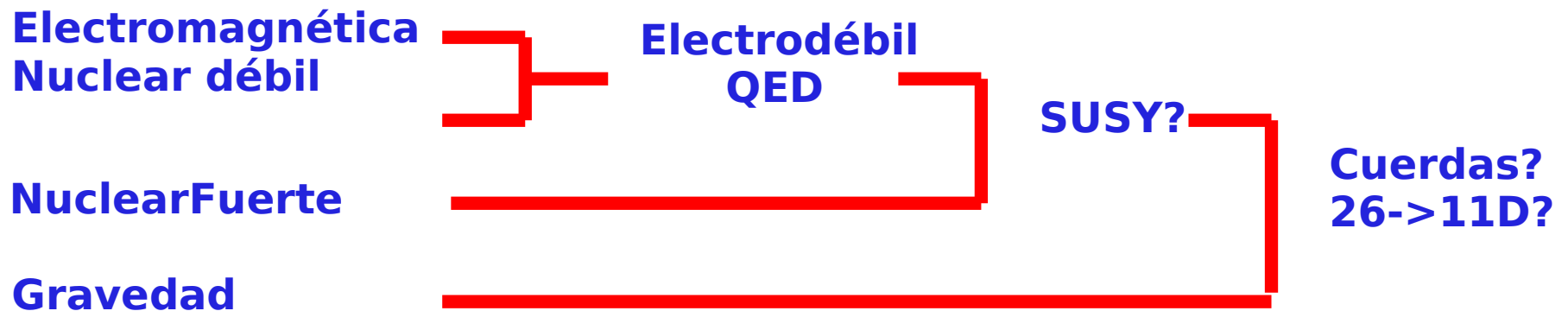


# Fuerzas de la naturaleza

<u>Fuerza</u>	<u>Lugar de acción</u>	<u>Mediador</u>	<u>Rango</u>
Gravedad	atracción mutua entre masas Relatividad general	Graviton	Infinito
Electromagnética	entre cargas eléctricas QED	Fotón	Infinito
Nuclear débil	entre partículas subatómicas (decaimiento radiactivo) QED	$W^{\pm} Z^0$	Subatómico
Nuclear fuerte	entre partículas subatómicas fuerza de color QCD	8-Gluones	Núcleo $10^{-12}$ m



# Materia en el Universo

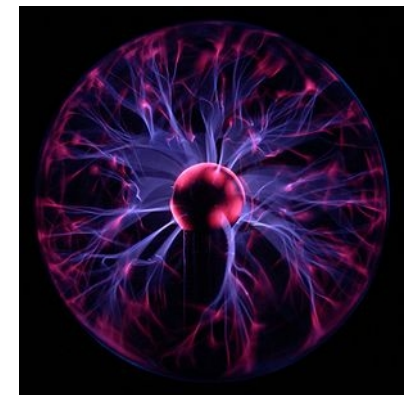
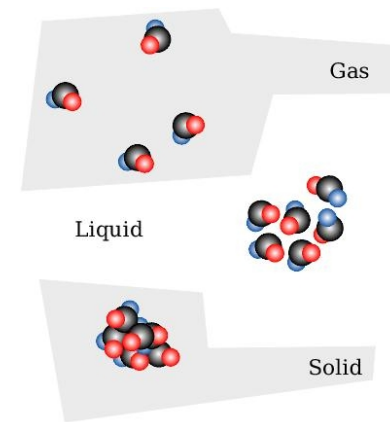
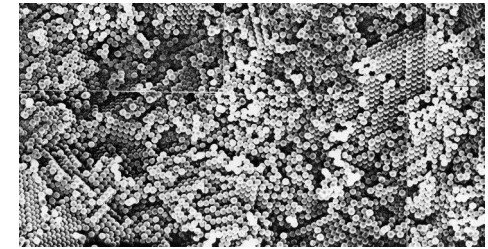
•En un primer nivel, llamemoslo macroscópico, la materia se puede caracterizar por su estado En general consideramos este el mundo de la termodinámica macroscópica.

Solidos (difícil deformar): metales, semiconductores, aislantes, cerámicos, biomateriales, etc.

Líquidos (mayor movilidad - interacción)

Gases (absoluta movilidad - libres)

Plasmas - gas con carga (gran % del universo)



# Materia en el Universo

- A un nivel más fundamental, podemos considerar a la materia como compuesta por (aproximadamente) 120 tipos de átomos. Donde los átomos interactúan a través de fuerzas electromagnéticas formando moléculas, macromoléculas, proteínas, etc.

**-> El tratamiento acá es de origen cuántico y semi-clásico.**

- A un nivel más fundamental podemos considerar la materia como partículas más fundamentales Bariones (protones, neutrones, etc.), Mesones (Piones, Kaones, etc.) y Leptones (electrones, neutrinos, etc).

**-> Aquí el tratamiento es claramente cuántico.**

- A un nivel aun mas fundamental podemos considerar la materia como partículas mas fundamentales: quarks, leptones y bosones (que intermedian la fuerza entra partículas fundamentales).

**-> Aquí el tratamiento es cromodinámico cuántico.**

# Teorias del Universo

- Siglo 4BC: Aristoteles: -> Tierra en el centro de universo estacionario  
finite espacial, infinito en el tiempo
- Siglo 3 BC: Aristarcus: -> Sol en el centro de universo
- Siglo 2 BC: Ptolomeo: -> Tierra en el centro de universo  
sol y planetas se mueven alrededor de la tierra
- Siglo 6-11: -> Sol en el centro de universo estacionario  
india, medio-oriente
- Siglo 15-16: Nilakantha Somayaji, Tycho Brahe  
Planetas alrededor del sol, y sol alrededor tierra
- 1543 Copernico -> Sol en el centro de universo
- 1610 Keppler -> Universo Finito, Leyes de Keppler
- 1687 Newton -> Ley de gravitación universal

# Teorías modernas del Universo

- **Teoría del Big-Bang**

Le Maitre (1934) and Gammow (1948)

+ inflación de Alan Guth (1981)

- **Teoría del estado estacionario**

Bondi, Gold and Fred Hoyle (1948)

Paradoja de Olbers

- **Teoría oscilatoria**

Relatividad general

Constante cosmológica

# BIG-BANG

- Le Maitre and Gammow
  - 15-20 x 10<sup>9</sup> años
  - 1929, Edwin Hubble - expansion
  - 1989, Cosmic Background Radiation COBE
  - 75% masa H y 25% masa es helio (si el universo partió caliente)
- Materia distribuida homogéneamente, espacio plano

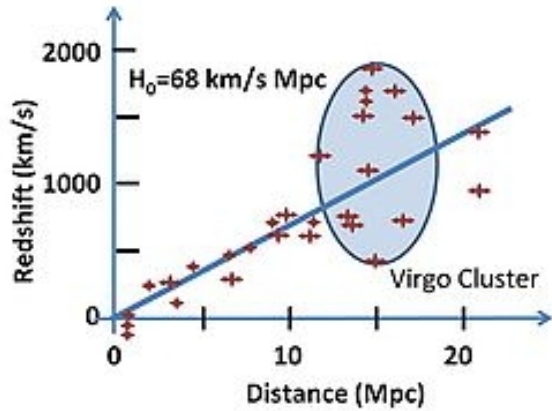


Hubble <http://oposite.stsci.edu/>

(+ inflación de Alan Guth)

- > expansion exponencial para mantener homogeneidad
- > espacio plano

# BIG-BANG

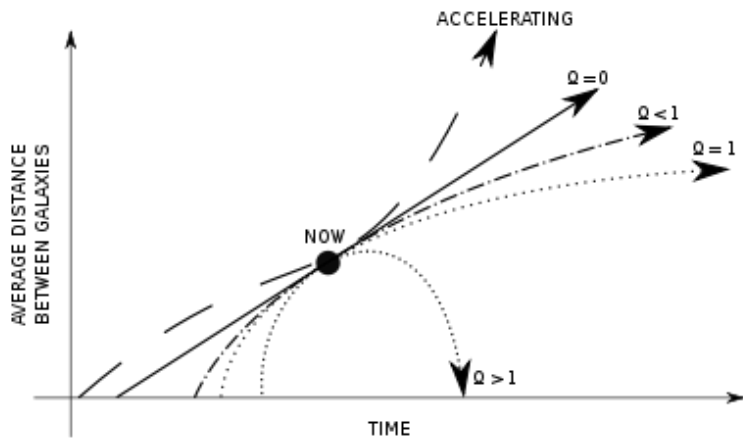


Wikipedia.com

1929, Edwin Hubble  
-> expansion del universo



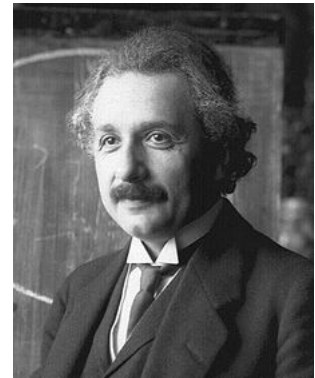
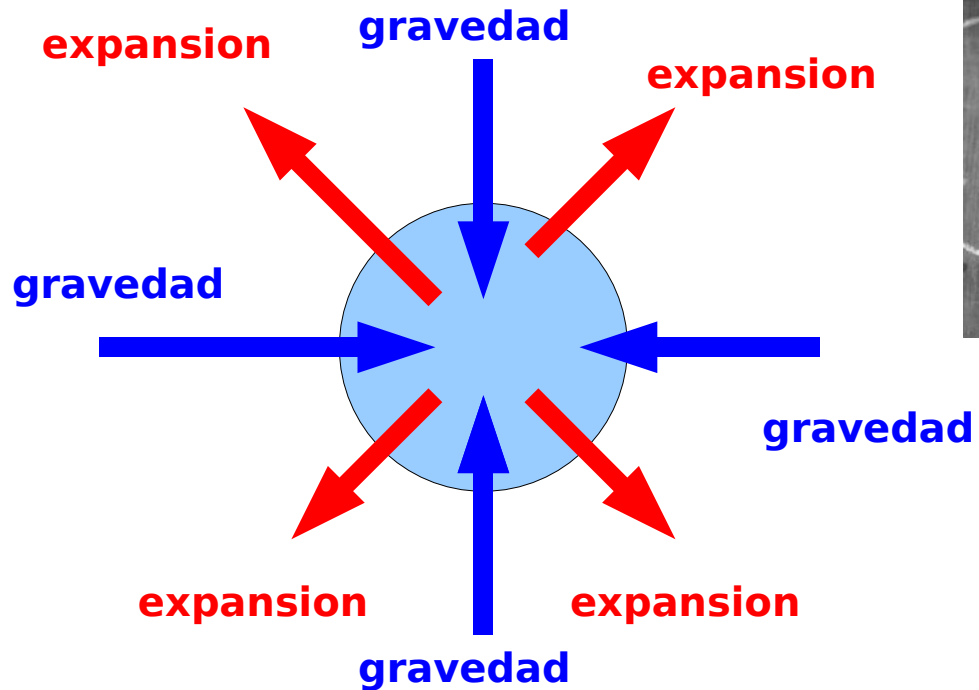
Wikipedia.com



Wikipedia.com

- > **Materia Oscura**
- > **Energía Oscura**

## Relatividad General - Einstein



# BIG-BANG

## Ecuacion de Einstein

$$G_{\mu\nu} = -\lambda g_{\mu\nu} - \kappa T_{\mu\nu}$$

$\lambda$  corresponde a la energia del espacio vacio

- > cuando se libera energia latente
- > acelera el universo (energia oscura)

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a(t)^2 \left[ \frac{dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2 d\phi^2)}{(1 + \epsilon r^2/4)^2} \right]$$

$$\left( \frac{da}{dt} \right)^2 = \frac{2GM}{a} + \frac{\lambda R^2}{3} - \epsilon$$

# BIG-BANG -> en expansion

## Velocidad de alejamiento

$$\frac{da}{dt} = H a \rightarrow v = H d$$

$$H = 20 (km/s) / 10^6 ly$$

## Edad del universo

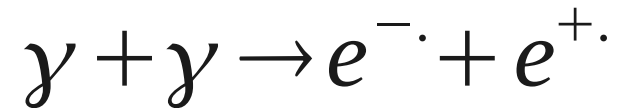
$$t = H^{-1} = 15 \times 10^9 y$$

# **BIG-BANG -> Temperatura**

**Inicialmente alta temperatura**

$$T \sim a^{-1}$$

**Era del dominio de la radiacion**

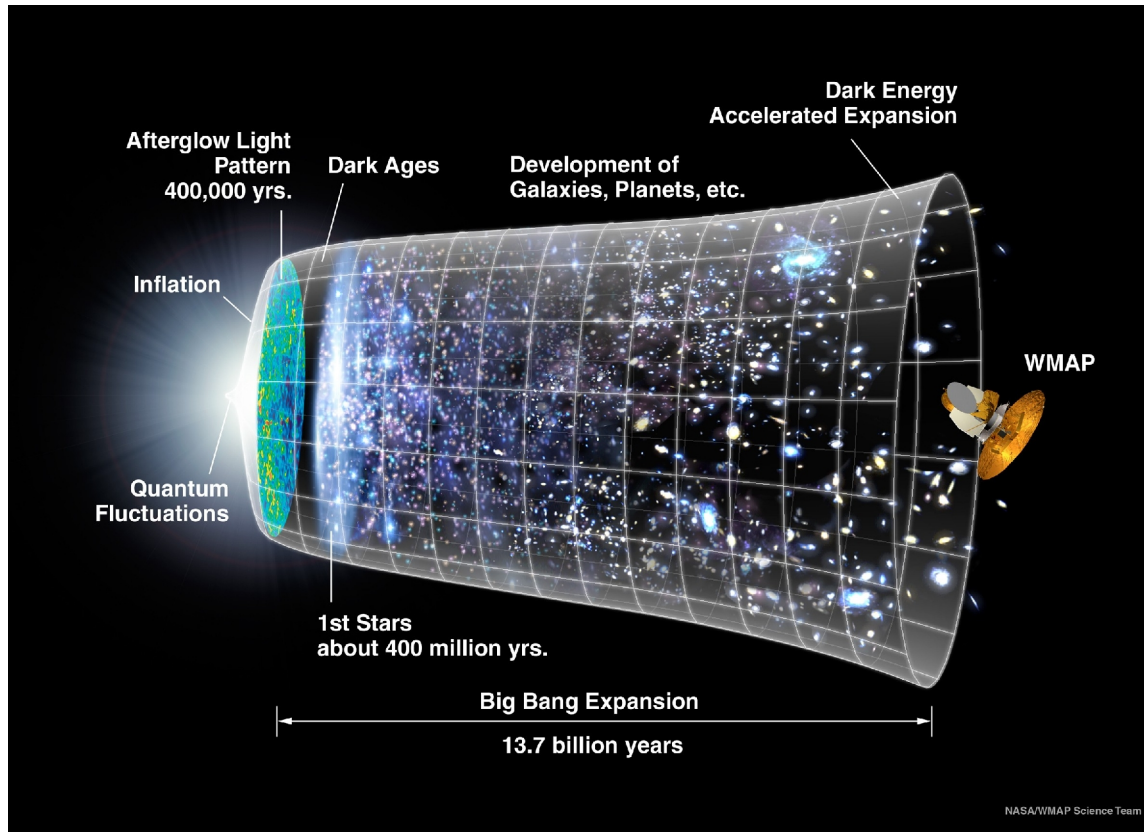


**Fotones dominan energia y presion del universo**

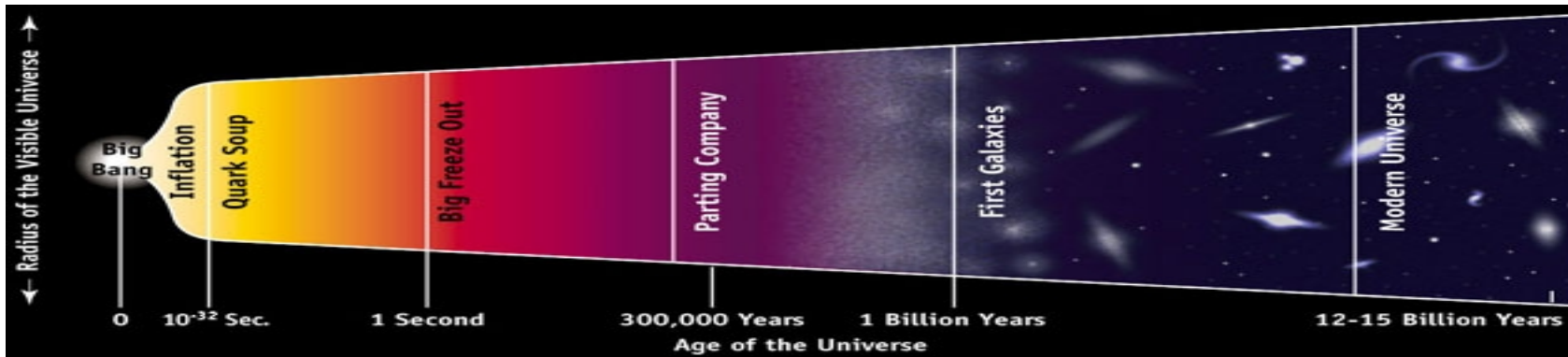
**... a medida que se expande**

# BIG-BANG -> Evolucion

<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
0	0	Infinita	BigBang -> universo comenzó a existir



# BIG-BANG -> Era cuantica

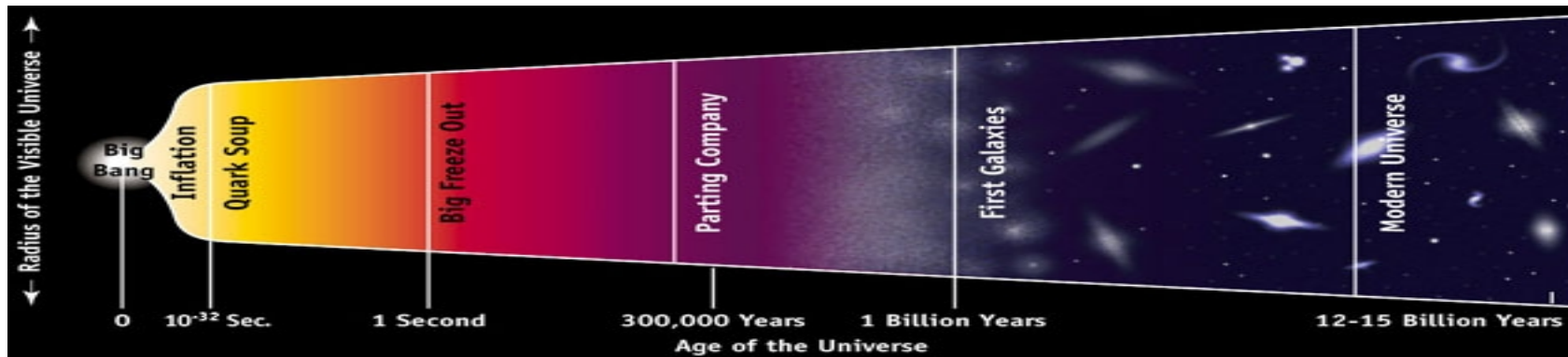


<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
0	0	Infinita	BigBang -> universo comenzó a existir
$10^{-43}s$	$10^{-43}m$	$10^{32}K$	Era cuantica

-> El universo consiste de una “sopa” de leptones y quarks

-> fuerzas unificadas “Grand Unified Force”

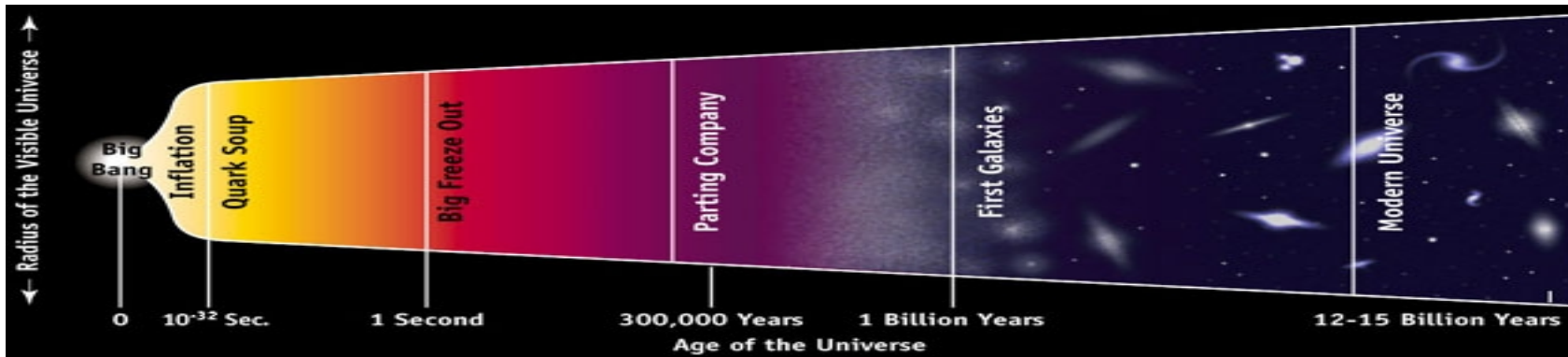
# BIG-BANG -> Era de gran unificación



<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
$10^{-43}$ s	$10^{-43}$ m	$10^{32}$ K	
$10^{-35}$ s			Era de gran unificación

- > **Tiempo de Planck**
- > **“sopa” de partículas y antipartículas**
  - > **crean y destruyen**
- > **Se separa la gravedad de las otras fuerzas**
- > **materia y energía son intercambiables -> en equilibrio**

# BIG-BANG -> Inflacion



<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
$10^{-35}$ s	$10^{-12}$ m		Termina era de gran unificación
$10^{-33}$ s	1cm		INFLACION

-> Fuerza fuerte de separa de la electro-debil

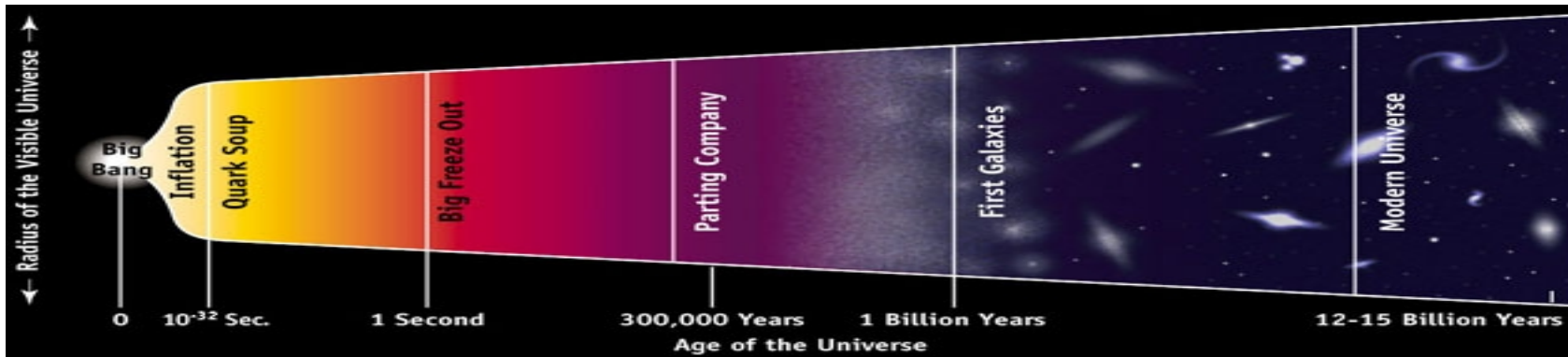
-> Se libera energia ->  $\lambda$

-> transicion de fase

-> Expansion muy rapida del universo por un factor  $10^{30}$

-> del tamaño de un nucleo atomico -> una pepa de uva

# BIG-BANG -> Era de las partículas



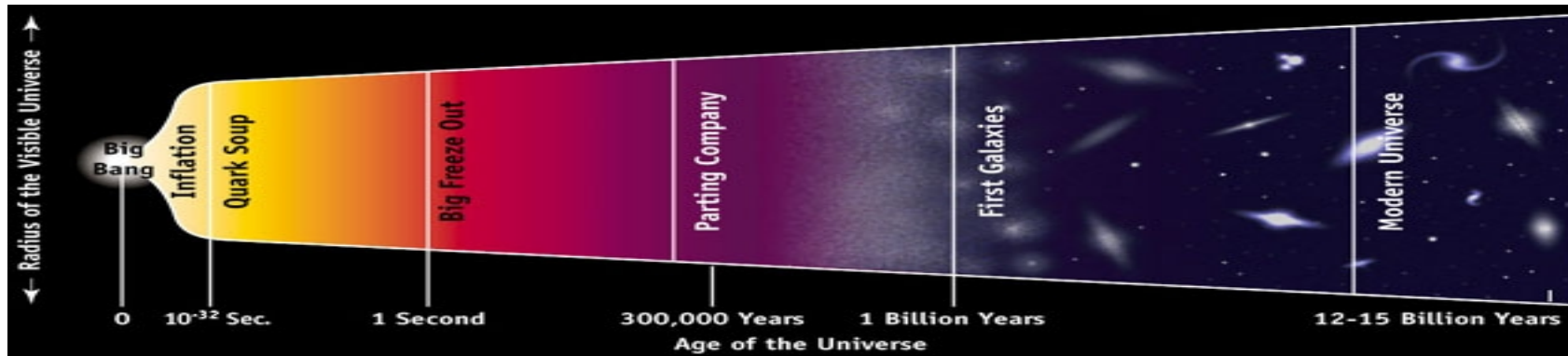
<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
$10^{-12}$ s	1cm	$10^{15}$ K	Era de las partículas

-> Fuerza electromagnetica se separa de la fuerza debil

-> Se libera energia ->  $\lambda$

-> particulas se destruyen con antipartículas

## BIG-BANG -> Era de transición a hadrones



<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
$10^{-6}$ s		$10^{13}$ K	Era de transición a Hadrones

-> Transición de quarks a Hadrones

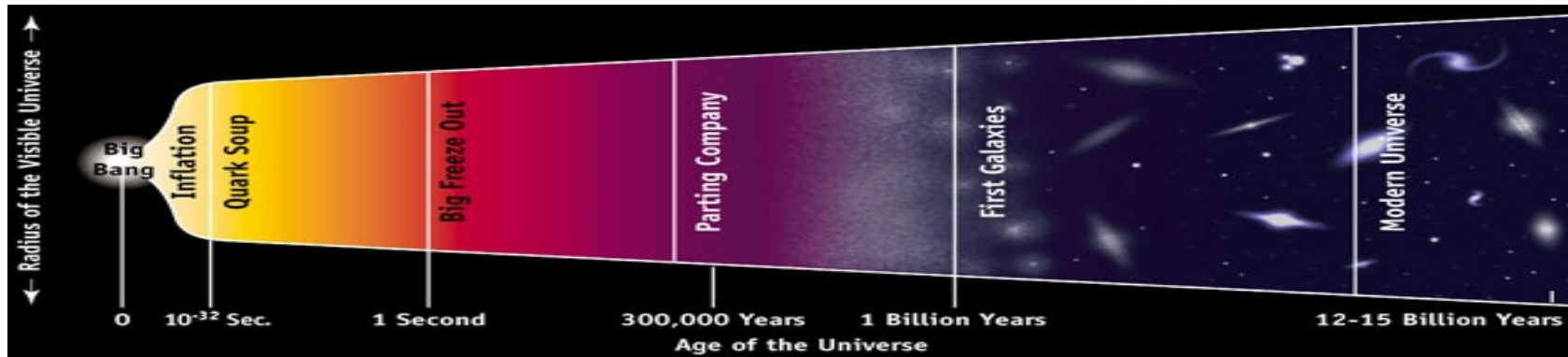
-> se forman protones y neutrones

-> exceso de partículas sobre antipartículas

-> rompimiento de simetría

-> remanente de partículas (universo de hoy en día)

# BIG-BANG -> Era de transición a hadrones

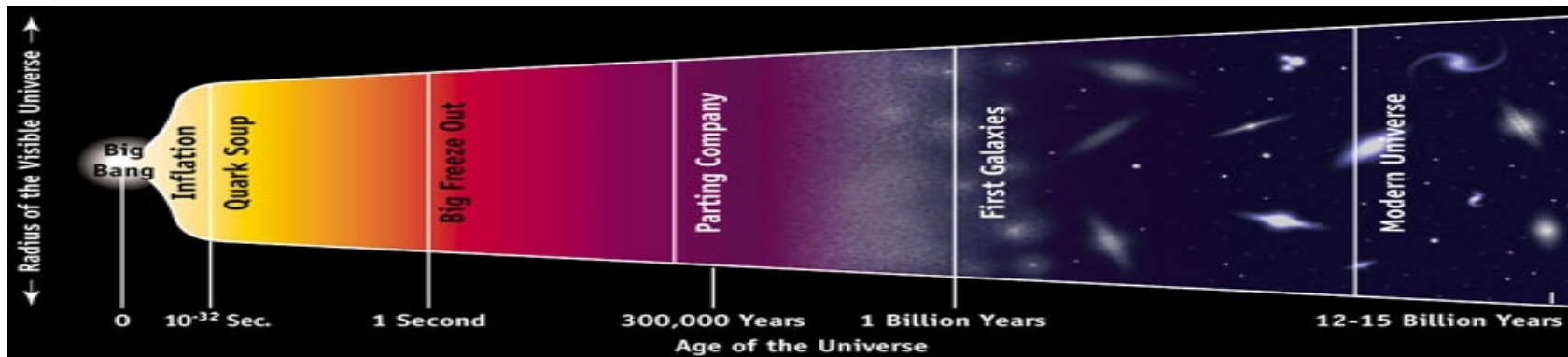


<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
0.01s		10 <sup>11</sup> K	Era de transición a Hadrones

-> protones en numeros similares

-> a medida que temperatura baja -> mas protones

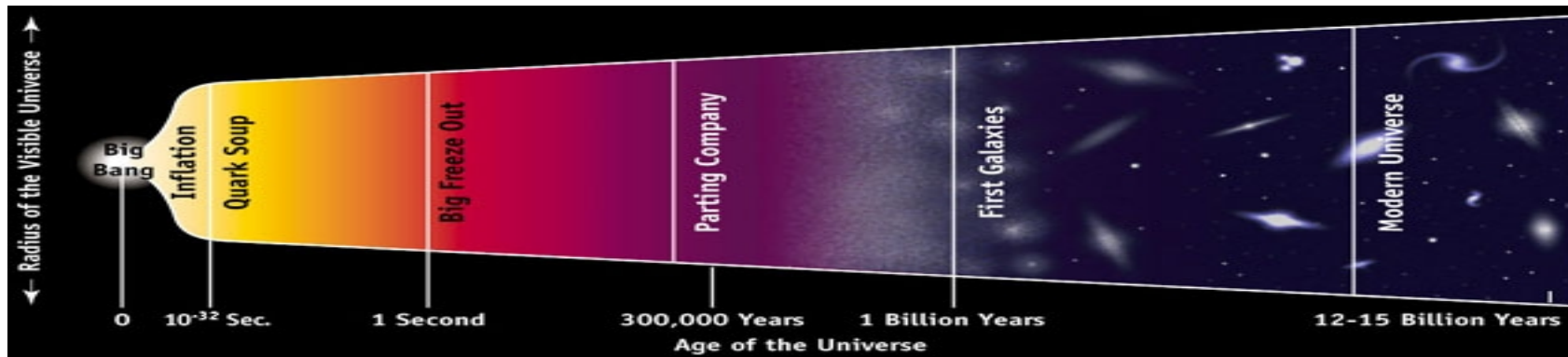
# BIG-BANG -> Era de transición a hadrones



<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
1s	4LY	10 <sup>10</sup> K	Neutrinos se desacoplan

-> Neutrinos ahora se hacen transparentes

## BIG-BANG -> Era de transición a hadrones



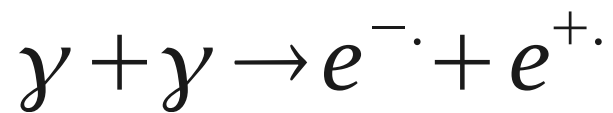
Tiempo  
15s

Tamaño

Temp  
 $3 \times 10^9 \text{K}$

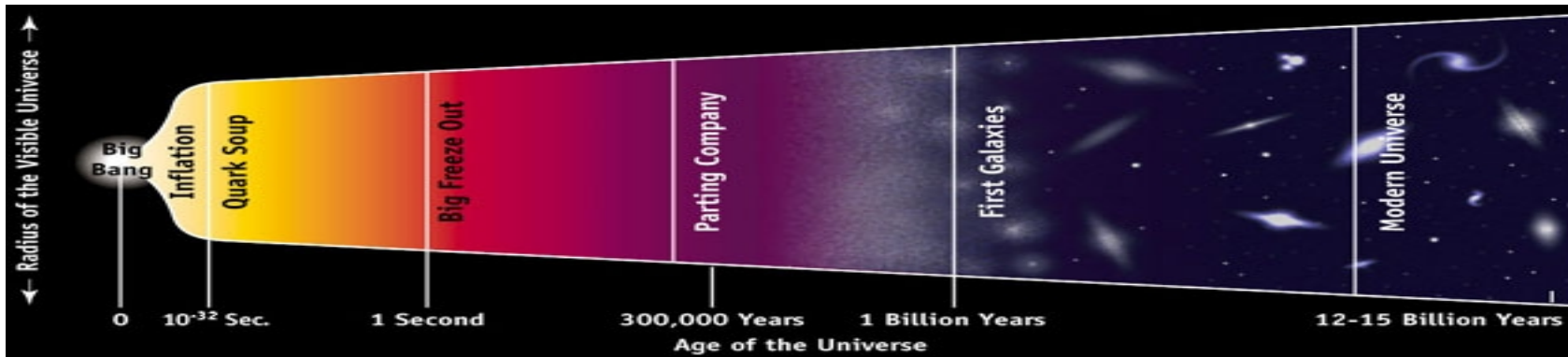
Comentario  
Neutrinos se desacoplan

-> ya no hay energia para crear



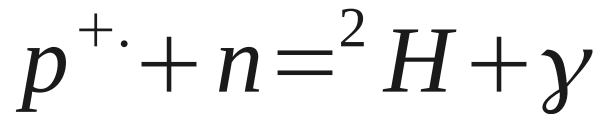
-> universo se recalienta por recombinacion

# BIG-BANG -> Era de transición a hadrones



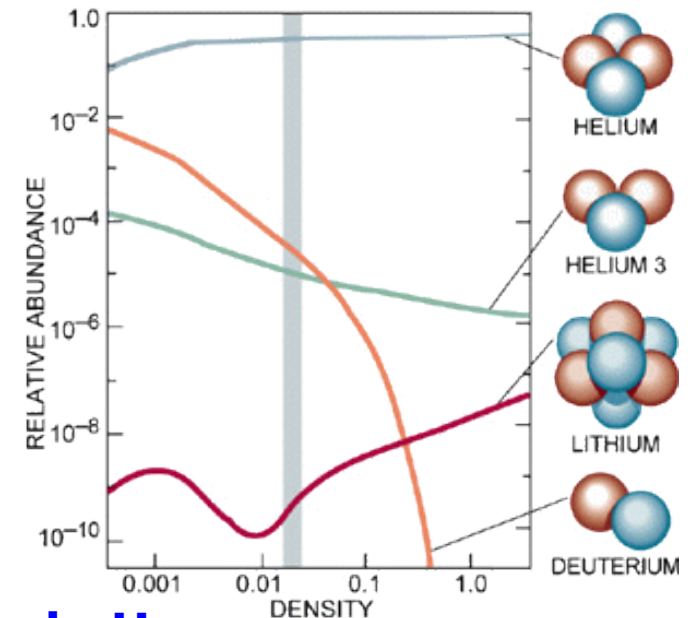
<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
10 <sup>2</sup> s	40 LY	10 <sup>9</sup> K	Nucleosíntesis comienza -> aparece el He
10 <sup>3</sup> s		4x10 <sup>8</sup> K	Nucleosíntesis termina

-> Tenemos 87% protones y 13% neutrones

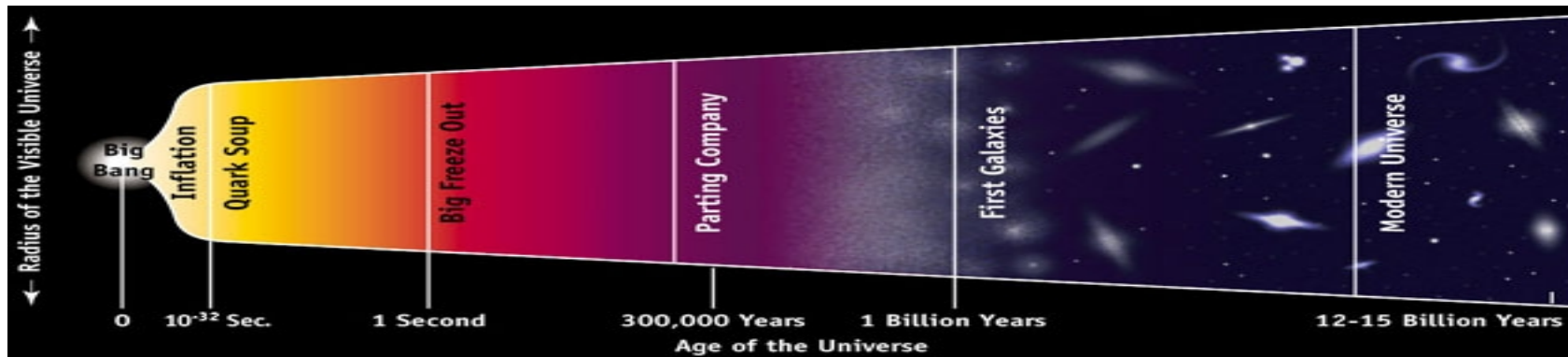


-> neutrones son usados para formar <sup>4</sup>He

-> Universo formado por 90% H (p) y 10% núcleos de He



# BIG-BANG

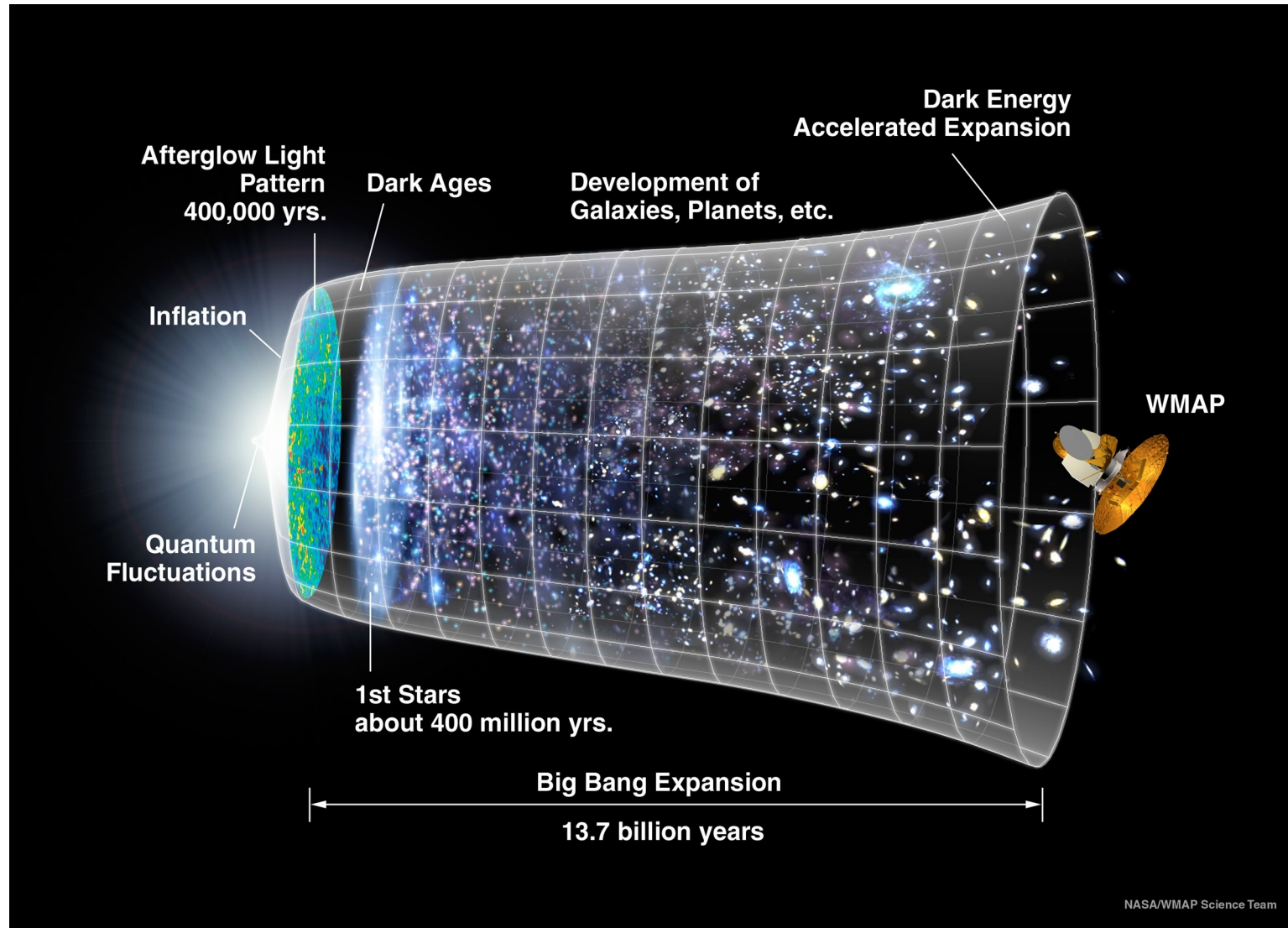


<u>Tiempo</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Temp</u>	<u>Comentario</u>
0	0	Infinita	BigBang -> universo comenzó a existir
$10^{-43}$ s	$10^{-43}$ m	$10^{32}$ K	Tiempo de Planck -> se separa la gravedad

## Inflación

1s	4 LY	$10^{10}$ K	Quaks, protones, neutrones se congelan
$10^2$ s	40 LY	$10^9$ K	Nucleosíntesis comienza -> aparece el He
$10^3$ s		$4 \times 10^8$ K	Nucleosíntesis termina
$10^5$ s		$3 \times 10^3$ K	Universo transparente - átomos se forman
$10^9$ y		20K	Galaxias se forman
$2 \times 10^9$ y			Elementos químicos
$10 \times 10^9$ y			Sistema solar
$12 \times 10^9$ y			Vida en la tierra
<b><math>15 \times 10^9</math>y</b>		<b>2.726K</b>	<b>Hoy</b>

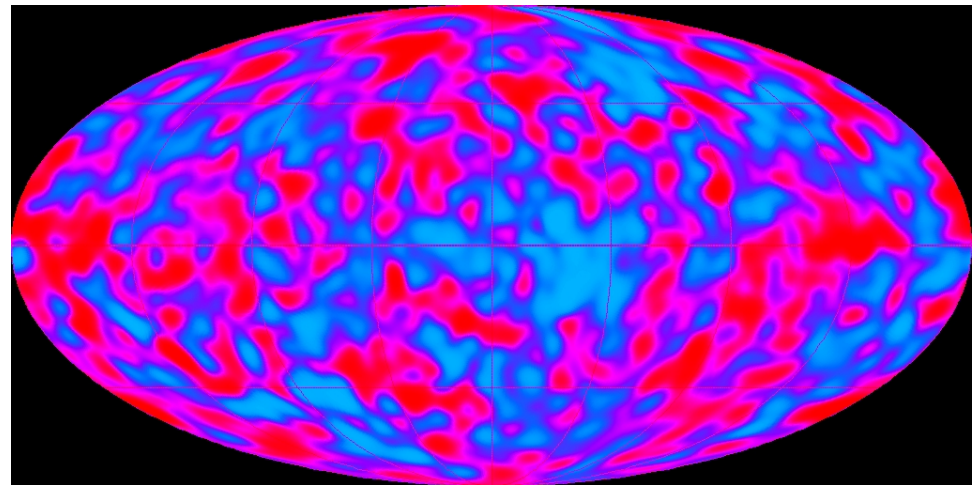
# BIG-BANG -> Evolucion



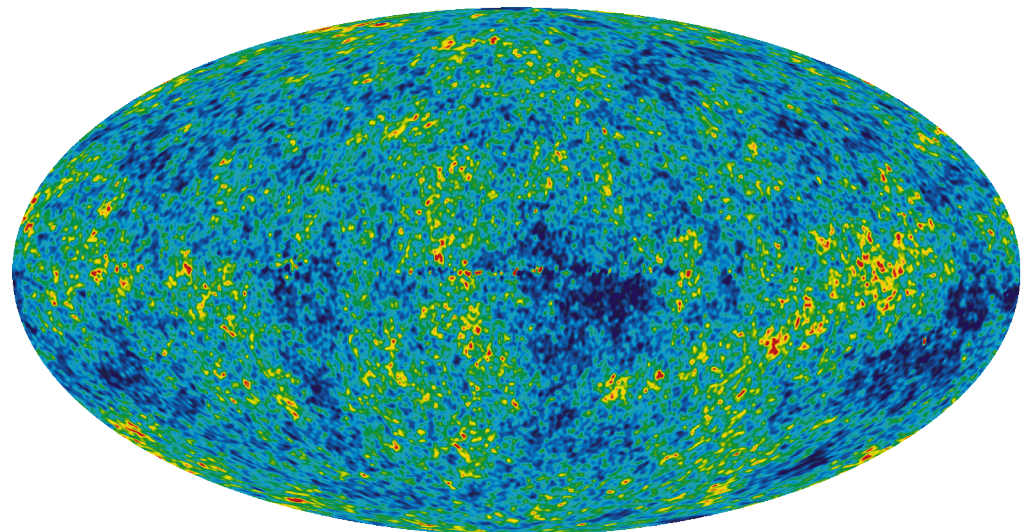
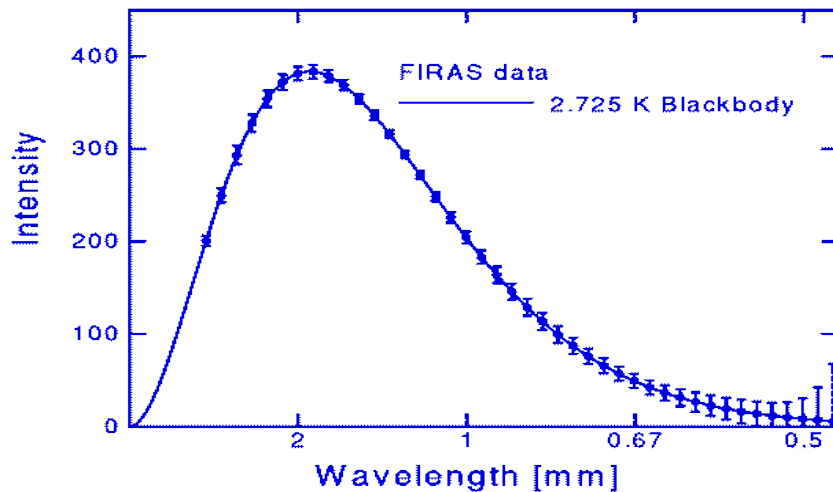
# BIG-BANG

Cosmic Background Explorer  
anisotropia 1 en 100.000  
Remanente del big-bang

- Universo es
  - Homegeneo
  - Isotropico



Wikipedia: WMAP image of the CMB temperature anisotropy.



Cobe, ed Wright's Cosmology Tutorial

Wikipedia: Cobe

# BIG-BANG

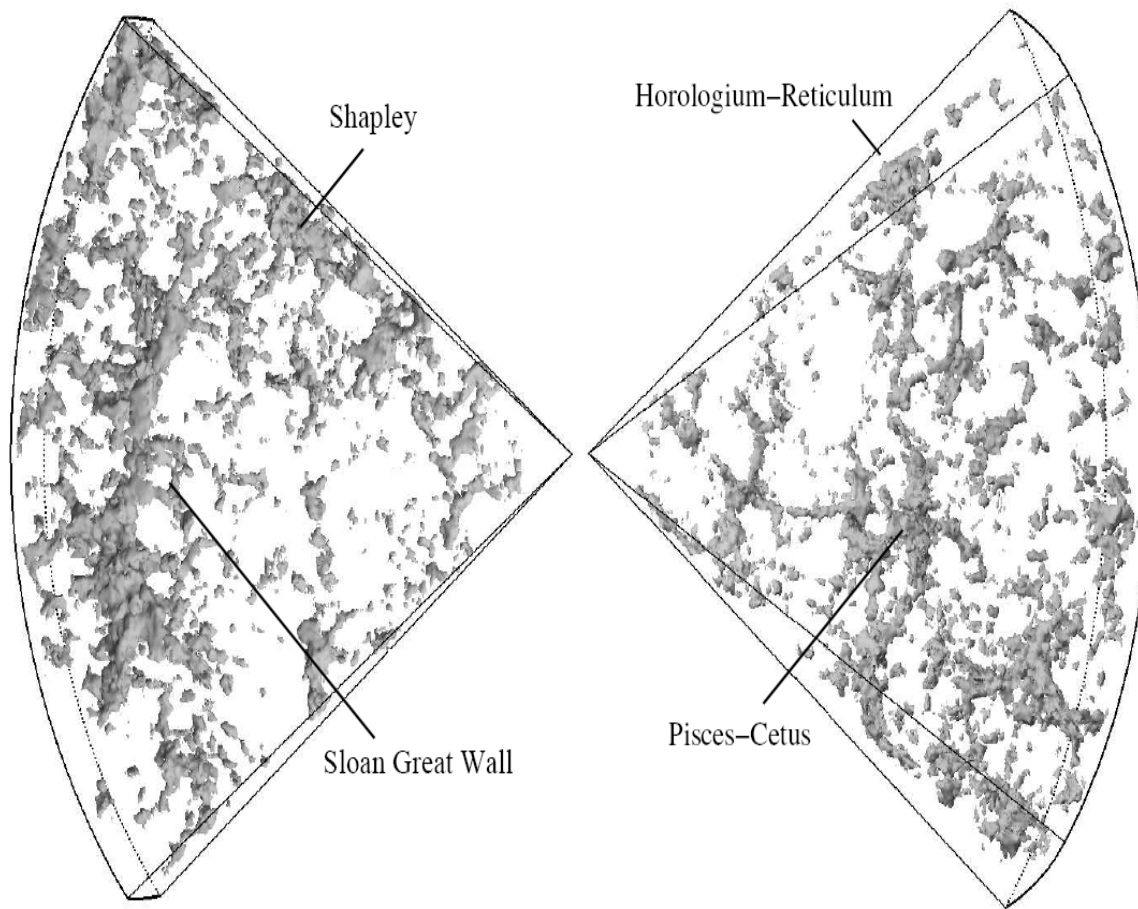


10<sup>8</sup> años luz  
Coma Cluster  
de galaxias

Gravedad  
Electromagnetismo

O. Lopez-Cruz (INAOEP) et al., AURA, NOAO, NSF

# BIG-BANG



>10<sup>9</sup> años luz  
Grandes estructuras  
- cluster de clusters  
( 50.000 galaxias)  
- gran muralla  
- etc.?

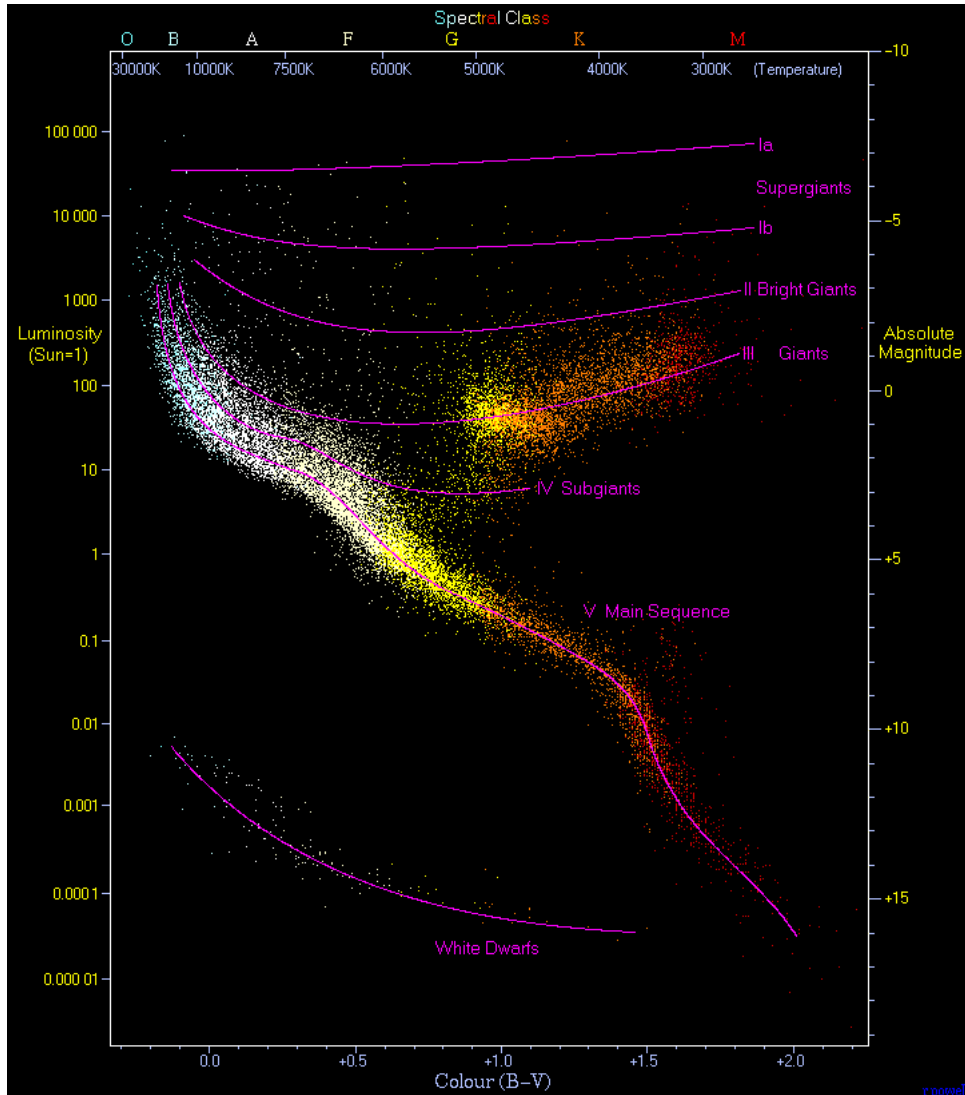
Tamaño del universo  
~10<sup>10</sup> años luz

Gravedad  
Electromagnetismo

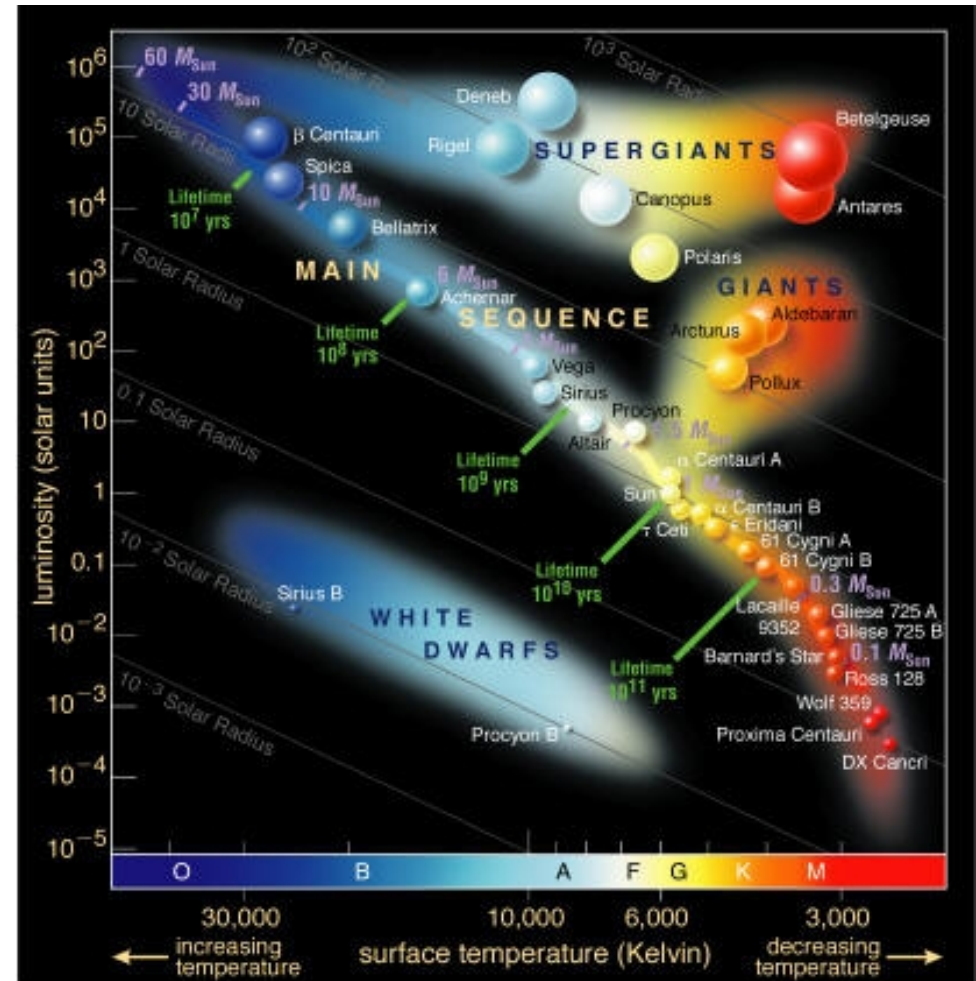
Wikipedia: The Sloan Great Wall in a DTFE reconstruction of the inner parts of the 2dF Galaxy Redshift Survey.

# Evolución Estelar

## Diagrama de Hertzsprung-Russell



wikipedia.com

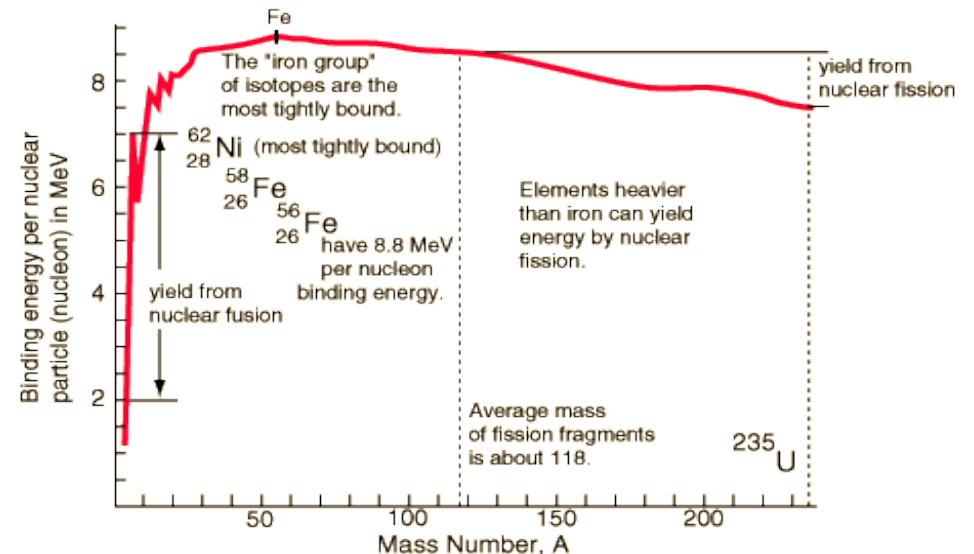
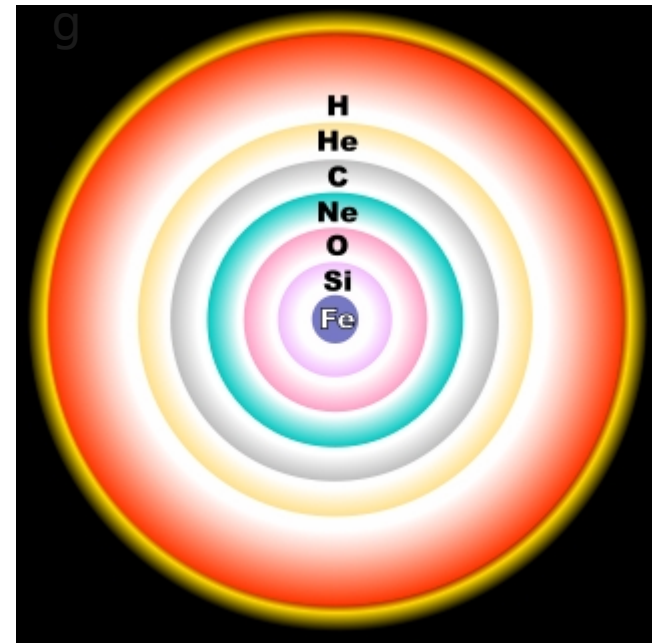


http://images.google.com

# Evolución Estelar

- Primera generación
- Partimos con H (75%) y He (25%)
- Nube de gas -> atracción gravitacional
- Suficiente masa -> se enciende
  - > detiene colapso gravitacional
  - > presión radiación y termal
- Se termina combustible
  - > H -> He -> C -> en -> O -> Si -> Fe
- Dependiendo de masa -> ciclo hasta Fe

<http://www.wikipedia.or>



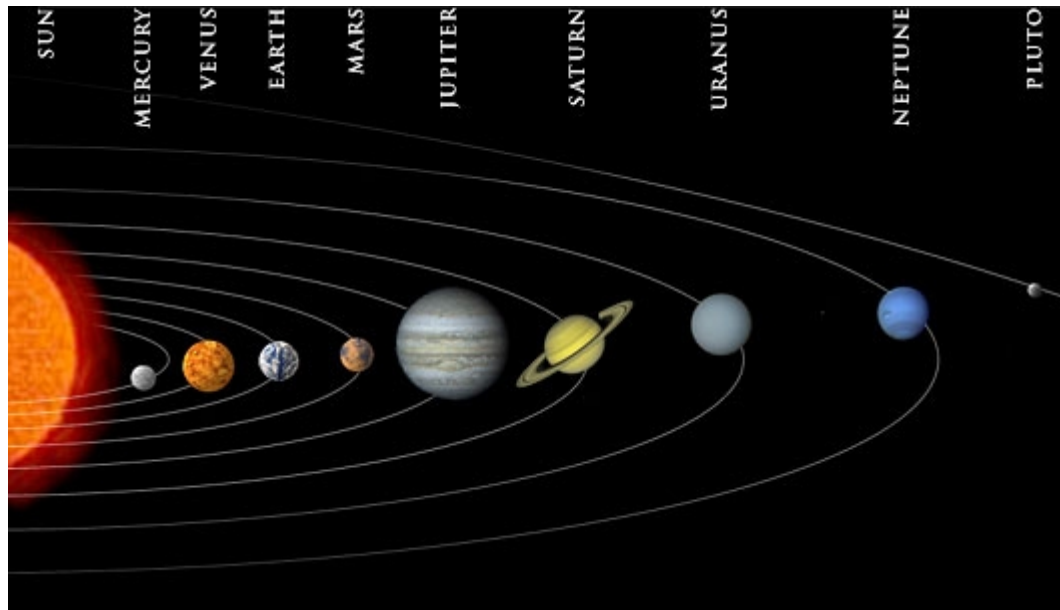
<http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu>

# Evolución Estelar

- $M_{\text{core}} < 1.5$  **Nova**
  - > enana blanca
  - > presión degeneración electrones - efecto cuántico
  - > ciclo se detiene antes de llegar al Fe
- $1.4 < M_{\text{core}} < 3$  **SuperNova**
  - > estrella de neutrones (electrones y protones se combinan)
  - > presión degeneración neutrones - efecto cuántico
  - >  $R \sim 10\text{km}$
  - > gravedad!
- $M_{\text{core}} > 3$ 
  - > Hoyos negros?

# Evolución Estelar II: Sistema solar

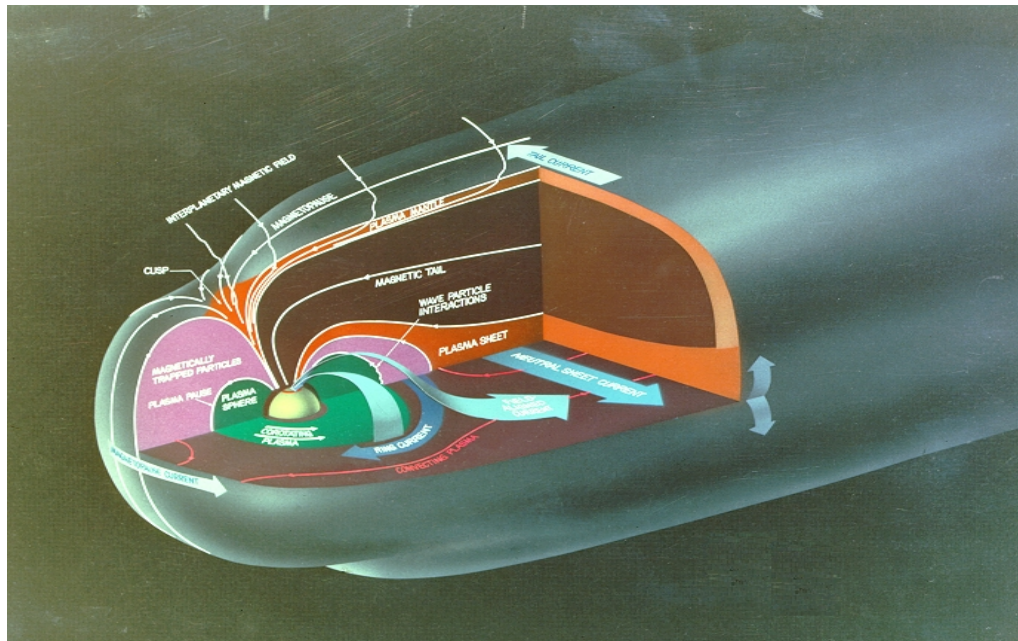
- Novas y supernovas
    - > generan elementos pesados  $> \text{Fe}$
    - > nebulosas planetarias con materiales pesados
  - Nuestro sol es segunda generación  $5 \times 10^9$  y
    - > planetas rocosos alrededor
    - > permitan vida
- planeticimales



<http://www.nasa.gov>

# Evolución Estelar II: Sistema solar

- Para que haya vida
  - > están a la distancia correcta  
(ni muy caliente ni muy frío)
  - > campo magnético y magnetosfera
  - > química correcta



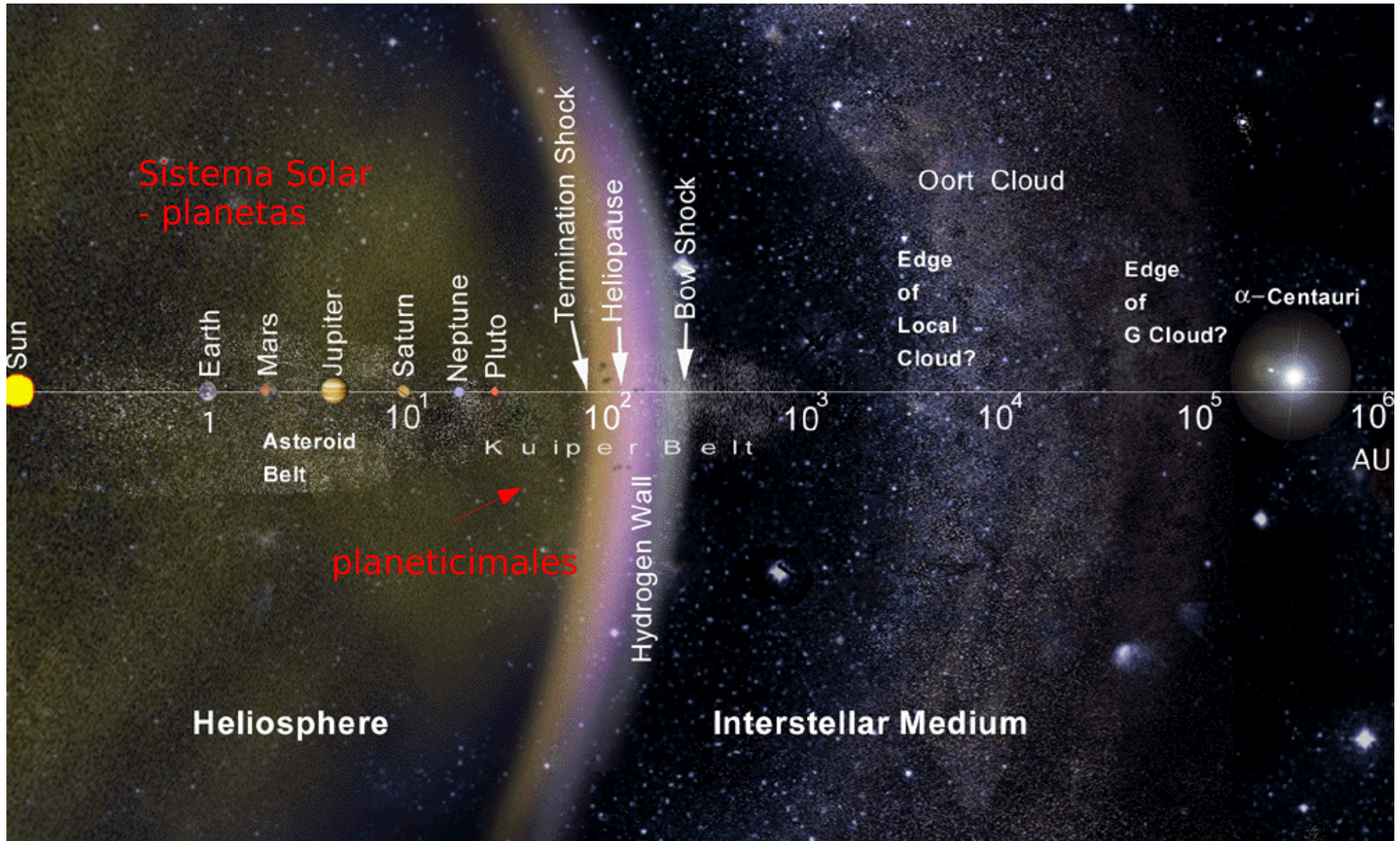
NASA



<http://www.wikipedia.org>

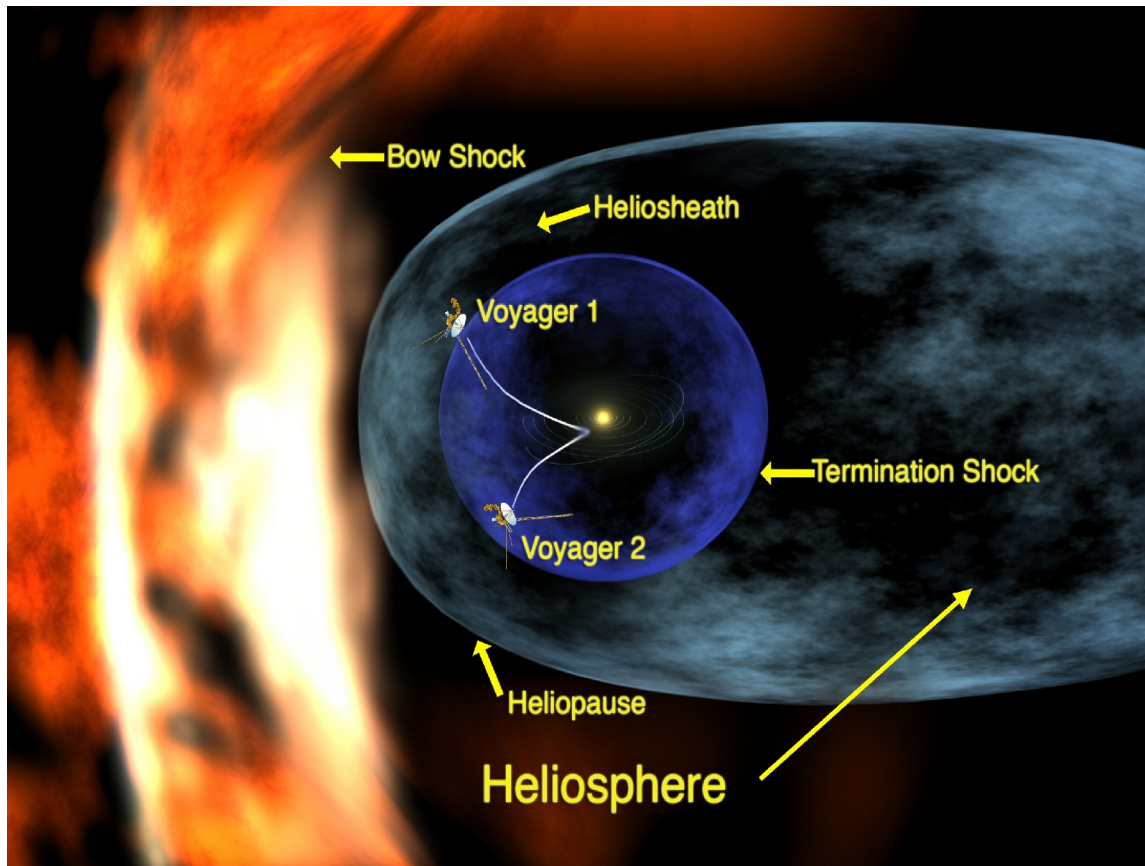
Famous "Blue Marble" photograph of Earth, taken from Apollo 17

# Potencias de $10^n \rightarrow 10^{13}$ m



Wikipedia: The solar system, in logarithmic scale, showing the outer extent of the heliosphere, the Oort cloud and Alpha Centauri (NASA)

# Potencias de $10^n$ -> $10^{14}$ m



Sistema Solar  
- Heliósfera  
- Shock de terminación  
200 AU

Gravedad  
Electromagnetismo

Wikipedia: A diagram depicting Voyager 1 at its relative position in the heliosheath. Since then, Voyager 2 has joined it in the heliosheath.