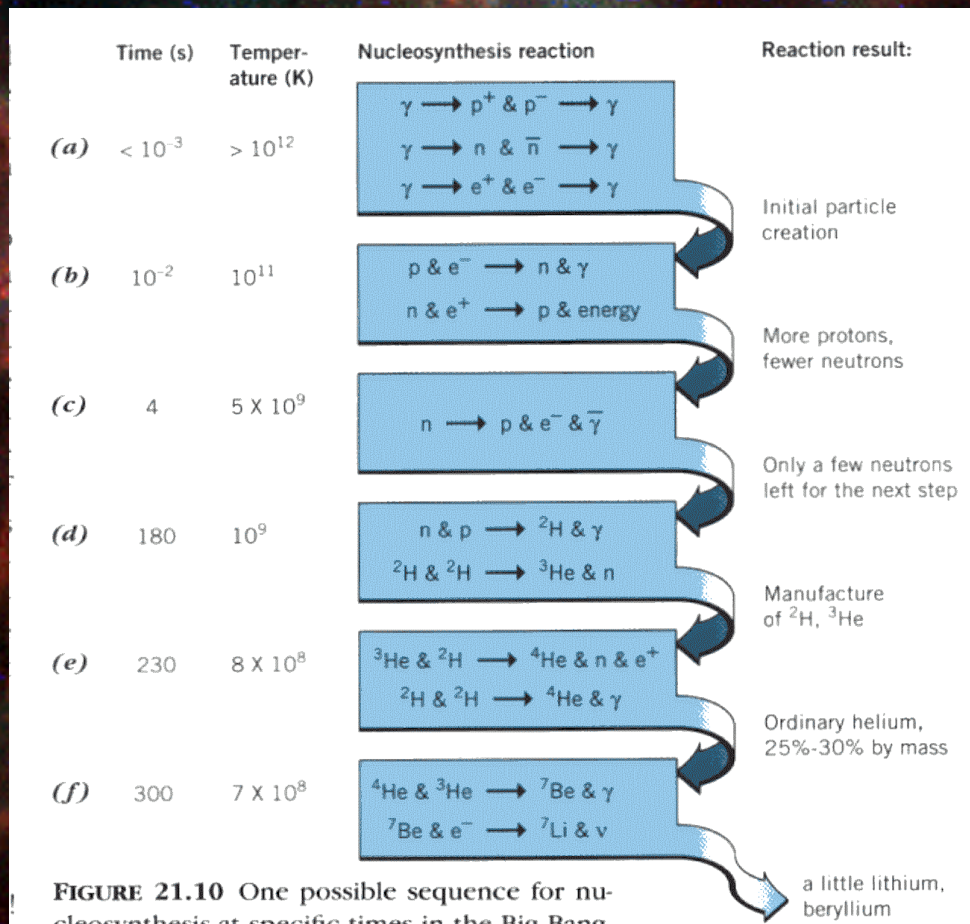


FIGURE 21.10 One possible sequence for nucleosynthesis at specific times in the Big Bang

1. Plasma ionizado:
2. Era de las partículas pesadas:
3. Era de las partículas ligeras:
4. Era de la radiación:
5. Formación de núcleos ligeros H y D
6. Reacciones nucleares:
7. Era de la recombinación
8. La Radiación y la materia se desacoplan:
9. Acción gravitatoria, Acumulaciones de masa: formación de galaxias y estrellas

Galaxias

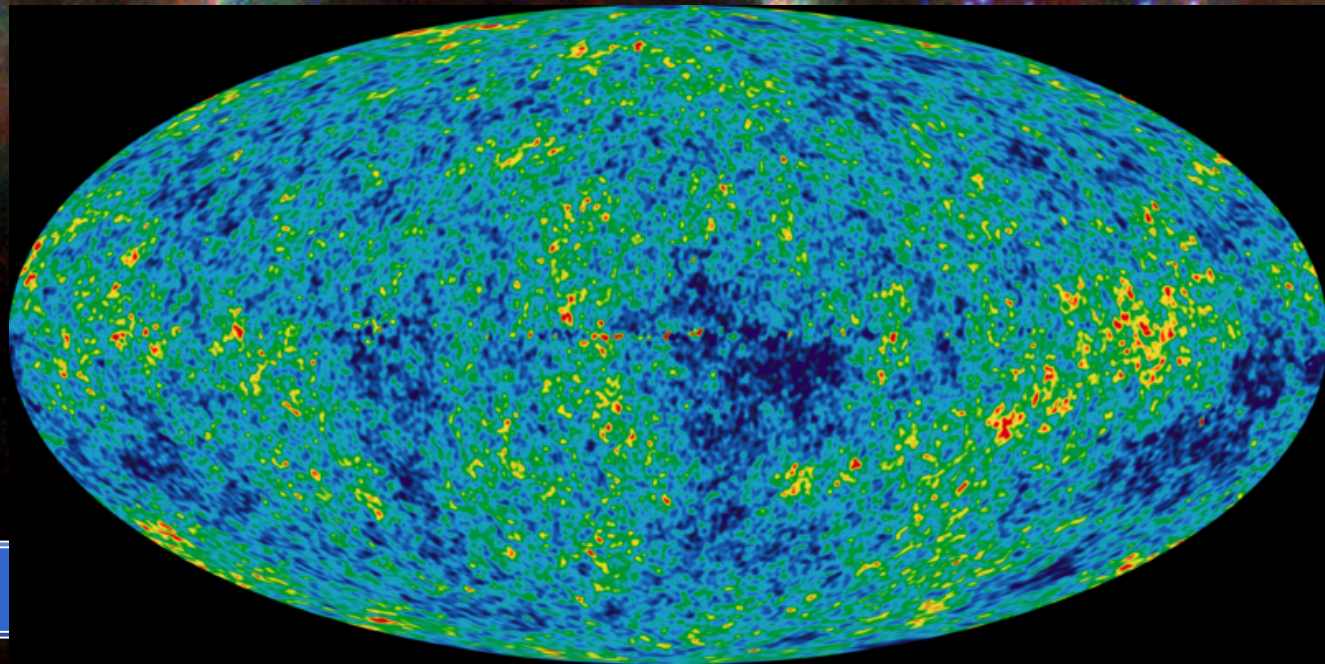
Las estrellas están agrupadas en estructuras enormes llamadas **GALAXIAS**

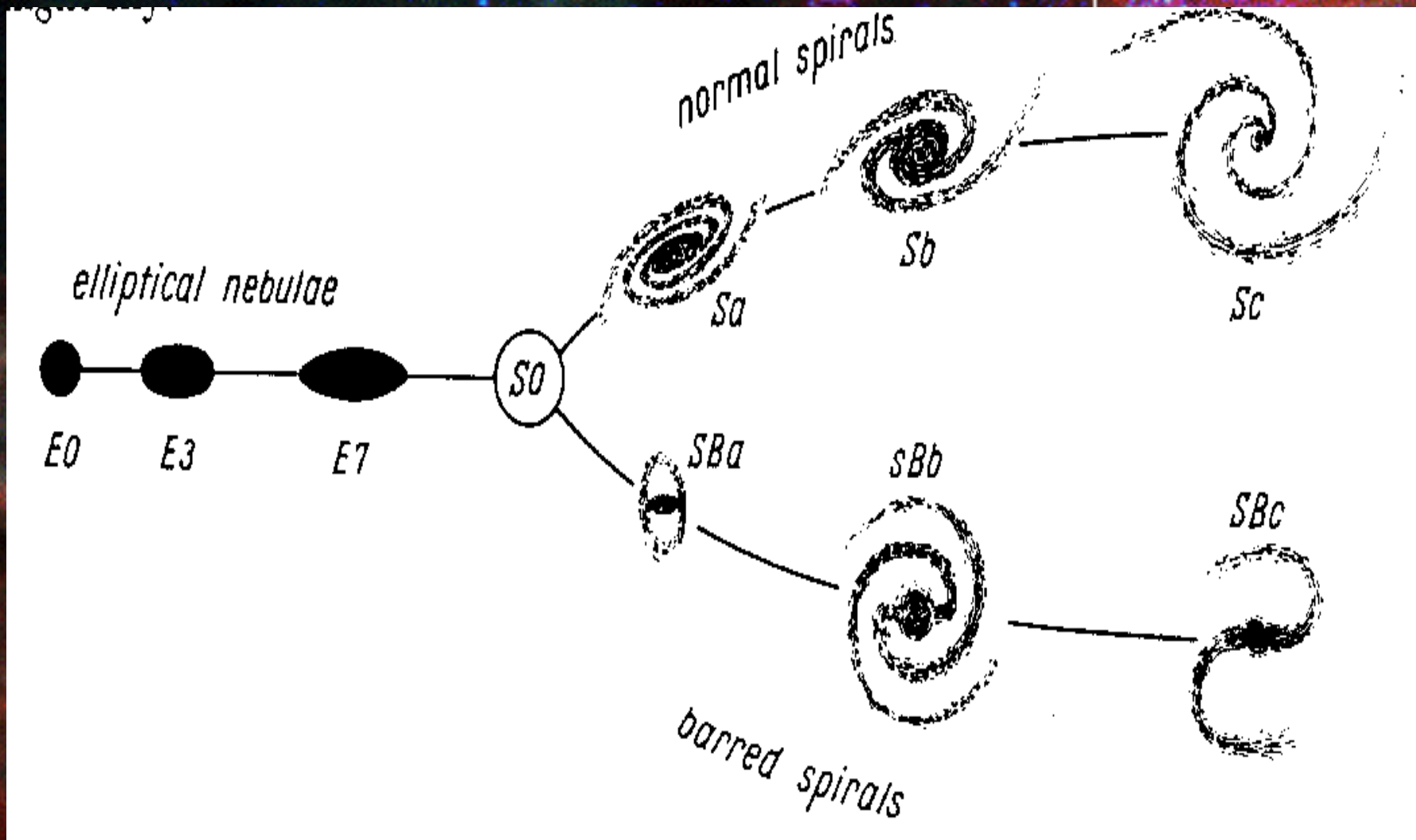
- Las galaxias pueden ser de muchas formas y tamaños.
- El sol está en una galaxia espiral que se llama **VIA LÁCTEA**, que tiene un **billón** de estrellas
- Las galaxias espirales pueden ser muy diferentes
- A veces no se ven los brazos, porque están colocadas de canto
- Hay galaxias que no tienen forma espiral: elípticas e irregulares
- Hay galaxias pequeñas, solamente tienen **cien millones** de estrellas

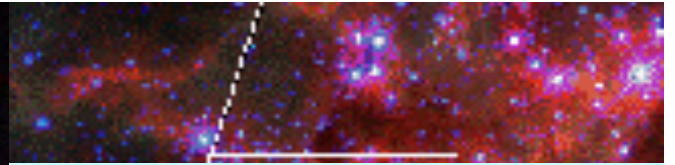
Las galaxias en las que trabajo son galaxias espirales como la nuestra la Vía Láctea

Formación de una galaxia

Las galaxias se forman a partir de perturbaciones de densidad por efecto de la gravitación que hace que la materia se condense

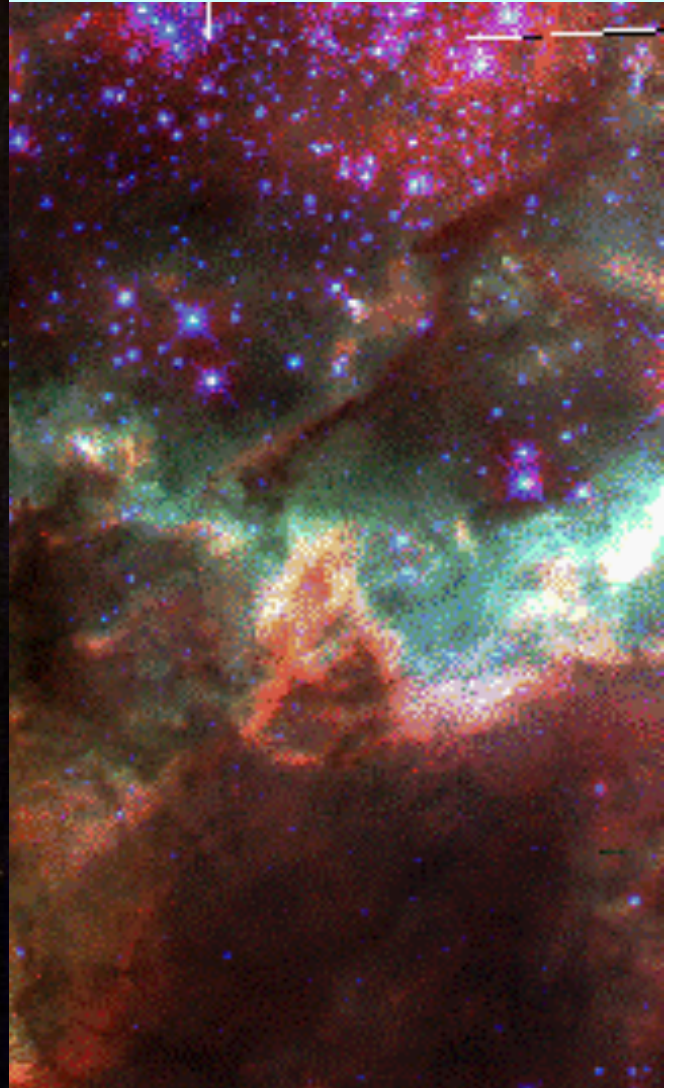







Distancia:

111 millones de años-luz



A large, face-on, barred spiral galaxy with a prominent central bar and multiple spiral arms. The galaxy is shown in a multi-color image, with the central region appearing yellowish-white, the arms showing blue and red hues, and the surrounding field containing various colored stars.

NGC 1300

Tamaño: 160.000 años-luz

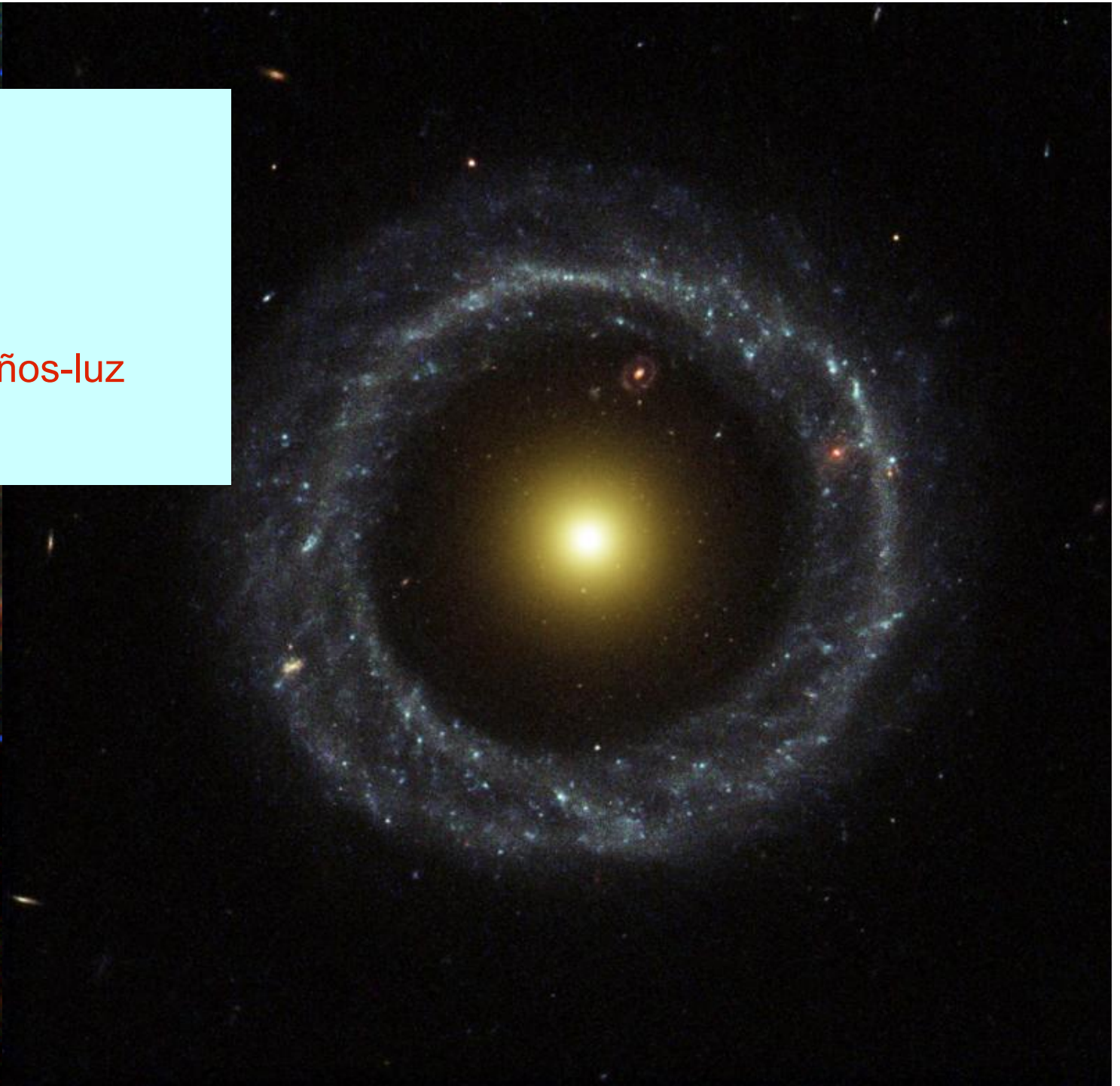
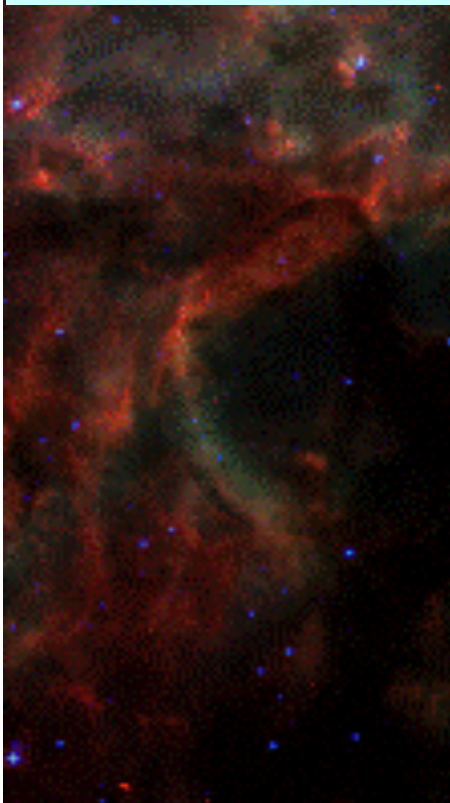
Distancia: 69 millones de años-luz

Tamaño:

120.000 años luz

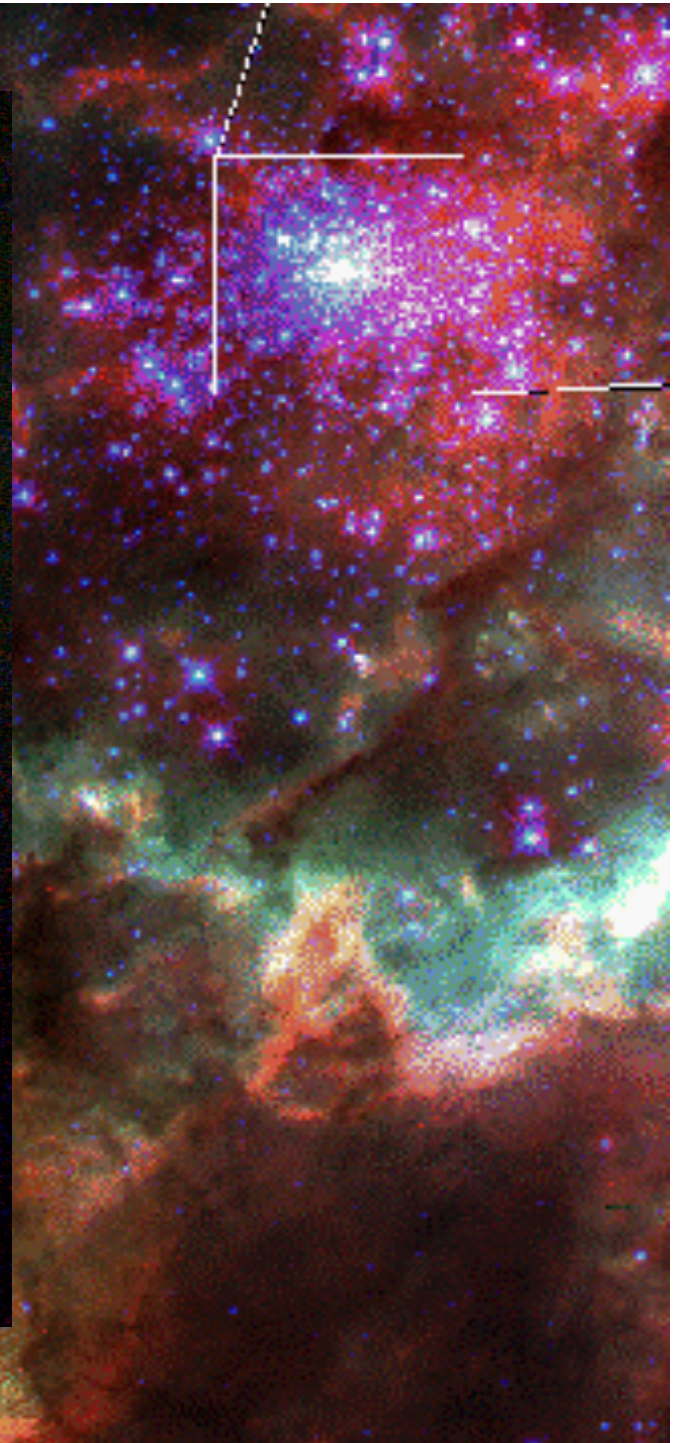
Distancia:

600 millones de años-luz



NGC 4314

Estrellas que están naciendo



M91

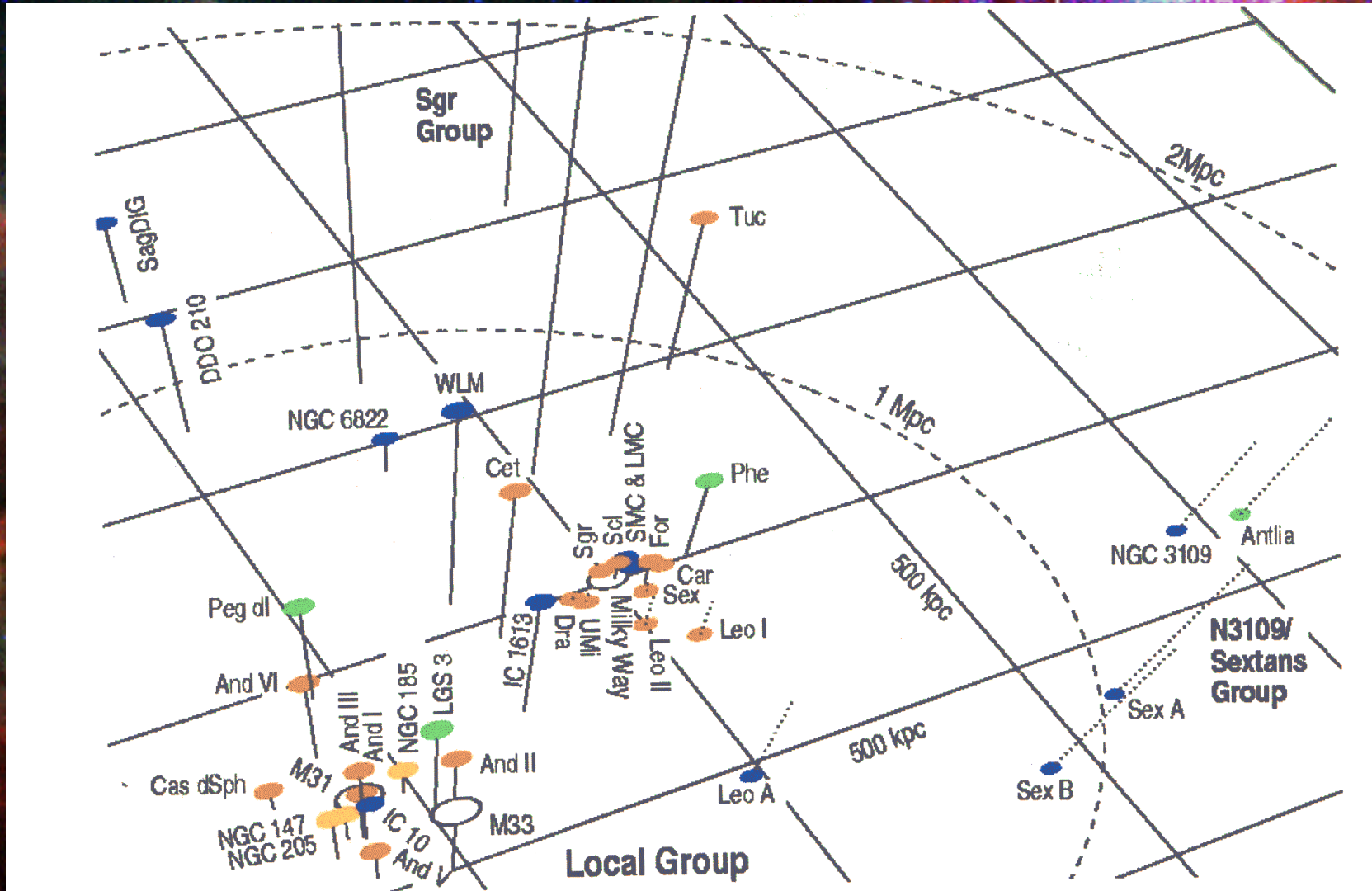


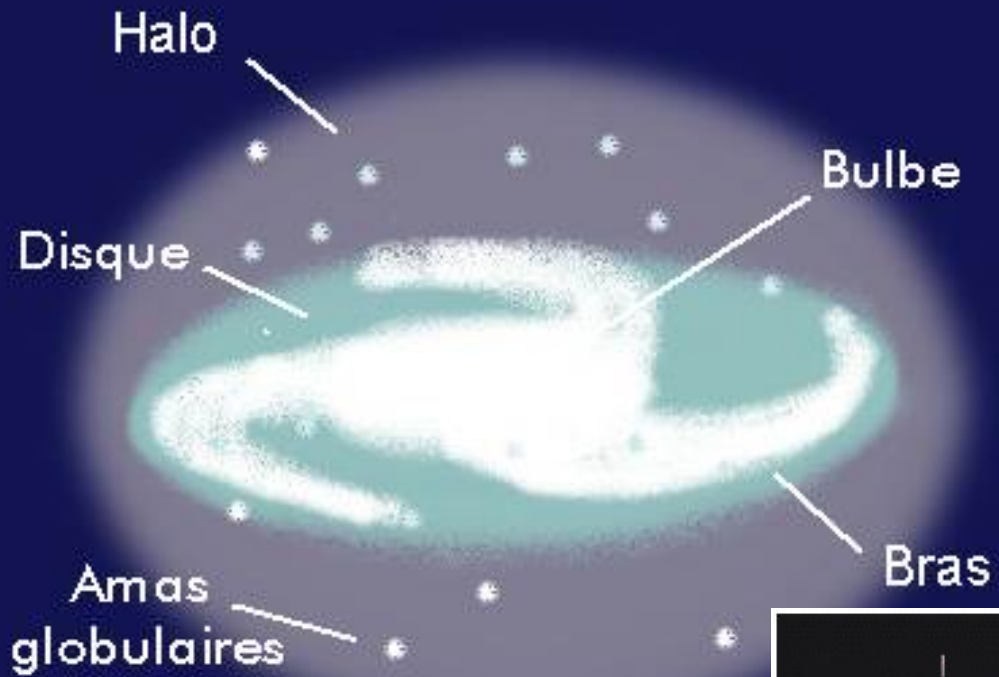
Hay 40 galaxias en el grupo local de las cuales 37 son enanas:

dE's alrededor de M31

dSph's alrededor de MWG y M31

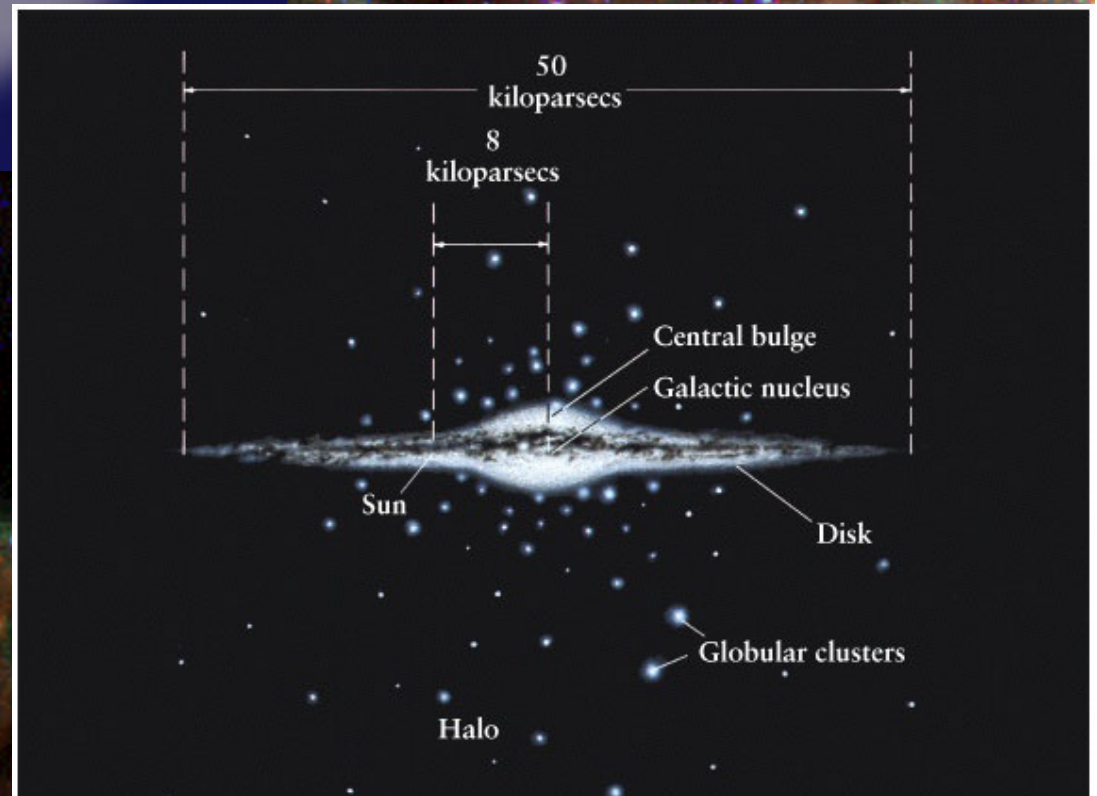
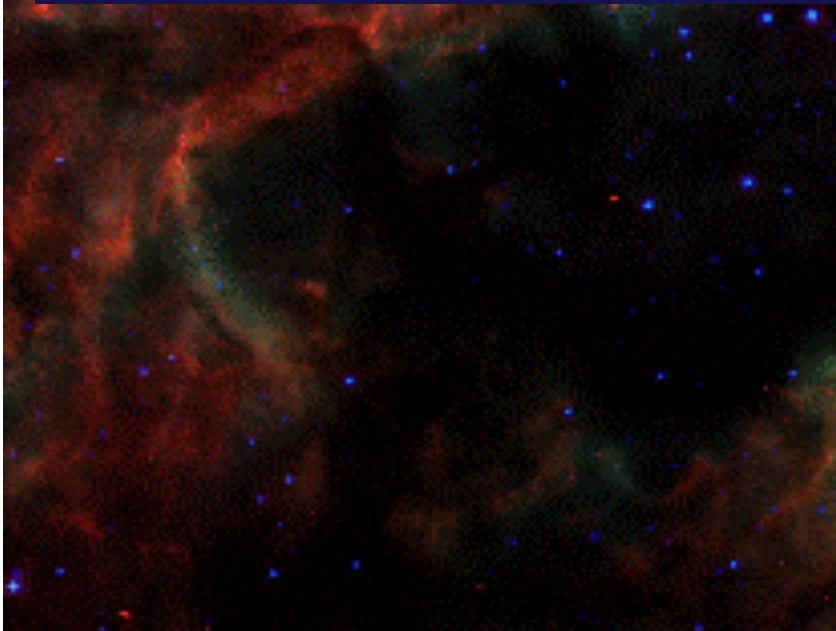
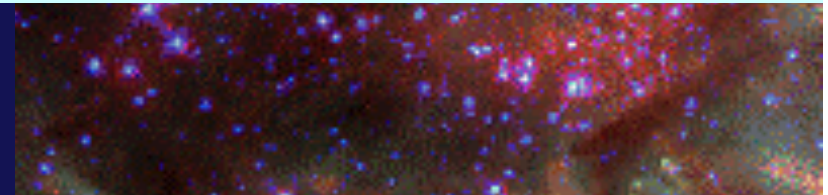
dIrr's las más alejadas del centro



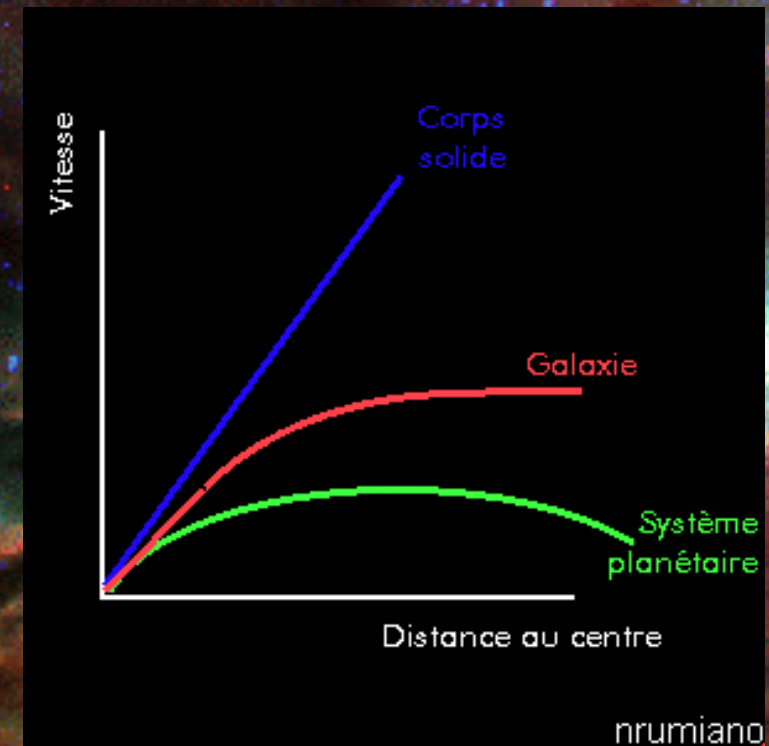
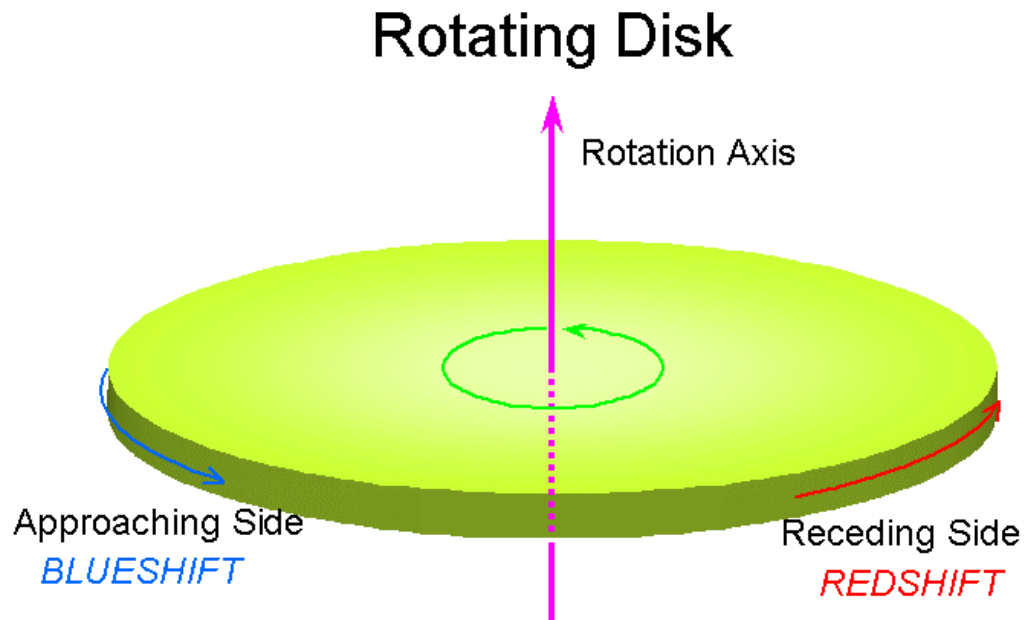


Cada galaxia está en un halo de materia oscura

Dentro del halo está el disco que es la parte brillante



El disco rota alrededor de su eje
(momento angular)
La velocidad de esta rotación sigue
una curva característica



Existen galaxias espirales con un bulbo prominente y otras con menos bulbo o ninguno

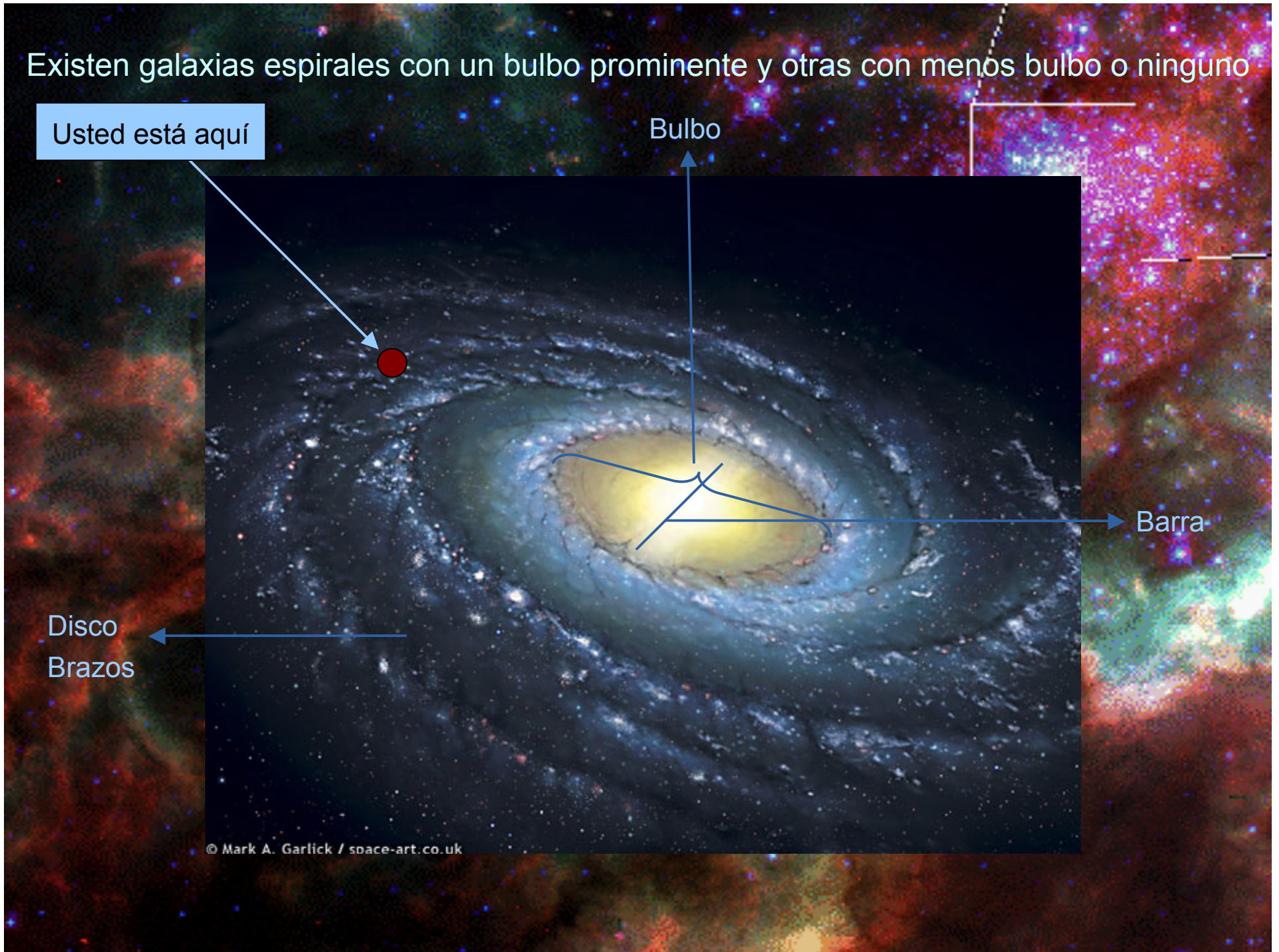
Usted está aquí

Bulbo

Barra

Disco
Brazos

© Mark A. Garlick / space-art.co.uk

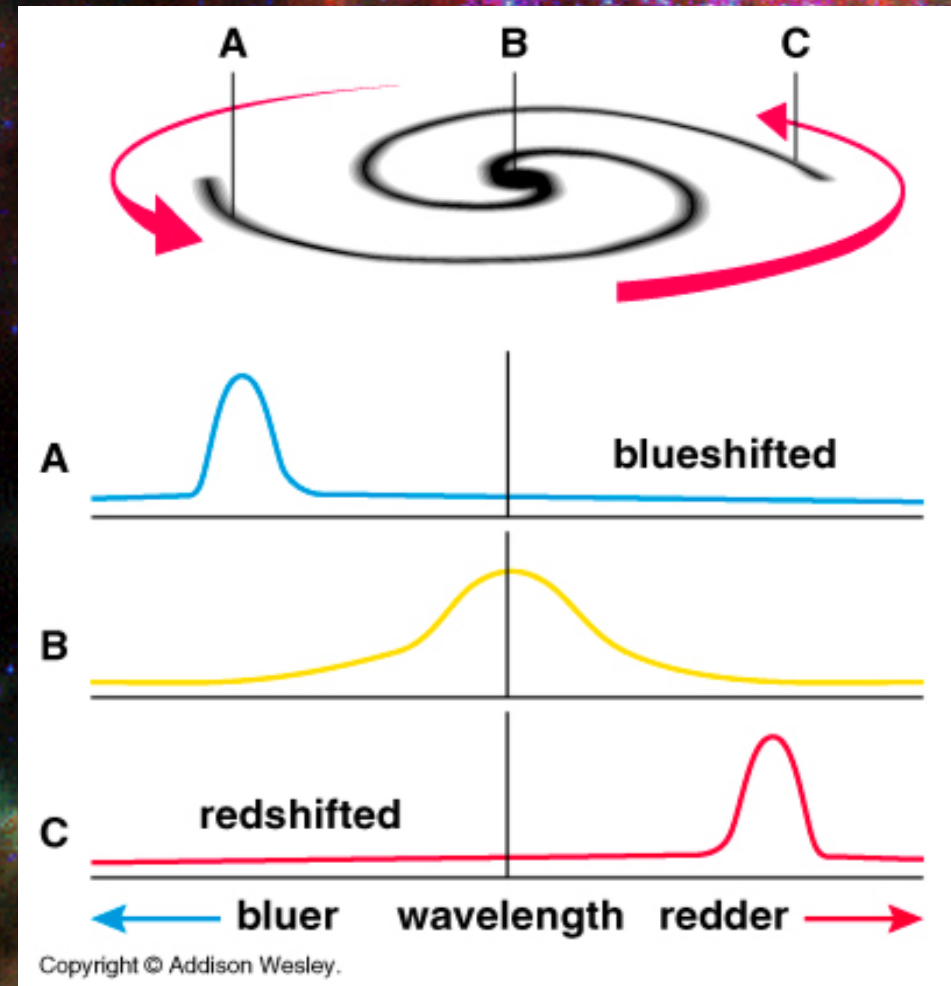
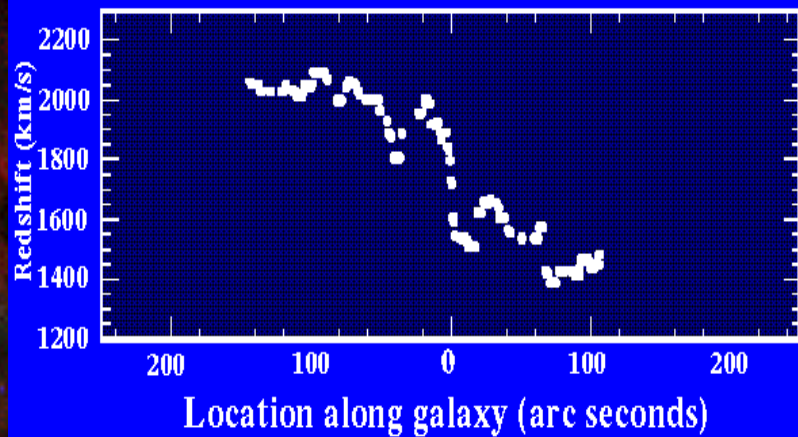
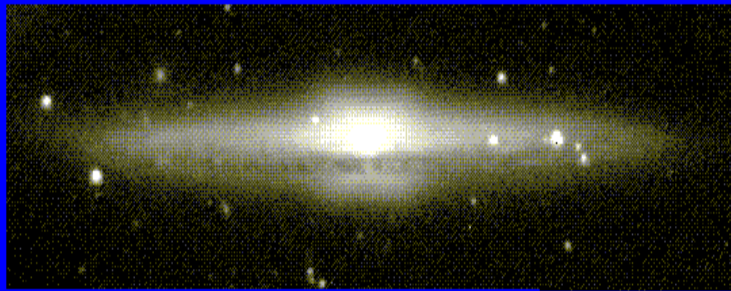


Galaxia del sombrero

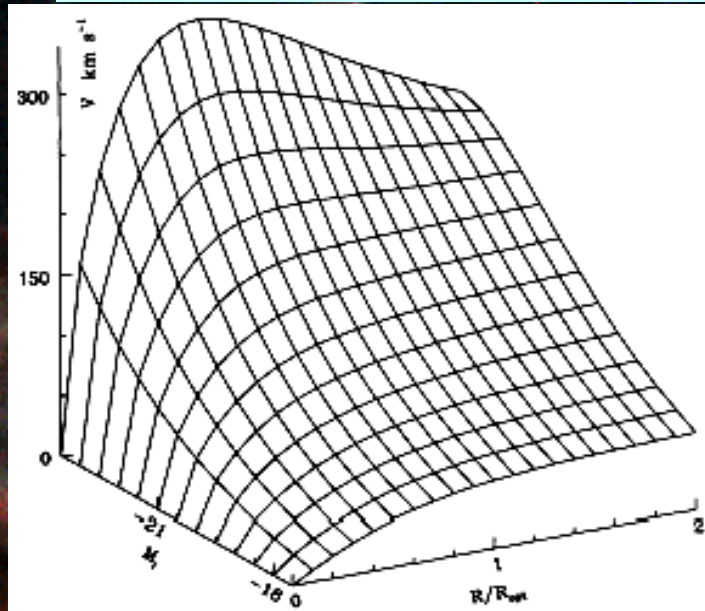


La curva de rotación es característica de cada galaxia
De ella se obtiene la masa galáctica

NGC 5746



Modelos de evolución química y fotométrica de galaxias



Mi trabajo se refiere al cálculo de modelos de evolución de galaxias espirales e irregulares a partir de las curvas de rotación de galaxias más o menos masivas

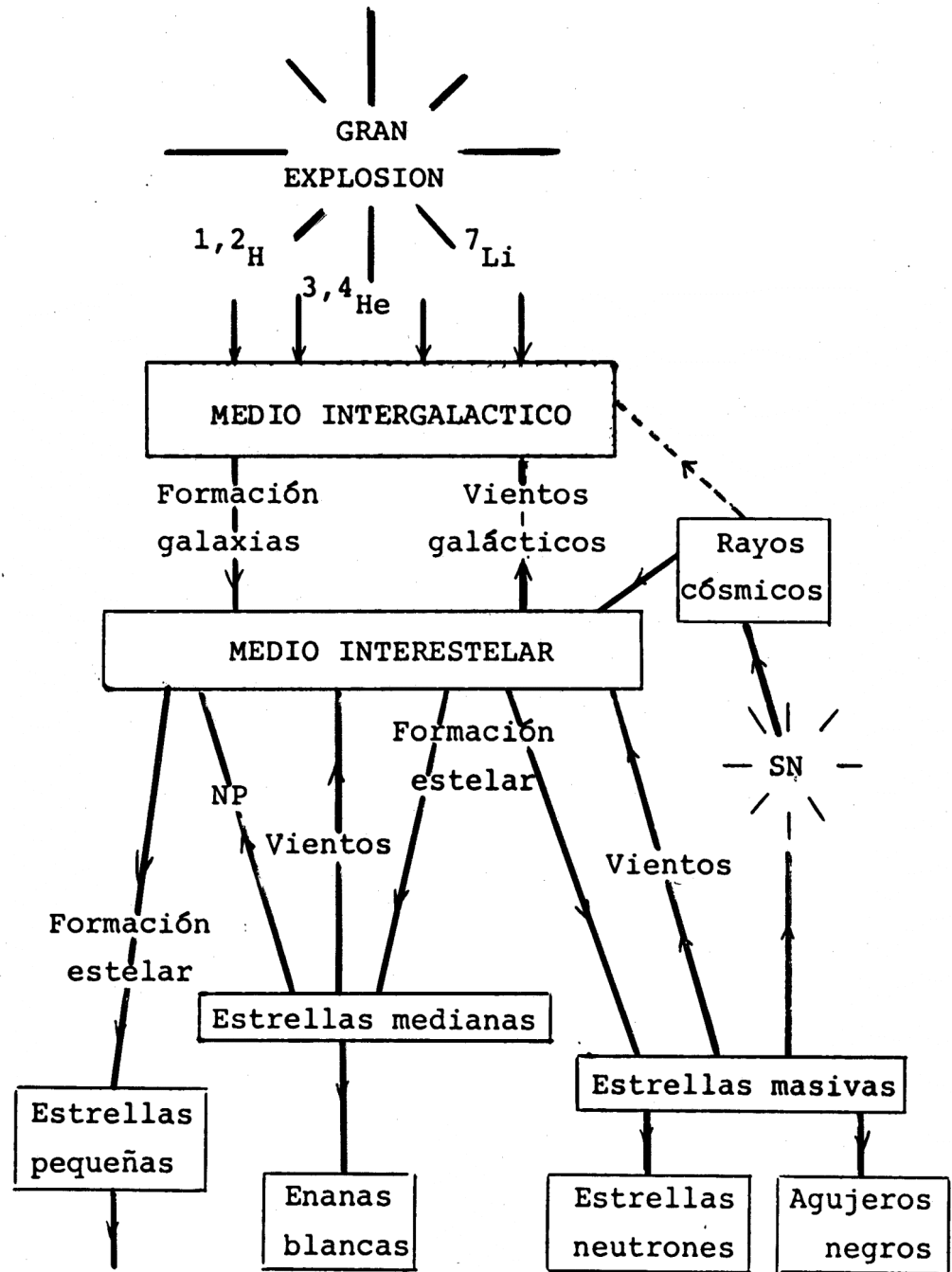
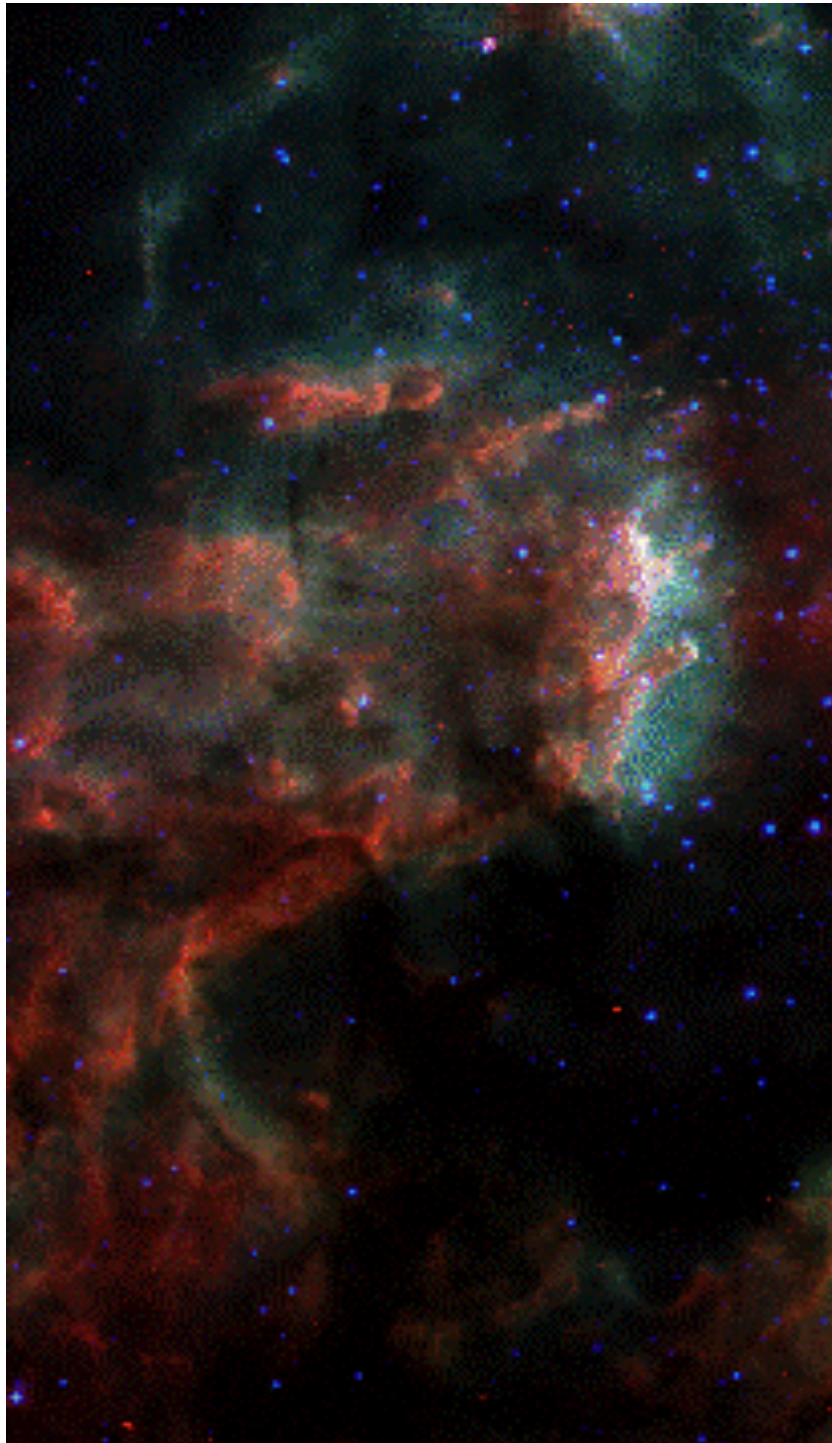
Una esfera llena de gas que cae formando un disco espiral

Se van formando estrellas a partir de ese gas

Las estrellas se mueren y eyectan masa al medio interestelar

Se forman más estrellas





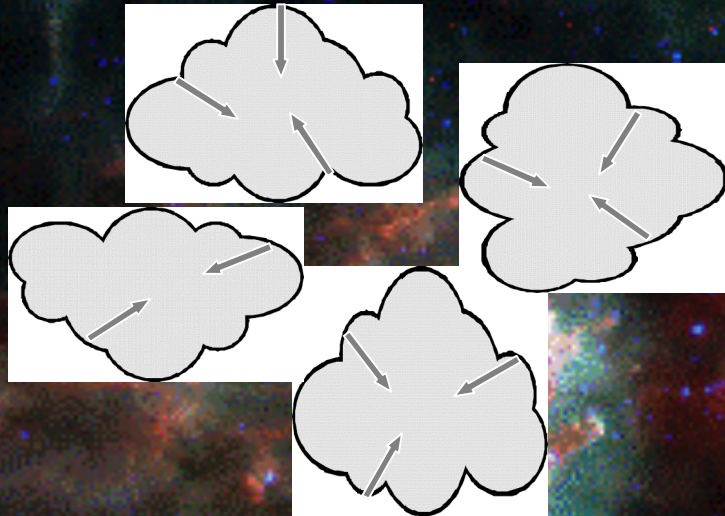


*HST WFPC2
STScI-PRC95-45a
C.R. O'Dell (Vanderbilt)*

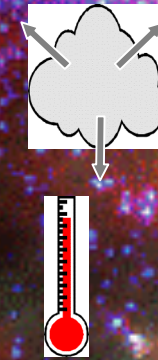
•Una vez que la masa de la galaxia se conoce, se supone que se forman estrellas dentro de ella

Región de formación estelar

PROTOESTRELLA (Orión)



Cuando un gas sufre un aumento de presión
o se expande
o se calienta

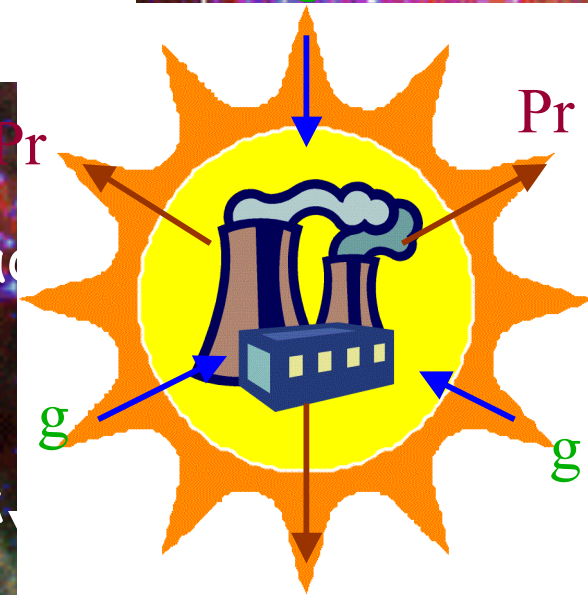


- Nube de gas en colapso gravitatorio
- Fraccionamiento
- Aumento de la temperatura





- A partir de 10^7 K : $H \rightarrow He$
- Presión de Radiación \leftarrow equilibrio \rightarrow Gravedad
- Etapa estable y larga
- Duración inversa a la masa: Masa \uparrow Vida \downarrow



Temperatura Efectiva:

O	Más de 25.000°
B	11.000° - 25.000°
A	7.500° - 11.000°
F	6.000° - 7.500°
G	5.000° - 6.000°
K	3.500° - 5000°
M	Menos de 3.500°

Masa del Sol: 2×10^{30} Kg
 Radio del Sol: 700.000 Km
 Temperatura del sol: 5.815°

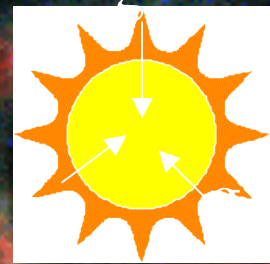
SECUENCIA PRINCIPAL (Sol)

- Cuando una estrella pequeña (como el sol) se muere lo hace en forma lenta:
- NEBULOSA PLANETARIA



GIGANTE ROJA (Betelgeuse)

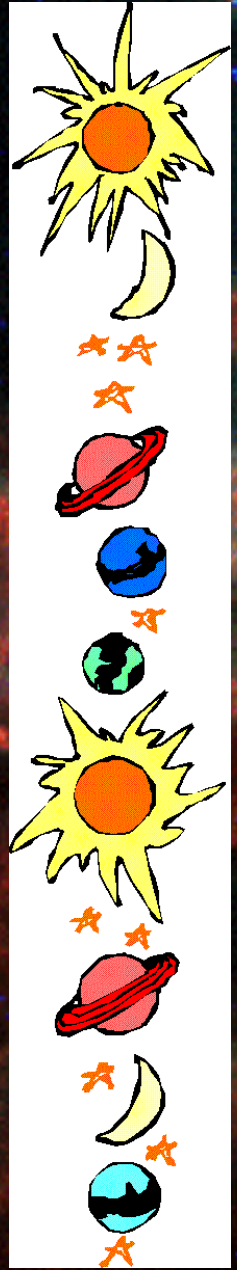
La fase comienza cuando se acaba el combustible



Desequilibrio \rightarrow Separación entre el núcleo y la envoltura

- Colapso Gravitatorio
- Aumento de P y T
- Inicio de nuevas reacciones: $\text{He} \rightarrow \text{C}$

- Expansión enorme
- Reducción de P y T
- Color Rojo



Betelgeuse



POST-AGB (Ojo de Gato)

Estrellas pequeñas

Cuando se acaba el He ...



- Núcleo desnudo
 - Muy caliente
 - Muy compacto
- ENANA BLANCA**

Masa: 0.6 a 1.4 Msol
Diámetro: 15.000 Km
Temperatura: 20.000°

Estrellas grandes



- Procesos de colapso y aumento de P y T
- Nuevas reacciones nucleares
- Estructura de cebolla

Cuando llega a producir Hierro...

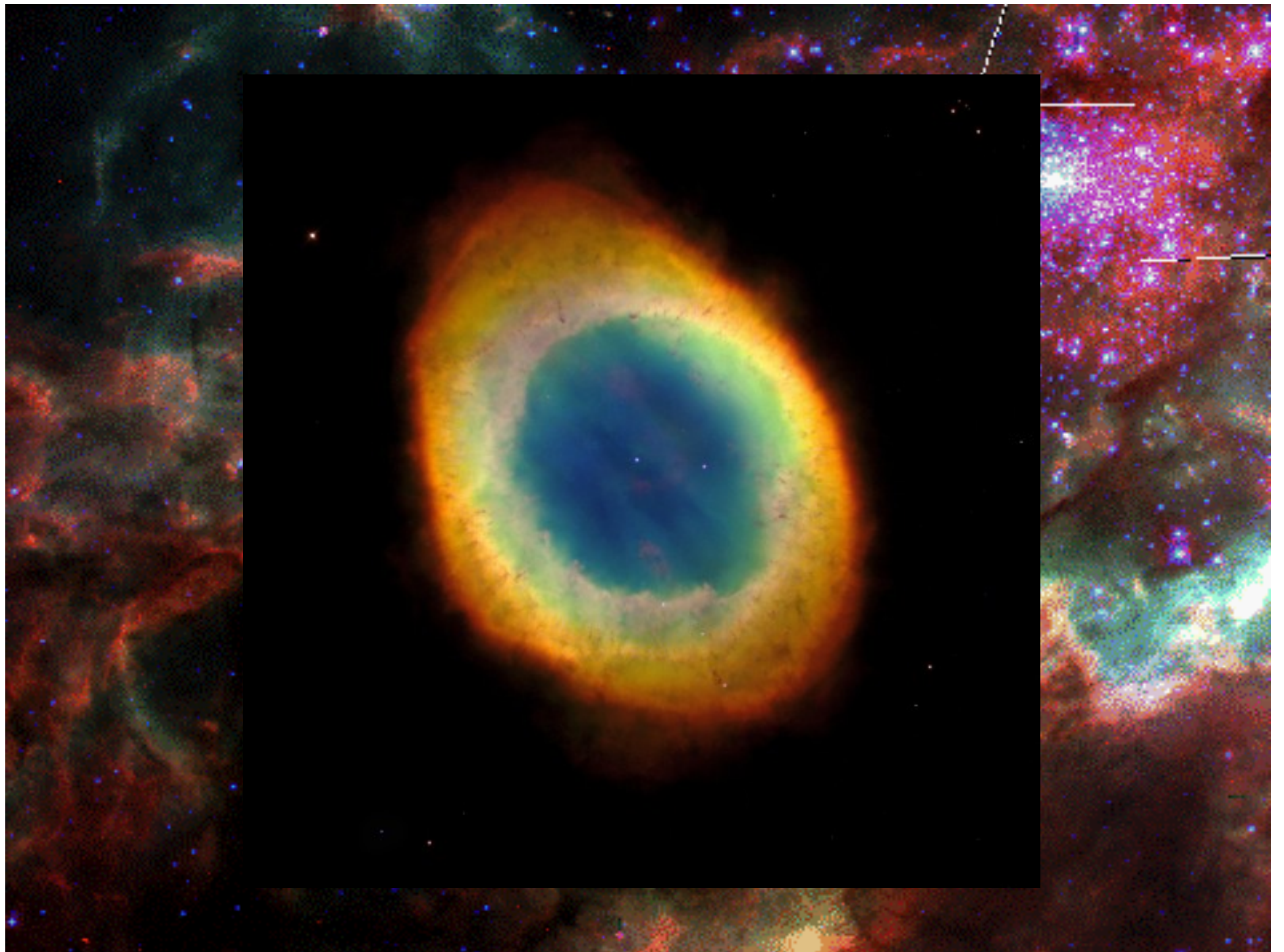


SUPERNOVA

- Explota toda la estrella
- La mayor producción de energía que se conoce: 10^{51} erg (1 foe)
- Fábrica de metales

Residuo:
Estrella de Neutrones
Agujero Negro

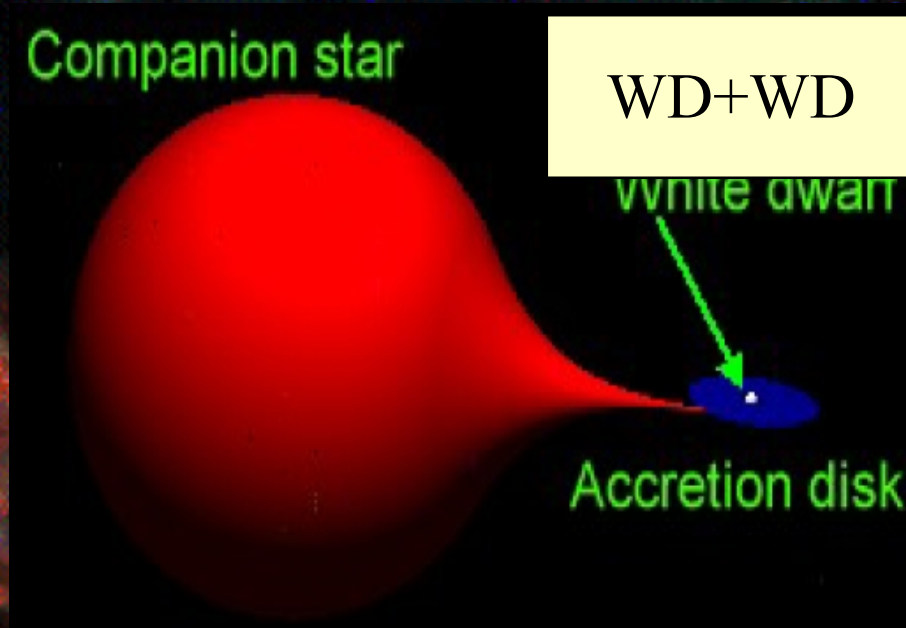




Cuando una estrella grande se muere lo hace con una explosión enorme:
SUPERNOVA



Las supernovas de tipo I. Estrellas binarias

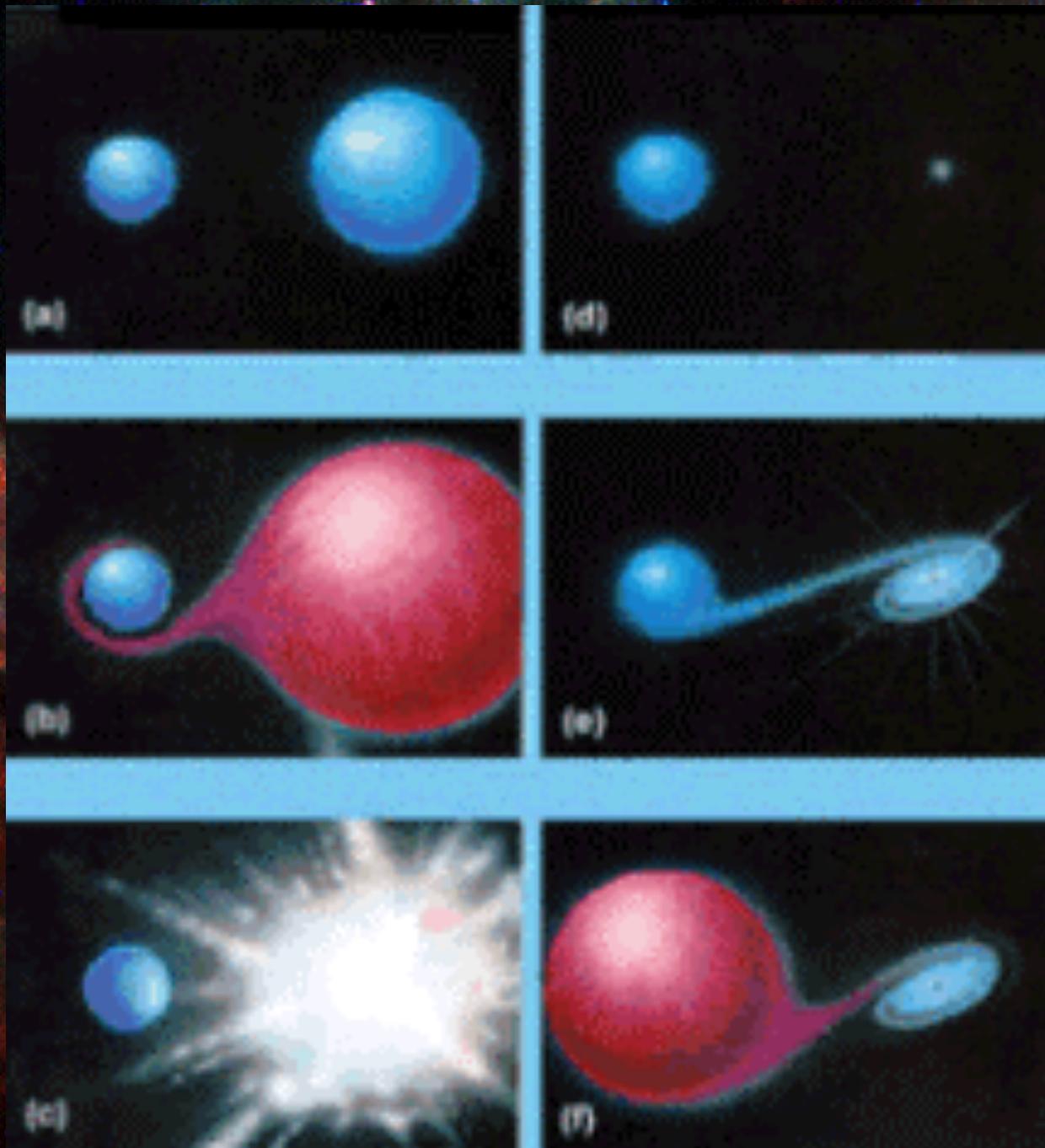


- Las SN Ia se encuentran en todos los tipos de galaxias, y no están asociadas especialmente a regiones con formación estelar reciente.
- El aspecto más importante de las SN Ia es la gran cantidad de hierro que eyectan, que llega a $0.6 M_{\odot}$.

Estas SN se producen dentro de un sistema binario, en la que la componente más evolucionada es una enana blanca de C-O, que acreta masa de su compañera. Se produce así una deflagración nuclear

El frente se propaga por conducción de electrones a velocidades subsónicas produciendo una deflagración. La onda de presión que precede al frente eyecta la estrella sin dejar sin dejar ningún resto.

Las estrellas del sistema binario tienen entre 3 y 16 M_{\odot}



- Evolucion de un sistema binario



The Life Cycle of Massive Stars

Main Sequence Star

Red Supergiant

Explosive Outbursts

Supernova

Black Hole

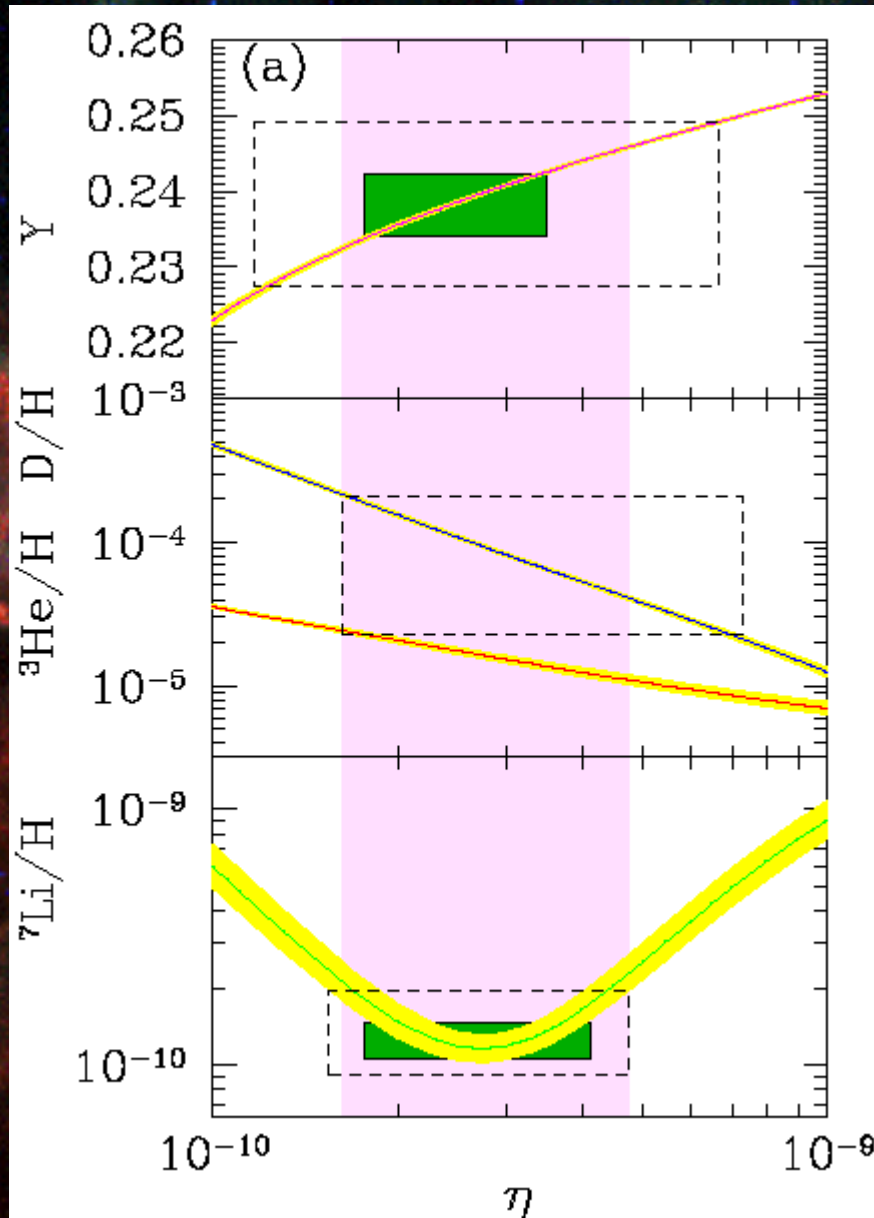
Neutron Star / Pulsar

Star forming nebula

Interstellar Medium

Recycled Chemicals

Creación de los elementos químicos



- Antes de que se formen estrellas en el medio intergaláctico solo hay hidrógeno, helio y trazas de otros elementos como litio procedentes del Big Bang

Los elementos químicos se forman por tres procesos

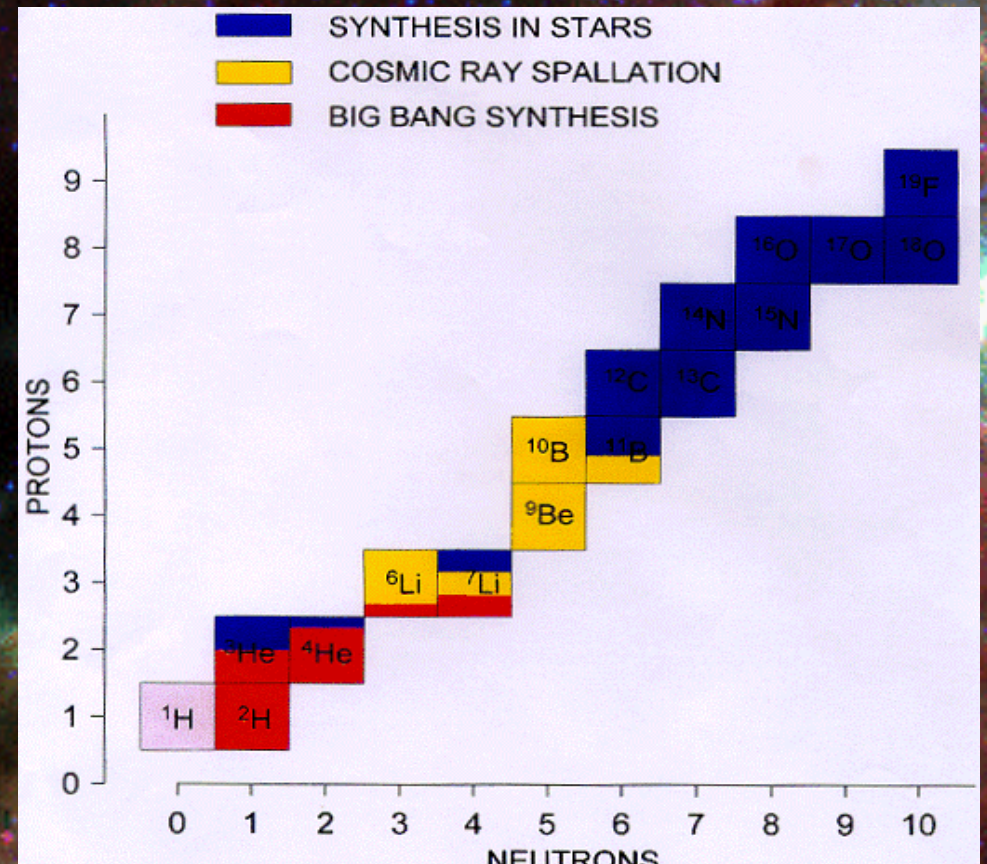
Todos ellos producen los elementos químicos y sus isótopos tal y como los conocemos en la Tierra.

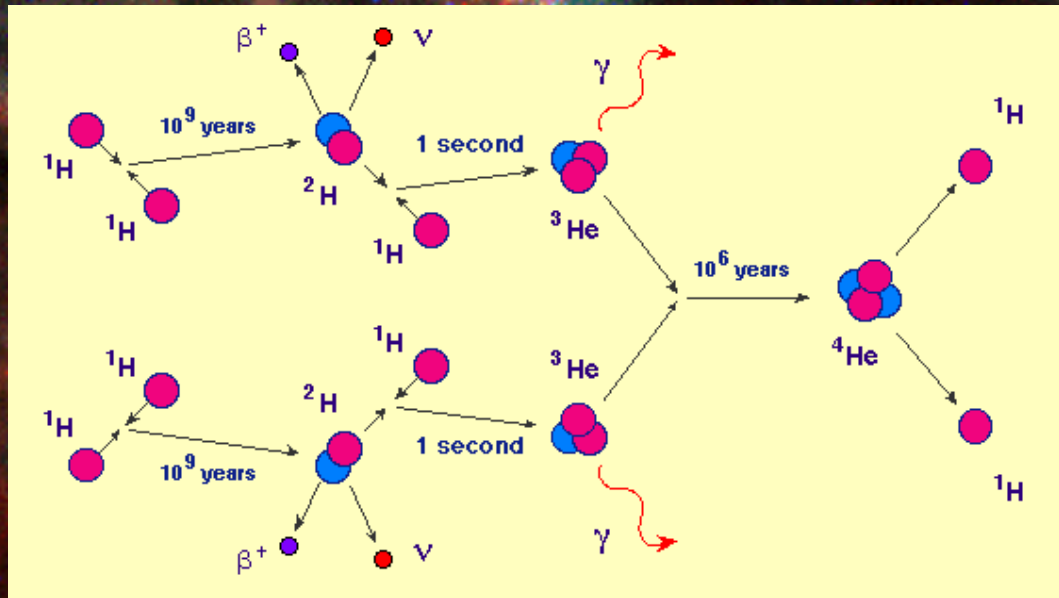
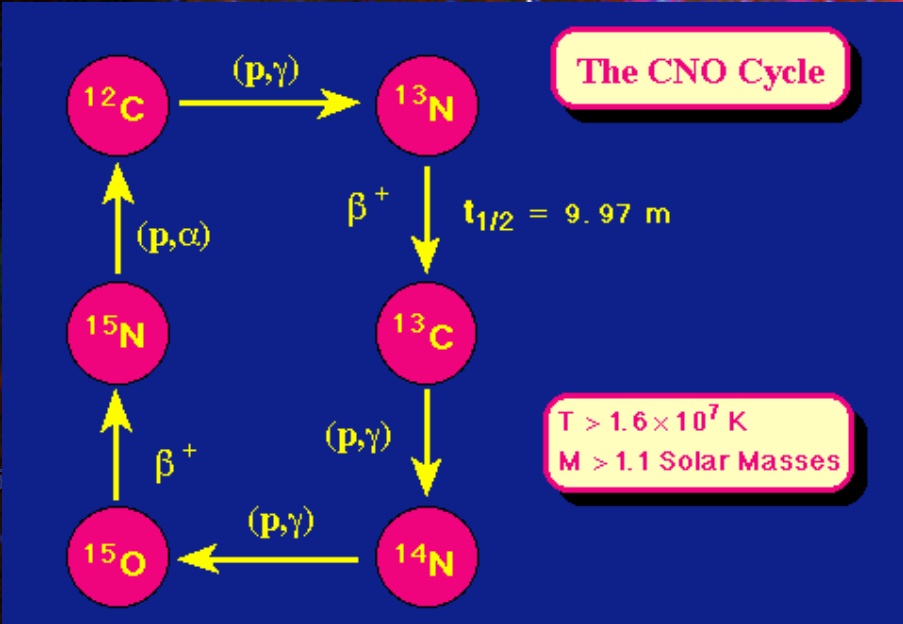
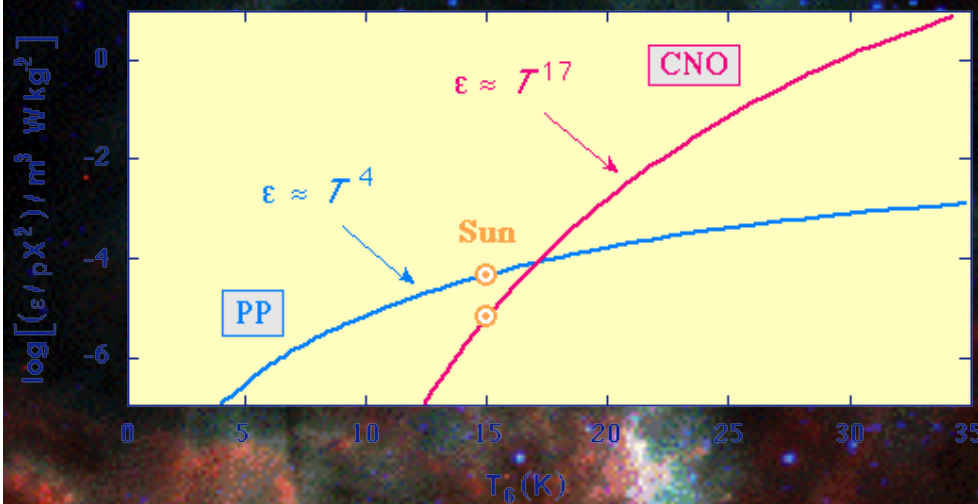
Deben ser iguales en cualquier lugar del Universo.

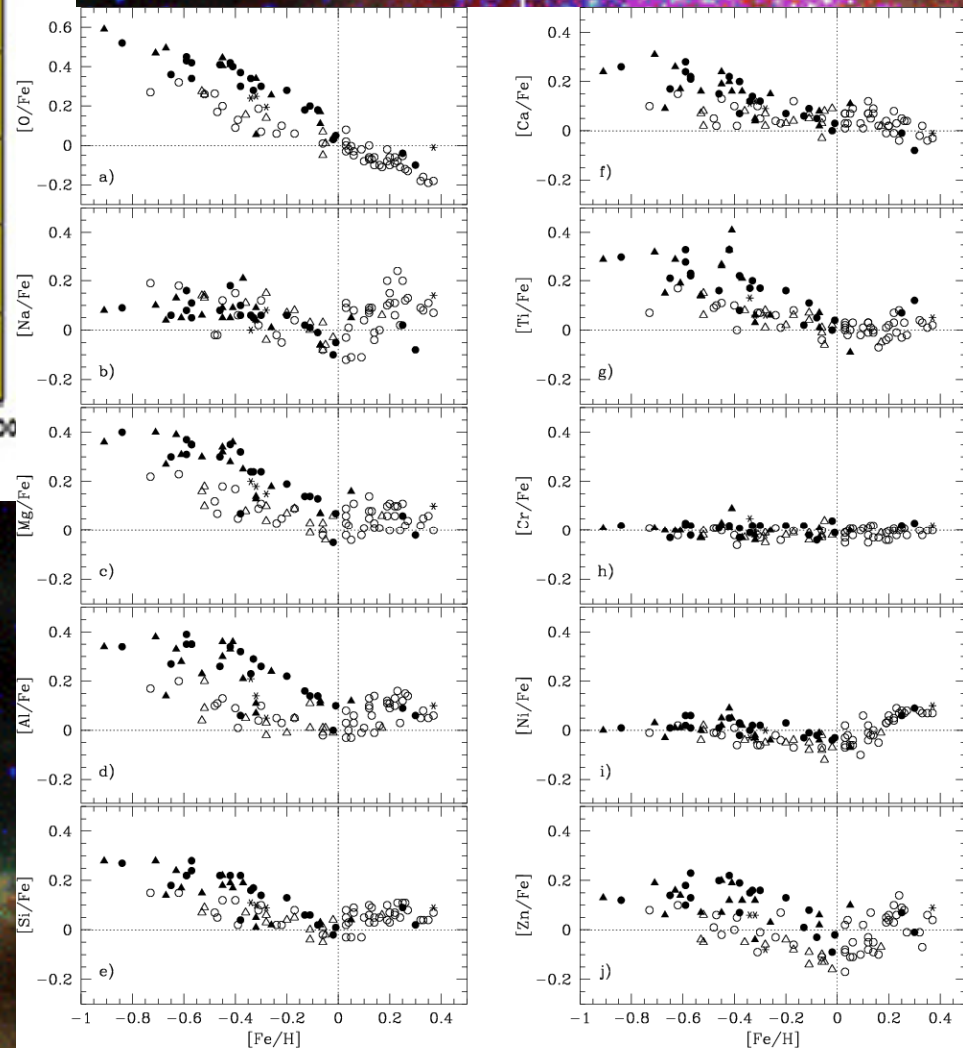
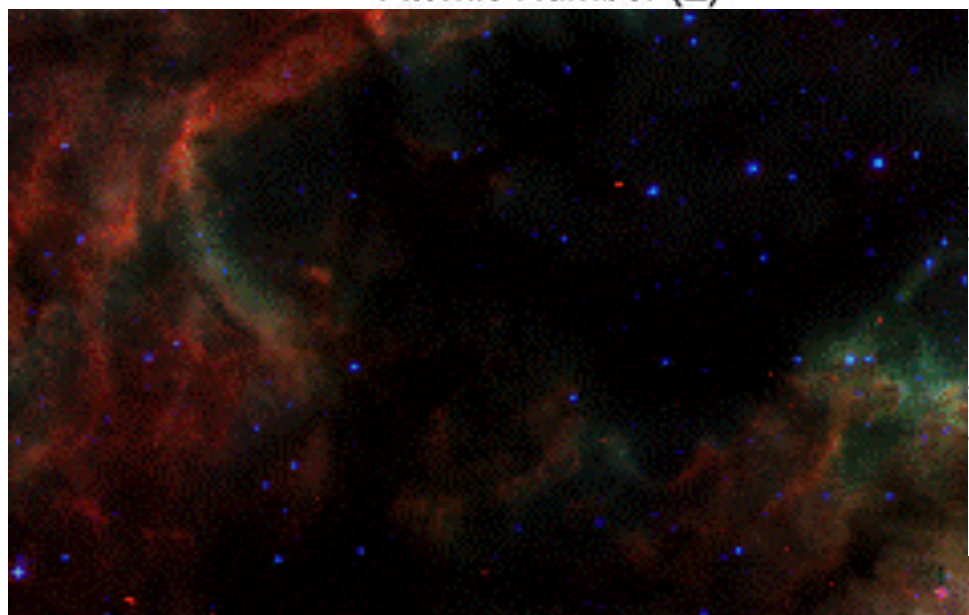
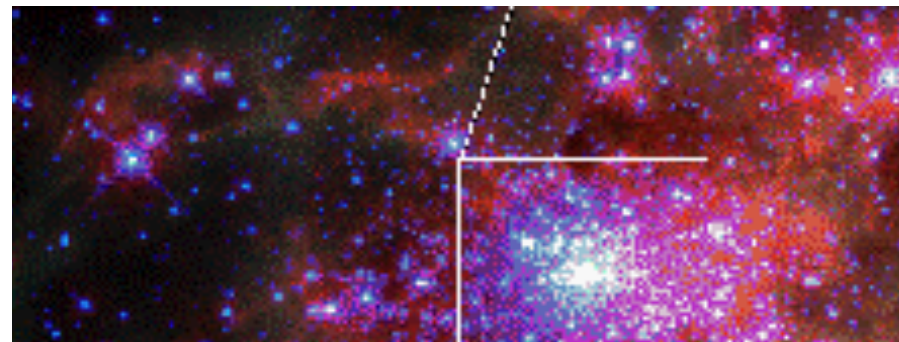
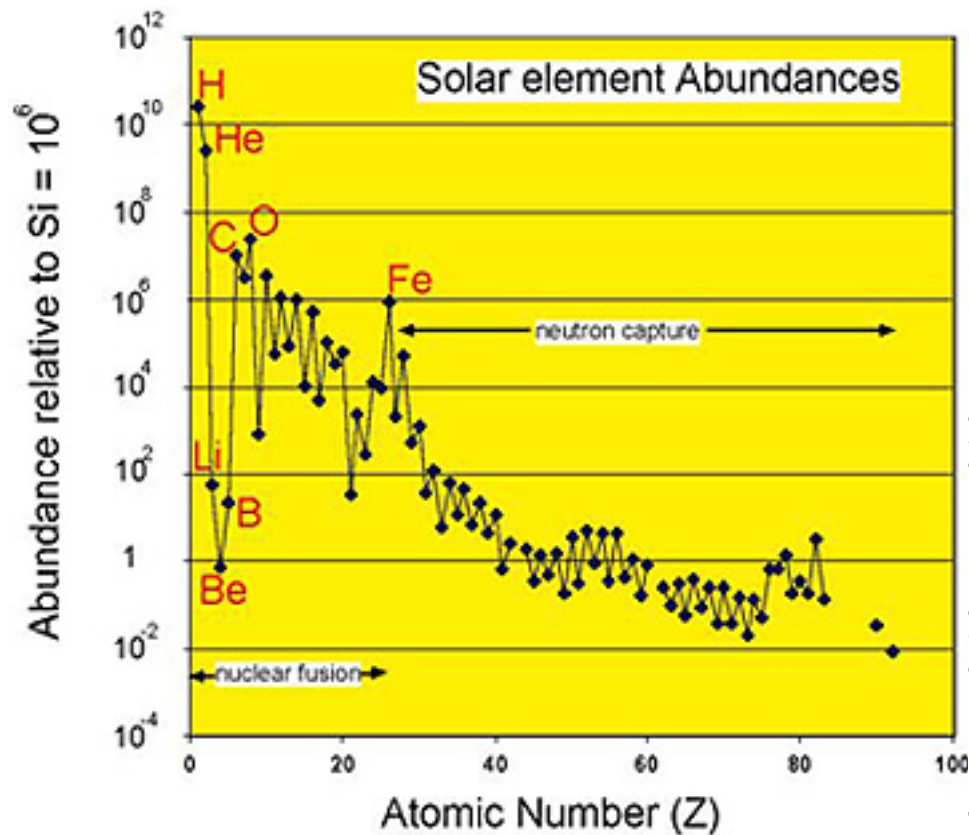
Solo sus proporciones varían respecto a las que conocemos en la vecindad del Sol.

En los centros de las estrellas comienzan los procesos de fusión nuclear. Los diferentes elementos son expulsados por diferentes tipos de estrellas:

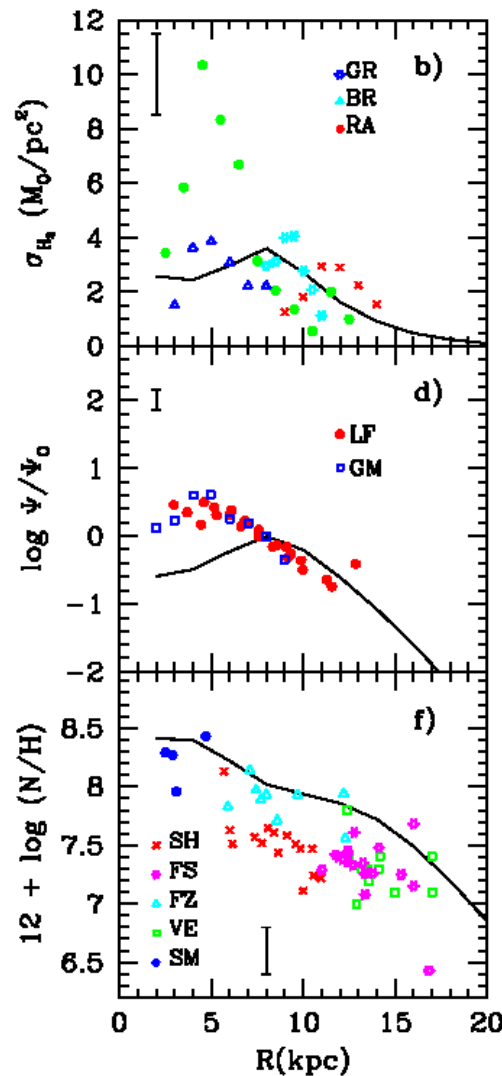
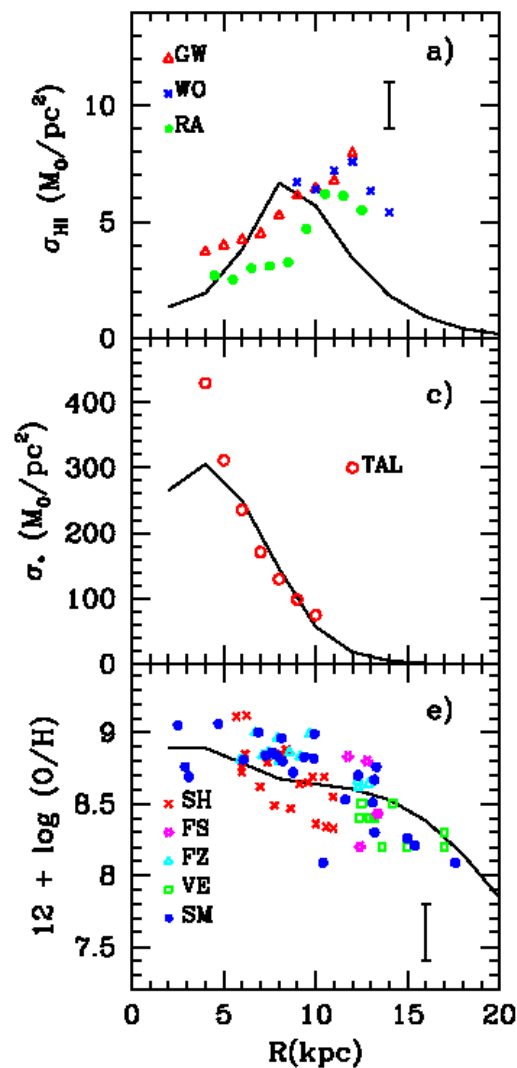
- El oxígeno se crea en estrellas muy masivas (de más de 25 masas solares)
- El nitrógeno se produce parcialmente por estrellas de masa menor de 8 masas solares
- El hierro se produce en las explosiones de las llamadas supernovas de tipo Ia que son explosiones termonucleares de sistemas binarios







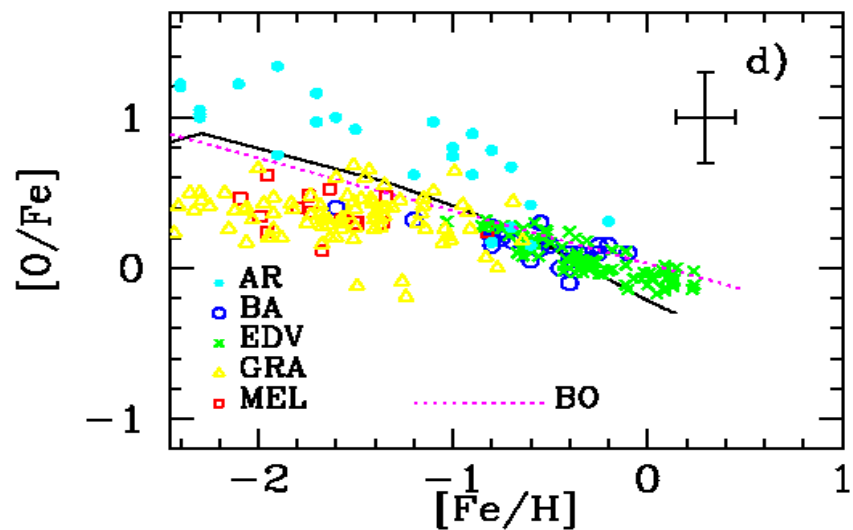
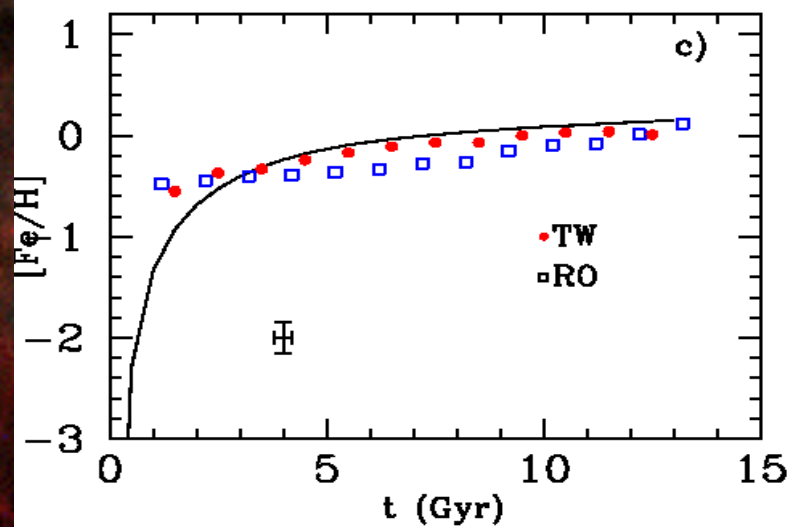
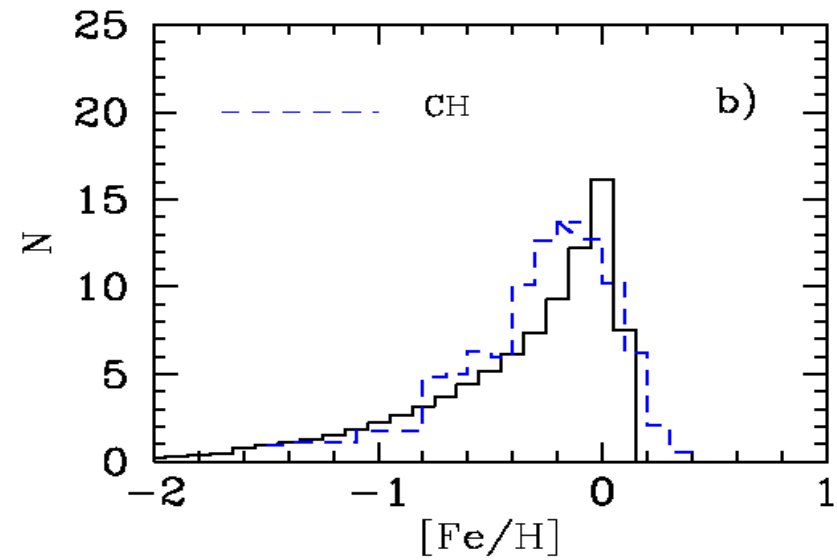
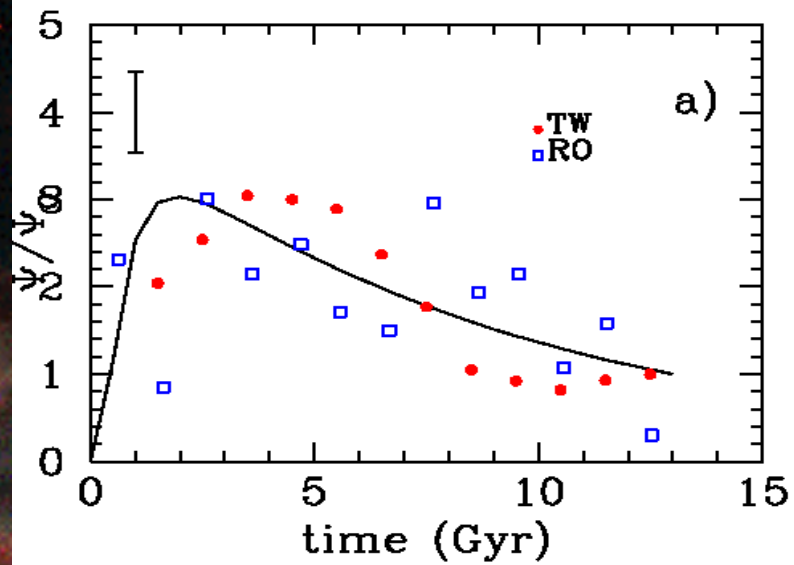
Los resultados de los modelos: Via Láctea

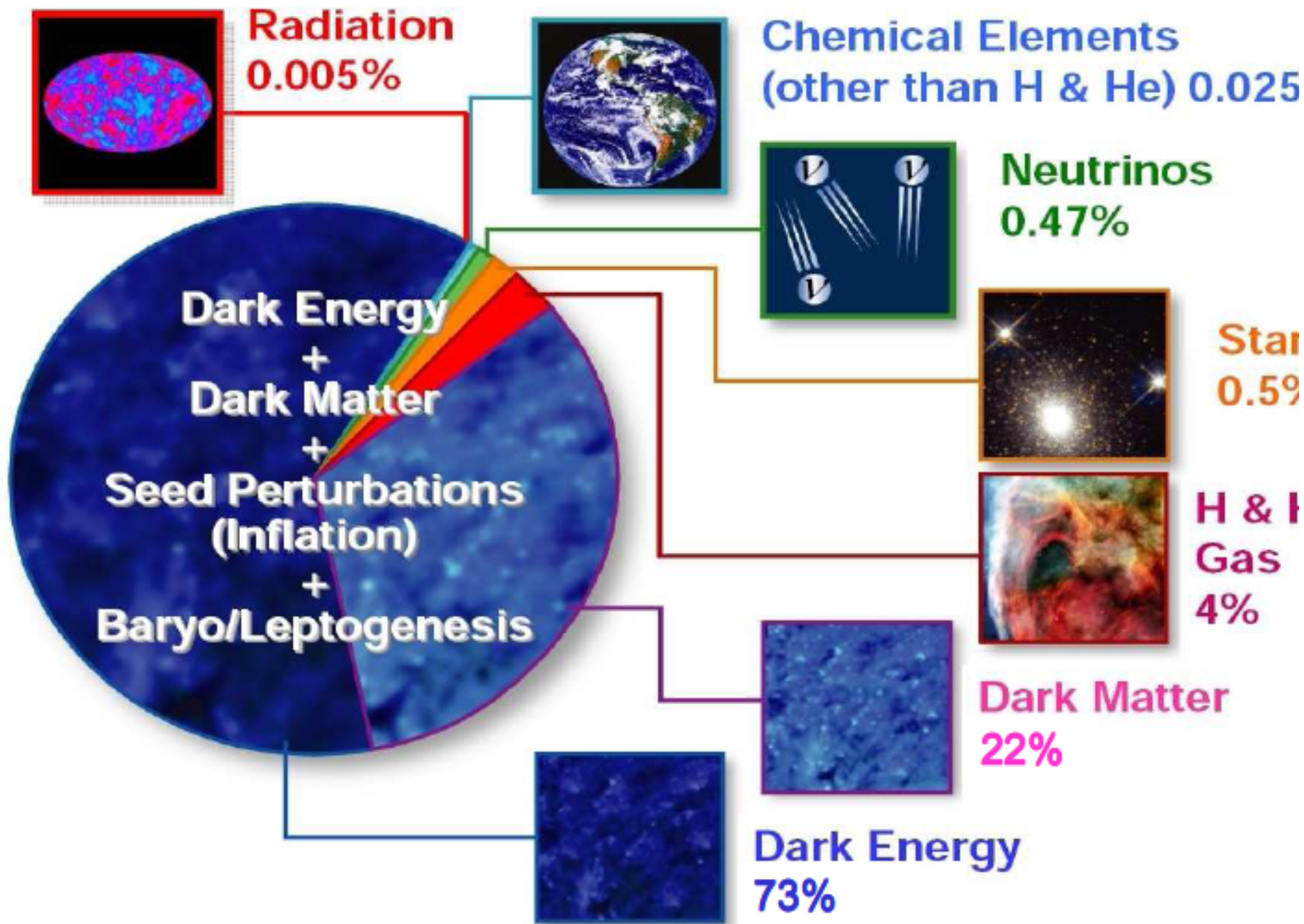


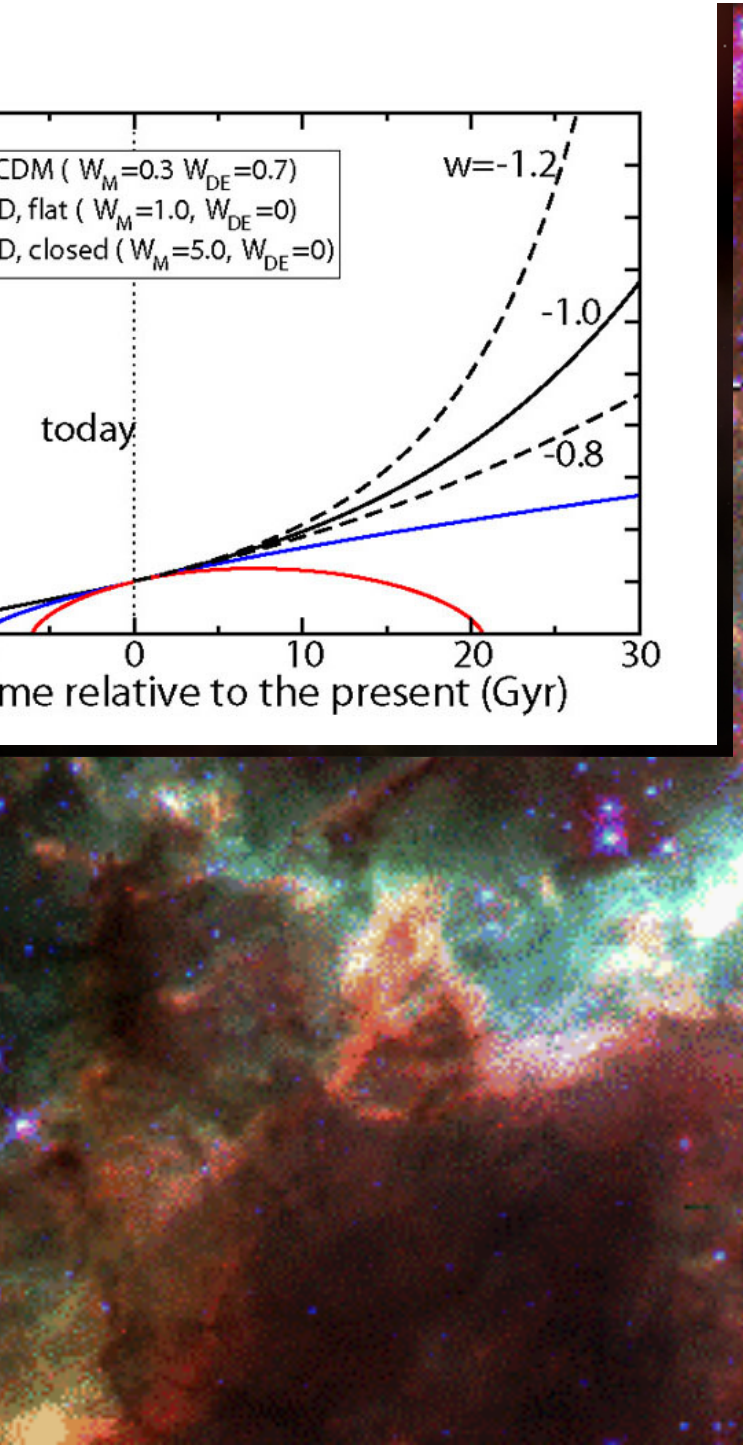
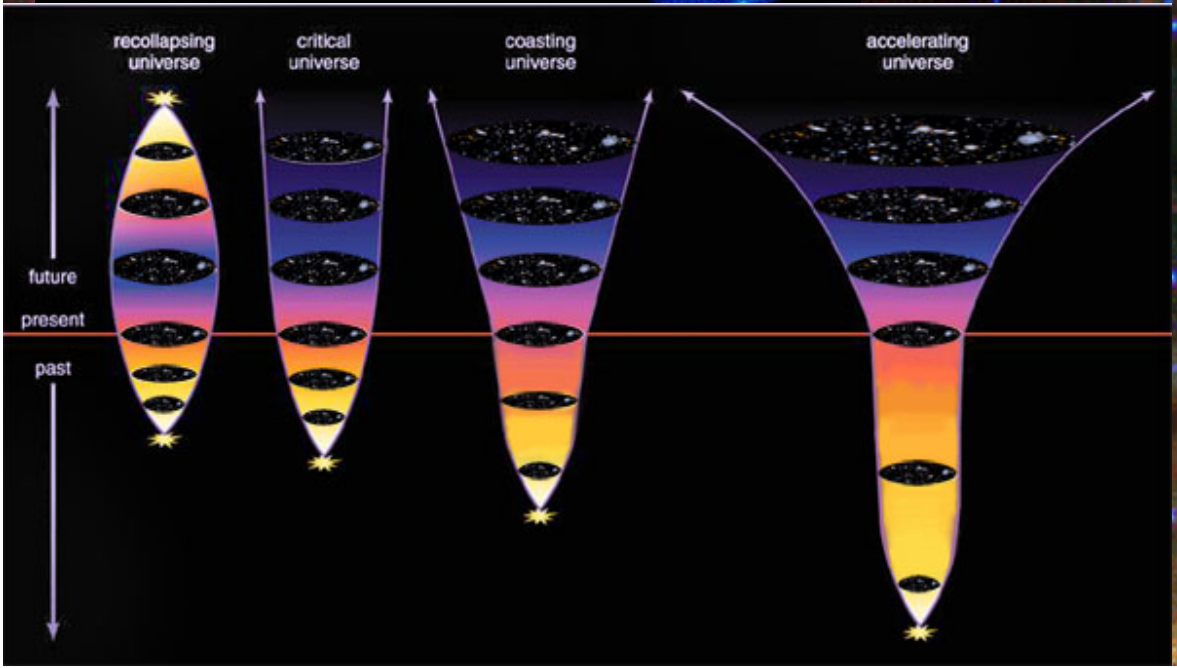
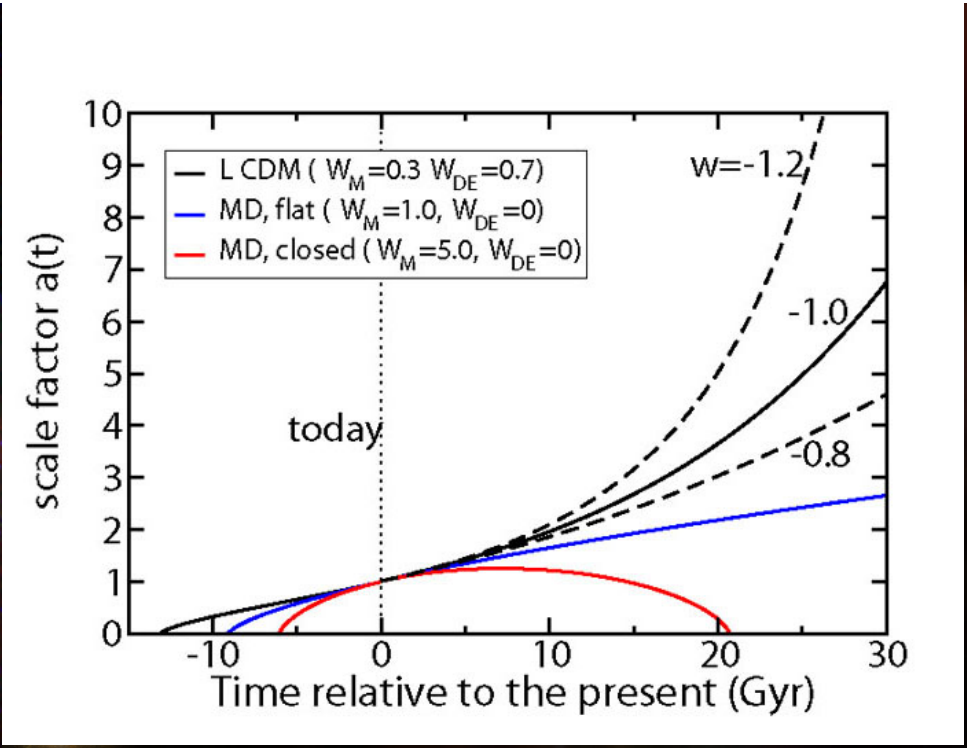
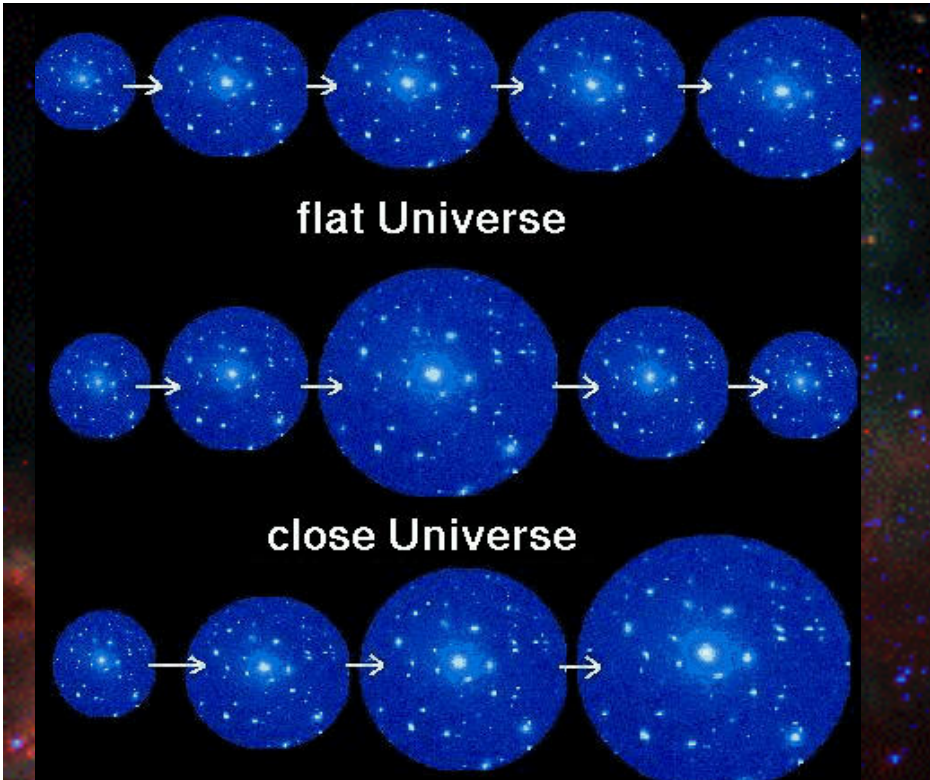
Una vez comprobado que los modelos reproducen bien los datos observados para nuestra galaxia en este momento, podemos saber como ha evolucionado la galaxia, como ha sido su historia, que es lo que el modelo calcula.

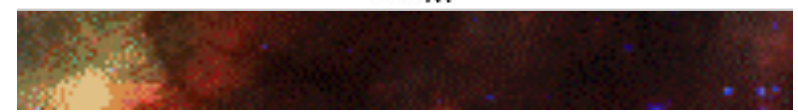
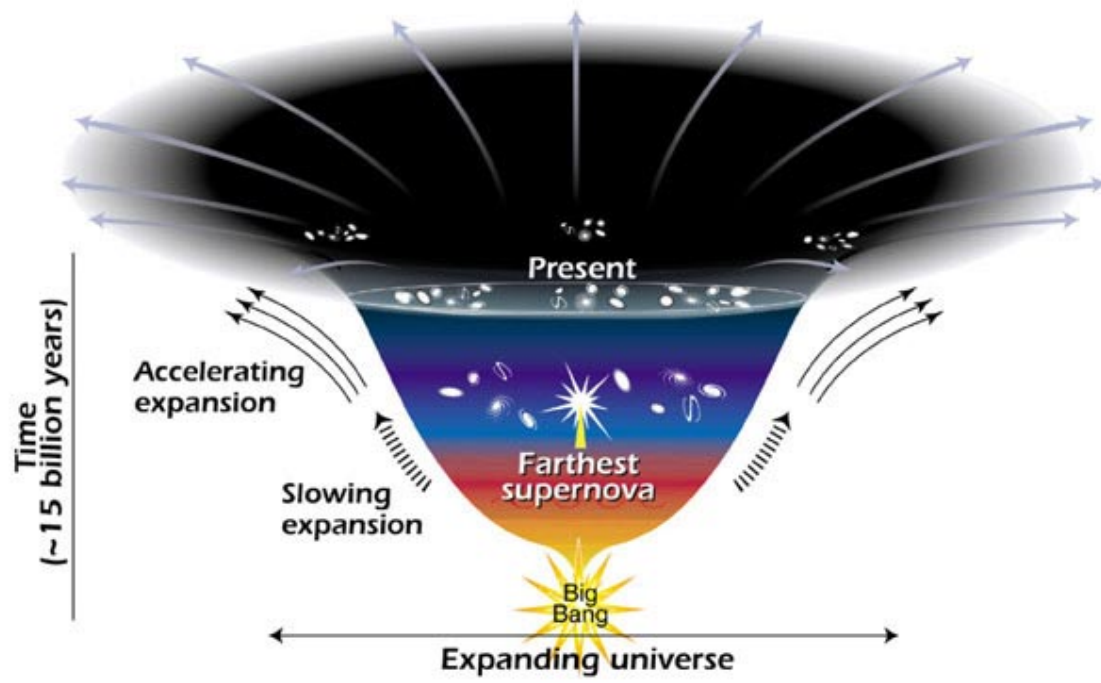
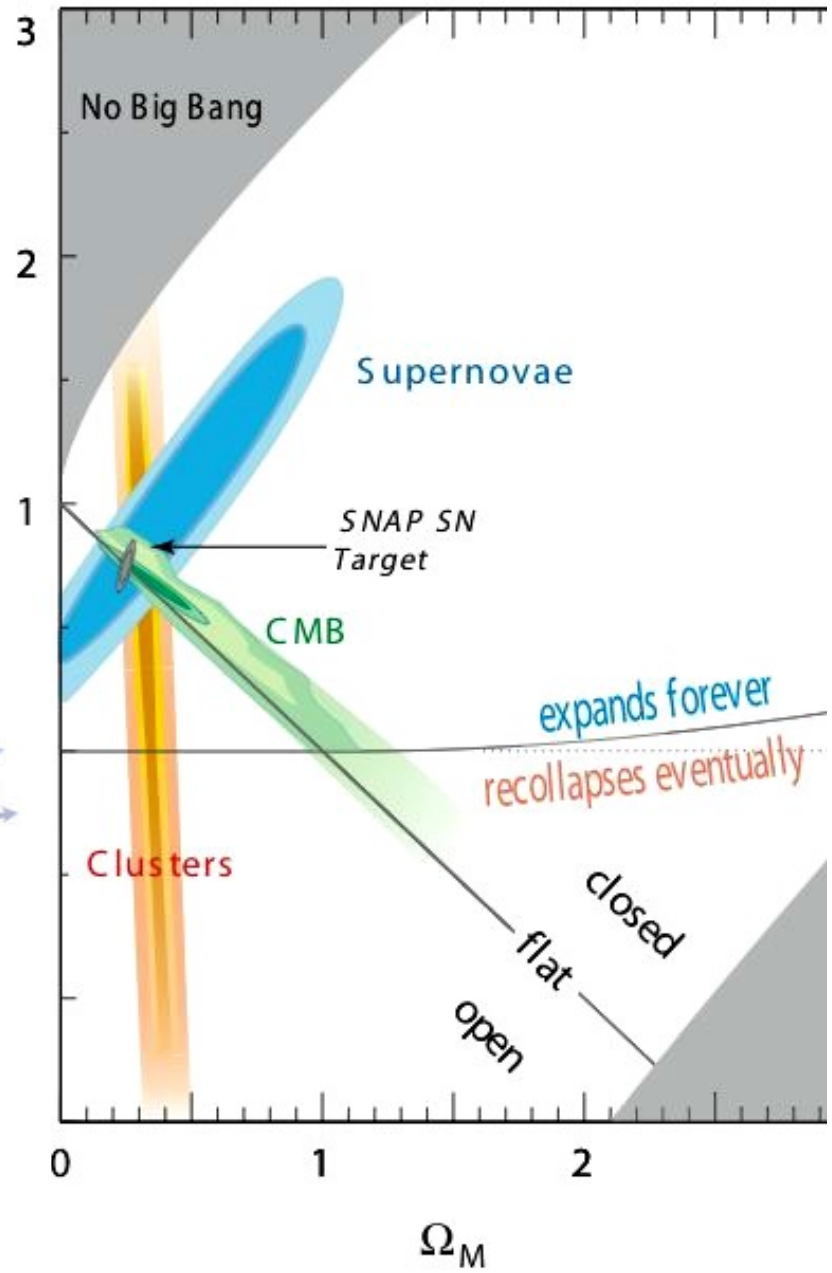
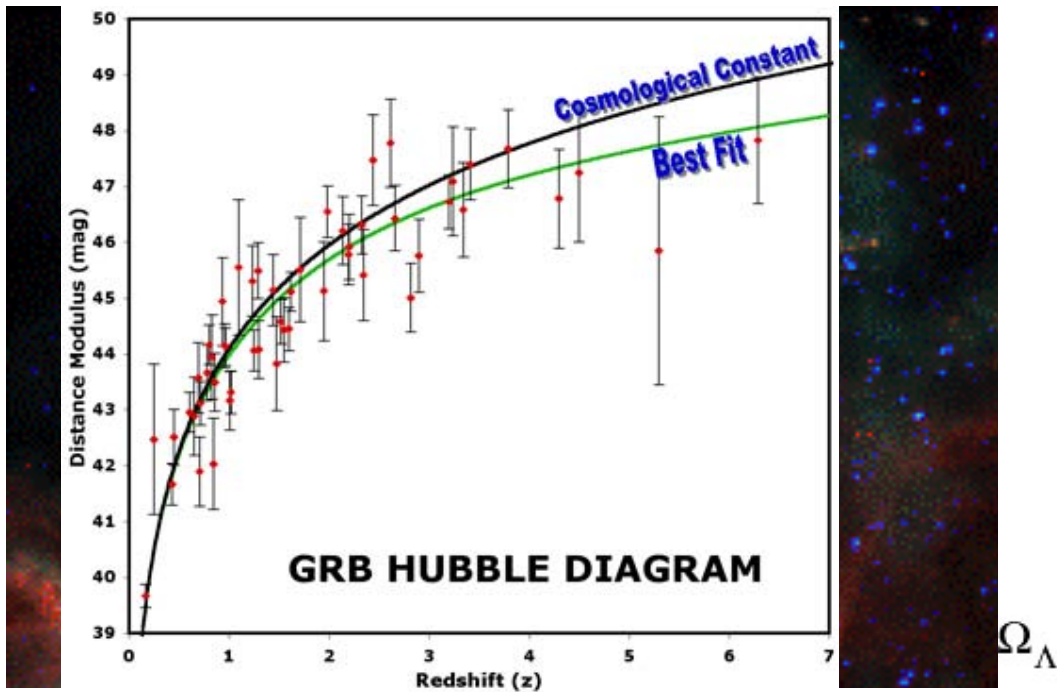
Estas predicciones son validas para otras galaxias mas o menos luminosas tambien

Los resultados de los modelos: Vía Láctea









Relación con la cosmología: La energía oscura

Una de las cosas que los modelos predicen es como ha variado la cantidad de metales en las diferentes galaxias.

Esta variación podría cambiar la magnitud de las SNIa de las que hemos hablado antes.

Estas SN de tipo Ia se usan como candelas estándar para calcular distancias de manera que se han usado en Cosmología en el llamado diagrama de Hubble. Es a partir de ellas que se ha determinado que el universo se está expandiendo de una manera acelerada (relación con DES).

Por ello es importante tener en cuenta el ritmo del enriquecimiento del universo en la determinación de las magnitudes de estas explosiones

