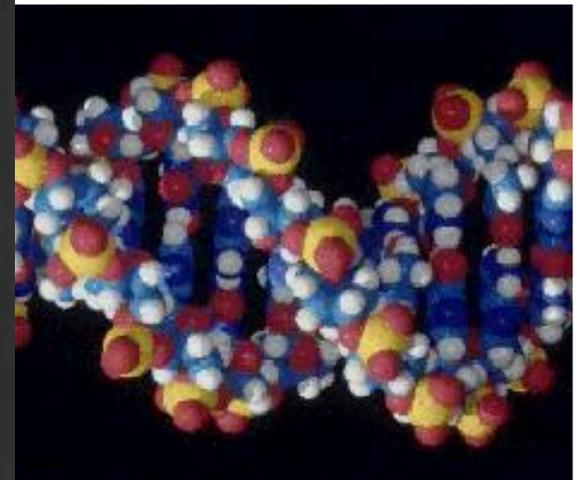


# Curso Básico de Astronomía

Área de Astronomía del  
Centro de Investigación en Física  
Universidad de Sonora



## Vida en el Universo



# Las preguntas son:

- ¿Que condiciones son necesarias para que surja la vida?
- ¿Dónde se dan tales condiciones?

## Definición

Se considera como “vivo” a un sistema químico basado en compuestos orgánicos (compuestos de carbón) capaz de tomar materiales simples de su medio ambiente y utilizarlos para crecer, obtener energía y reproducirse creando descendientes sometidos a un proceso de evolución por *Selección Natural* (Darwiniana). Y que finalmente muere (deja de funcionar)

Los primeros sistemas que cumplían con esta definición fueron proteínas antecesoras del RNA.

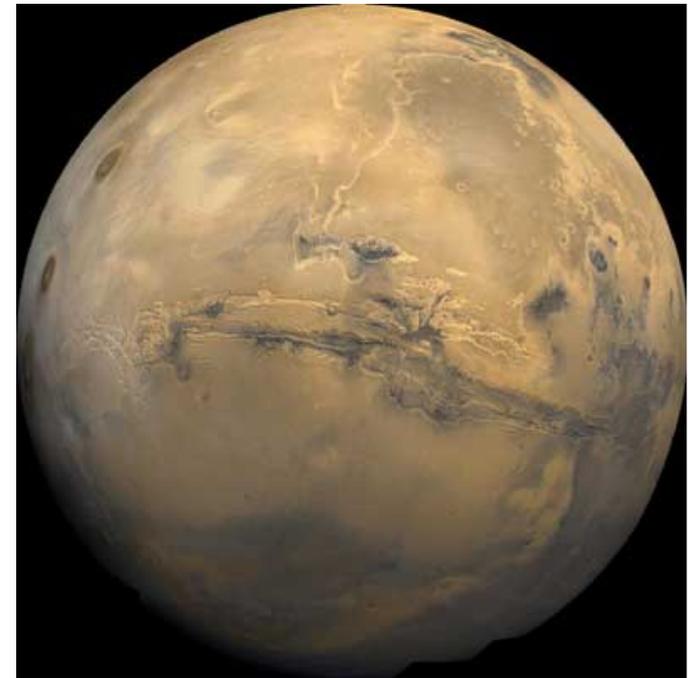
# ¿Qué se necesita?

Las condiciones para que surja la vida son las condiciones para que se formen *moléculas orgánicas* suficientemente complejas como para poder reproducirse e iniciar el proceso de *selección natural*.

Para esto necesitamos las siguientes condiciones ambientales:

1. Materiales orgánicos simples en abundancia.
2. Un lugar estable y grande donde se realicen experimentos naturales.
3. Energía del medio ambiente para producir reacciones químicas.
4. Un medio para que se diluyan los materiales básicos sin ser destruidos.
5. Protección contra cambios bruscos en las condiciones ambientales.

Astronómicamente estas condiciones implican un planeta con superficie sólida, abundante agua que se mantenga en estado líquido y que este orbitando una estrella que sea longeva y de alta *metalicidad*. Esto implica que estaríamos hablando de un planeta como la Tierra o Marte.

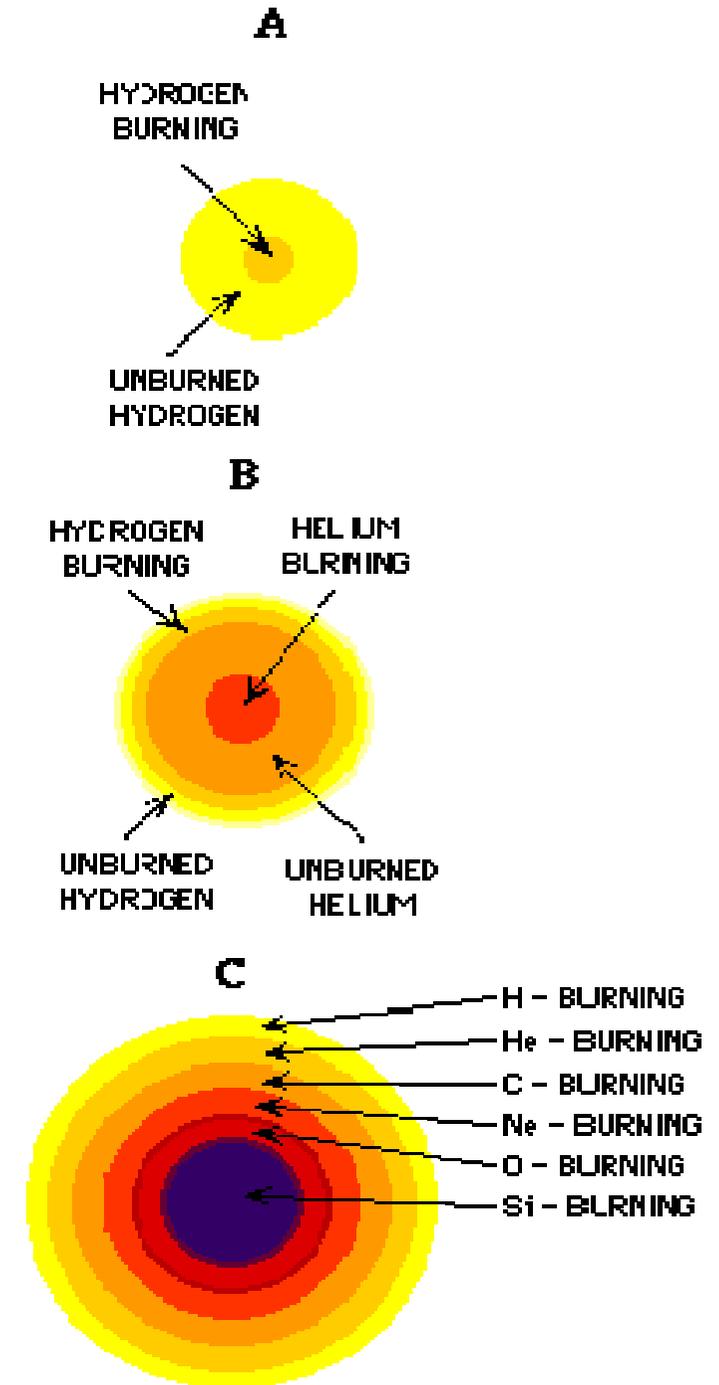


Los materiales mas básicos se forman dentro de las estrellas.

Estos son expulsados al morir la estrella.

Estos elementos son:

C, O, N, Fe y otros de menor importancia.



Después de ser creados en las estrellas, estos elementos se combinan en nubes moleculares, donde forman moléculas simples.

Algunas moléculas encontradas en nubes moleculares son:

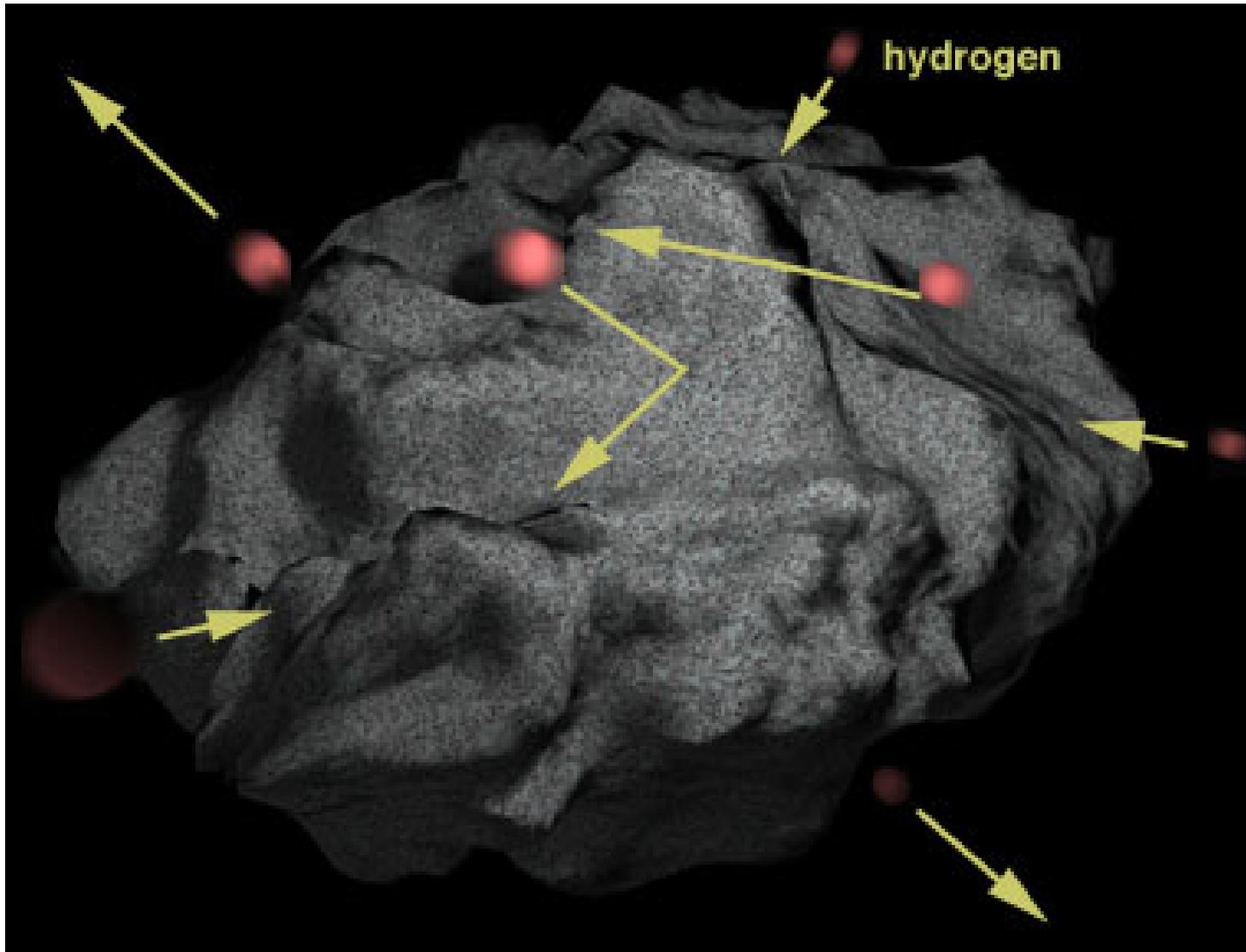
H <sub>2</sub>	hidrógeno molecular
PN	nitruro de fósforo
OH	radical oxidrilo
CS	monosulfuro de carbono
CH	radical metilidino
SiS	silicon sulfide
CH <sup>+</sup>	cación metilidino
NS	nitrogen sulfide
C <sub>2</sub>	carbon dimer
CSi	

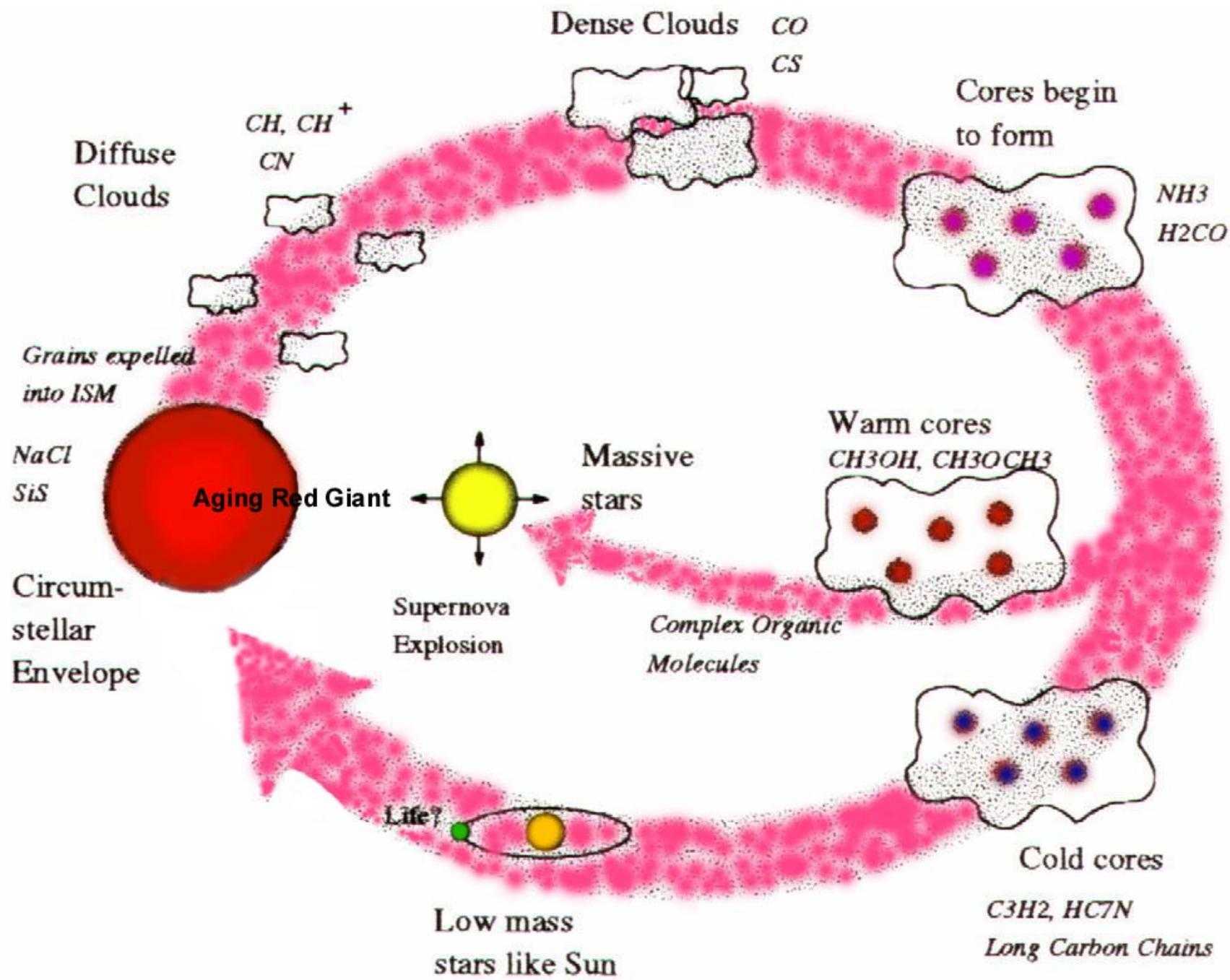
CO carbon monoxide  
CP  
CO<sup>+</sup> carbon monoxide cation  
HF hydrogen fluoride  
SiO silicon monoxide  
Hcl hydrogen chloride  
SO sulfur monoxide  
NH  
SO<sup>+</sup> sulfur monoxide cation  
NaCl sodium chloride  
NO nitric oxide  
Kcl potassium chloride  
PO phosphorus monoxide  
AlF  
CN cyanogen radical  
AlCl  
SiN silicon nitride

¡Estas moléculas son las mas  
simples de una lista que pasa de  
100!

¡Se han llegado a detectar  
bencenos, azúcares y alcoholes!!

# Formación de moléculas en el MIE

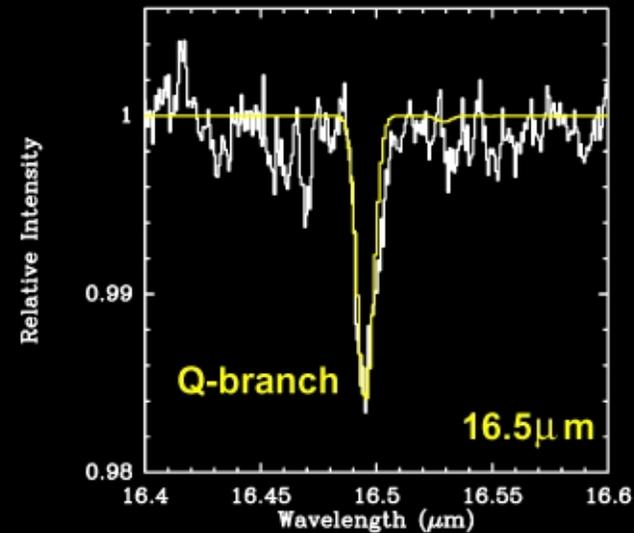
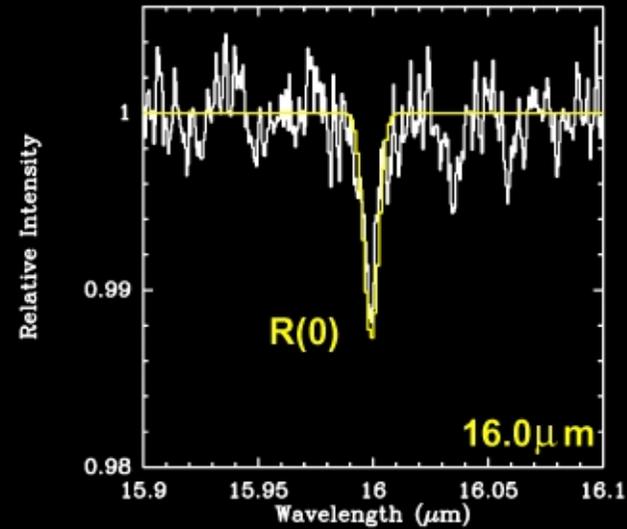
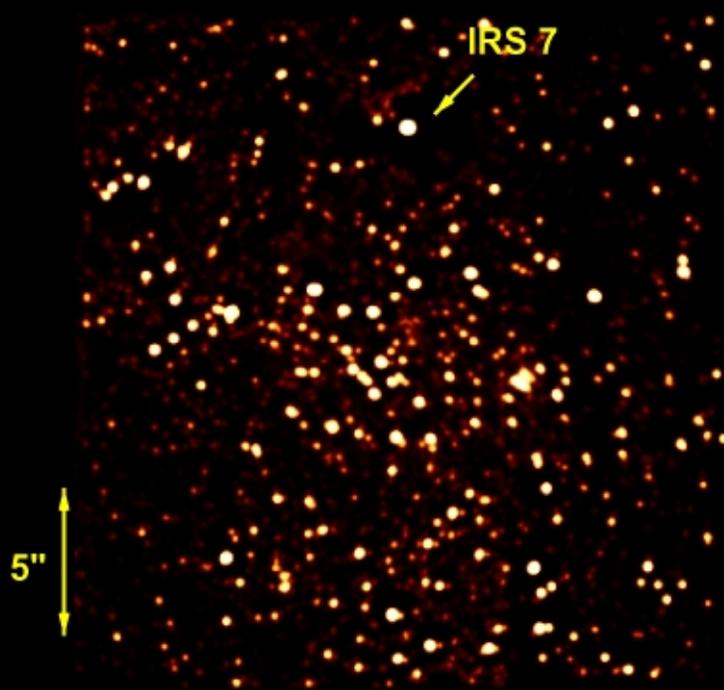




# ISO-SWS Detection of Interstellar CH<sub>3</sub>



Galactic Center 2  $\mu\text{m}$



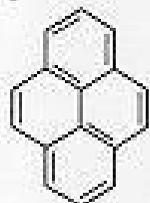
Feuchtgruber, Helmich, van Dishoeck & Wright 2000

Ratio  $\rightarrow T_{\text{ex}} = 17 \text{ K}$

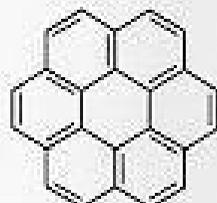
# PAH Structures

## Pericondensed

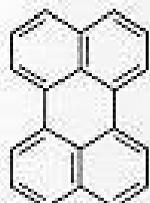
(More than one internal Carbon node)



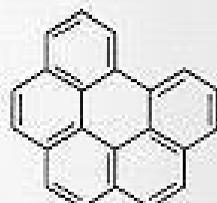
Pyrene  
 $C_{16}H_{10}$



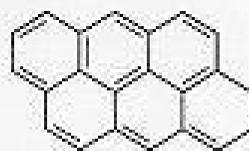
Coronene  
 $C_{24}H_{12}$



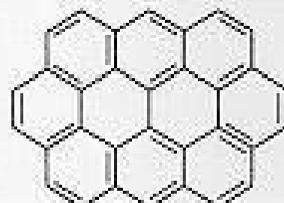
Perylene  
 $C_{20}H_{12}$



Benzo[ghi]perylene  
 $C_{22}H_{12}$



Antanthrene  
 $C_{22}H_{12}$



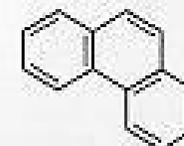
Ovalene  
 $C_{32}H_{14}$

## Catacondensed

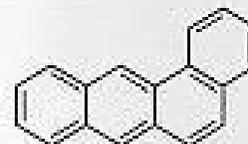
(No internal Carbon vertices)



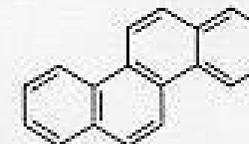
Naphthalene  
 $C_{10}H_8$



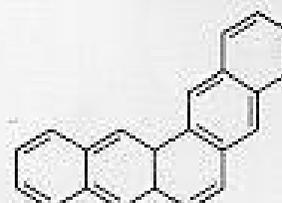
Phenanthrene  
 $C_{14}H_{10}$



Tetraphene  
 $C_{18}H_{12}$



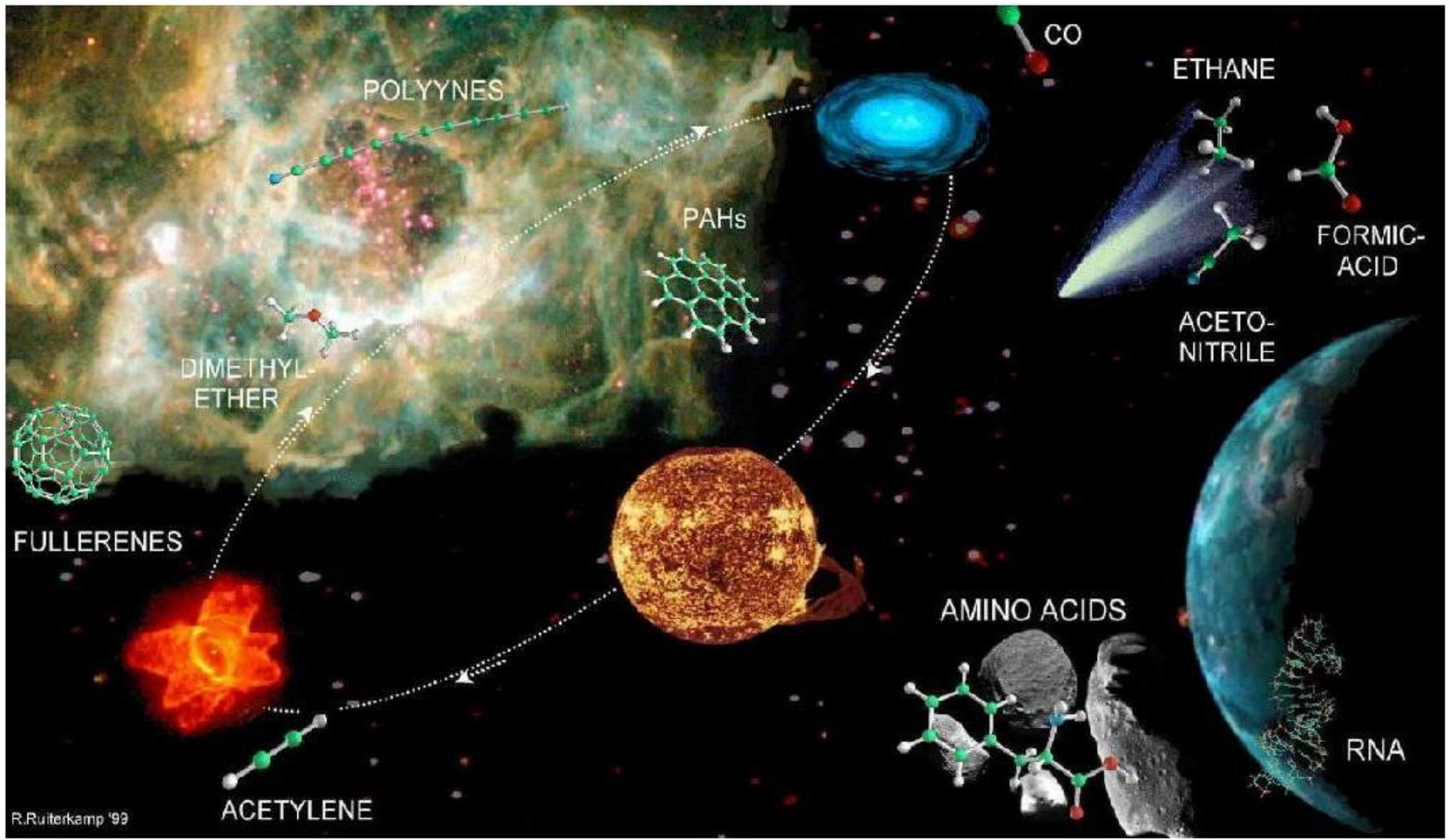
Chrysene  
 $C_{18}H_{12}$



Pentaphene  
 $C_{22}H_{14}$

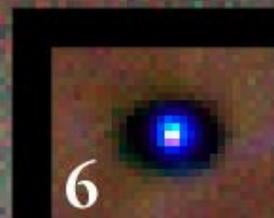
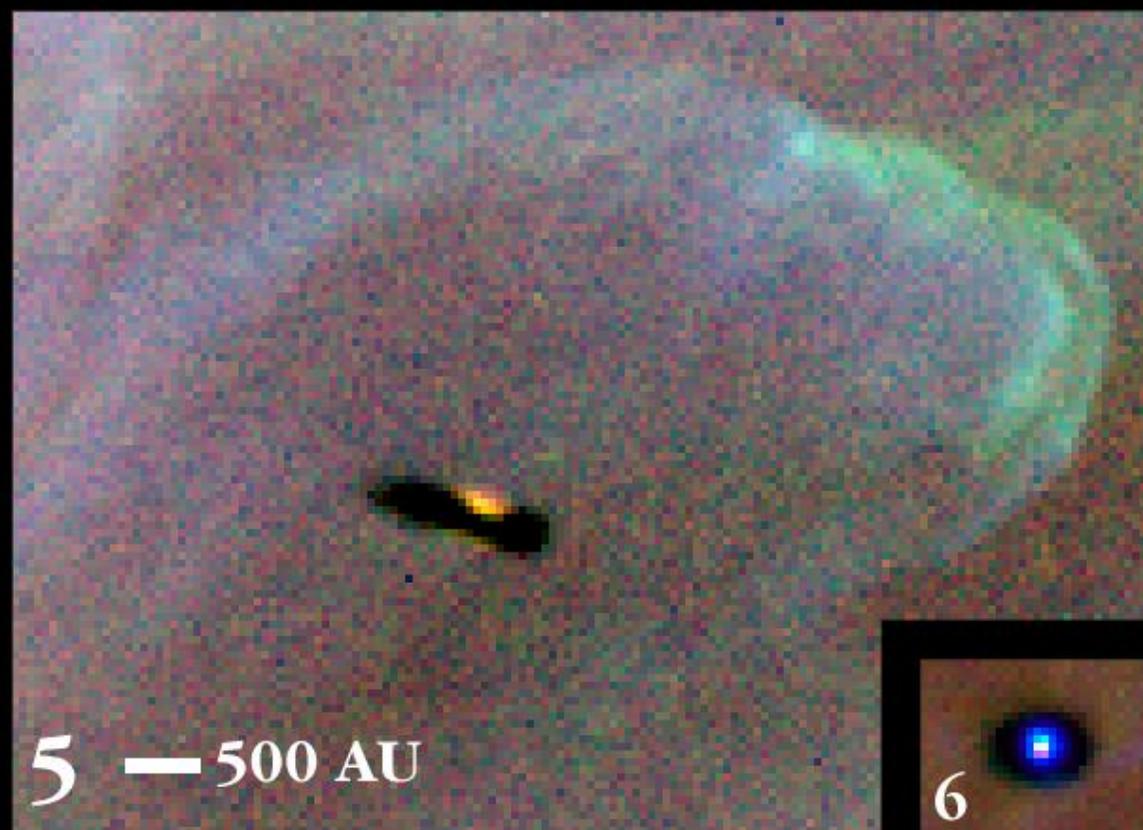
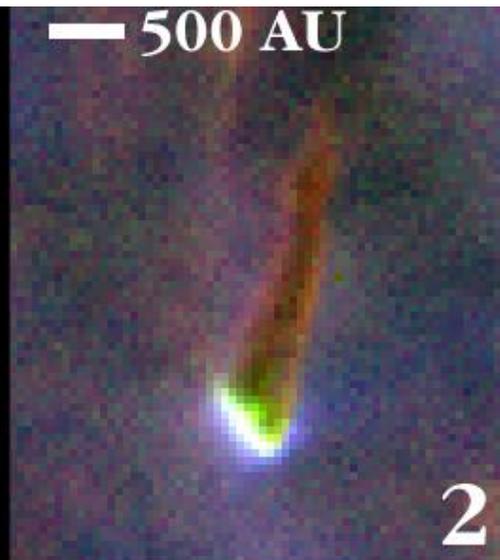
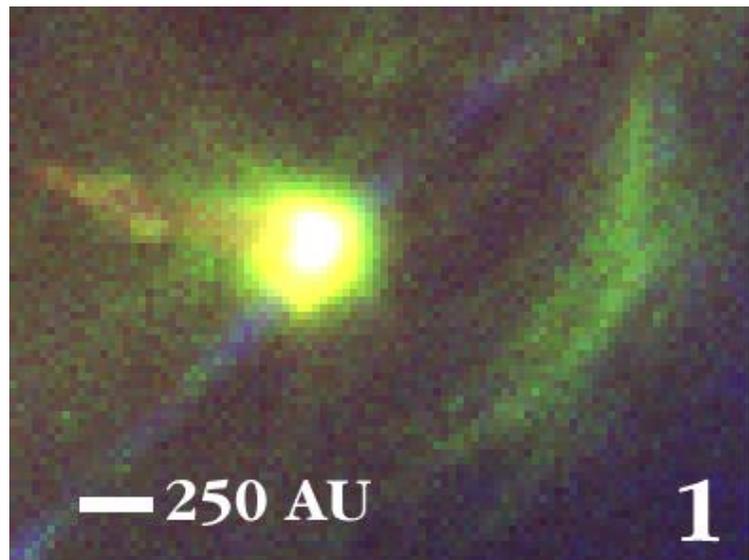


Pentacene  
 $C_{22}H_{14}$





M42 (and M43) © Anglo-Australian Observatory Photo by David Malin

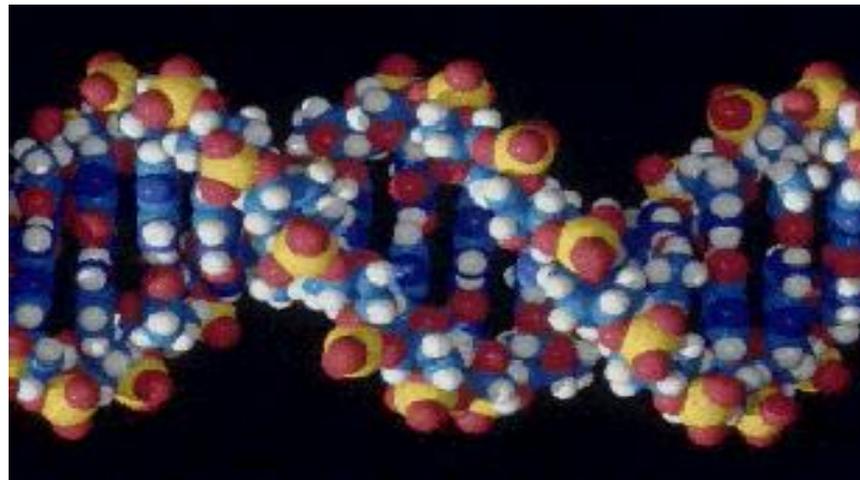


Después de formarse en la nube molecular, estas moléculas formaron cometas y otros cuerpos. Algunos de estos cometas chocaron contra la Tierra.



# El caso de La Tierra

Al formarse la Tierra estos materiales se mezclaron en el agua y por medio de reacciones químicas naturales se forman compuestos cada vez mas complejos. Eventualmente se llega al nivel de aminoácidos y proteínas.



# Experimento de Miller

## Ingredients in Miller's experiments



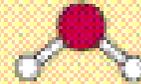
Hydrogen  
gas



Nitrogen  
gas



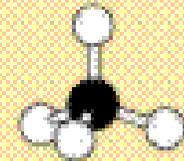
Carbon  
dioxide



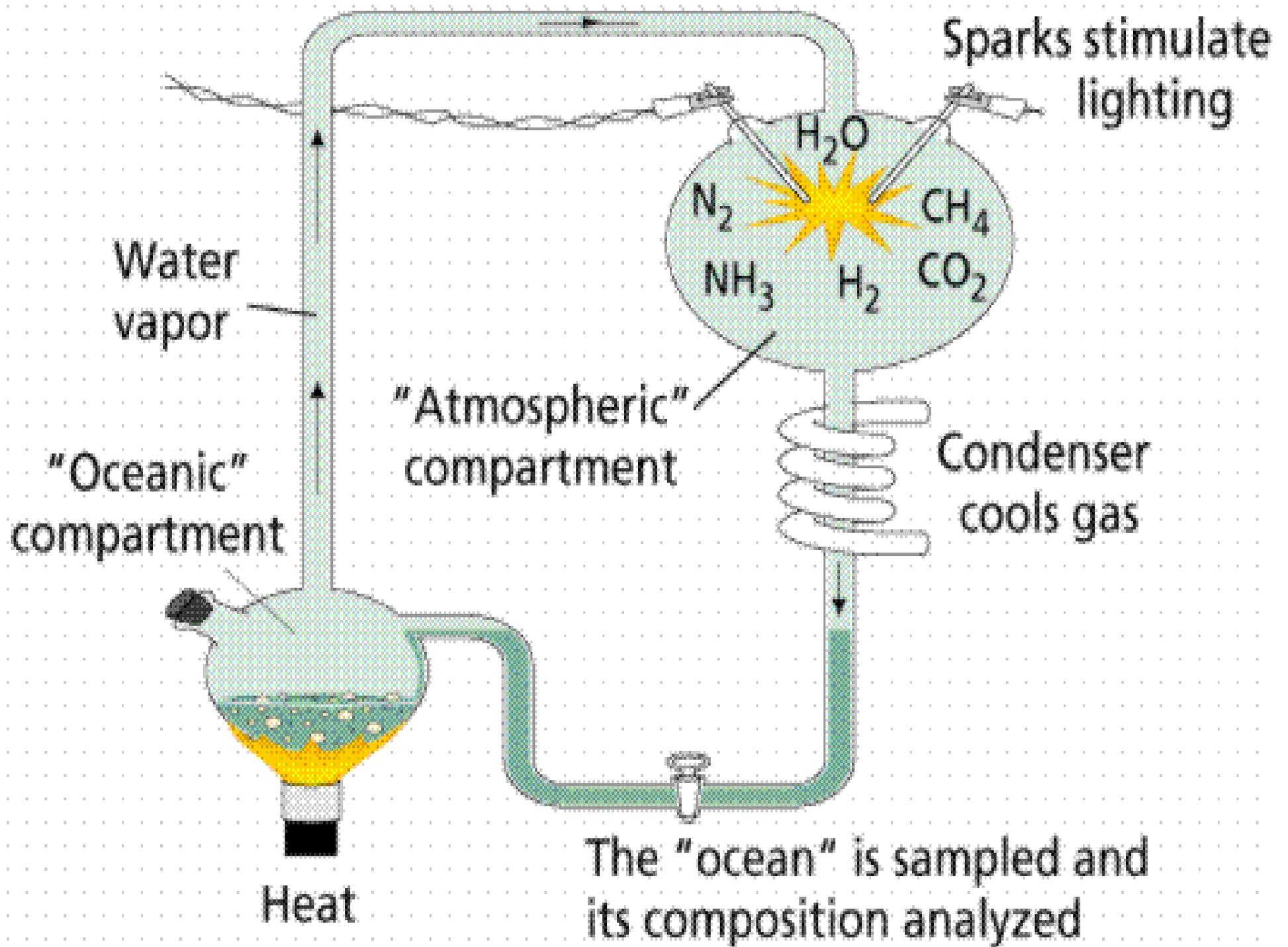
Water



Ammonia



Methane





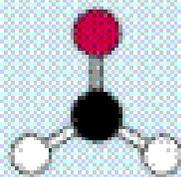
Hydrogen  
cyanide



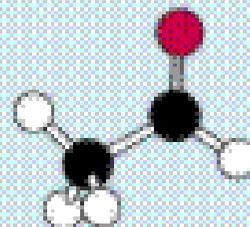
Cyanogen



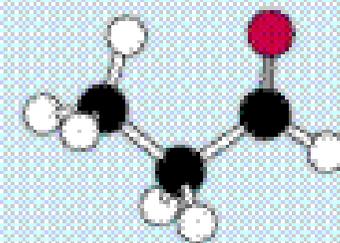
Cyanoacetylene



Formaldehyde



Acetaldehyde



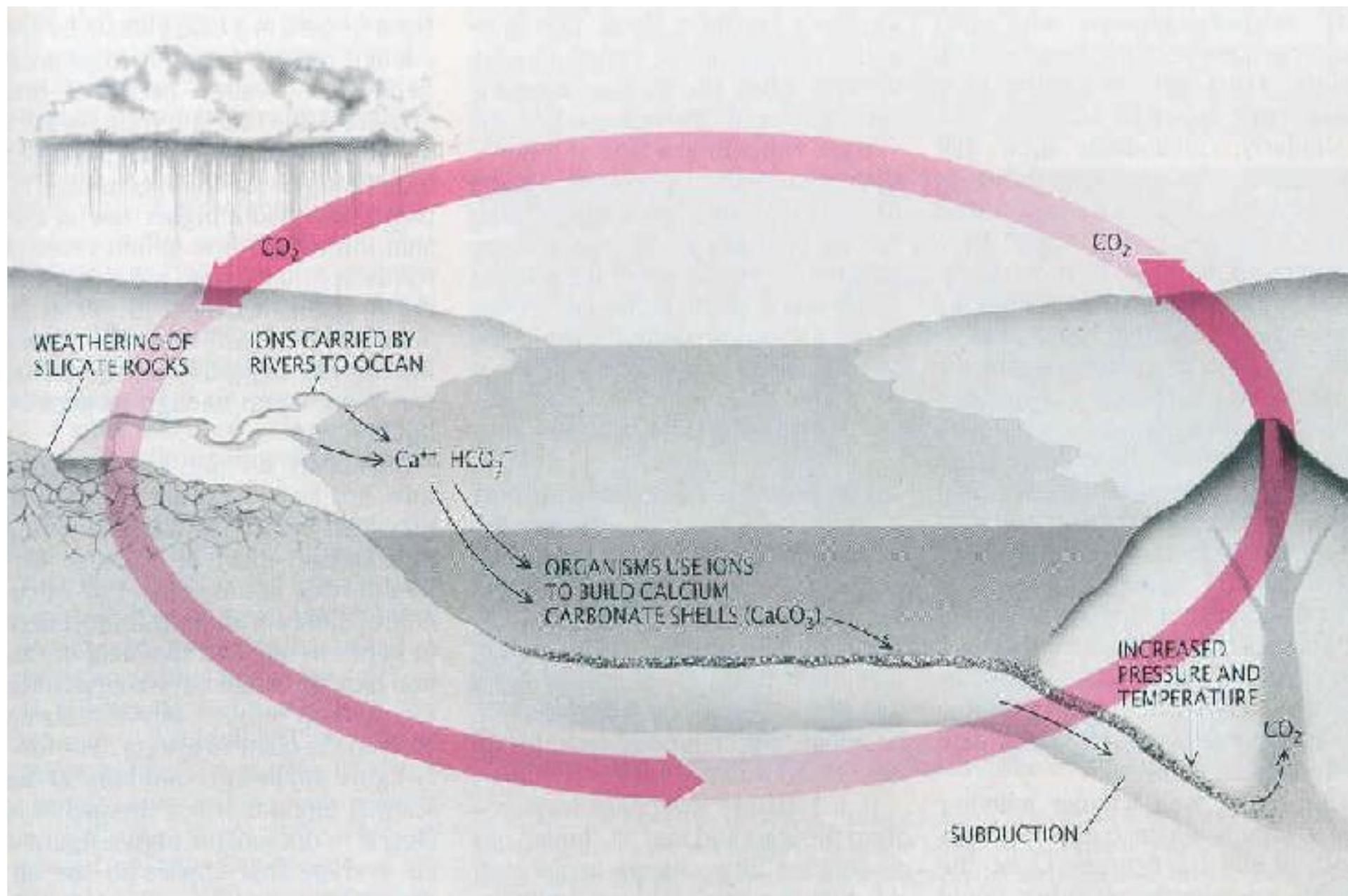
Propionaldehyde

Después de formarse las proteínas estas tenían que sobrevivir suficiente tiempo como para poder reproducirse. Las condiciones de La Tierra así lo permitieron.

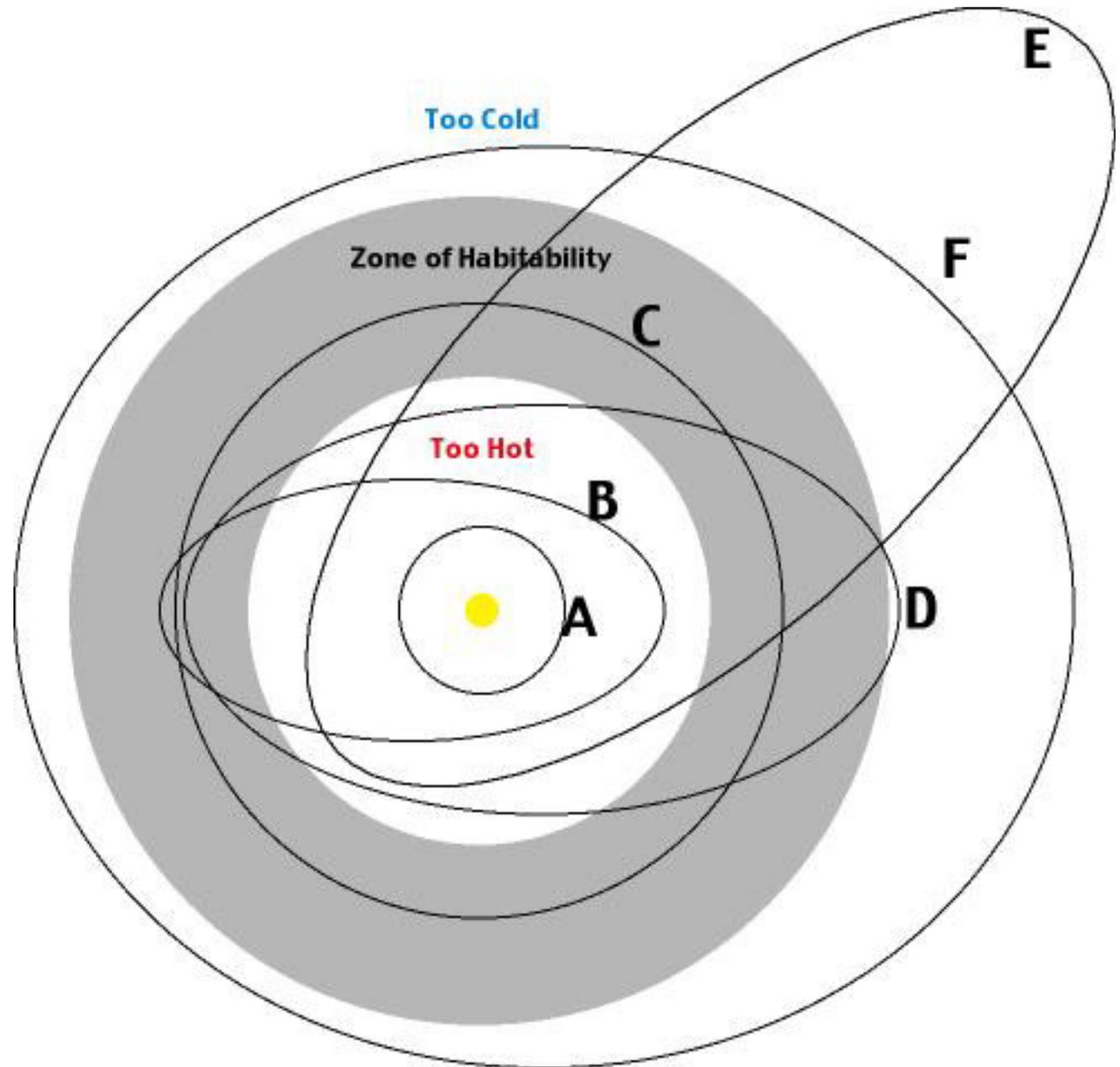
¿Cuáles eran estas condiciones?

- Presencia de océanos grandes
- Una órbita estable (temperatura estable)
- Abundante materia prima

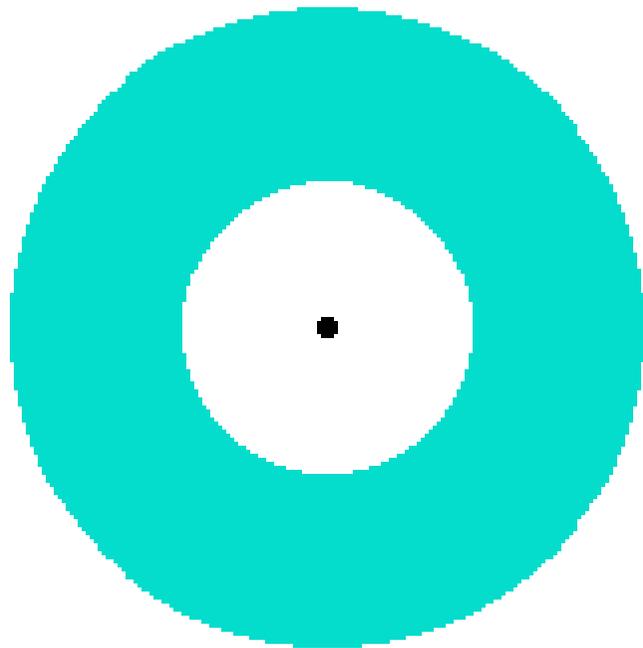
Un factor importante, fue la presencia de actividad volcánica, lo que promovió el ciclo del carbono. Este mantiene un nivel de CO<sub>2</sub> adecuado en la atmósfera funcionando como regulador de temperatura. Ocasionando que un planeta sea habitable más tiempo y en órbitas mas variadas.



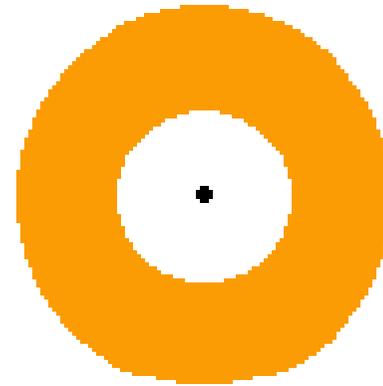
Aparte de las propiedades del planeta, este debe estar en la “Zona de Habitabilidad” de su estrella



# Diferentes “Ecosferas”



F-type star



G-type star



M-type Star

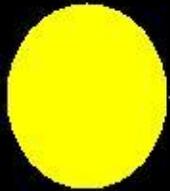
**Estrella de Barnard**

0.02 a 0.06 U.A



**Zonas de Habitabilidad**

**Sol**

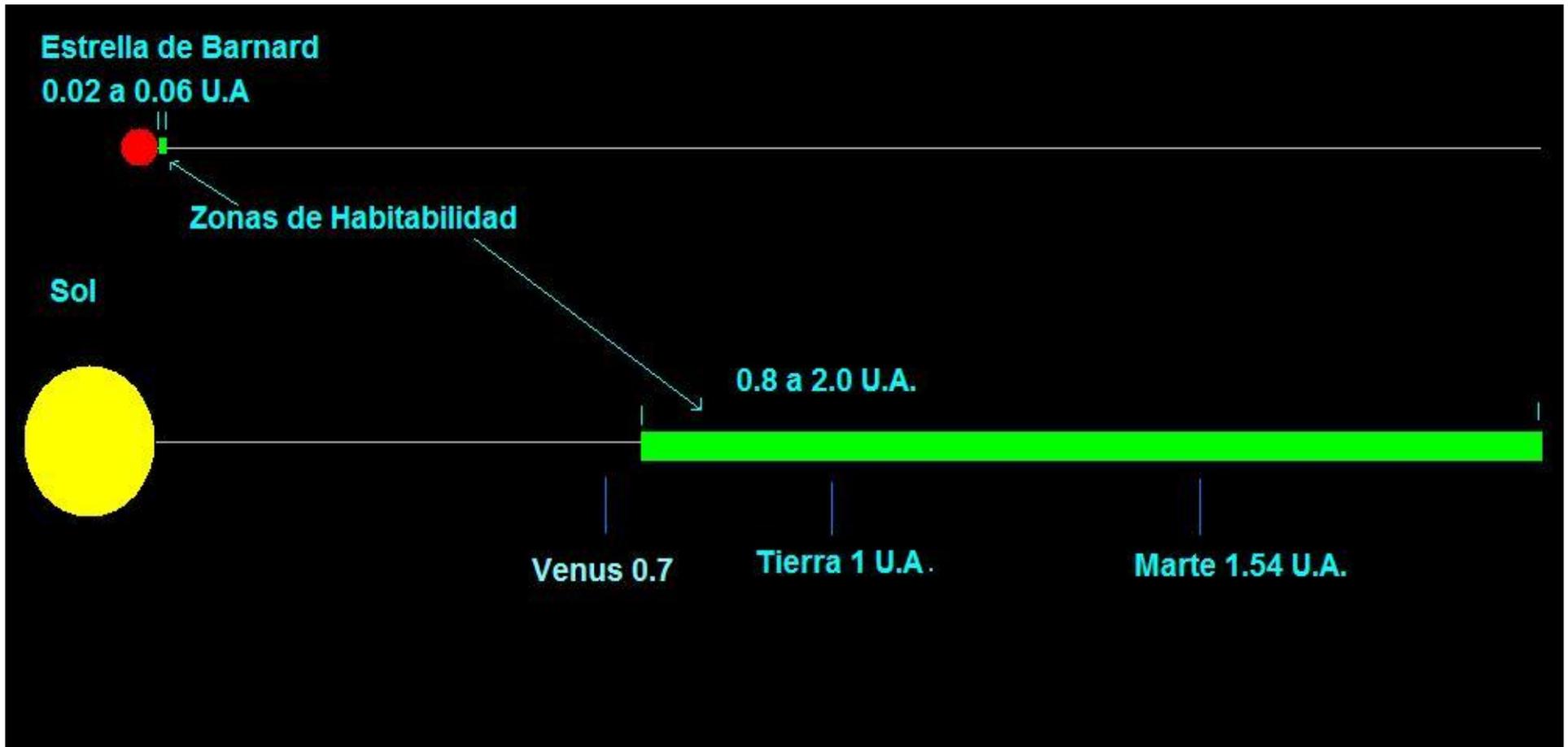


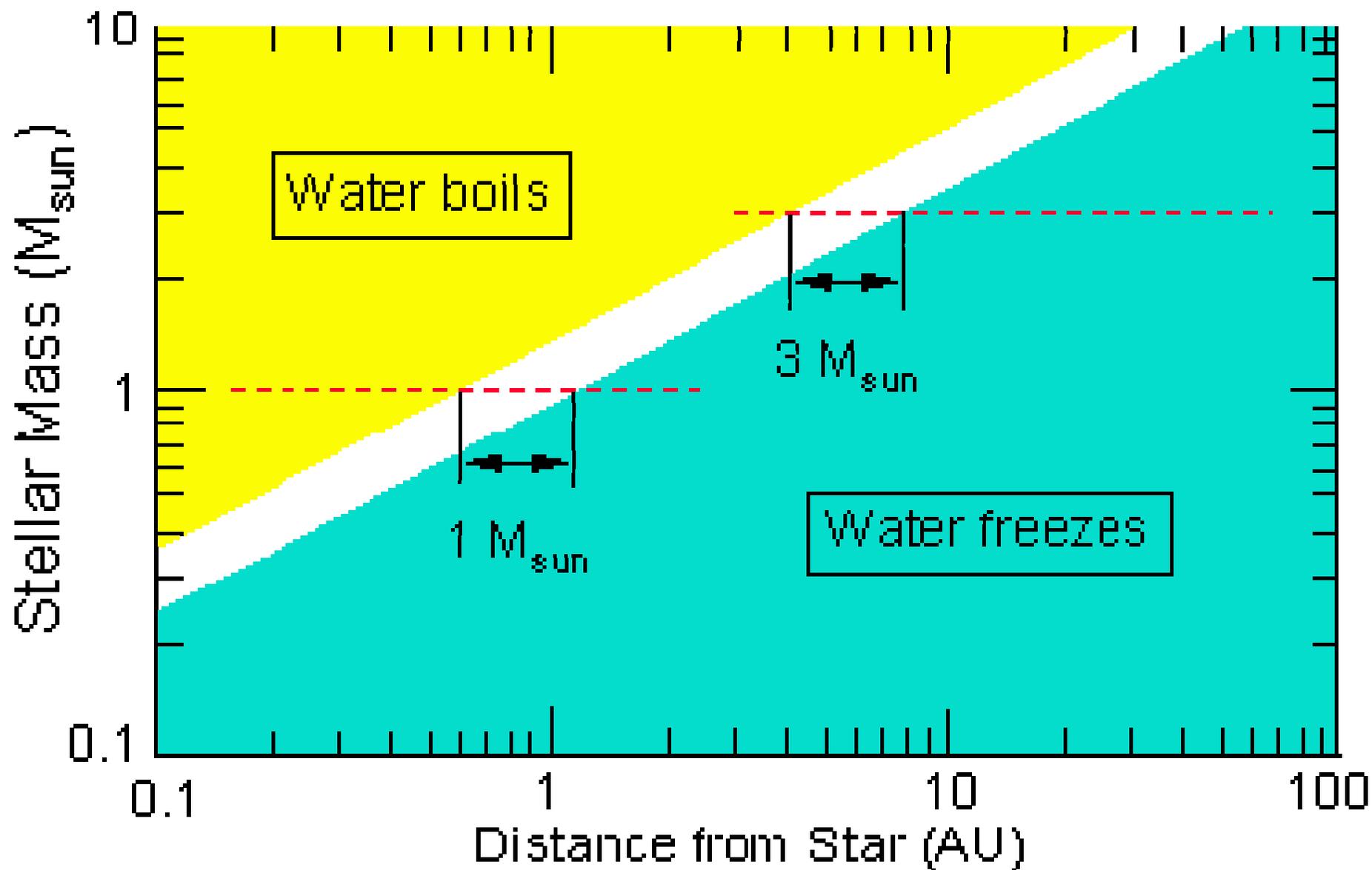
0.8 a 2.0 U.A.

Venus 0.7

Tierra 1 U.A.

Marte 1.54 U.A.



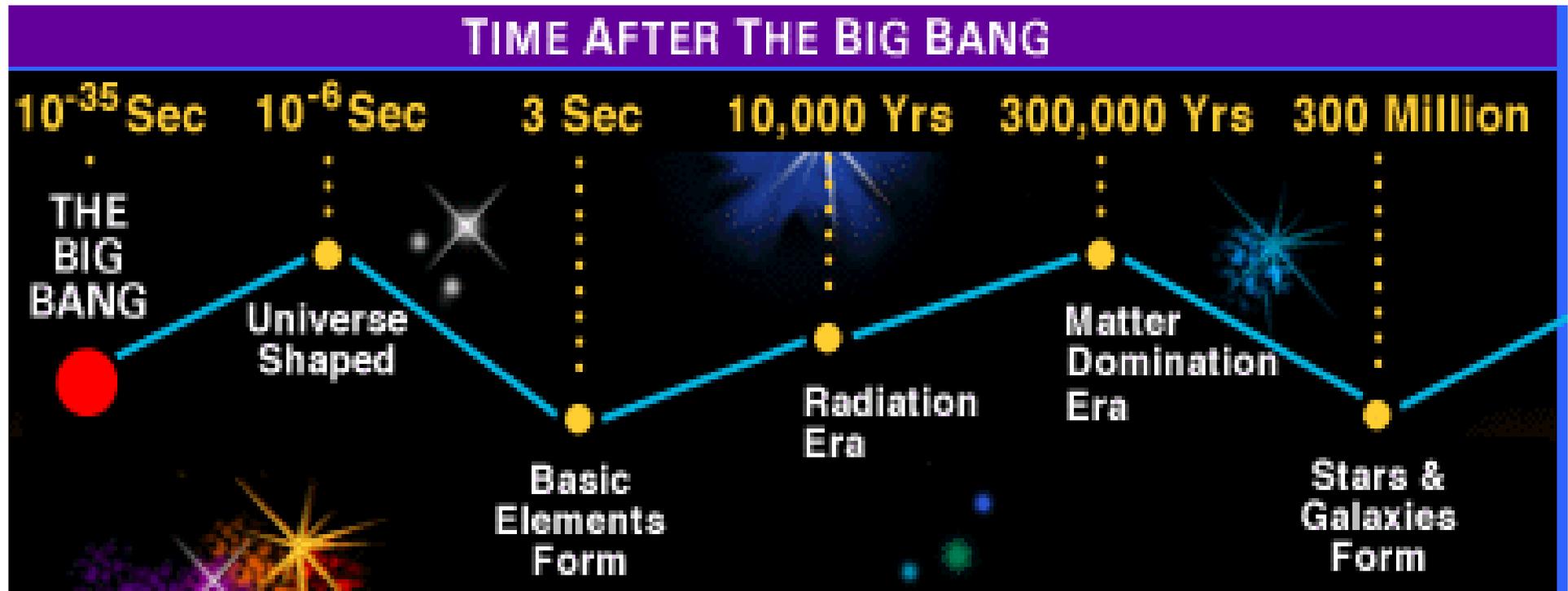


Existe también una Zona de Habitabilidad alrededor de la galaxia. Esta se debe a la metalicidad, niveles de radiación y población estelar.

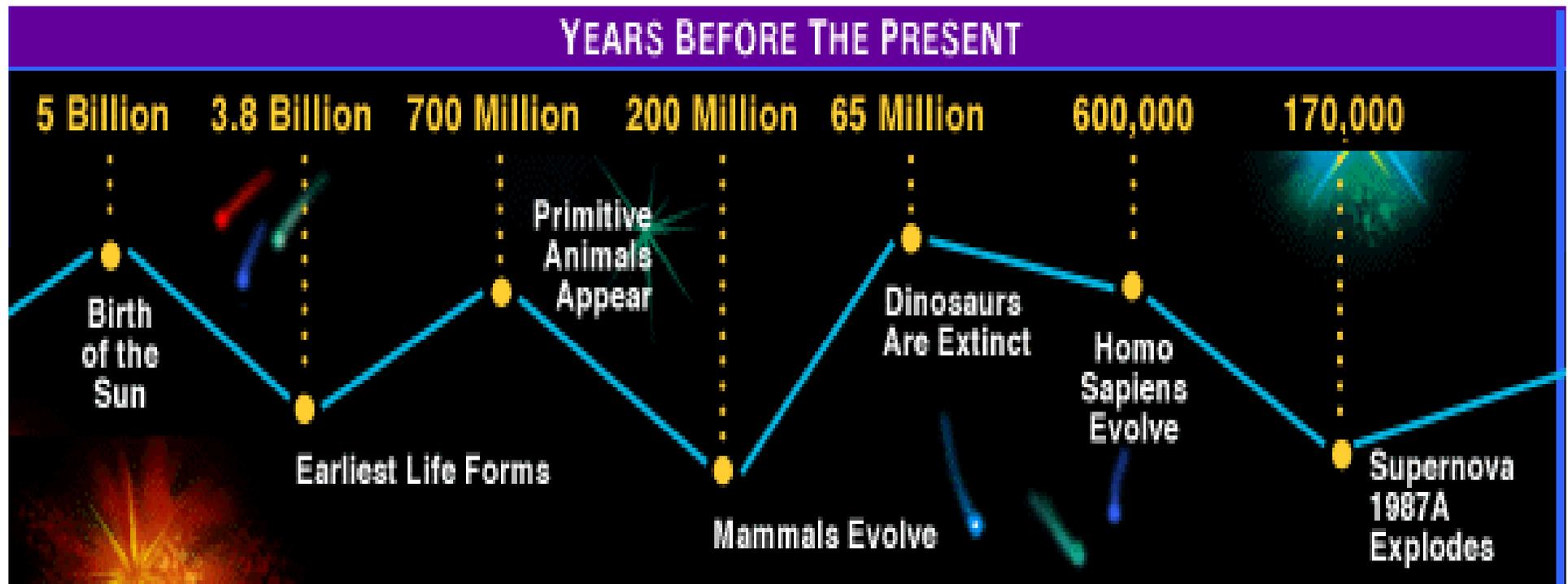


M100 © Anglo-Australian Observatory  
Photo by David Malin

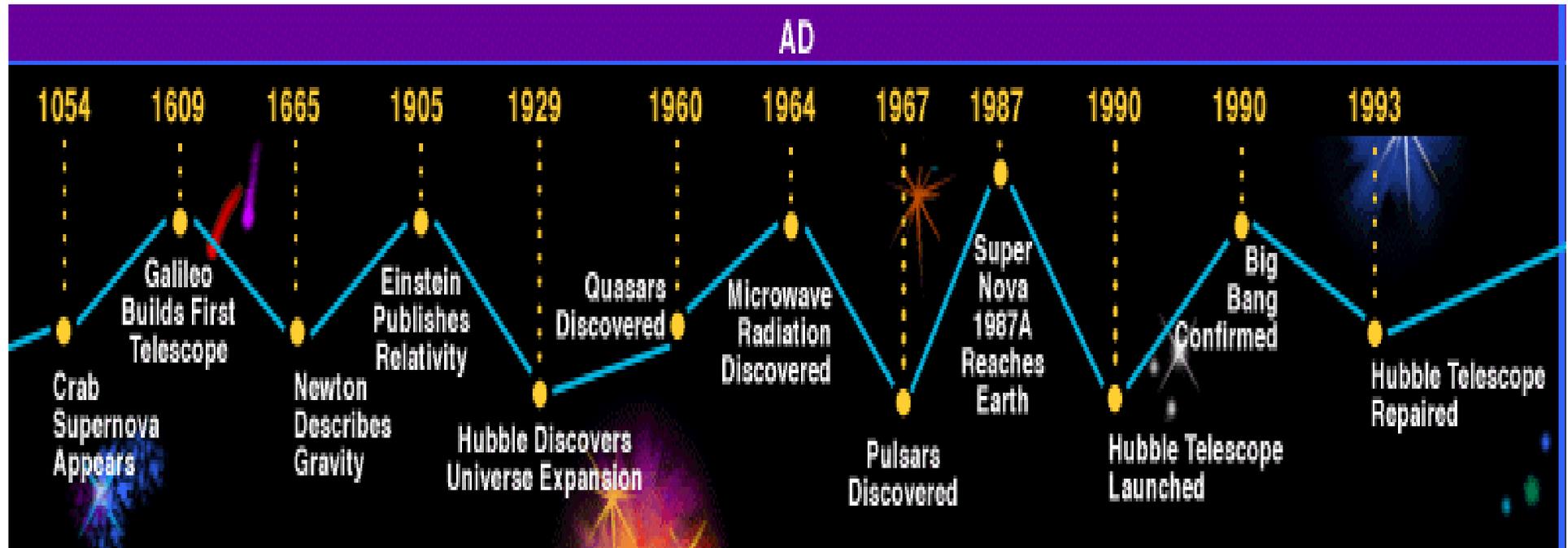
# Tiempo para la vida



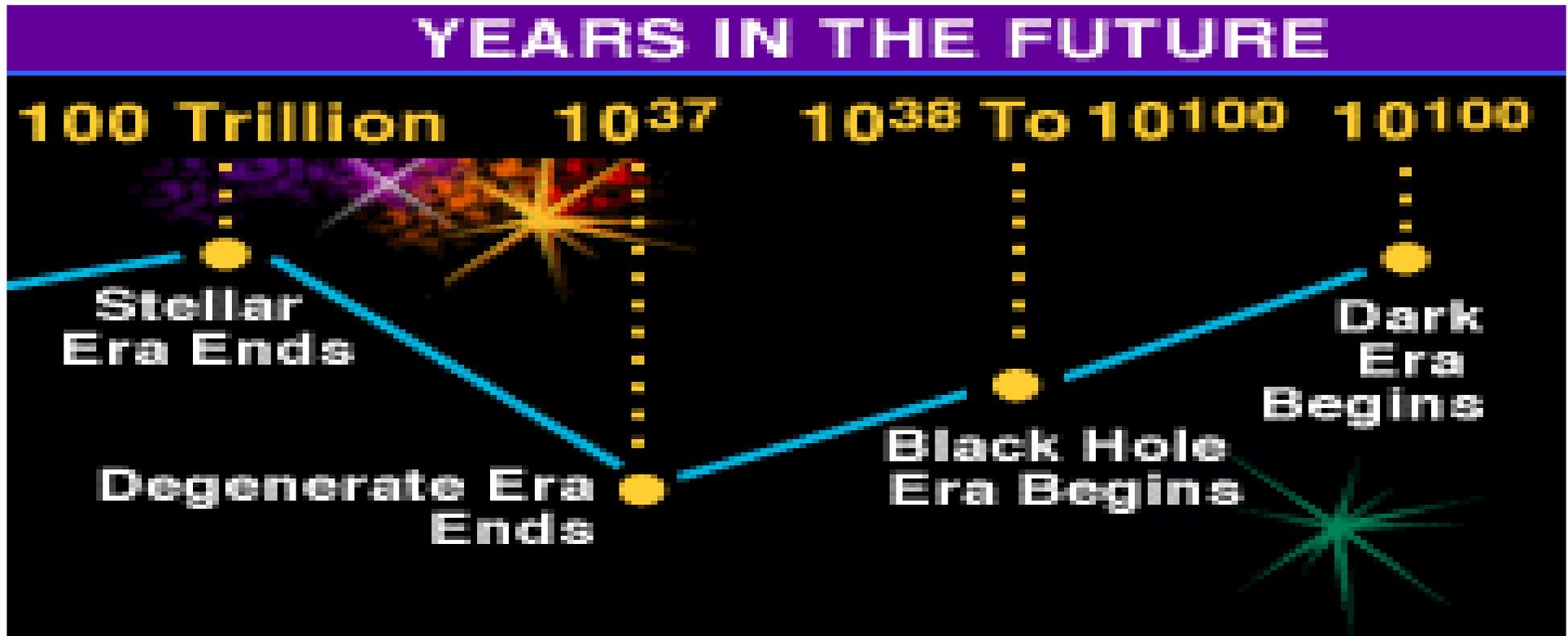
# Tiempo para la vida



# Tiempo para la vida



# Tiempo para la vida



# Hipótesis de la Tierra Rara

- “Mientras que la vida podría ser común, lo que entendemos por inteligencia o vida avanzada es muy difícil de lograr”.
- Sabemos que la Tierra reunía en el pasado todos los factores necesarios para iniciar el camino hacia la vida. Pero. ¿Qué dio lugar a la evolución de los animales? ¿Qué tiene la Tierra de especial?
- En otras palabras: Si se regresara la historia a algún punto en el pasado, seguiría la evolución el mismo curso?

# Factores de la Tierra Rara

1. Distancia adecuada del Sol.
2. Masa adecuada del Sol.
3. Masa correcta del Planeta.
4. Tectónica de placas
5. Un vecino tipo “Jupiter”
6. Cubierta de los océanos
7. Orbita estable
8. Una Luna grande
9. Nucleo grande de Hierro
10. Galaxia adecuada
11. Posición dentro de la galaxia
12. Cantidad correcta de Carbono
13. Inclinação adecuada del eje

# Distancia adecuada del Sol

- Dentro de la Zona de Habitabilidad de una estrella existen regiones donde el planeta esta tan cerca de su estrella que se “amarra” gravitatoriamente.

# Masa adecuada del Sol.

- Inclusive una estrella estable y longeva puede emitir cantidades muy altas de radiación ultravioleta, obstaculizando la evolución de los animales.

# Masa Correcta del planeta

- Suficiente masa como para retener su atmosfera y oceanos asi como para mantener su centro caliente por decaimiento radioactivo.

# Tectónica de placas

- El planeta ha de ser suficientemente grande como para mantener una tectónica de placas durante varios miles de M.A., formación de continentes (fomenta la biodiversidad) y un ciclo del carbono constante.

# Un vecino tipo “Júpiter”

- Un planeta como Júpiter a la distancia adecuada, ayuda a eliminar los cometas del sistema solar interior y reducir las extinciones masivas.

# Cubierta de los Océanos

- Tener un porcentaje adecuado de la superficie cubierta por océanos. Suficiente agua para mantener la temperatura atmosférica y oceánica reguladas.

# Órbita Estable

- La estabilidad de la órbita de un planeta puede cambiar con el tiempo, sobre todo por la influencia de sus vecinos jovianos

# Una Luna grande

- Un satélite natural con suficiente masa a la distancia adecuada, mantiene la inclinación bajo control y ayuda a reducir la velocidad de rotación.

# Núcleo de Hierro

- Una cantidad adecuada de Hierro permite la formación de una Magnetosfera suficientemente fuerte como para proteger la atmósfera del planeta

# Galaxia Correcta

- Con una metalicidad alta pero con pocas estrellas muy grandes. De preferencia una Galaxia espiral o espiral barrada

# Posición dentro de la galaxia

- Ni en el centro donde hay mucha radiación y pocos metales, ni al borde donde hay pocas estrellas y baja metalicidad.

# Cantidad de Carbono

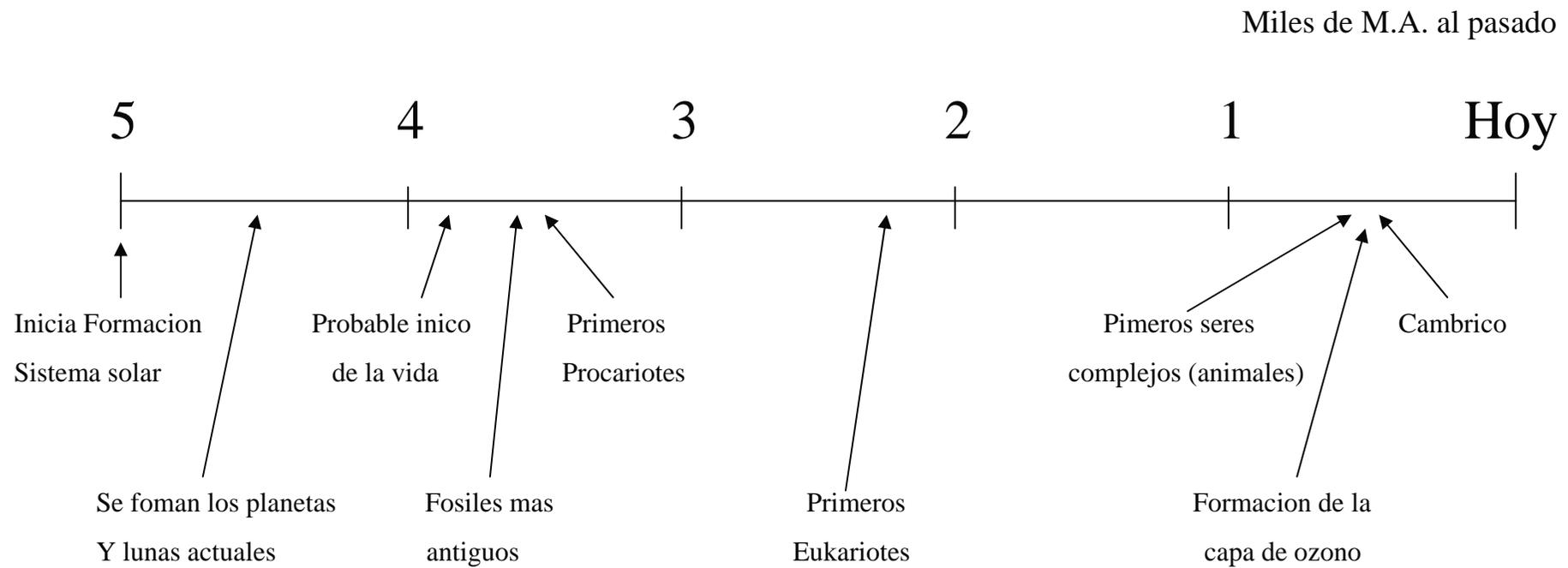
- Se requiere suficiente carbono para crear biomasa, pero si hay carbono de más, se desataría un efecto de invernadero incontrolado

Todos estos factores permitieron la evolución de seres vivos complejos haciendo de la Tierra un caso poco probable.

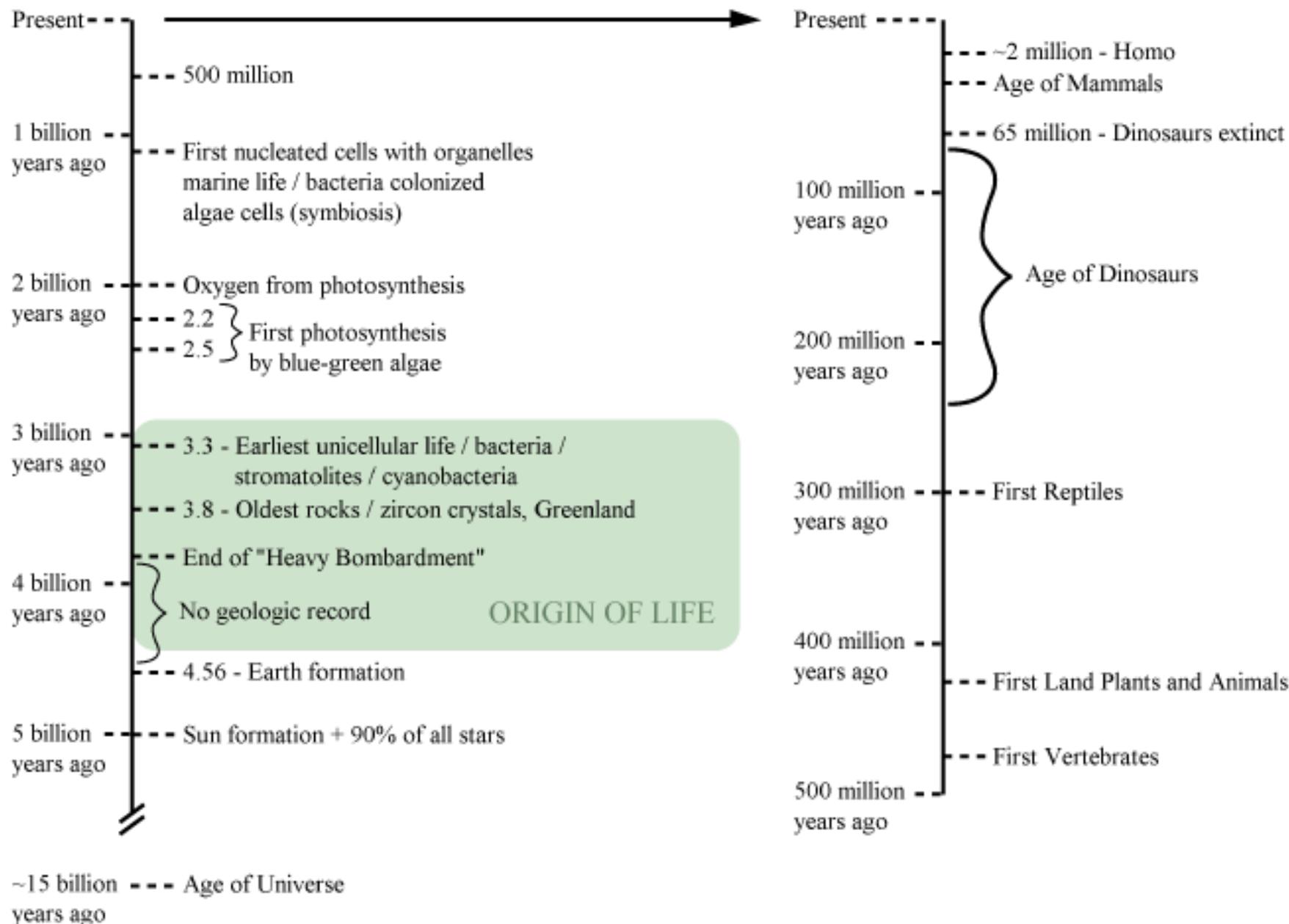
Pero la realidad es que SI evolucionaron en la Tierra seres complejos e inteligentes, ahora que tan factible era que eso sucediera?

Estudiemos la historia de la vida.

# Historia de la vida en la Tierra



# "Time - Line" For The Origin of Life



## GEOLOGICAL TIME SCALE

<i>Millions of years before the present</i>	ERAS	PERIODS	EPOCHS	<i>Duration of Eras (in millions of years)</i>
.01	<b>CENOZOIC</b>	Quaternary	Recent	65
1.65			Pleistocene	
5		Tertiary	Pliocene	
23			Miocene	
35			Oligocene	
56.6			Eocene	
65	<b>MESOZOIC</b>	Cretaceous	180	
145		Jurassic		
208		Triassic		
243	<b>PALEOZOIC</b>	Permian	325	
290		Pennsylvanian		
323		Mississippian		
362		Devonian		
408		Silurian		
439		Ordovician		
510	<b>PRE-CAMBRIAN</b>	Cambrian	3,990	
543				
4,550				

◄ = Major Extinction Event

Además de los factores físicos que permitieron que la Tierra fuera propicia para la vida, faltan los factores históricos que influenciaron el curso de la evolución.

Ante cada una de las extinciones masivas que han ocurrido en la historia, las especies son reemplazadas por otras, este proceso es, hasta cierto punto, aleatorio y sólo algunos aspectos son controlados por predisposición genética.

Si se iniciara de nuevo, cambiar cualquier factor en el detalle mas mínimo desencadenaría toda una historia diferente de la vida en la Tierra, y la probabilidad de terminar con algo parecido a los humanos sería ínfima.

La inteligencia no es una solución económica para una especie.

# Vida Inteligente

Todo lo que podemos decir es:

No tenemos elementos para suponer  
que se dará en algún otro lugar el universo.

# Ecuación de Drake

$$N=R*fs*fp*ne*fl*fi*fc*L$$

Donde:

N= numero de civilizaciones comunicativas

R= ritmo de formación de estrellas

Fs= fracción de estas que son adecuadas

Fp= fracción de estas con planetas

Ne= fracción de planetas en la zona de Habitabilidad

Fl= fracción en los cuales surge la vida

Fi= fracción de estos casos con vida inteligente

Fc= fracción con una civilización tecnológica comunicativa

L= tiempo que sobrevive esa civilización