

# Ciencias de la Tierra y el Espacio I

## Programa del curso



- \* Definiciones y conceptos fundamentales. La Tierra en el universo.
- \* Evolución y estructura de la Tierra.
- \* Planetología comparada.

### Bibliografía:

Astronomía General, D. Galadí y J. Gutiérrez, Omega

Astronomy Today, C. McMillan, Prentice Hall

Encyclopedia of the Solar System, P. Weissman y otros, Academic Press

Our Changing Planet, F. Mackenzie, Prentice Hall

Ciencias de la Tierra, E. Tarbuck y F. Lutgens, Prentice Hall

Earth: Evolution of a habitable world, J. Lunine, Cambridge Univ. Press

# CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL ESPACIO I

## Programa

### 1. Introducción

La Tierra en el espacio. Desde el Big Bang a la formación de la Tierra. Origen de los elementos químicos. Vida en el universo.

Algunos conceptos básicos: El espectro electromagnético. Leyes de la radiación.

La Tierra como planeta. Origen y evolución. Las distintas “esferas” de la Tierra y sus interacciones.

### 2. Evolución y Estructura de la Tierra

Movimientos de la Tierra

Esferas terrestres: Geósfera, Hidrósfera, Atmósfera, Magnetósfera.

Geotectónica. Geósfera. Sismología. Magnetismo y gravedad terrestre. Tectónica de placas. Vulcanismo.

Minerales y Rocas, sedimentos y suelos. Estructura interna de la tierra. Petrología.

Atmósfera. Definición. Composición. Balance de energía. Estructura vertical. Escalas de movimiento. La atmósfera como un gas ideal. Equilibrio hidrostático. Equilibrio geostrofico. Circulación general.

Océanos: Hidrósfera. Ciclos hidrológicos. Estados del agua. Sistemas acuáticos. Origen y composición de los océanos. Escalas de variabilidad. Circulación oceánica.

Magnetósfera y actividad solar

Paleoclimatología: Las eras geológicas. Glaciaciones. Ciclos de Milankovitch. Interacciones y cambio climático.

Paleoclimas y Paleoambientes: Extinciones Masivas.

### 3. Planetología Comparada

Definición de planeta: Estructura y componentes del sistema solar. Planetas terrestres y jovianos.

Interiores planetarios: Núcleos, mantos y corteza.

Superficies planetarias: Cráteres de impacto, vulcanismo, tectónica, erosión.

Atmósferas planetarias: Diferentes composiciones. Agua en el sistema solar. Búsqueda de vida en el sistema solar.

## Bibliografía

Astronomía General, D. Galadí y J. Gutiérrez - Ed. Omega

Astronomy Today, C. McMillan - Ed. Prentice Hall

Encyclopedia of the Solar System, P. Weissman y otros - Ed. Academic Press

Our Changing Planet, F. Mackenzie - Ed. Prentice Hall

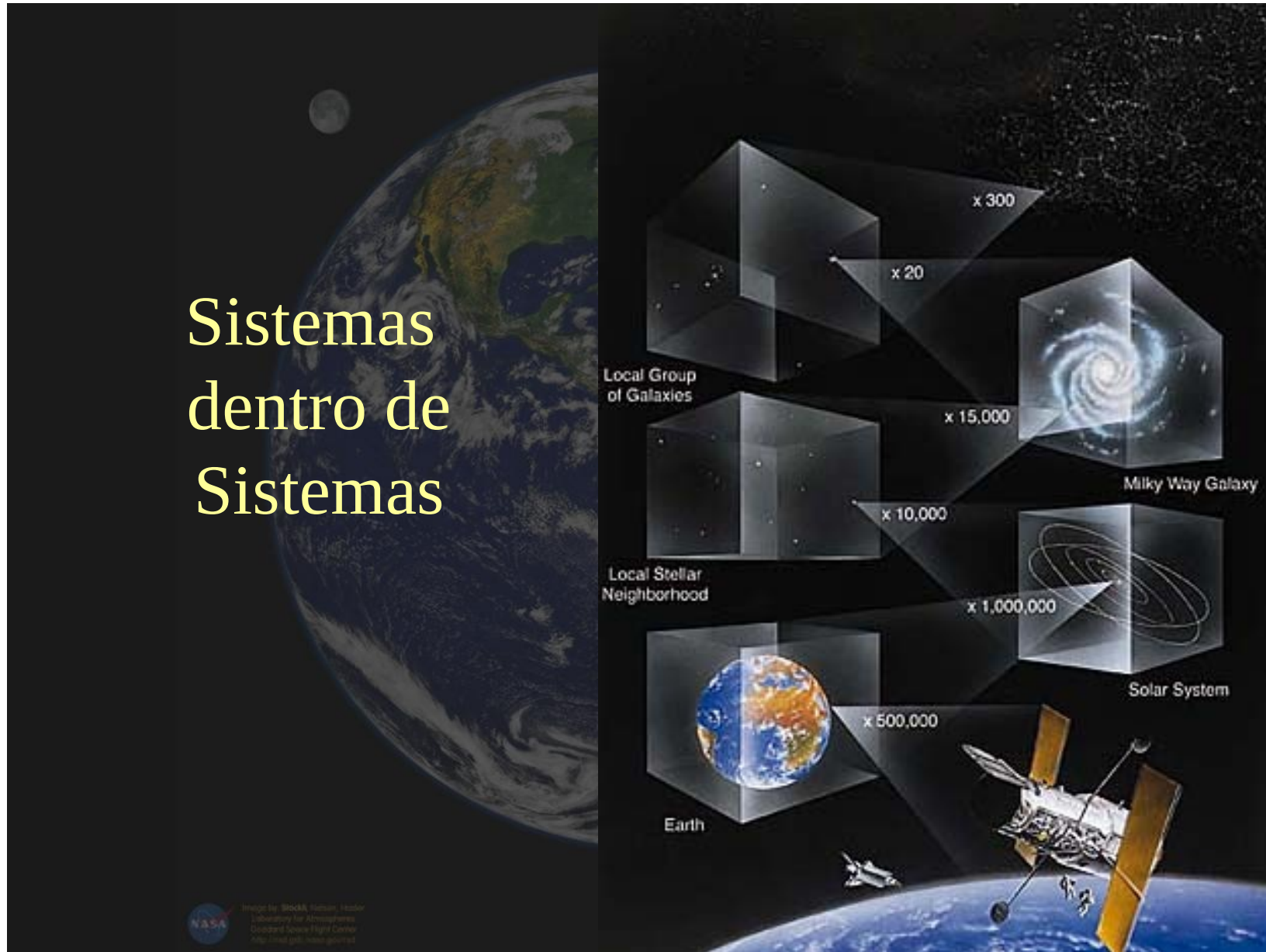
Ciencias de la Tierra, E. Tarbuck y F. Lutgens - Ed. Prentice Hall

Earth: Evolution of a habitable world, J. Lunine - Ed. Cambridge Univ. Press

<http://www.astronomia.edu.uy/depto/tem/cte/>

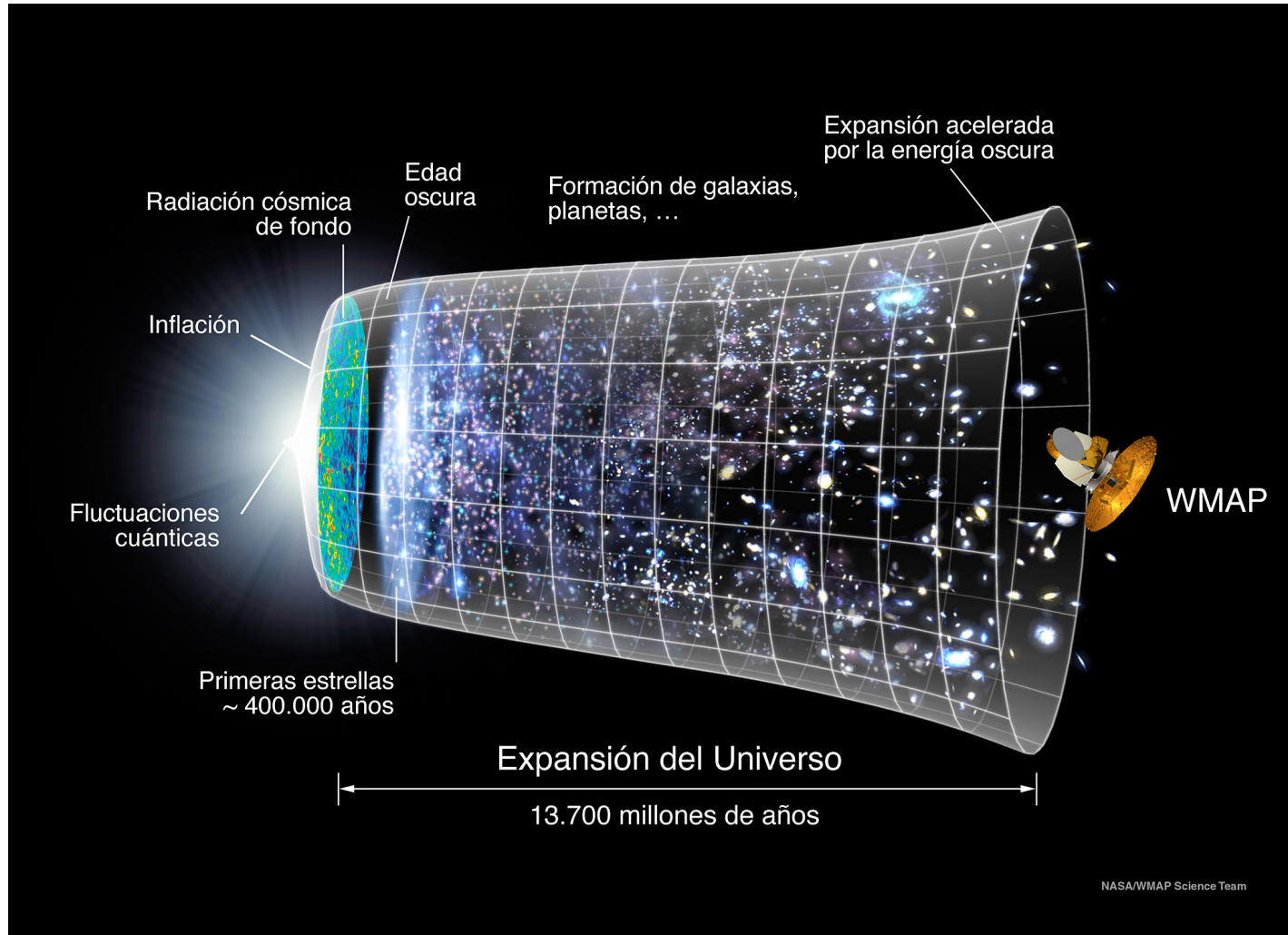
# Desde la Tierra al Universo - Distintas escalas cósmicas

## Sistemas dentro de Sistemas



# El origen del universo

\* El universo se expande. Yendo hacia el pasado llegamos a un punto donde todo estaba concentrado como energía (hace unos  $\sim 14.000$  millones de años)

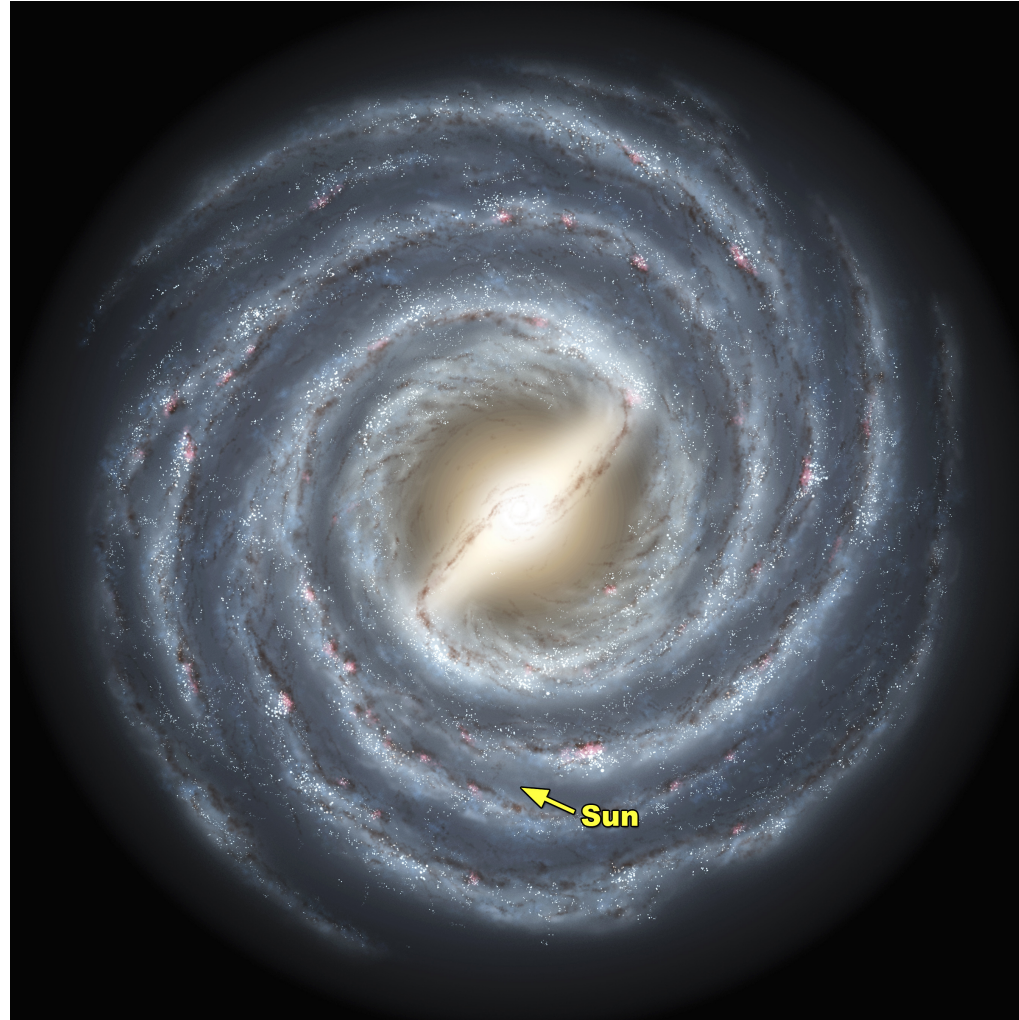


## Galaxias y cúmulos de galaxias



El cúmulo de galaxias de Abell distante 450 millones de años-luz de la Tierra (Telescopio Espacial Hubble, NASA)

## El Sol dentro de la Vía Láctea



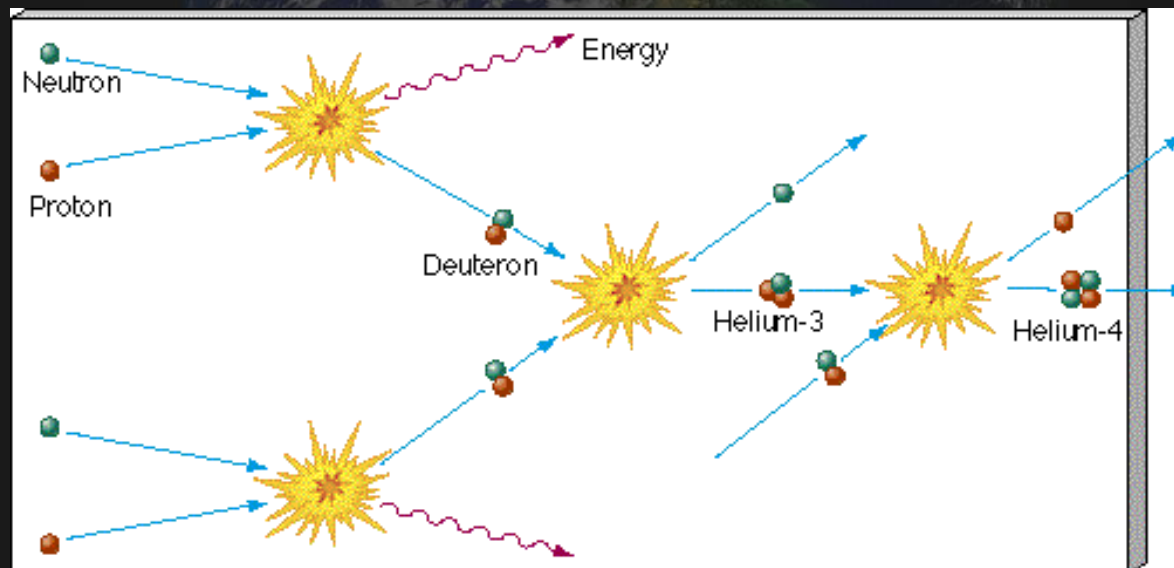
EL Sol se encuentra dentro de una galaxia, denominada Vía Láctea, que es un gigantesco conglomerado de 100.000 millones de estrellas, de forma espiral barrada, con un diámetro de  $\sim 100.000$  años-luz.

# El origen de los elementos químicos

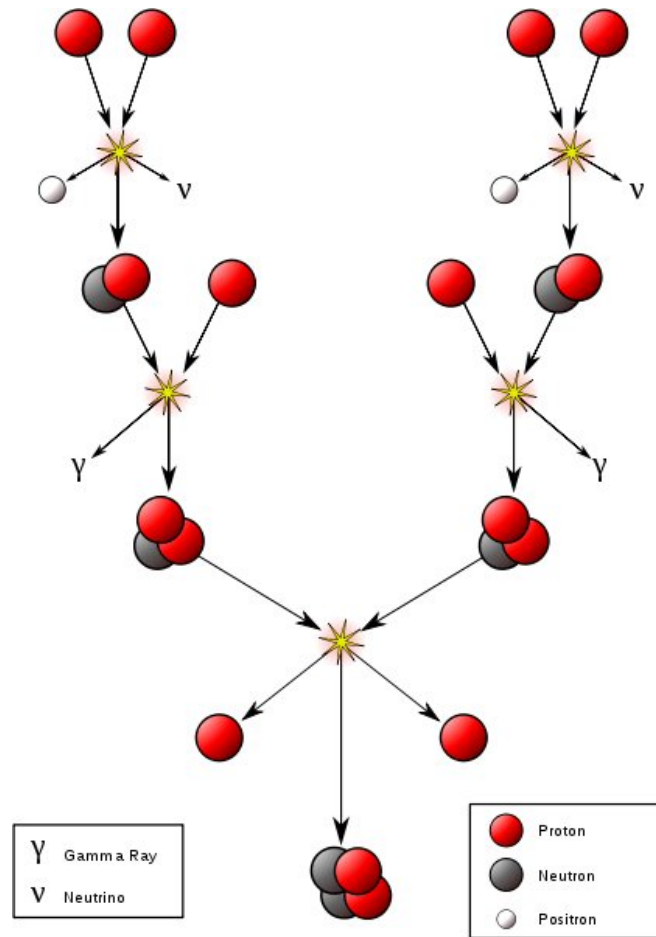
\* Los primeros elementos que se formaron fueron los más simples y livianos (H, He, algo de Li y B)

## Nucleosíntesis primordial

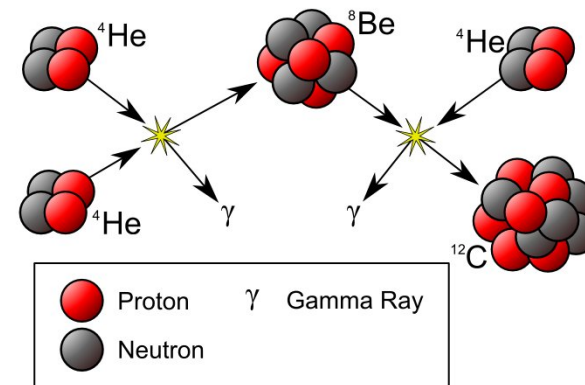
Los 15 primeros minutos a 300 millones K  
 $[\text{He}]/[\text{H}] = 0.25$



# Formación de elementos más pesados como resultado de las reacciones termonucleares que ocurren en el interior de las estrellas



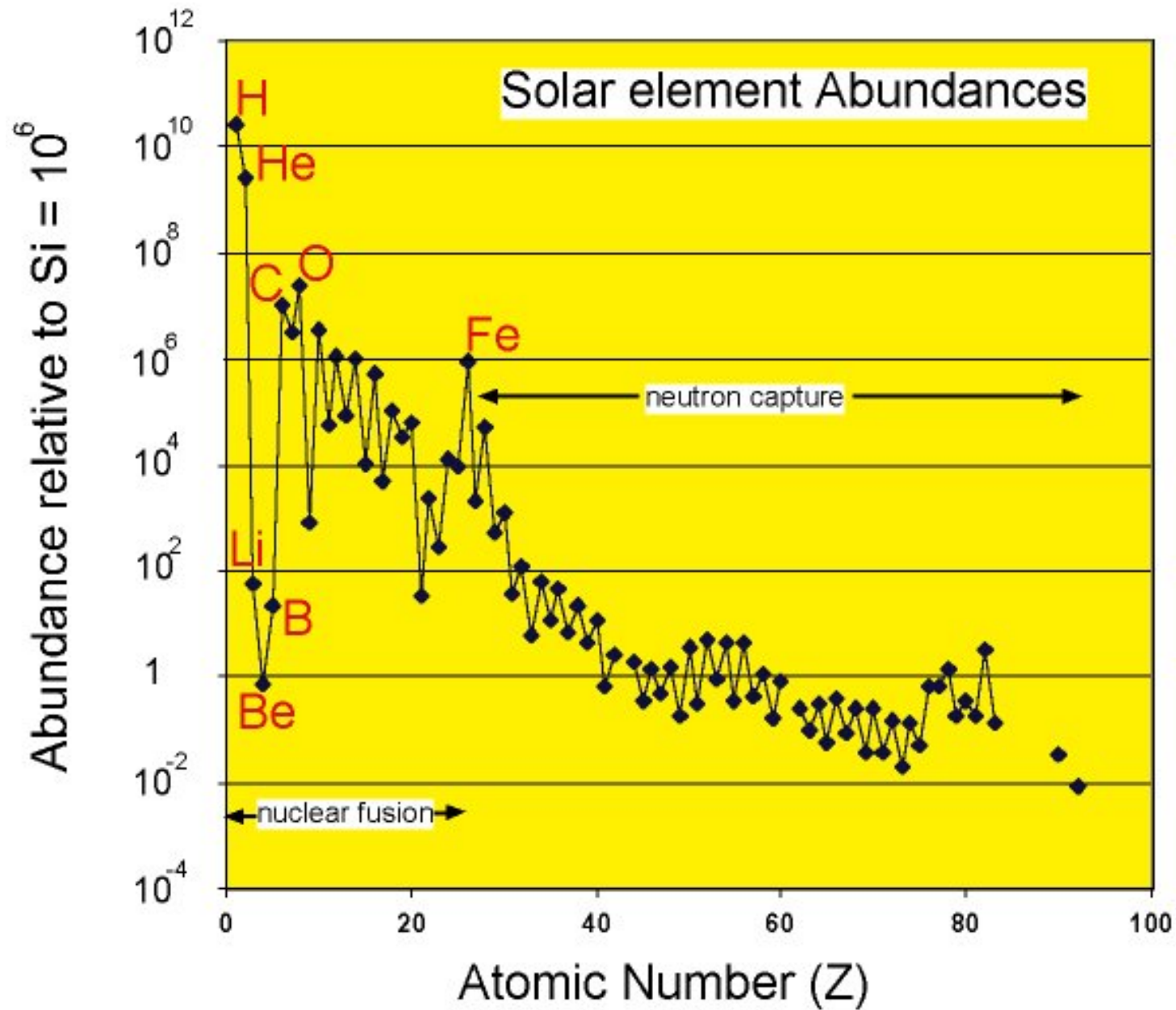
ciclo pp



ciclo triple alfa



# Abundancia actual de los elementos químicos



# ¿Tierra plana o esférica?

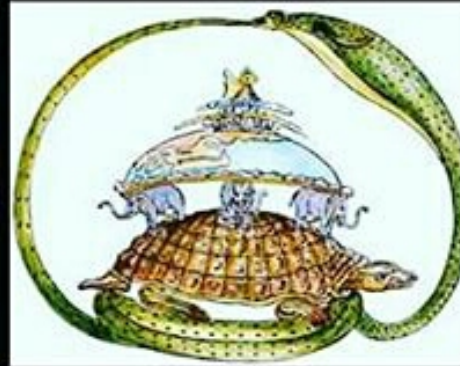
Las primeras civilizaciones aceptaban una Tierra plana.



Egyptian



Norse



Hindu



Mayan



Inca



Navajo



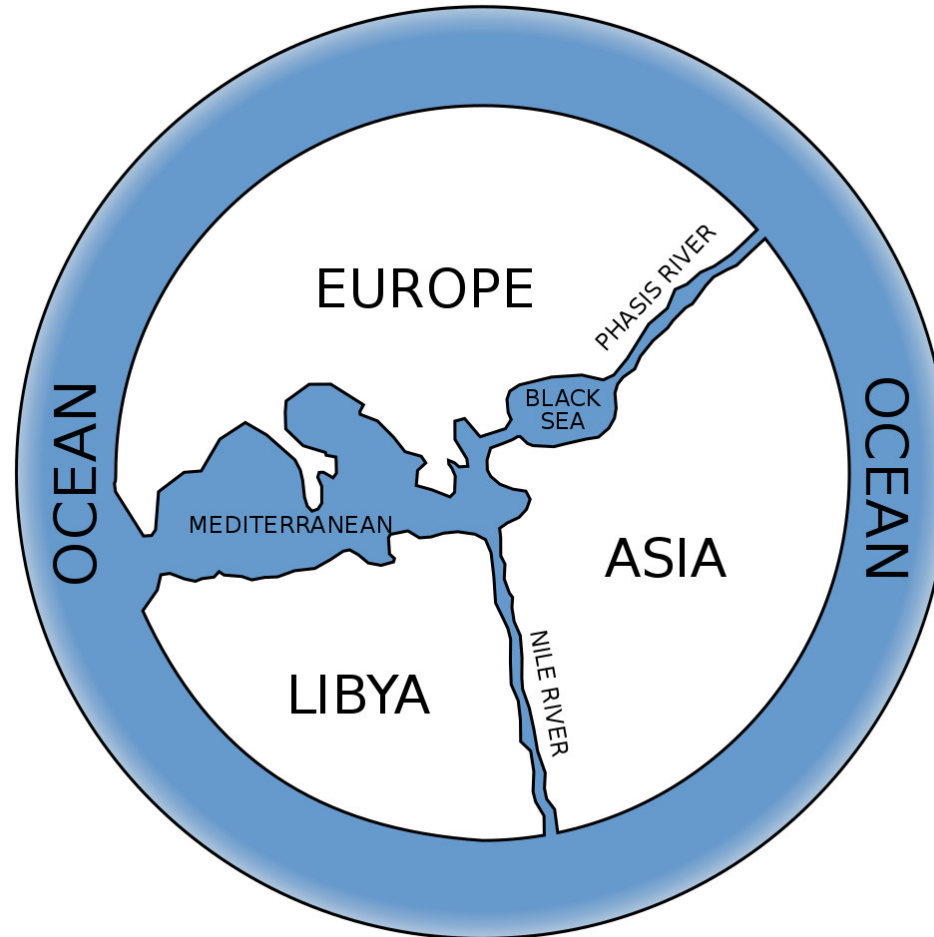
Hebrew



NASA

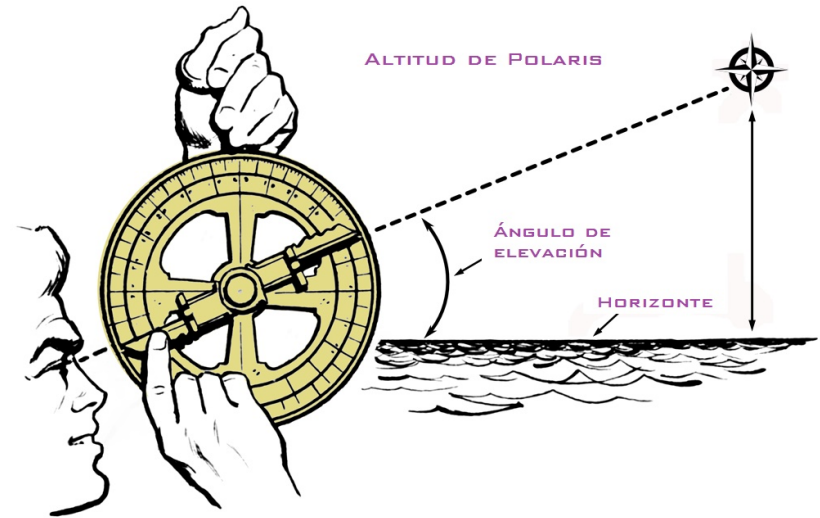
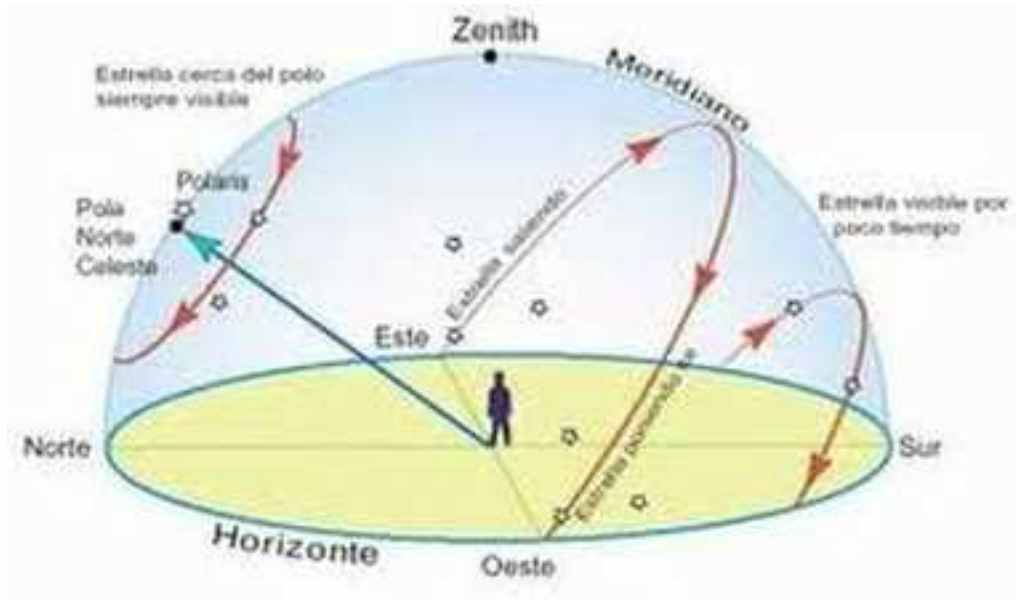
## De la Tierra plana a esférica

Los primeros griegos creían en una Tierra plana, generalmente un disco flotando en un océano.



Esquema de la Tierra según Anaximandro (ca. 550 AC)

# Pruebas de la esfericidad de la Tierra



Los griegos comenzaron a acumular evidencias de que la Tierra no podía ser plana:

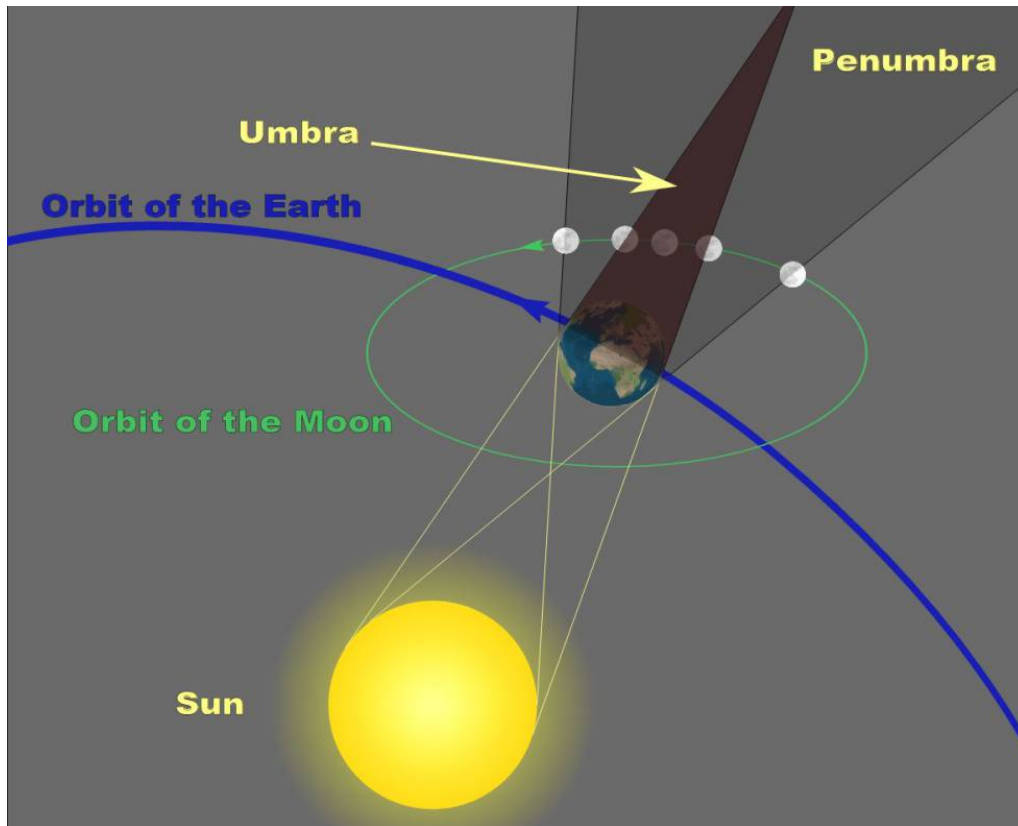
- 1) Los viajeros no veían las mismas estrellas desde diferentes lugares geográficos, o una misma estrella la veían a distintas alturas. La estrella polar jugó un papel muy importante por estar prácticamente fija en el cielo.

## Observational evidence for a Spherical Earth

The "sinking" appearance of a departing ship relative to the observer's horizon.

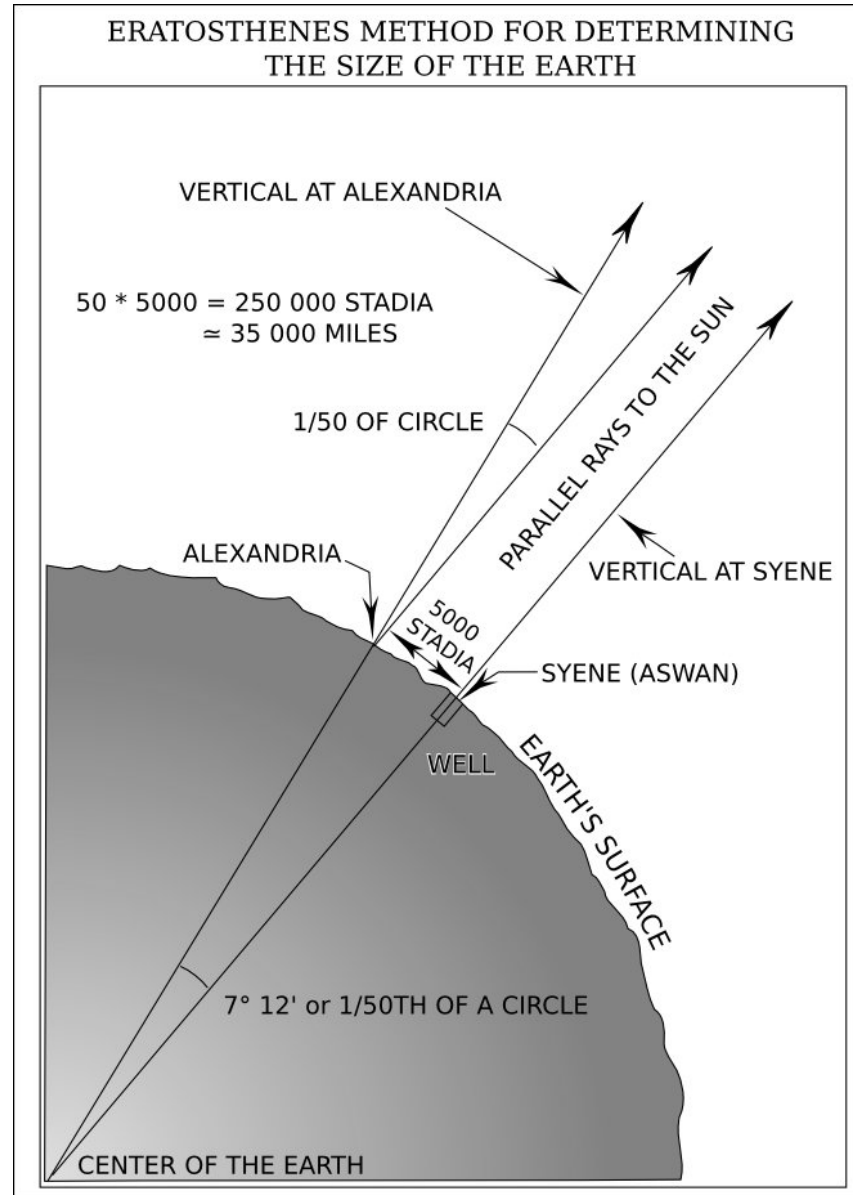


2) La observación común en el mar de que el casco del barco desaparece primero que los mástiles.



3) en los eclipses de Luna el cono de sombra proyectado por la Tierra era circular, eso sólo podía ocurrir con una Tierra esférica.

# La Tierra: Forma y tamaño - Método de Eratóstenes



# La antigüedad de la Tierra (y del universo)

- \* **Hasta siglo XVII:** Edad  $\sim$  6000 años basada en la Biblia.
- \* **Siglo XVIII - Principios del siglo XIX:** Formación de nuevos estratos en el terreno por erosión y sedimentación. Si las tasas de erosión y sedimentación se mantenían más o menos constante a través del tiempo, se requerían millones de años para formar nuevas capas geológicas (James Hutton (1726-1797), Charles Lyell (1797-1875)).
- \* **1862 William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907):** estimó la edad de la Tierra entre 20-100 millones de años, asumiendo que se enfrió desde un estado inicial incandescente de material fundido.
- \* **Fines siglo XIX:** George H. Darwin propuso que la Luna se formó a partir de un desprendimiento de la Tierra y se fue separando en su órbita por efecto de mareas. Calculó que se necesitarían 56 millones de años para que la Luna llegara a su distancia actual.
- \* **1899-1900 John Joly:** estimó la antigüedad en 80-100 millones de años a partir de la salinización de los océanos por procesos erosivos, de deposición y disolución.
- \* **Técnica moderna:** Datado radiométrico (Ernest Rutherford, Arthur Holmes)



# Datación Radiométrica: Fundamentos

\* Algunos isótopos son inestables y decaen en otros estables. Por ejemplo:  $^{238}\text{U} \Rightarrow ^{206}\text{Pb}$ ,  $^{235}\text{U} \Rightarrow ^{207}\text{Pb}$ ,  $^{232}\text{Th} \Rightarrow ^{208}\text{Pb}$ ,  $^{87}\text{Rb} \Rightarrow ^{87}\text{Sr}$ ,  $^{40}\text{K} \Rightarrow ^{40}\text{Ar}$  &  $^{40}\text{Ca}$  con vidas medias desde millones a miles de millones de años.

La tasa de decaimiento es:

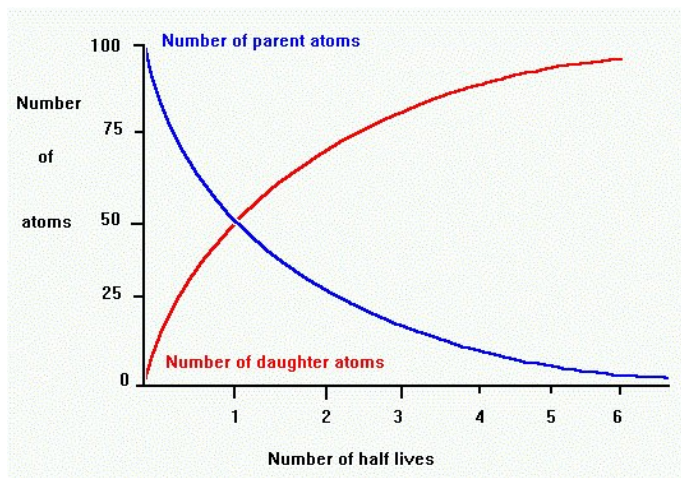
$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

donde  $\lambda$  es la constante de decaimiento.  
Esta igualdad se satisface con la función:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Si hacemos  $N = N_0/2$  y sustituimos en la ecuación anterior, obtenemos la *vida media* del radioisótopo:

$$\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$





El método radiométrico aplicado a las rocas más antiguas que disponemos (meteoritos) muestra que la antigüedad de la Tierra es de unos 4600 millones de años. La Tierra y el resto de los planetas se formaron en una nube de gas y polvo (disco protoplanetario) que rodeaba al proto-Sol. La Tierra primitiva era muy distinta de la actual.

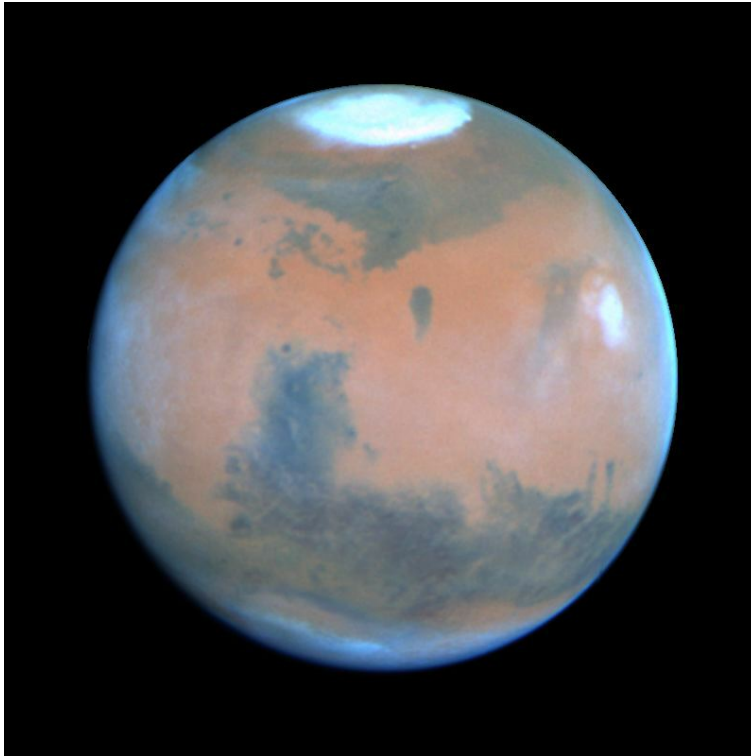
# El origen y la evolución de la vida en la Tierra



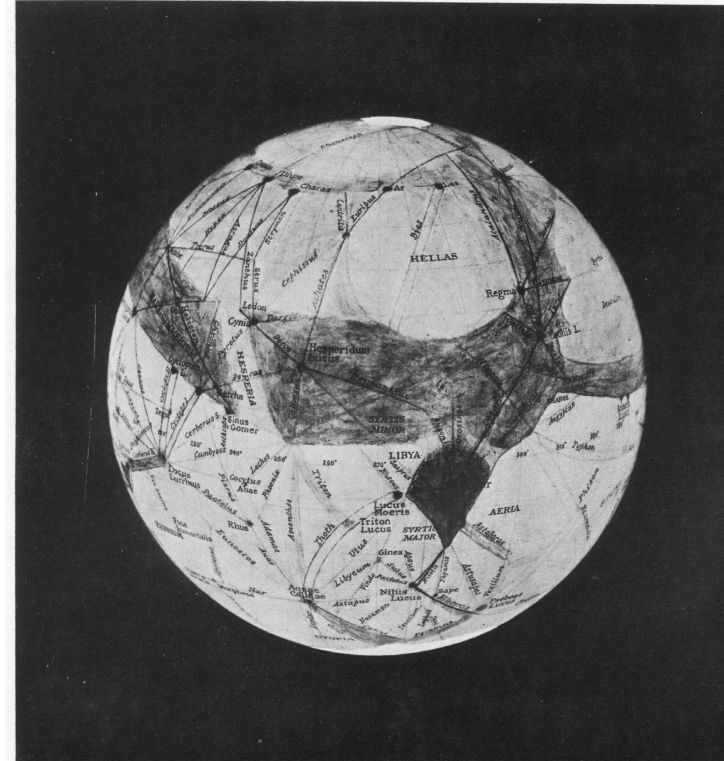
El desarrollo de la vida en la Tierra desde su origen hace unos 3500-3800 millones de años estuvo pautada por una serie de extinciones masivas. Alguna de estas pudo tener una causa extraterrestre (impacto de un cometa o un asteroide).

# Vida en el universo: ficción y realidad

\* Un capítulo importante dentro de las CTE es el origen, desarrollo y ubicuidad de la vida en el universo. Esto ha dado origen a una nueva disciplina interdisciplinaria denominada *exobiología*, *bioastronomía*, o *astrobiología*.

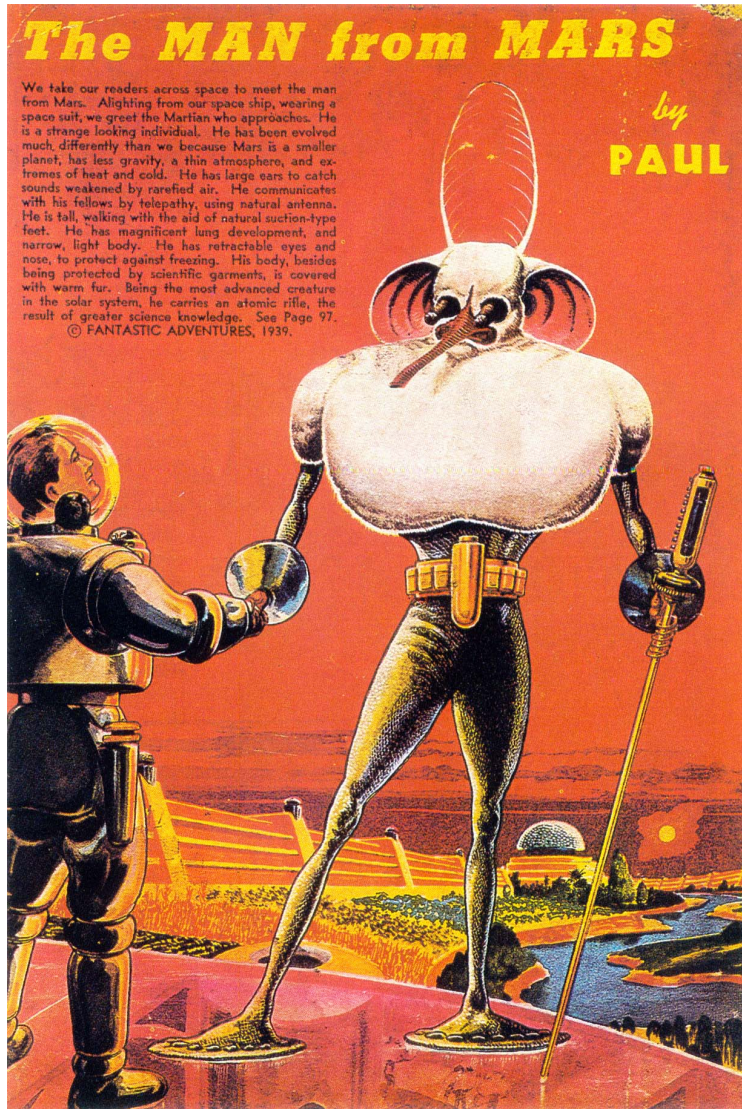


Marte visto desde la Tierra



Dibujo de Marte con los supuestos “canales” según la interpretación de Percival Lowell

# Vida extraterrestre en la literatura



Desde hace siglos el tema de la vida extraterrestre ha estado en la literatura, desde el famoso ensayo “Conversaciones sobre la pluralidad de los mundos” de Fontenelle (1687).