

**AS 3010 Introducción a la
Astrobiología**

**Carbono: el átomo de los
organismos vivos**

¿Solamente carbono? El rol de los enlaces

Estabilidad de las formas vivas → fracción de enlaces rotos por movimiento termal aleatorio $\leq 0.0001\%$
(C. Sagan).

Bioquímica basada en:

- 1) Fuerzas Van der Waals sobreviven a $T_{\max} = 40 \text{ }^\circ\text{K}$.
- 2) Enlace Hidrógeno, $T_{\max} = 400 \text{ }^\circ\text{K}$. (127°C)
- 3) Enlaces de energía 2.0 eV o mayor sufren ruptura inferior a 0.0001% a $T_{\max} = 2000 \text{ }^\circ\text{K}$
- 4) Enlaces de $E \geq 5 \text{ eV}$ las moléculas sobreviven hasta $5000 \text{ }^\circ\text{K}$.

Energías de Enlaces para combinaciones de interés Xenobiológico

Tipo de Enlace	Energía	Tipo de Enlace	Energía	Tipo de Enlace	Energía
	(eV)*		(eV)*		(eV)*
N ≡ N	9.8	H - Br	3.8	S - Cl	2.6
C ≡ N	9.4	Si - O	3.8	Cl - Cl	2.5
C ≡ C	8.4	Si - Cl	3.8	S - S	2.2
C = O	7.4	C - O	3.7	O - Cl	2.2
C = C	6.4	C - C	3.6	N - Cl	2.1
H - F	5.9	S - H	3.5	Br - Br	2.0
Si - F	5.6	C - Cl	3.4	Si - Si	1.8
O - H	4.8	P - Cl	3.4	N - N	1.7
C - F	4.6	H - P	3.3	F - F	1.6
H - H	4.5	H - I	3.1	I - I	1.6
H - Cl	4.5	Si - H	3.1	O - O	1.4
N = N	4.4	Si - C	3.0	O ₂ N - NO ₂	0.57
C - H	4.3	C - N	3.0	Enlace Hidrógeno	0.08-0.45
N - H	4.1	H - Se	2.9	Van der Waals	0.04

* 1 eV = 1.60 × 10⁻¹⁹ Joules

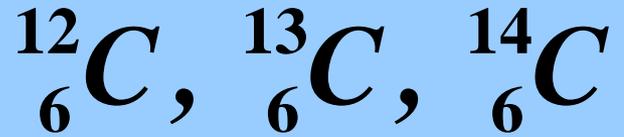
KT a T Ambiente (25 °C) ~ 0.026 eV

Vida y temperatura

No hay razón para limitar el rango viable para todas las formas de vida a menos de 100 °C, hay formas de vida terrestre que sobreviven a temperaturas superiores. Argumentos un poco más elaborados sugieren que las formas más raras de vida, basadas en carbón, posiblemente no puedan existir a temperaturas superiores a 500 °C, debido a que las macromoléculas más grandes de carbón se desarman completamente, mucho antes de alcanzar esa temperatura.

En el otro extremo, la bioquímica de formas de vida basadas en carbón es pobre por debajo de -100 °C. Las velocidades de reacción se hacen lentísimas y hay cada vez menos solventes en la cual la química vital puede ocurrir.

FORMACIÓN DE CARBONO



Posibilidades:

1) Triple colisión de 3 núcleos de He (Muy improbable)



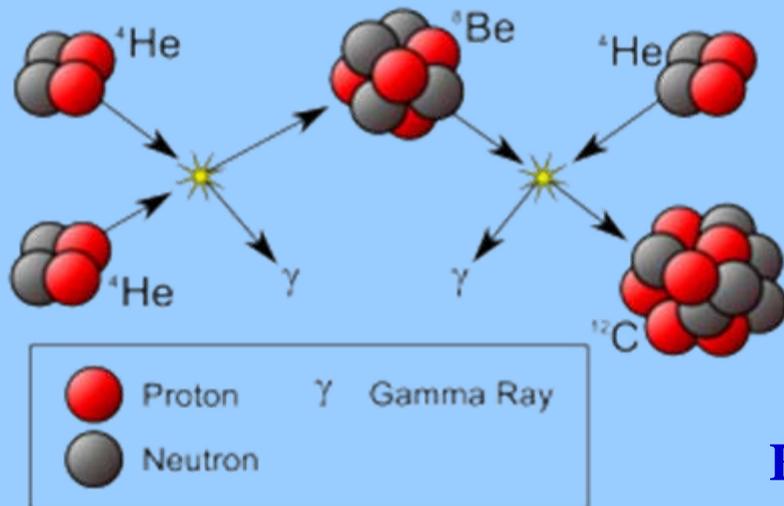
2) Síntesis de Carbono en dos procesos:



3) Síntesis de Carbono en ciclo CNO

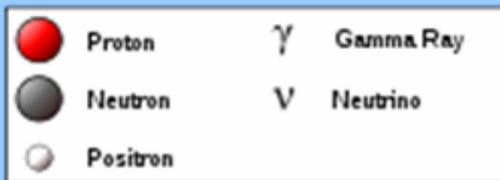
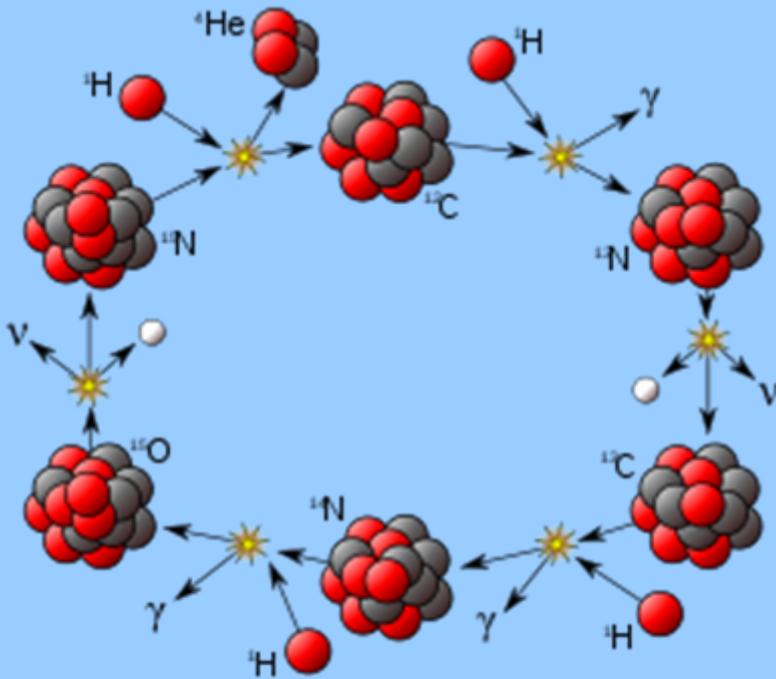
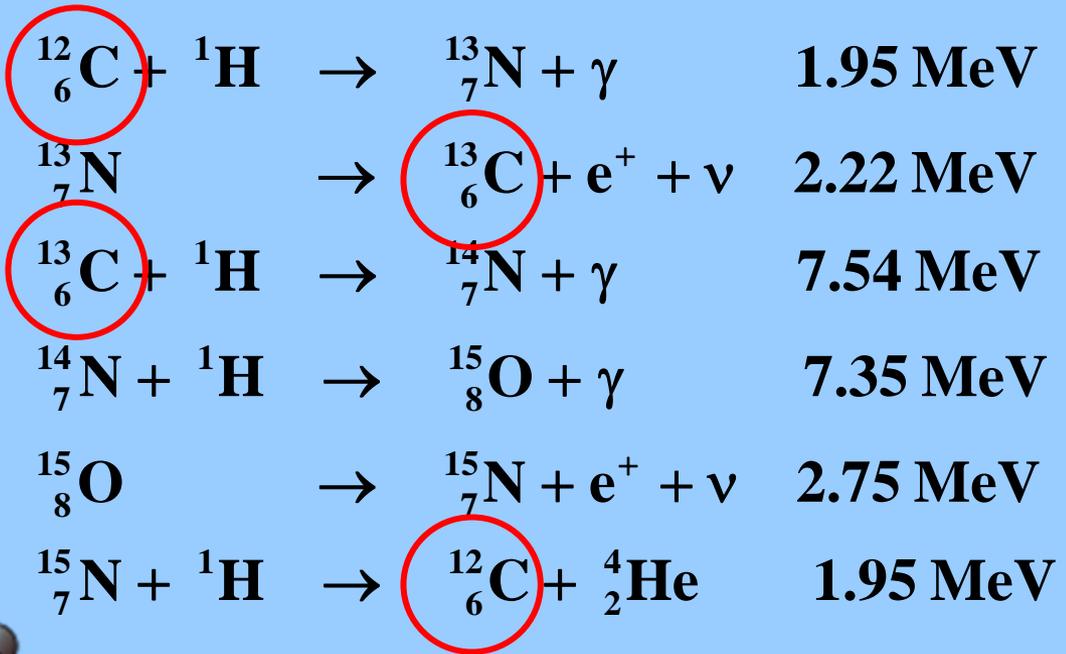
FORMACION DEL CARBONO

El Proceso Triple-Alfa

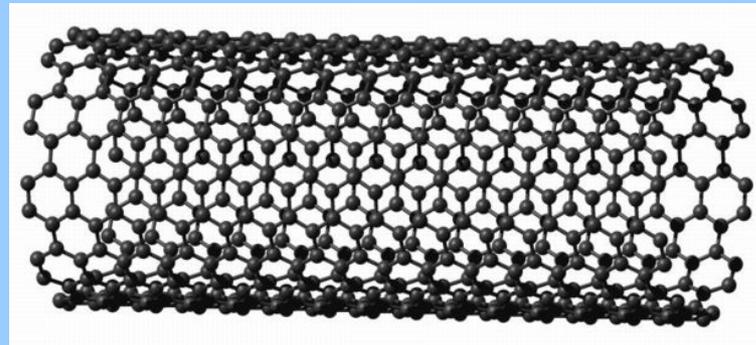
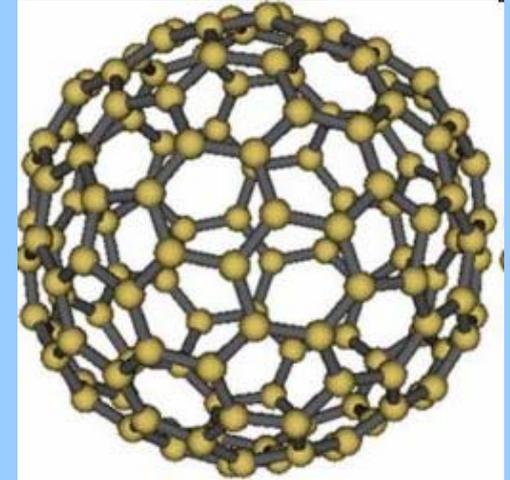
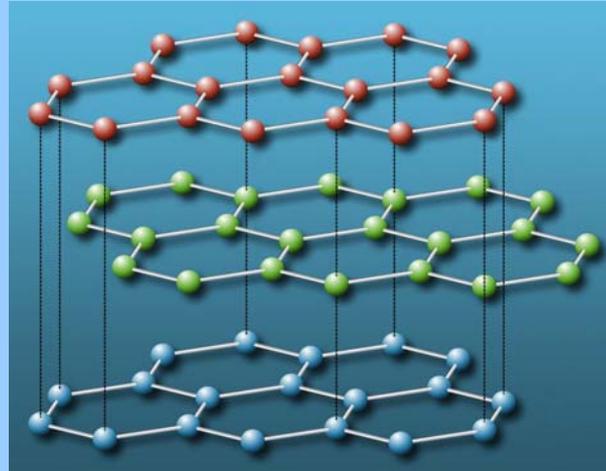
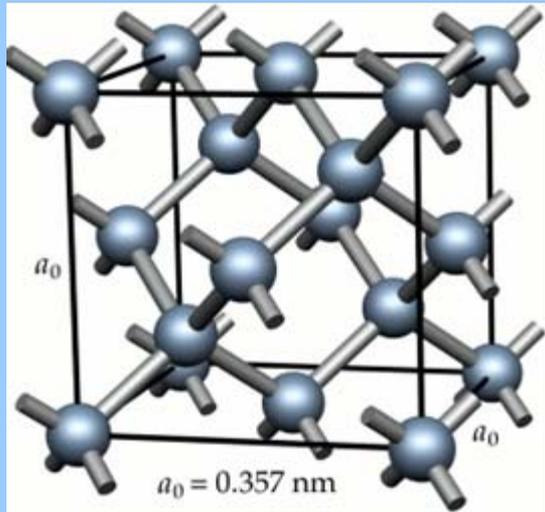


Energía neta liberada = 7.275 MeV.
= 168 10^6 Kcal/mol
(Enlace H—H = 100 Kcal/mol)

Reacciones principales del Ciclo CNO



Formas Alotrópicas del carbono: Diamante



Es probable que el fullereno abunde en el Universo cerca de las estrellas rojas gigantes, atrapando en su interior gas helio y otras moléculas.

Datos Interesantes:

- *La masa desecada de los tejidos de los organismos vivos, está constituida en un 98 % por carbono e hidrógeno con cantidades variables de O y N dependiendo del tipo.*
- *Se estima que una simple bacteria contiene 5.000 compuestos orgánicos y un ser humano tiene unos 5.000.000.*

La vida en la Tierra está basada en el carbono

- El carbono tiene **valencia 4**, uno de los valores más altos posibles en química (al menos para átomos pequeños).
- **Forma largas cadenas** o hasta redes tridimensionales, con uniones muy fuertes, (ej. el diamante, la sustancia más dura conocida). En estas cadenas o redes de carbono pueden incorporarse otros átomos como hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.
- Puede formar una enorme variedad de compuestos de extrema complejidad (característica de organismos vivos) .

¿Otro elemento que sustituyera al carbono?

- Debe ser abundante y formar gran cantidad de uniones: consigo mismo y con otros elementos.
- De los cinco elementos más abundantes:
 - **Helio** no forma compuestos.
 - El **Hidrógeno** y el **Oxígeno** tienen valencia 1 y 2, forman compuestos simples. Cadena de átomos de oxígeno se encuentran en peróxidos (2 átomos de oxígeno)
 - El **Nitrógeno** tiene valencia 3, sin embargo, no se conocen cadenas de varios átomos de nitrógeno.

Sin ser tan abundante, otro candidato es el **Silicio**, elemento muy abundante en las rocas y, por lo tanto, en cualquier planeta sólido.

El silicio forma, con el oxígeno la **sílice**. La mayoría de las rocas son silicatos, derivados de sílice. Además, el silicio tiene valencia 4, igual que el carbono.

¿Puede haber vida basada en el silicio?

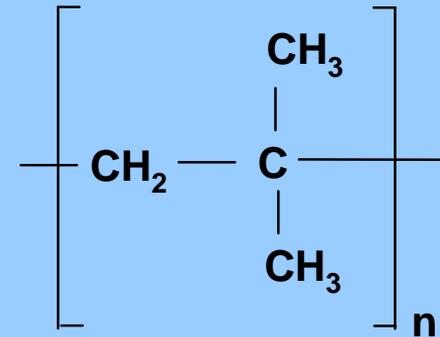
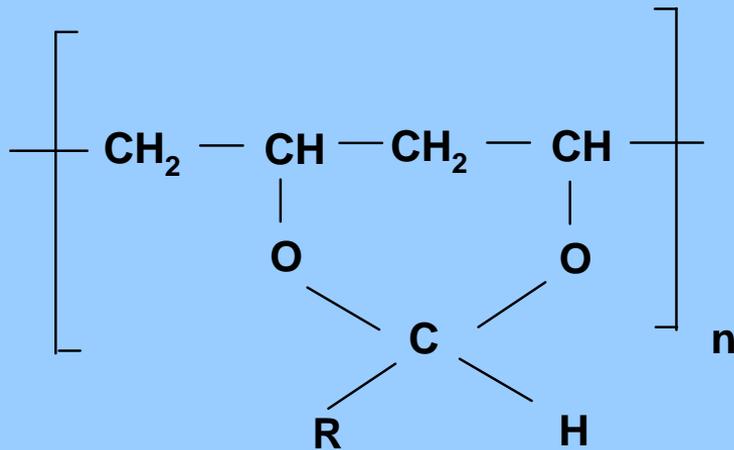
Carbono vs. Silicio

Grupo IV de la tabla periódica

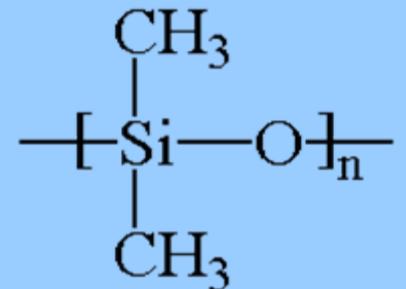
	Carbono	Silicio	Boro
Valencia	4	4	3
Radio Atómico (Å)	0.91	1.32	0.98 
Potencial de Ionización (KJ/mol)	1086	786	801 
Afinidad Electrónica (KJ/mol)	122	134	27
Electronegatividad	2.5	1.8	2.0 

Carbono vs. Silicio

- Ambos elementos enlazan al oxígeno. Ambos forman cadenas largas (polímeros).
- Carbono forma polímeros. Ej.: polivinil-(formal,acetal), polimetacrilatos, etc.



- El silicio forma las **siliconas** (polímeros utilizados para impermeabilizar o para lubricar piezas de metal).



El Intercambio de Oxígeno en seres vivos

- Cuando carbón reacciona con oxígeno, produce dióxido de carbono gaseoso, CO_2 (g);
- El silicio produce dióxido de silicio sólido SiO_2 (sílice, cuarzo). No puede apoyar vida como la Terrestre.
- Una forma de vida basada en Silicio “respiraría SiO_2 , (cuarzo)...?”
- No existe ninguna razón para que un organismo de silicio pueda sobrevivir en un ambiente reductor libre de Oxígeno -- SiO_2 no sería producido.

Vida basada en silicio

¿Posibilidad de que en alguna parte exista vida con una fundación química diferente, por ejemplo basada en silicio?

Especulaciones tempranas: el astrofísico alemán J. Scheiner (1891), el químico británico J. E. Reynolds (1893).

-Calor de estabilización de los compuestos de silicio podría permitir la vida a muy altas temperaturas (ej. termófilos).

-*“Uno se queda pasmado ante las visiones originadas en tal sugerencia: visiones de organismos de silicio-aluminio – ¿porqué no seres de silicio-aluminio?– vagando en una atmósfera de azufre gaseoso, digamos por las riveras de un mar de hierro líquido, unos mil grados por encima de la temperatura de un horno de fundición”* (J.E.Reynolds)

-*La vida puede ser encontrada en el interior profundo de un planeta basada en silicatos parcialmente fundidos, donde talvez la oxidación del hierro la provee de energía necesaria.* (J.B.S.Haldane)

¿Bioquímica del Silicio?

Silicio es común en el universo y también un elemento p-block del grupo IV, justo debajo del carbono en la tabla periódica (hay algo de similitud química básica).

- Como el carbono, con hidrógeno produce Silano, SiH_4 .
- Los silicatos son análogos a los carbonatos, cloroformo de silicio del cloroformo, etc.
- Ambos elementos forman cadenas largas o polímeros en los que se alternan con oxígeno. El caso más simple, las cadenas, carbono-oxígeno dan poliacetal, un plástico usado en fibras sintéticas, mientras que esqueletos alternados de silicio y oxígeno dan origen al polímero silicona.

Podrían existir algunas extrañas formas de vida a partir de sustancias "siliconoides" si no fuera por una aparente falla fatal en las credenciales biológicas del silicio. **Su poderosa afinidad por oxígeno.**

Cuando el carbono es oxidado en el proceso respiratorio de los organismos terrestres, se transforma en el gas dióxido de carbono, un residuo fácilmente eliminado por la criatura de su cuerpo. **La oxidación de silicio da origen a un sólido** (inmediatamente el dióxido de silicio se reorganiza en una red en que cada silicio está rodeado por cuatro oxígenos). Imposible de eliminar por respiración.

Las formas de vida también deben ser capaces de recolectar, almacenar y utilizar energía desde los alrededores.

En las basadas en carbono, los compuestos básicos de almacenamiento de energía son carbohidratos (enlaces simples C-C).

La oxidación de un carbohidrato libera energía (residuos son agua y dióxido de carbono) en una serie de pasos controlados por enzimas.

Una característica de la química del carbono es que muchos de sus compuestos pueden tener la forma levo o dextro y es esta **quiralidad** la que da a las enzimas la habilidad para reconocer y regular una enorme variedad de procesos en el cuerpo.

El silicio falla en dar origen a tantos compuestos quirales. Difícil de ver cómo podría servir de base para muchas cadenas de reacción interconectadas necesarias para soportar la vida.

La ausencia de biología basada en silicio o compuestos químicos prebióticos es también sugerida por evidencia astronómica.

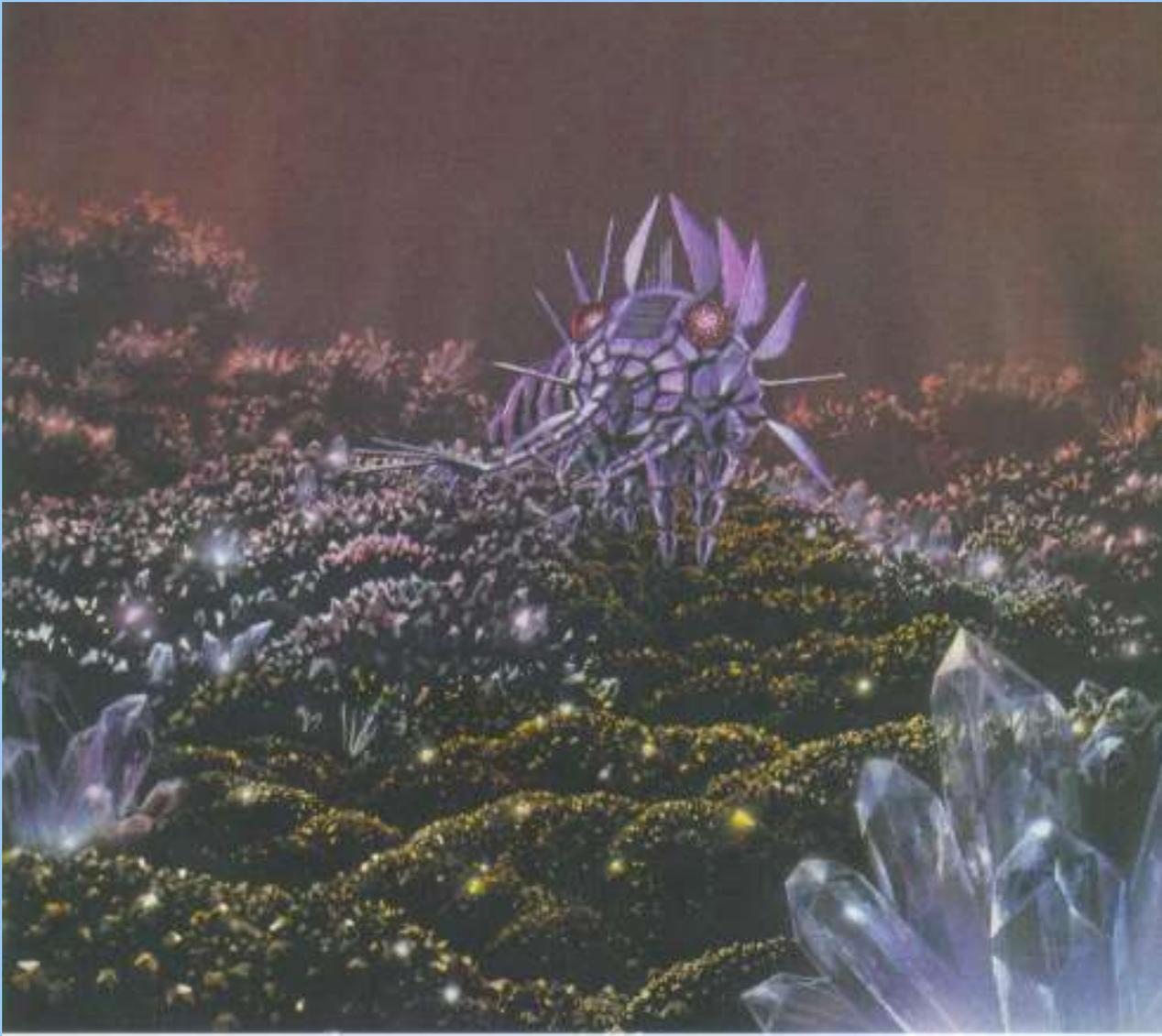
En los lugares donde los astrónomos han buscado (meteoritos, cometas, en las atmósferas de planetas gigantes, en el medio interestelar y en las capas exteriores de estrellas frías) han encontrado moléculas de dióxido de silicio y silicatos pero no sustancias tales como silano o siliconas que podrían ser precursores de una bioquímica del silicio.

El silicio pudo haber tenido un rol en el origen de la vida en la Tierra.

Las formas de vida terrestres utilizan exclusivamente **dextro-carbohidratos dextro y levo-aminoácidos**. Una teoría que explica esto es que el primer compuesto prebiótico de carbono se formó en una laguna de "sopa primordial" sobre una superficie de sílica que tenía cierta quiralidad. Ésta quiralidad del compuesto de silicio determinó la quiralidad preferida de los compuestos carbonados que ahora encontramos en la vida terrestre.

La Tierra, así como otros planetas sólidos, es excepcionalmente rica en silicio y mas bien pobre en carbón. Sin embargo, la vida en la Tierra se basa en carbón.

Carbón, aunque raro, muestra ser mucho más exitoso como base de vida que el más abundante silicio es una evidencia de que el silicio es inadecuado para una bioquímica en planetas similares a la Tierra.



La vida basada en silicio podría ser como cristales animados. Los elementos estructurales podrían ser hilos, como fibra de vidrio conectados por elementos tensores para crear estructuras delicadas, flexibles o muy delgadas

Dibujo: Dickinson y Schaller

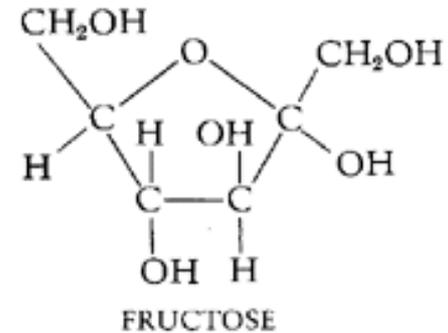
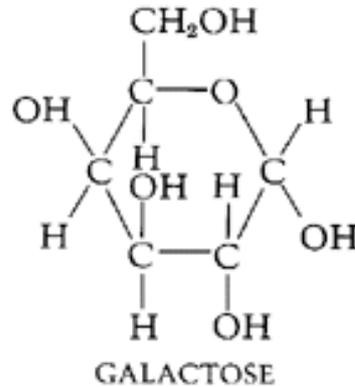
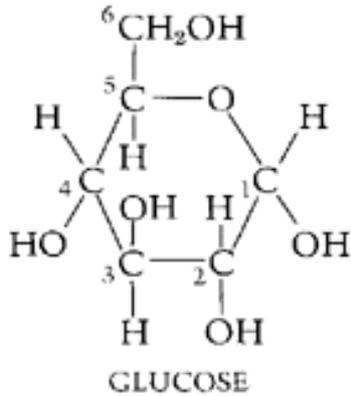
El Carbono y Almacenamiento y uso de Energía

- Una forma de vida necesita recoger, almacenar y utilizar energía. La energía debe venir del ambiente.
- La energía se debe utilizar donde y cuando se necesita y sólo en la proporción requerida, de otro modo el proceso podría incinerar la forma de vida.
- En un mundo basado carbón-, el elemento de almacenaje básico es el **carbohidrato** de fórmula



Los carbohidratos se oxidan para dar agua y CO_2 , que luego se intercambian con el aire; los carbonos están conectados por enlaces simples en una cadena (Polisacárido). Una forma de vida -basada en carbón- **"quema"** este combustible (ATP) en etapas controladas utilizando reguladores de velocidad llamados **enzimas**.

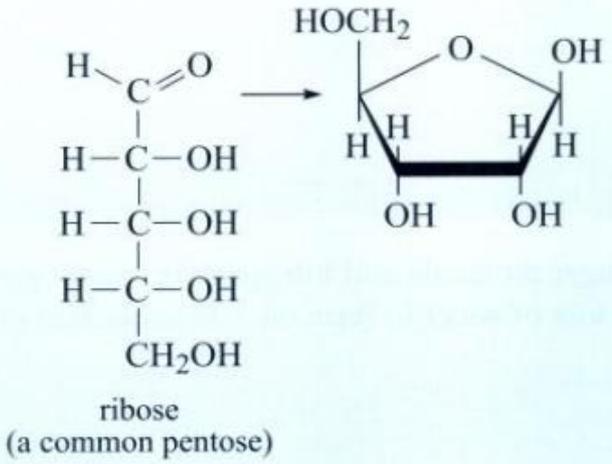
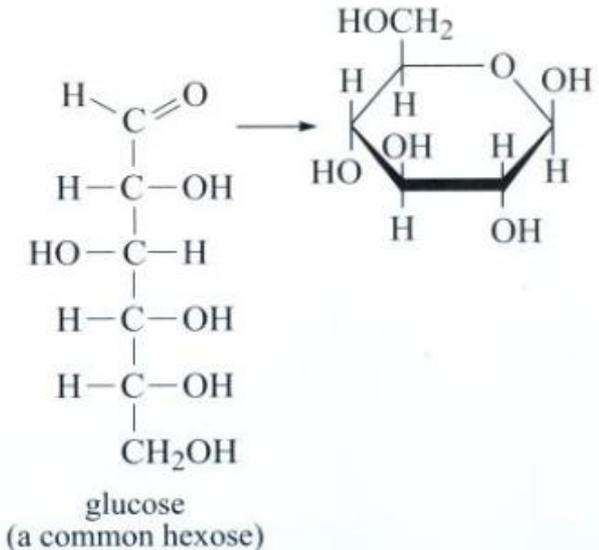
Tres azúcares comunes de fórmula $C_6(H_2O)_6$ o $C_6H_{12}O_6$.



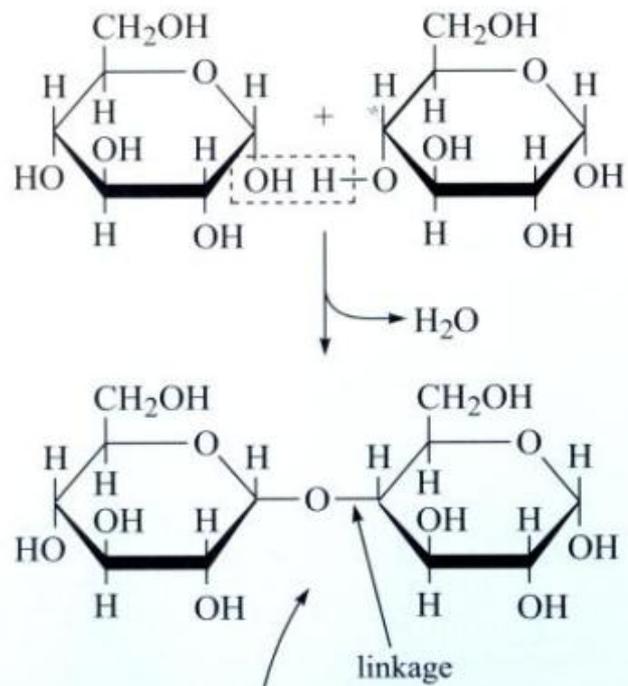
- **Glucosa**, “azúcar de la sangre”, fuente inmediata de energía celular.
- **Galactosa**, azúcar láctea.
- **Fructosa**, azúcar en frutas y miel.

Polisacáridos

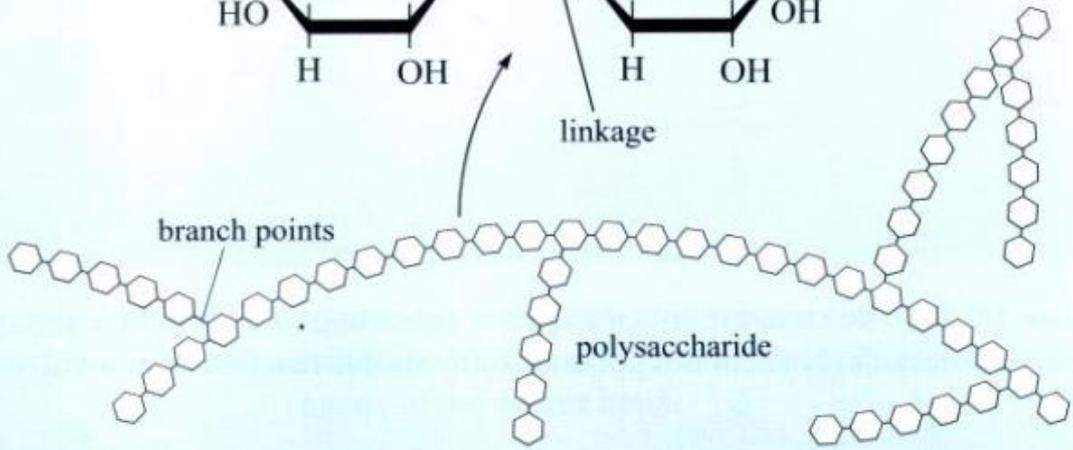
(a)



(b)

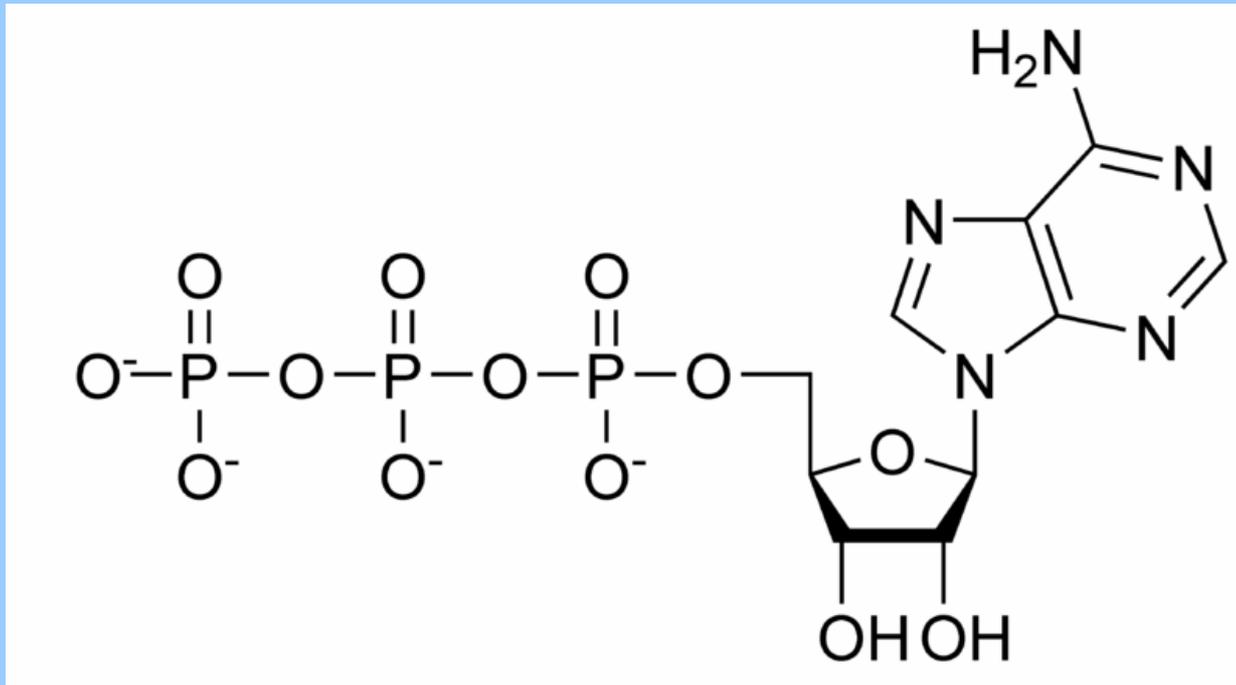


(c)

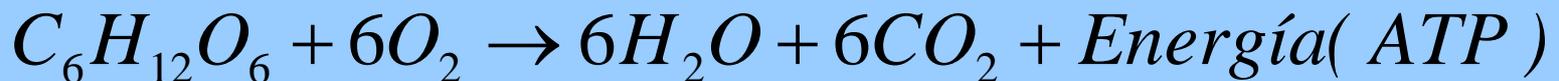


- Los organismos obtienen y controlan energía usando reacciones de reducción-oxidación. Las reacciones (redox) que se basan en transporte de electrones.
- Los organismos terrestres han desarrollado una completa secuencia de catalizadores orgánicos que ayudan a almacenar y a liberar energía en las células.
- Las moléculas inorgánicas encontradas en el ambiente actúan como **portadores de electrones** para facilitar la transferencia de electrones.

Adenosín trifosfato (ATP)



La respiración celular (metabolismo), proceso en el cual la energía contenida el combustible es liberada de manera controlada.



ATP usado en mantenimiento y desarrollo celular (anabolismo).

Elementos más importantes en los compuestos orgánicos:

Carbono

Hidrógeno

Oxígeno

Nitrógeno

Azufre

Fósforo

Cloro

Flúor

Yodo

Magnesio

Molibdeno

Hierro

- El hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno constituyen el 99.33 % de todos los átomos que forman los compuestos orgánicos.

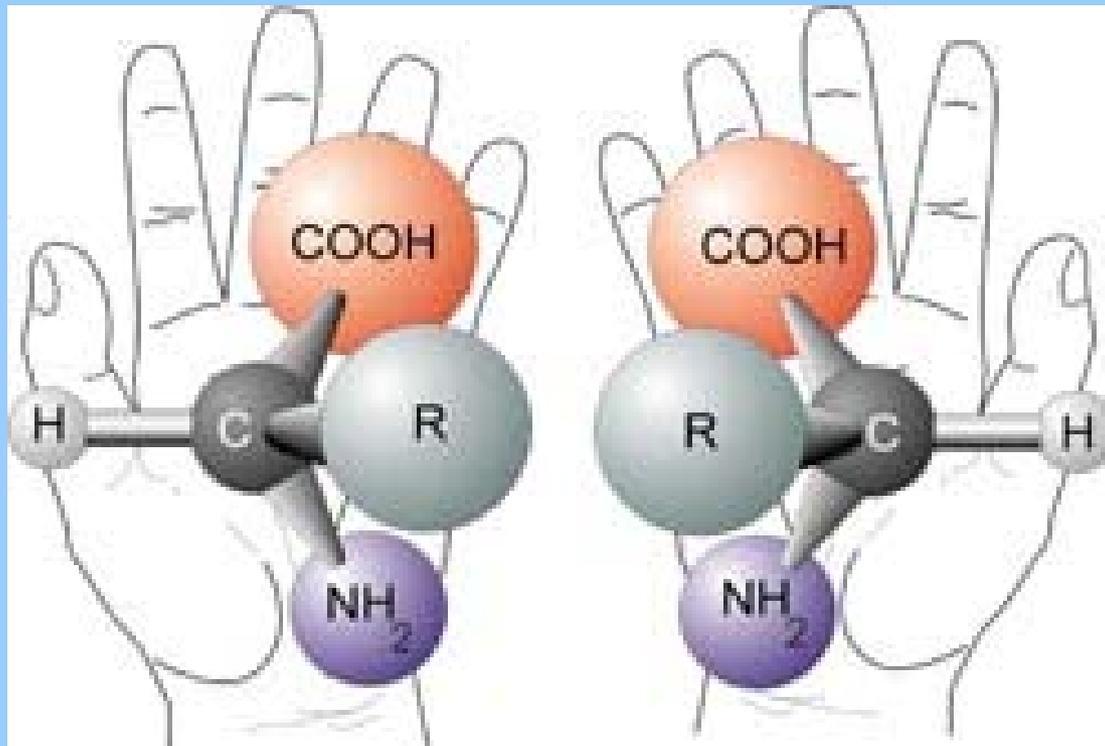
Clasificación de los compuestos orgánicos

Compuesto	Grupo Funcional
Alcanos	R-H
Alquenos	R-C=C- R
Alquinos	R-C≡C- R
Halogenuros de alquilo	R-X, X=Halógeno R =alquilo
Alcoholes	R-OH
Aldehídos	R-CH=O
Cetonas	R-C-R O

Compuesto	Grupo Funcional
Éteres	R-O-R
Ácidos carboxílicos	R-C=O OH
Ésteres	R-C=O O - R
Amidas	R-C=O NH ₂
Aminas	R - NH ₂

ISOMERÍA ÓPTICA Y AMINOACIDOS

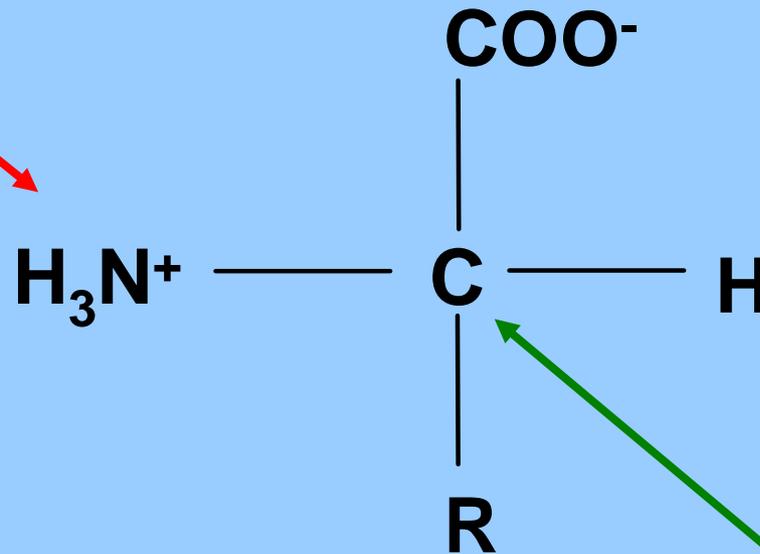
Quiralidad



Aminoácidos

Grupo amino
(protonado)

Grupo carboxilo
(disociado)

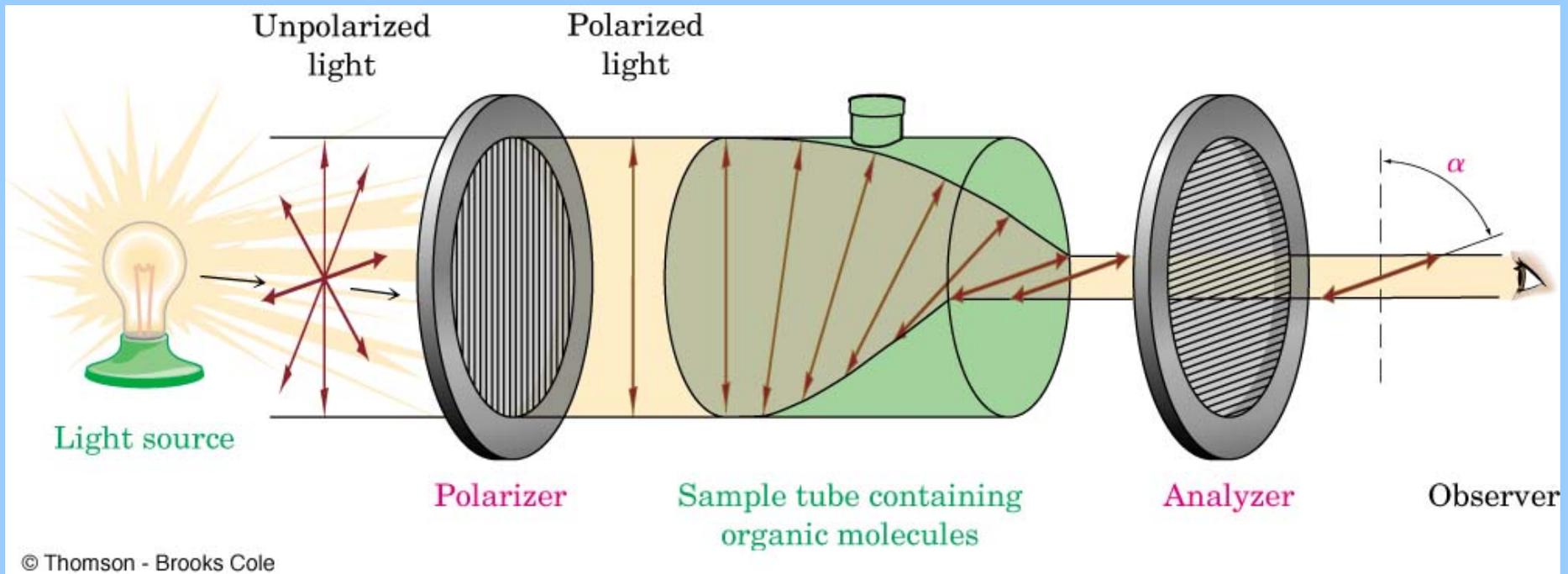


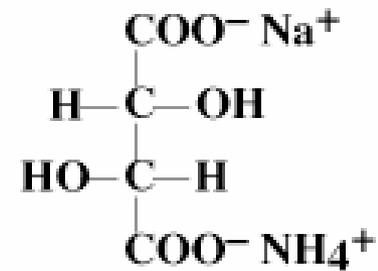
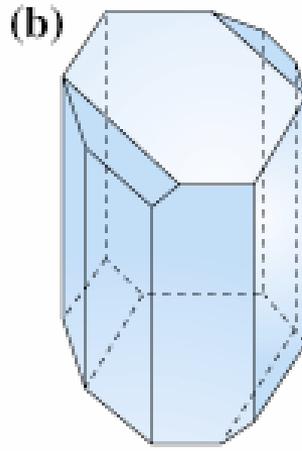
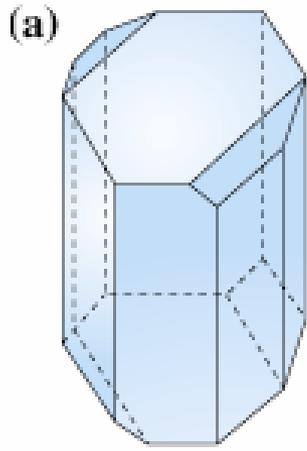
Cadena
lateral

Carbono α

Los Cristales de ácido tartárico.

Sustancia que se forma en grandes cantidades durante el proceso de fermentación del vino. El ácido tartárico extraído de los barriles de vino disuelto en agua, rota la luz polarizada. Sin embargo, las soluciones preparadas con ácido tartárico sintetizado en el laboratorio no rotan la luz.





Sodium ammonium tartrate

Todos los cristales de ácido tartárico extraído de los barriles lucían idénticos. Los cristales sintetizados en laboratorio también lucían idénticos, pero en realidad, se producían dos tipos de cristales, cada uno era la imagen especular del otro.

Pasteur separó los dos tipos de cristales obtenidos en el laboratorio. Los disolvió en agua y vio cómo afectaban el paso de la luz polarizada. Con este sencillo y paciente experimento, Pasteur descubrió la existencia de los isómeros ópticos y fundó la estereoquímica.

¿Orígenes?

Pasteur fue el primero que arriesgó algunas explicaciones para la asimetría molecular. Se le ocurrió que el origen del fenómeno podía deberse a la influencia de campos magnéticos. Pero hizo crecer cristales entre los polos de un poderoso magneto y obtuvo una mezcla mitad y mitad de isómeros. Luego pensó en el pasaje de la luz solar de este a oeste a través de la atmósfera. Con espejos y mecanismos de relojería iluminó de oeste a este plantas en crecimiento, al revés que en la naturaleza, esperando que las plantas fabricaran moléculas D. Pero eso no ocurrió.

Después de las de Pasteur, aparecieron muchas otras hipótesis. Que la asimetría molecular en los seres vivos podía deberse a la rotación del planeta, o a una fuerza colosal y asimétrica producida cuando la Luna se separó de la Tierra, o a una competencia entre moléculas que terminó en la preponderancia de una de ellas.

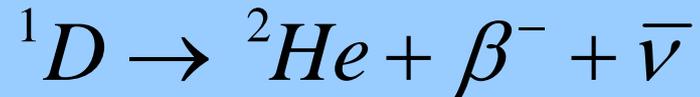
En los años 20 se hizo un descubrimiento interesante. Así como los aminoácidos **rotan** la luz polarizada, **al sintetizar** moléculas en presencia de luz polarizada, se obtiene mayor proporción de un isómero que de otro. **La luz polarizada destruye selectivamente un tipo de isómero.**

Evidencia en el ISM

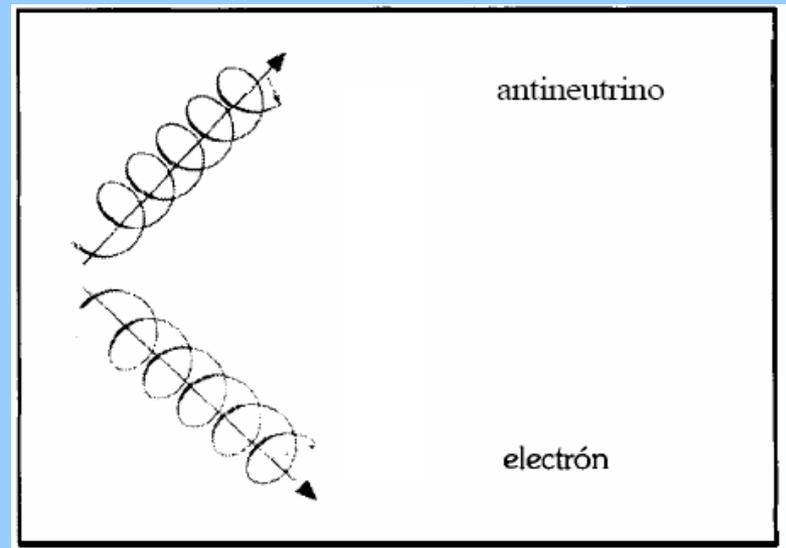
- Un meteorito caído en 1969, en la localidad de Murchinson en el estado de Victoria, Australia. En su interior se descubrieron aminoácidos, pero no en las proporciones esperadas. Había dos veces más alanina L que D, por ejemplo. Y tres veces más ácido glutámico L que D. Todo parecía indicar que cuando se formó el sistema solar, la asimetría molecular ya existía.
- Luz polarizada proveniente de Orión OMC-1, ¿Cuál es el filtro que polariza la luz en Orión OMC-1? ...La dispersión de la luz al chocar con partículas de polvo diminutas alargadas, alineadas por el campo magnético de una estrella cercana, generan el tipo de luz requerida para afectar la composición de las mezclas de isómeros sometidos a su influencia. El polvo estelar es un filtro polarizante natural.
- “Fluke seeding”

■Decaimiento Beta y las Interacciones Débiles.

La fuerza nuclear débil esta asociada con el decaimiento beta, un neutrón decae en un protón dentro de un núcleo atómico y la reacción es acompañada de la emisión de un electrón (radiación β^-) y un antineutrino.



El spin del electrón siempre es L y el del antineutrino D. El fenómeno inverso nunca se ha observado en la naturaleza. Las partículas β emitidas de núcleos radiactivos poseen una asimetría intrínseca.



(Ver más al final)

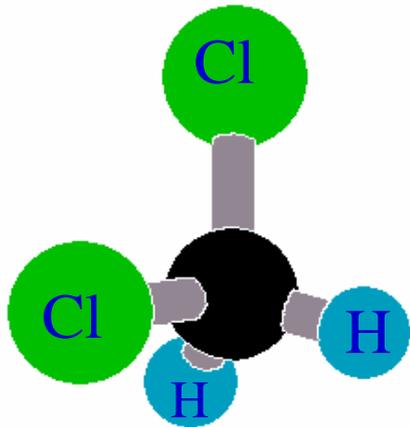
Asimetrías de los seres vivos

Aminoácidos sintetizados en el laboratorio se obtienen en una mezcla 50% y 50% de isómeros D y L .

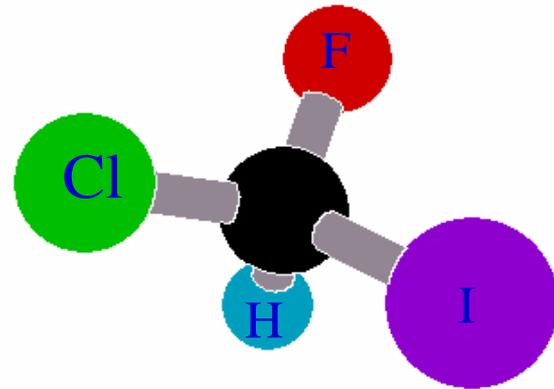
En los seres vivos sólo hay aminoácidos L.

(Una rara excepción es la presencia de aminoácidos D en la pared celular de algunas bacterias. Otro ejemplo es el de la sacarosa, el azúcar que forma parte de las moléculas de ADN. Todas las sacarosas dentro de los organismos son isómeros D.)

Cloruro de Metilo



Aquiral



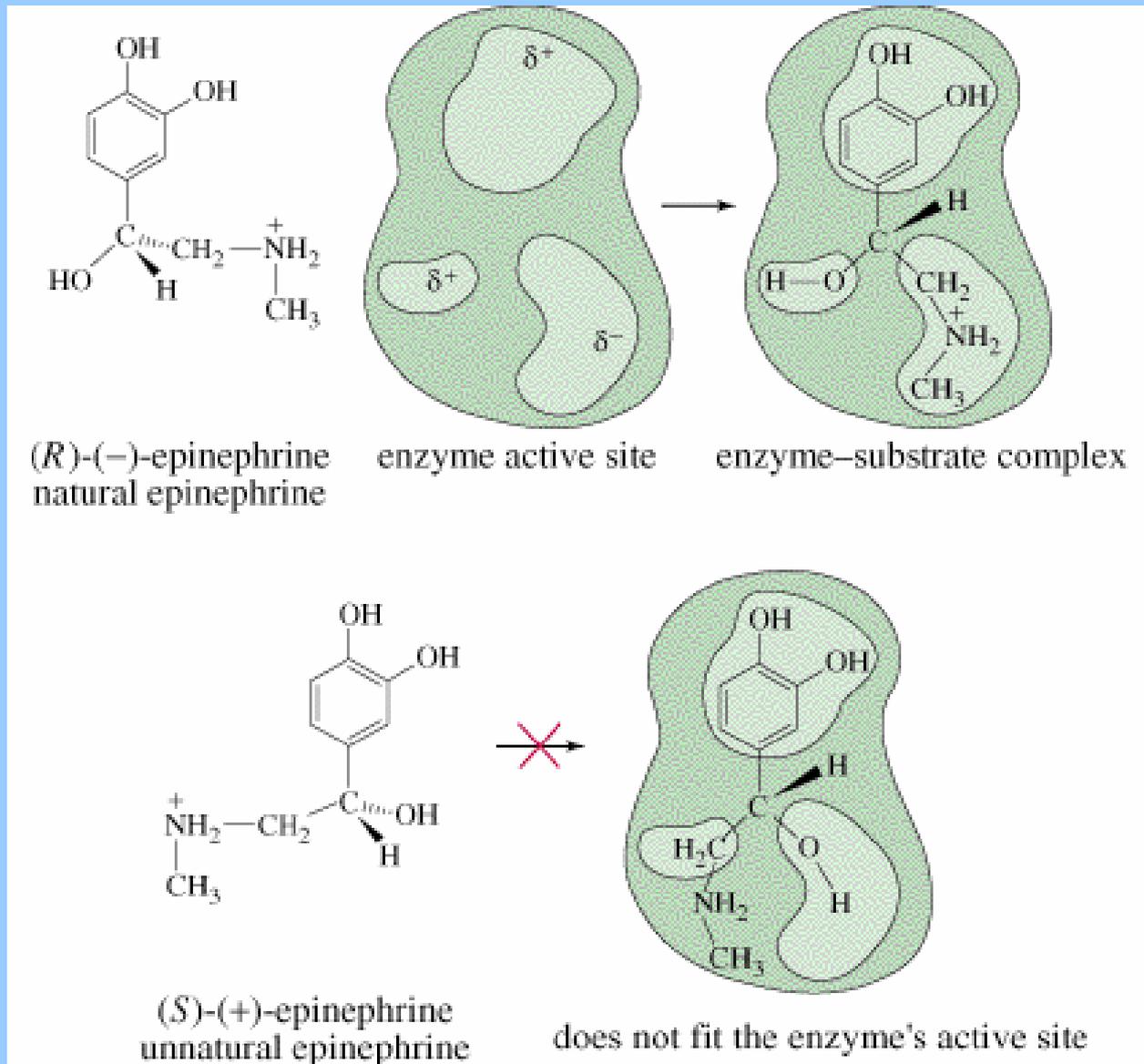
Quiral

Un objeto quiral carece de ejes de rotación impropios

Nomenclatura: D, L si hay 1 carbón asimétrico

R, S si hay varios carbonos asimétricos

Discriminación Biológica



(R)-(-)-epinephrine
natural epinephrine

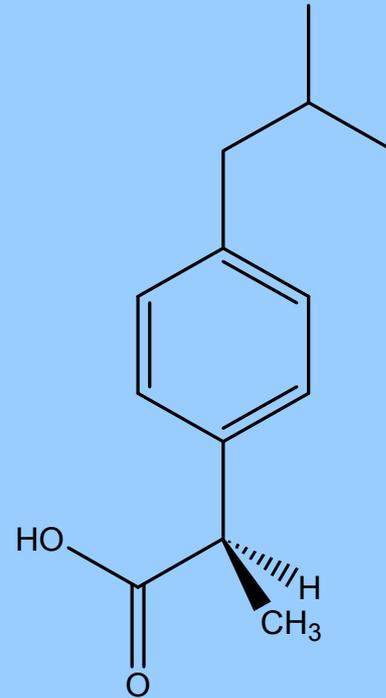
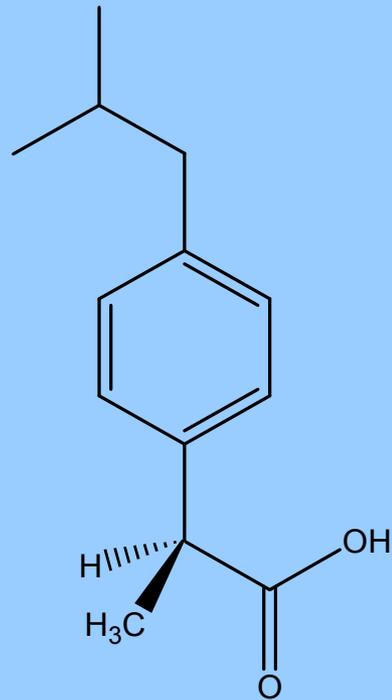
enzyme active site

enzyme-substrate complex

(S)-(+)-epinephrine
unnatural epinephrine

does not fit the enzyme's active site

Ibuprofeno

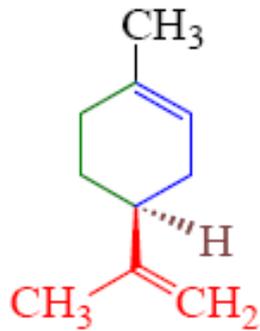


**Levo-Ibuprofeno, droga
calmante y anti-inflamatoria**

**Dextro-Ibuprofeno
sin actividad**

Quiralidad y Actividad Biológica

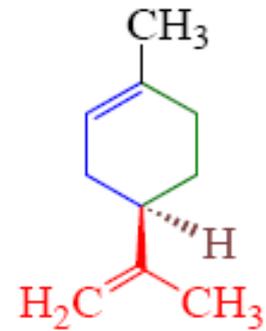
S



lemon odor

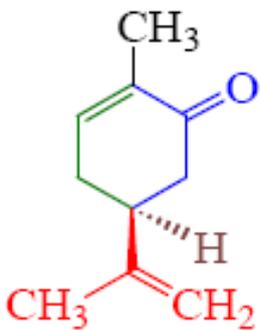
Limonene

R



orange odor

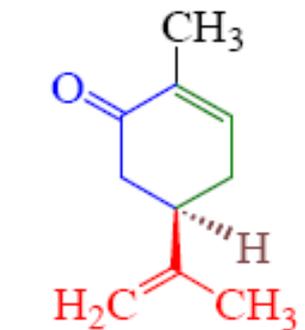
S



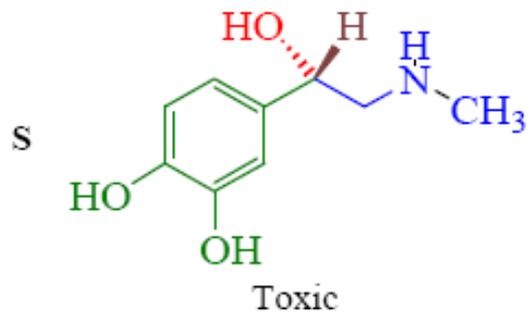
spearmint fragrance

Carvone

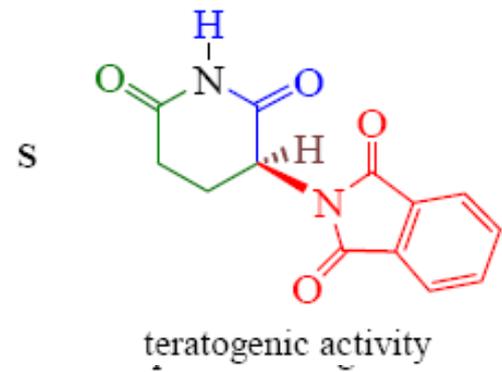
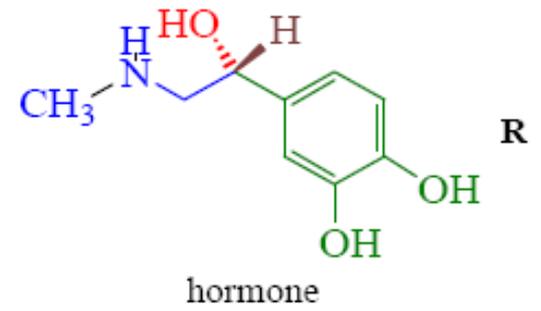
R



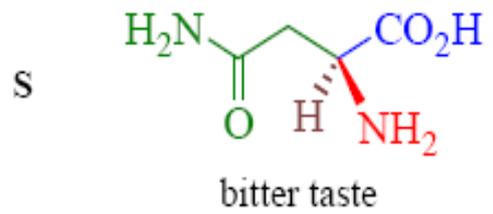
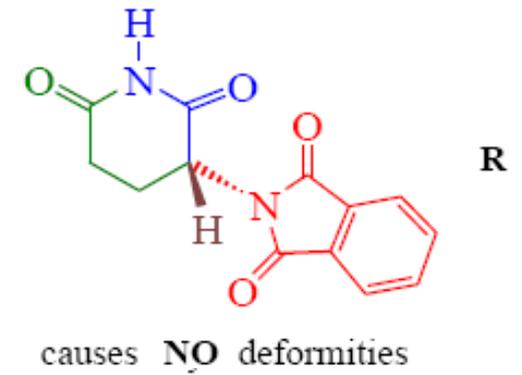
caraway seed odor



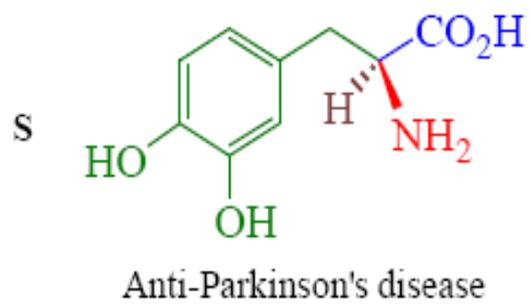
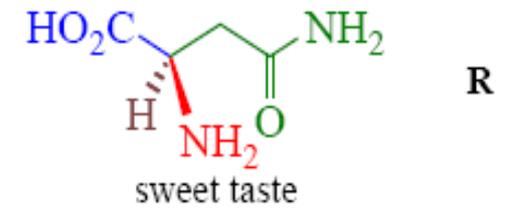
Epinephrine



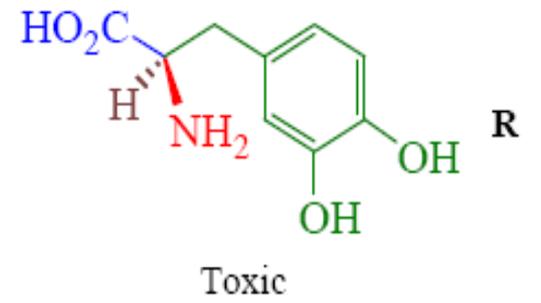
Thalidomide
sedative, hypnotic



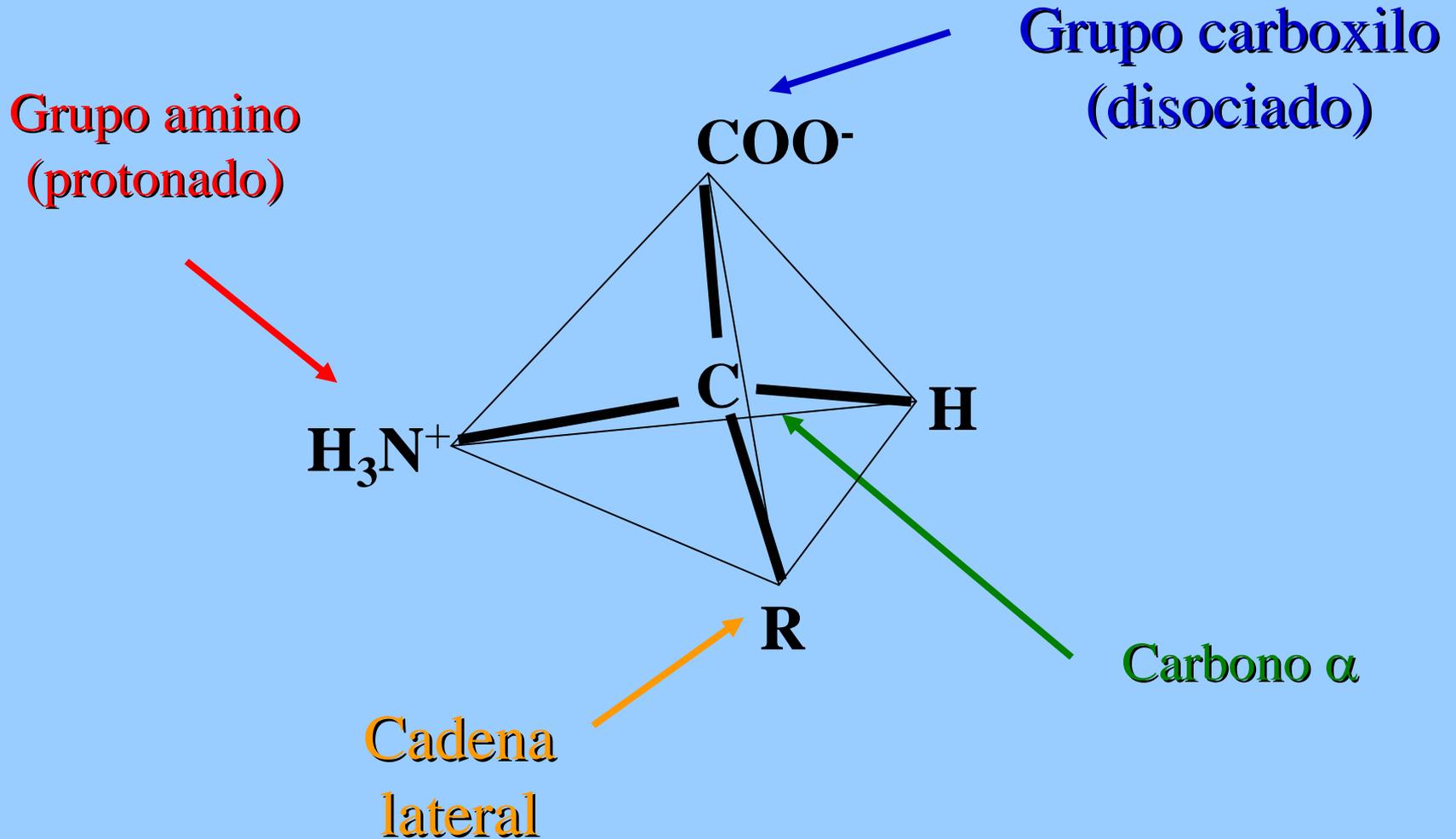
Asparagine

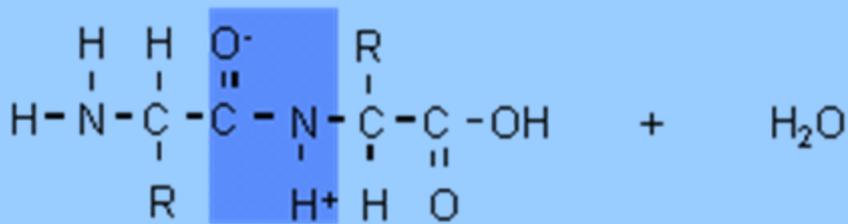
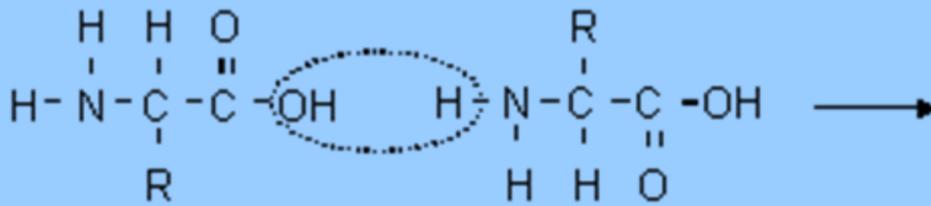


Dopa
(3,4-dihydroxyphenylalanine)



Aminoácidos





Enlace Peptídico

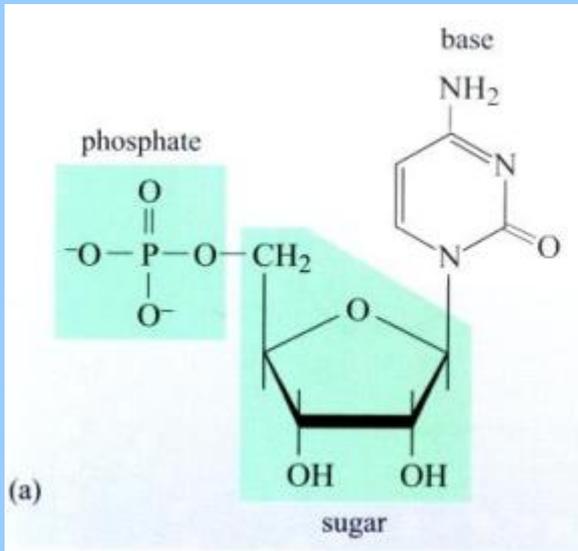
Polipéptidos



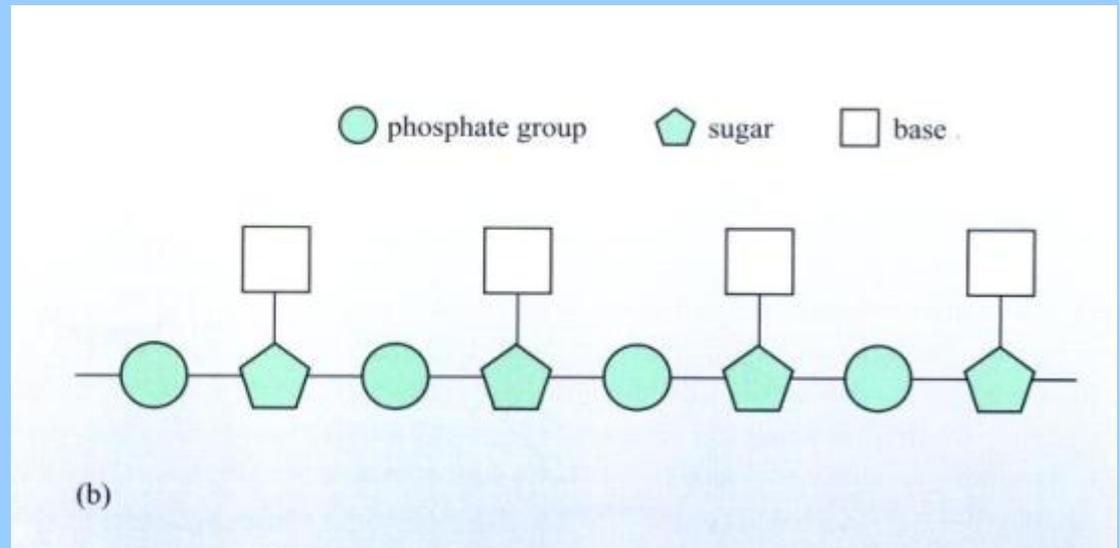
Proteínas

Nucleotido

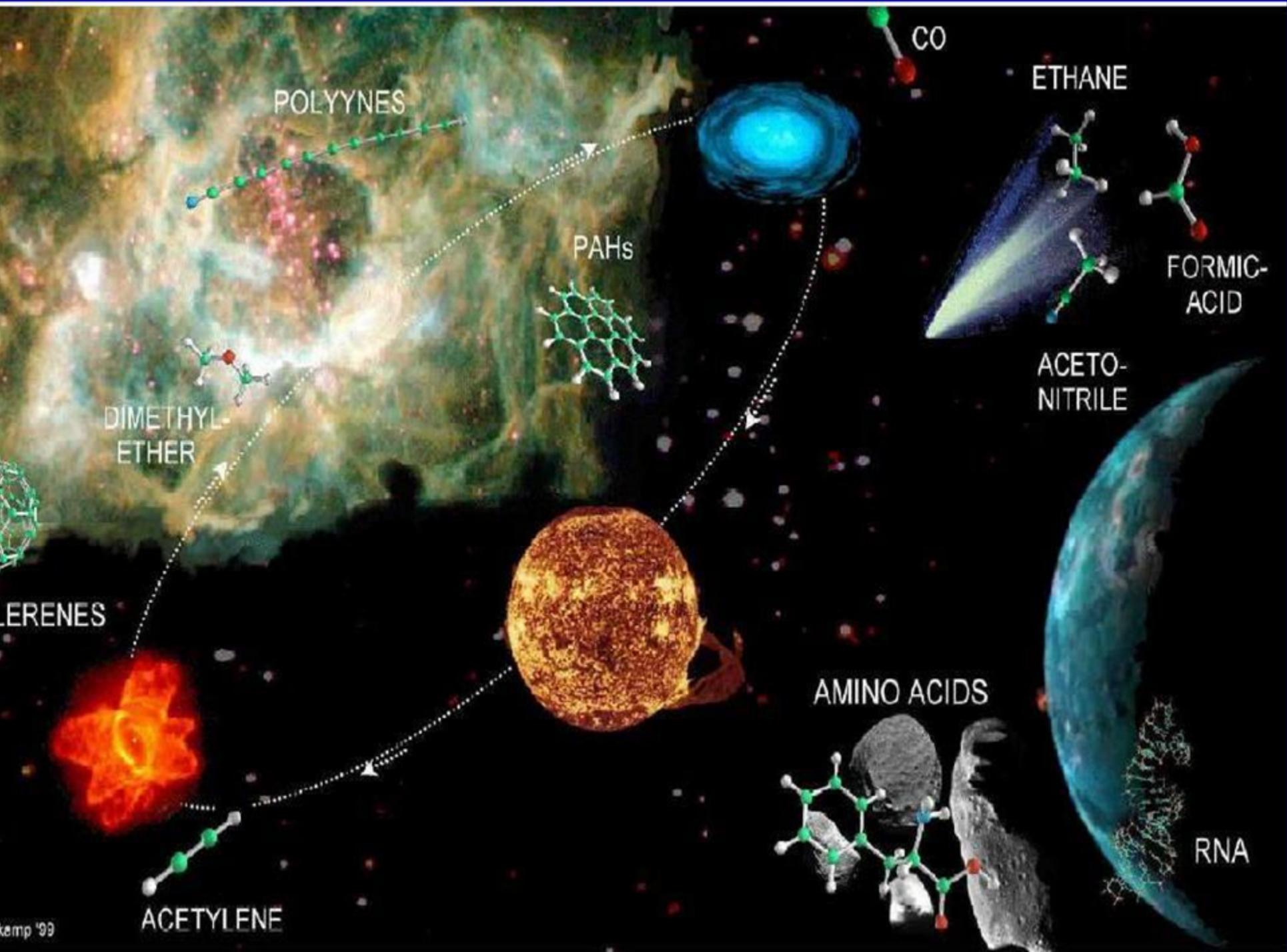
- **Azúcar**
- **Grupo Fosfato**
- **Base Nitrogenada**



Acido Nucleico

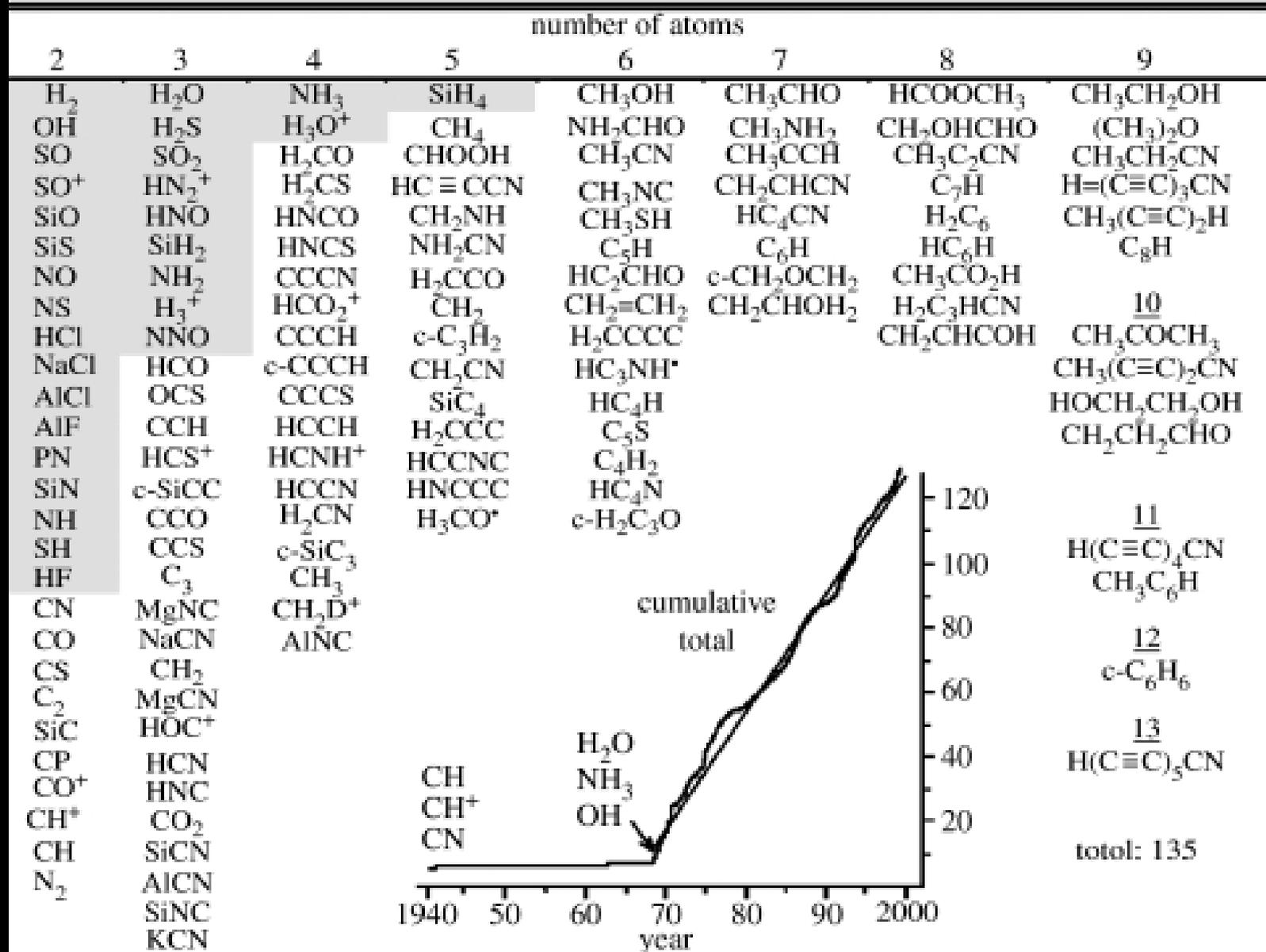


Formación de Moléculas en el ISM



Moléculas Observadas

known interstellar and circumstellar molecules (Jan 2006)



Moléculas Observadas

Table 1.3 The molecules detected in interstellar space and in circumstellar envelopes. Note: D is deuterium, a form of hydrogen.

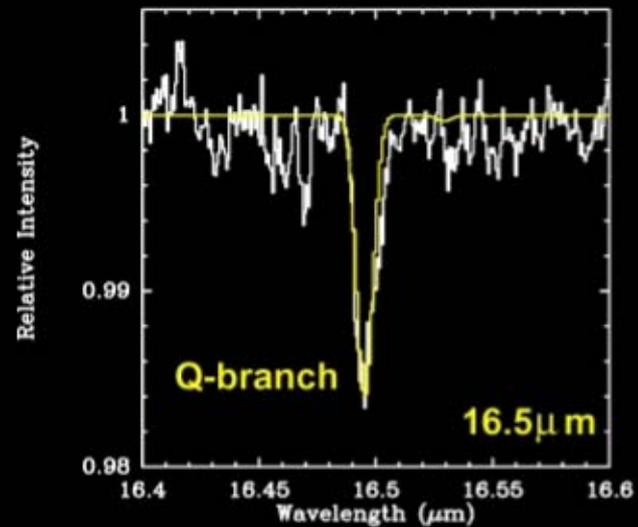
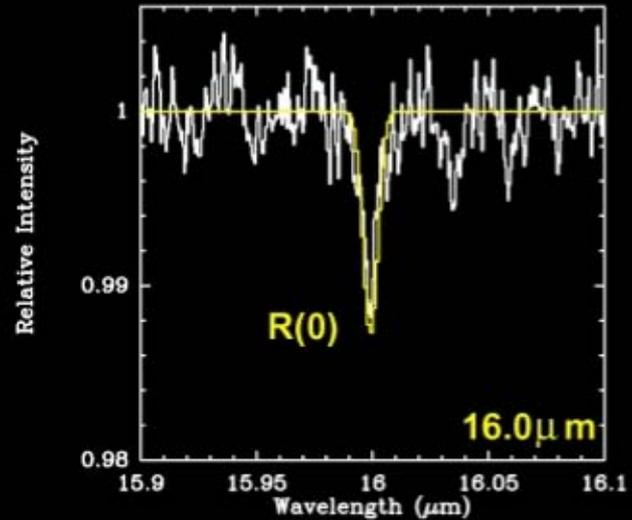
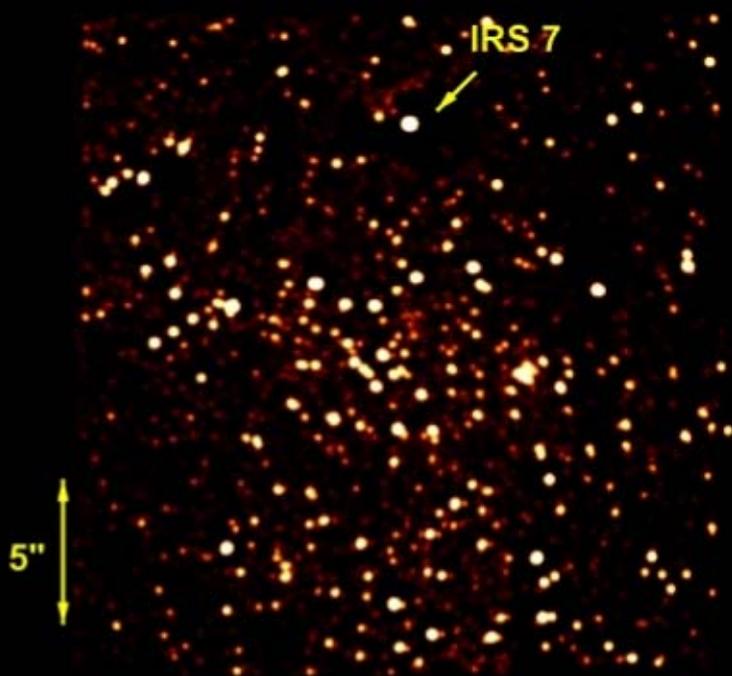
hydrogen species					
H ₂	HD	H ₃ ⁺	H ₂ D ⁺		
hydrogen and carbon compounds					
CH	CH ⁺	C ₂	CH ₂	C ₂ H	C ₃
CH ₃	C ₂ H ₂	C ₃ H (lin)	C ₃ H (circ)	CH ₄	C ₃ H ₂ (circ)
H ₂ CCC (lin)	C ₄ H	C ₅	C ₂ H ₄	C ₅ H	H ₂ C ₄ (lin)
CH ₃ C ₂ H	C ₆ H	H ₂ C ₆	C ₇ H	CH ₃ C ₄ H	C ₈ H
hydrogen, carbon and oxygen compounds					
OH	CO	CO ⁺	H ₂ O	HCO	HCO ⁺
HOC ⁺	C ₂ O	CO ₂	H ₃ O ⁺	HOCO ⁺	H ₂ CO
C ₃ O	CH ₂ CO	HCOOH	H ₂ COH ⁺	CH ₃ OH	HC ₂ CHO
C ₅ O	CH ₃ CHO	C ₂ H ₄ O (circ)	CH ₃ OCHO	CH ₂ OHCHO	CH ₃ COOH
CH ₃ OCH ₃	CH ₃ CH ₂ OH	(CH ₃) ₂ CO			
hydrogen, carbon and nitrogen compounds					
NH	CN	NH ₂	HCN	HNC	N ₂ H ⁺
NH ₃	HCNH ⁺	H ₂ CN	HCCN	C ₃ N	CH ₂ CN
CH ₂ NH	HC ₂ CN	HC ₂ NC	NH ₂ CN	C ₃ NH	CH ₃ CN
CH ₃ NC	HC ₃ NH ⁺	C ₅ N	CH ₃ NH ₂	CH ₂ CHCN	HC ₅ N
CH ₃ C ₃ N	CH ₃ CH ₂ CN	HC ₇ N	CH ₃ C ₅ N	HC ₉ N	HC ₁₁ N
hydrogen, carbon (possibly), nitrogen and oxygen compounds					
NO	HNO	N ₂ O	HNCO	NH ₂ CHO	
other species					
SH	CS	SO	SO ⁺	NS	SiH
SiC	SiN	SiO	SiS	HCl	NaCl
AlCl	KCl	HF	AlF	CP	PN
H ₂ S	C ₂ S	SO ₂	OCS	HCS ⁺	SiC ₂ (circ)
NaCN	MgCN	MgNC	H ₂ CS	HNCS	C ₃ S
HSiC ₂	SiC ₃	SiH ₄	SiC ₄	CH ₃ SH	C ₅ S

Note: (circ) denotes circular molecules and (lin) denotes linear molecules.

SWS Detection of Interstellar CH₃



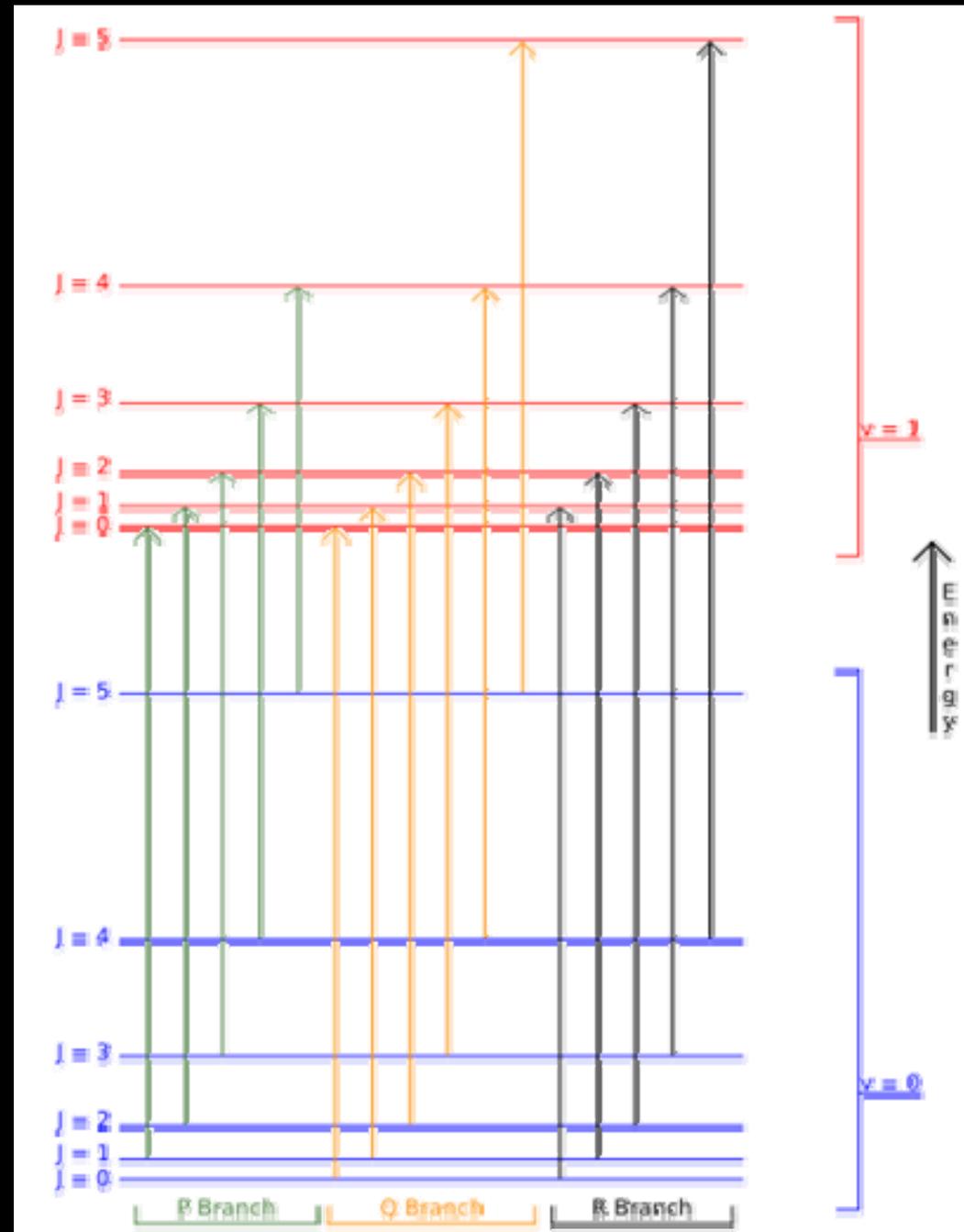
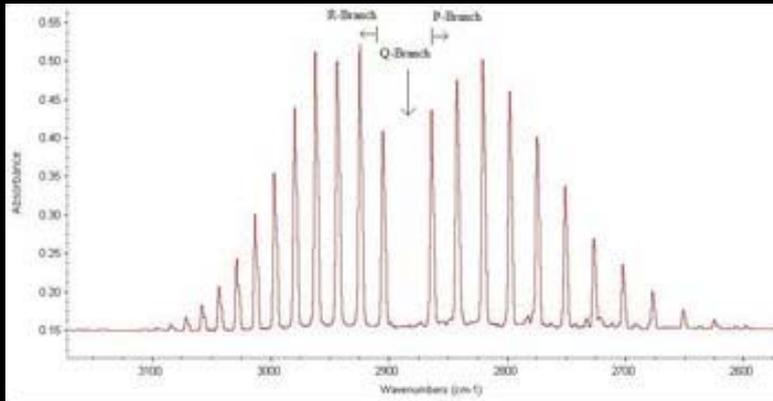
Galactic Center 2 μm



Feuchtgruber, Helmich, van Dishoeck & Wright 2000

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

Espectro Rotación-Vibración



H_2 No se forma en fase gas por asociación radiativa de dos átomos neutros

Se requiere un tercer cuerpo

Granos Interstelares

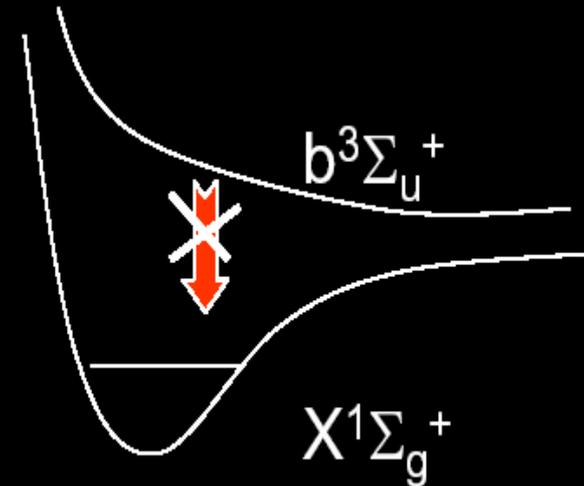
actúan como

Catalizadores

Formación de Hidrógeno Molecular

■ Rutas de formación fase-Gas

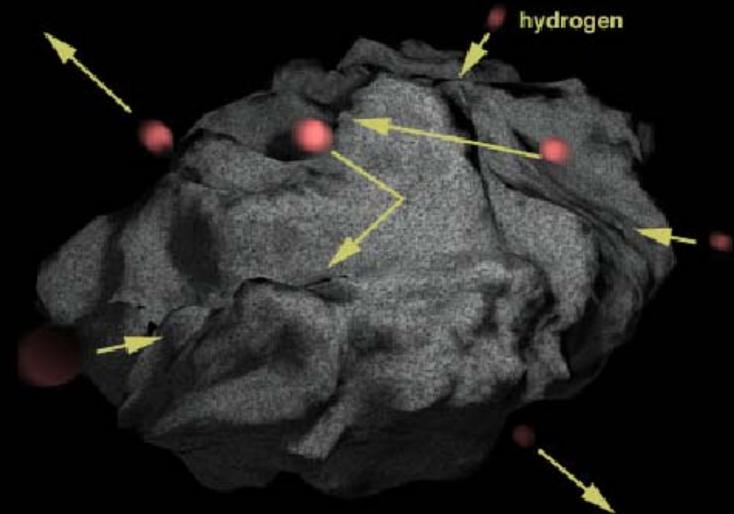
- $H+H \rightarrow H_2 + h\nu$
- $H + e \rightarrow H^- + h\nu$ $H^- + H \rightarrow H_2 + e$
 - $H^- + M^+ \rightarrow H + M$ $H^- + h\nu \rightarrow H + e$
- $H + H^+ \rightarrow H_2^+ + h\nu$ $H_2^+ + H \rightarrow H_2 + H^+$



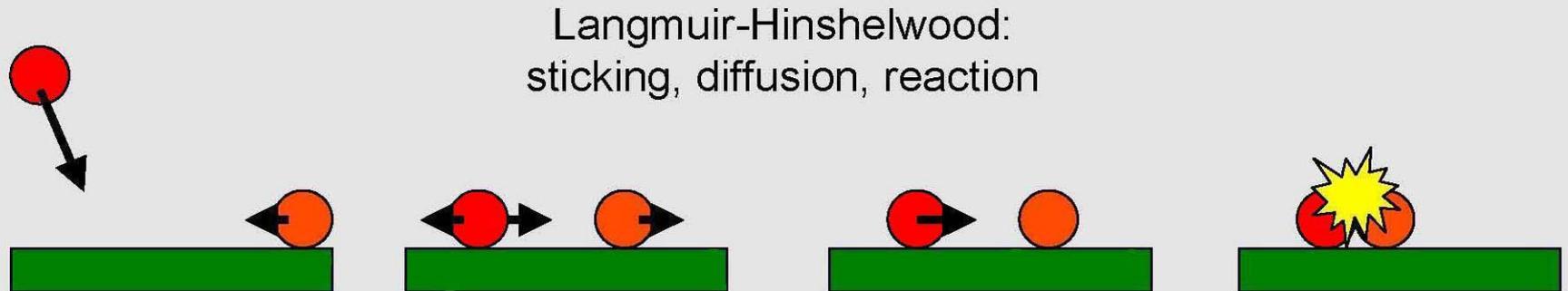
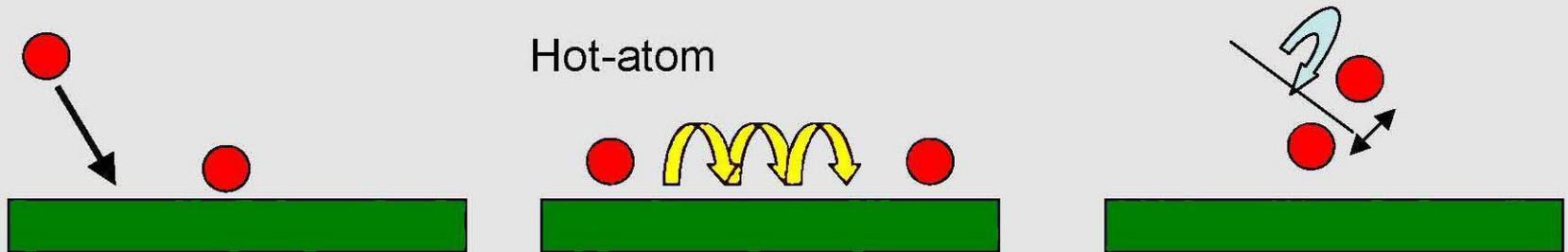
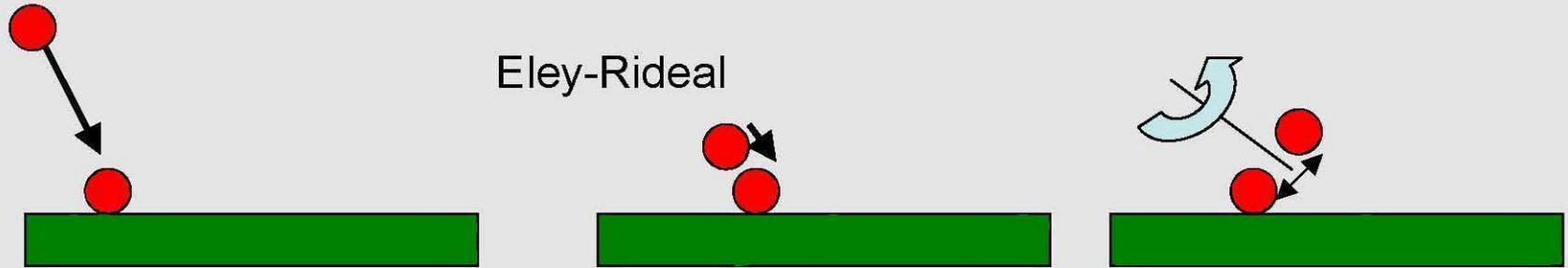
Mecanismo más eficiente



- Silicatos (olivina)
- Carbón
- Hielo



Mechanisms of reaction





Mecanismos de Adsorción

Mecanismo de Langmuir-Hinshelwood:

1. Adsorción desde la fase gaseosa
2. Disociación de moléculas en la superficie
3. Reacción entre moléculas adsorbidas
4. Desorción hacia la fase gaseosa



Mecanismos de Adsorción

Mecanismo de Eley-Rideal:

1. Adsorción desde la fase gaseosa
2. Disociación de moléculas en la superficie
3. Reacción entre moléculas adsorbidas
4. Reacción entre moléculas en la fase gaseosa y moléculas adsorbidas
5. Desorción hacia la fase gaseosa

(Esta última etapa no ocurre en un mecanismo Langmuir-Hinshelwood)

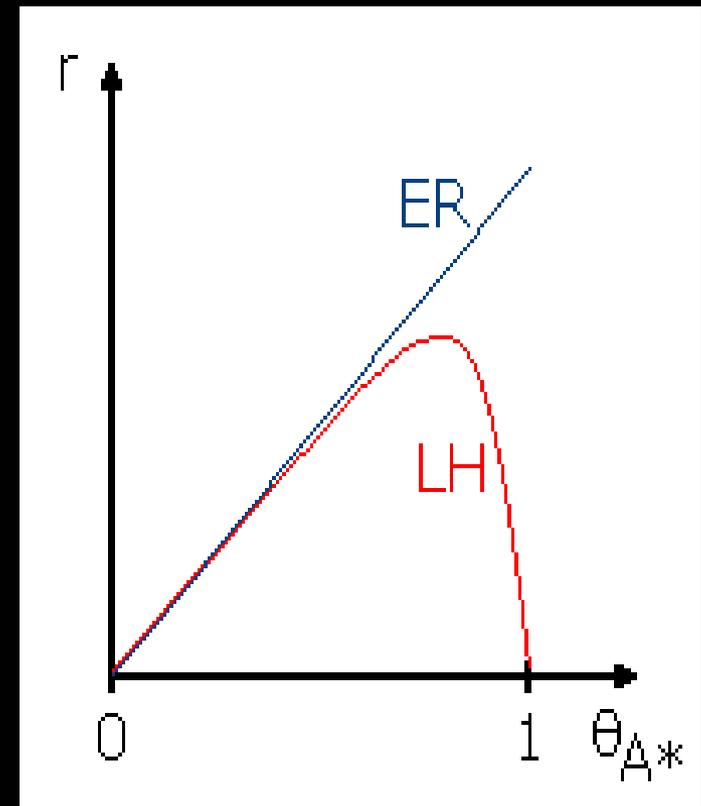
¿Eley-Rideal o Langmuir-Hinshelwood?

Mecanismo de Eley-Rideal:

La velocidad aumenta con el aumento de la superficie cubierta hasta que la superficie está completamente cubierta de átomos.

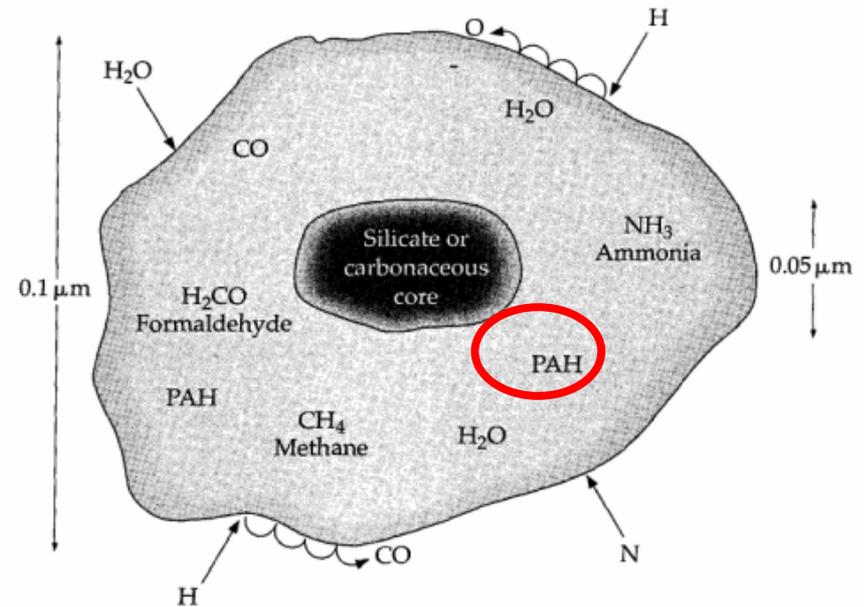
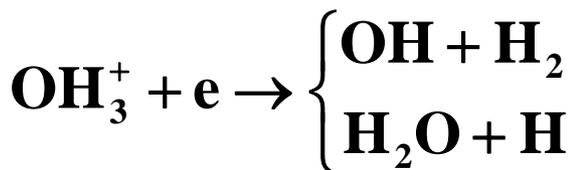
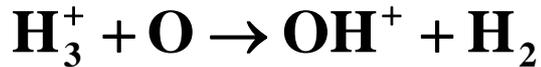
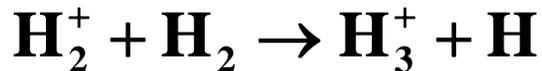
Langmuir-Hinshelwood:

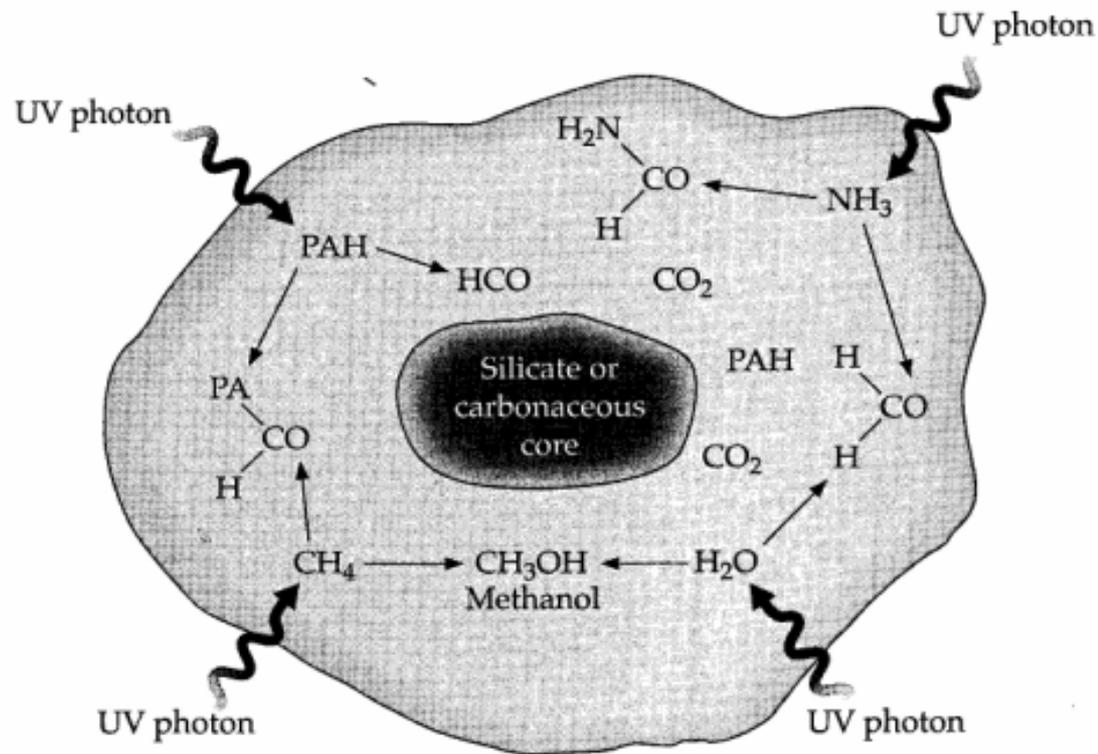
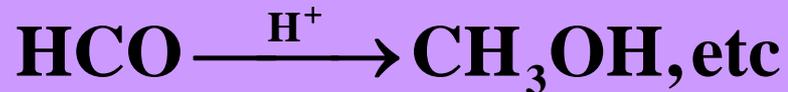
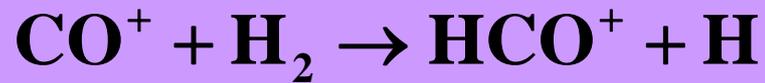
La velocidad llega a un máximo y termina en cero cuando la superficie está completamente cubierta de átomos.



Formación de Moléculas Simples

- La química Interstelar comienza con la formación de granos de polvo



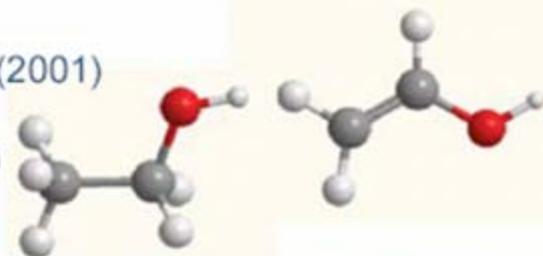


Variedad de Moléculas Orgánicas complejas encontradas en el ISM

alcohols

vinylalcohol Turner et al., ApJ 561 (2001)

ethanol Miller et al., A&A 205 (1988)

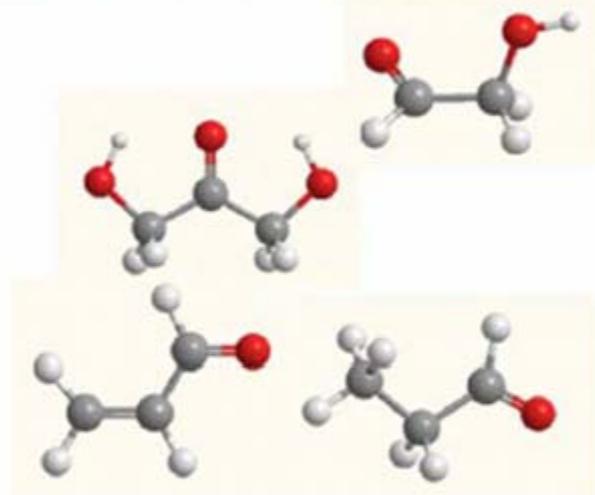


sugars & aldehydes

glycolaldehyde
Hollis et al., ApJ. 540 (2000)

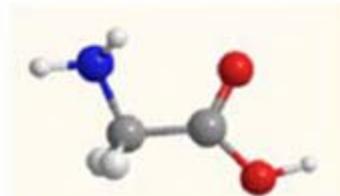
1,3-dihydroxyacetone
Widicus et al., ApJ 624 (2005)

propenal & propanal
Hollis et al., ApJ 610 (2004)



amino acid

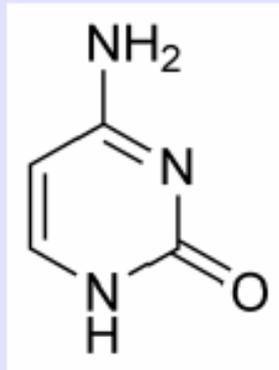
glycine (?)
Kuan et al., ApJ 593 (2003)
Snyder et al., ApJ 619 (2005)



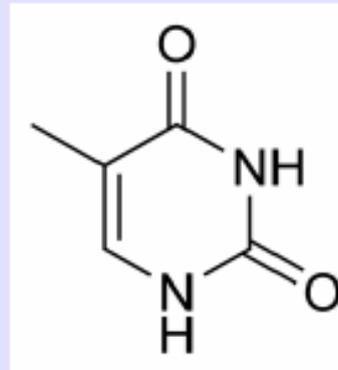
Bases Nucleicas

pyrimidines:

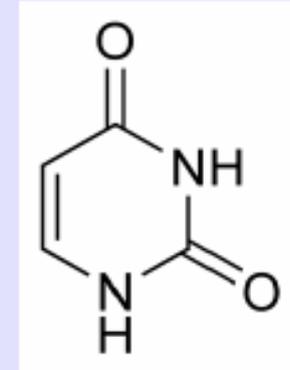
cytosine



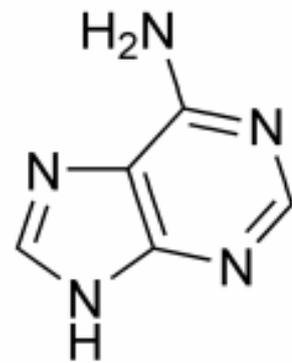
thymine



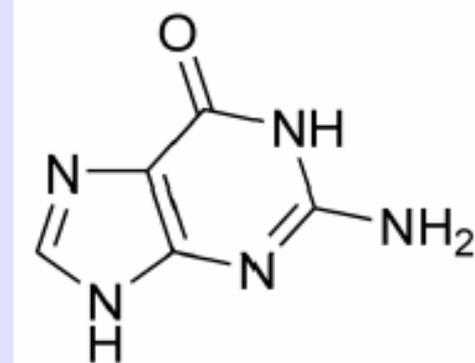
uracil



purines:



adenine



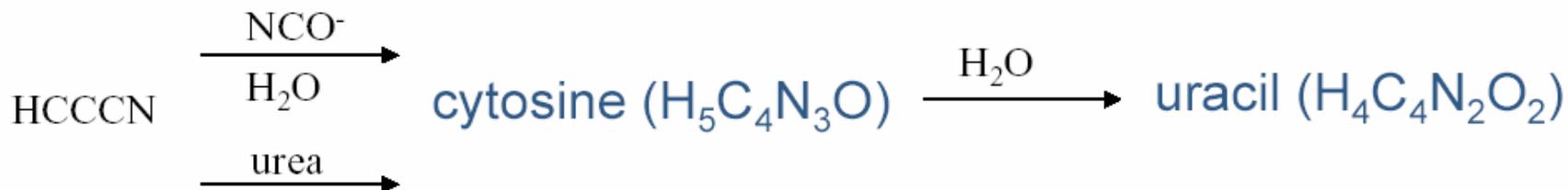
guanine

Polimerización de HCN forma Bases Purínicas

(e.g. Ferris et al., Tetrahedron 40, 1093-1120 (1984))

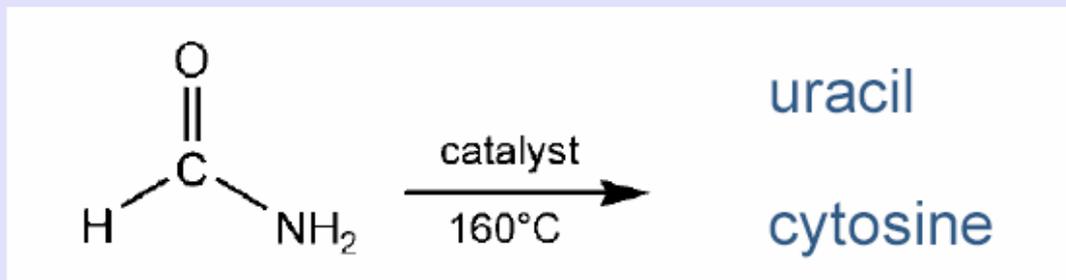


(e.g. Saladino et al., Top. Cur. Chem. 259, 29-68 (2005))



Procesos catalíticos de formamida en polvo interestelar forma preferentemente pirimidinas

Saladino et al., ChemBioChem 6, 1368-1374 (2005)



- adenine, guanine and uracil were found in the Murchison and Orgueil meteorites

Stoks et al., *Geoch. et Cosmoch. Acta* 45, 563-569 (1981);
Stoks et al. *Nature* 282, 709-710 (1979)

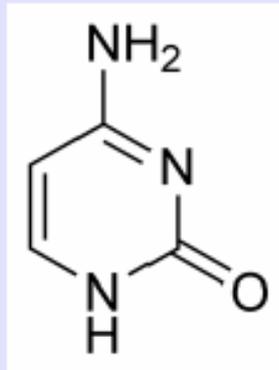


large fragment of Orgueil meteorite

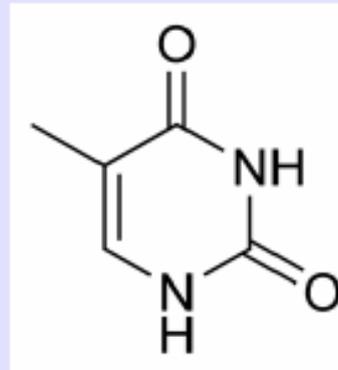
Bases Nucleicas

pyrimidines:

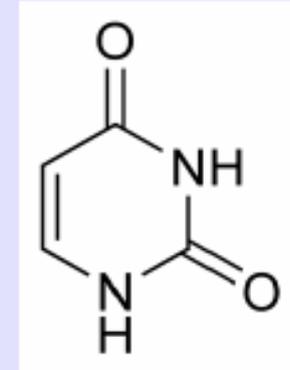
cytosine



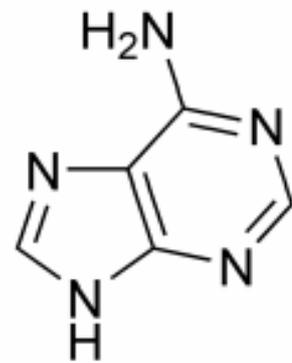
thymine



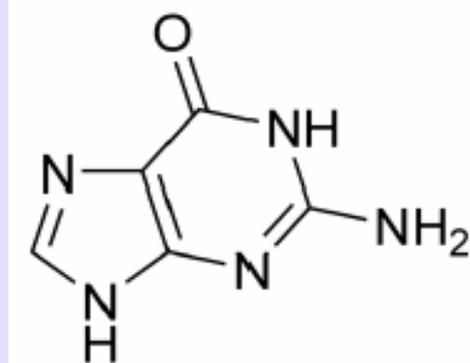
uracil



purines:

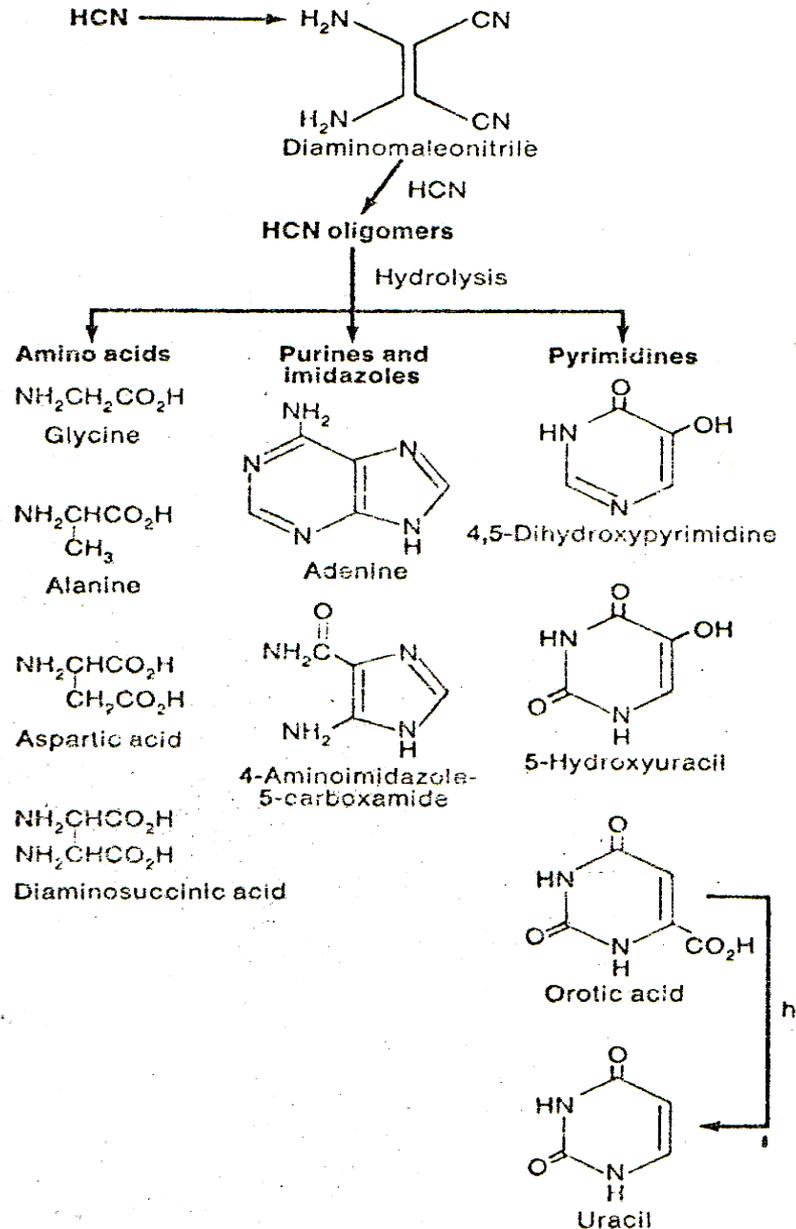


adenine



guanine

HCN oligomers hydrolyze to amino acids, purines, and pyrimidines

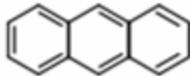
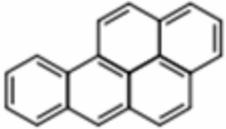
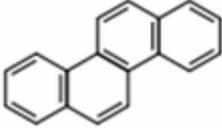
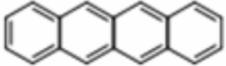
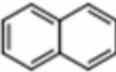
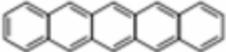
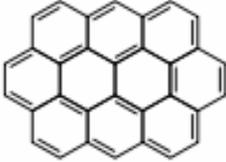


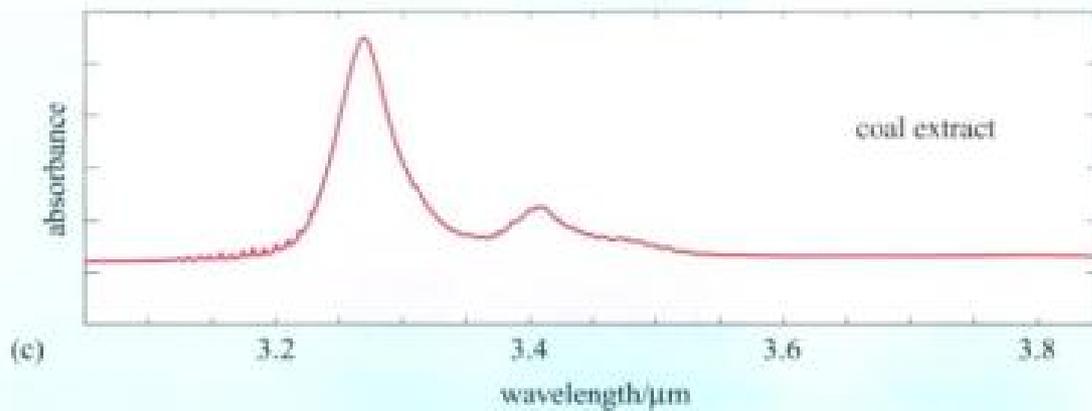
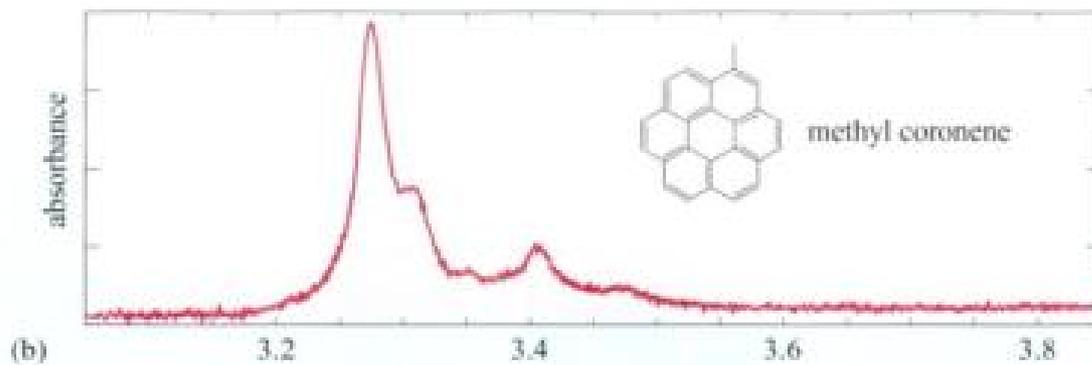
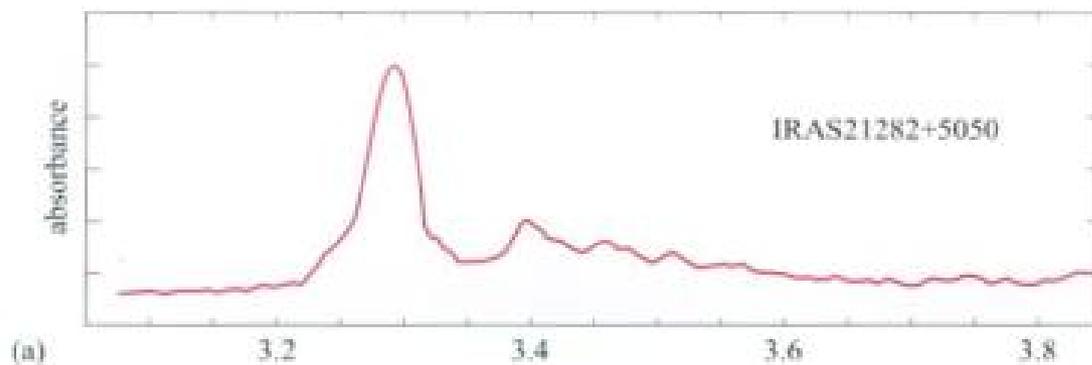
Cianuro de hidrógeno (HCN) como fuente de Síntesis Prebiótica

Polímeros de HCN pueden estar presentes en diferentes cuerpos del sistema solar externo (cometas, Titán)

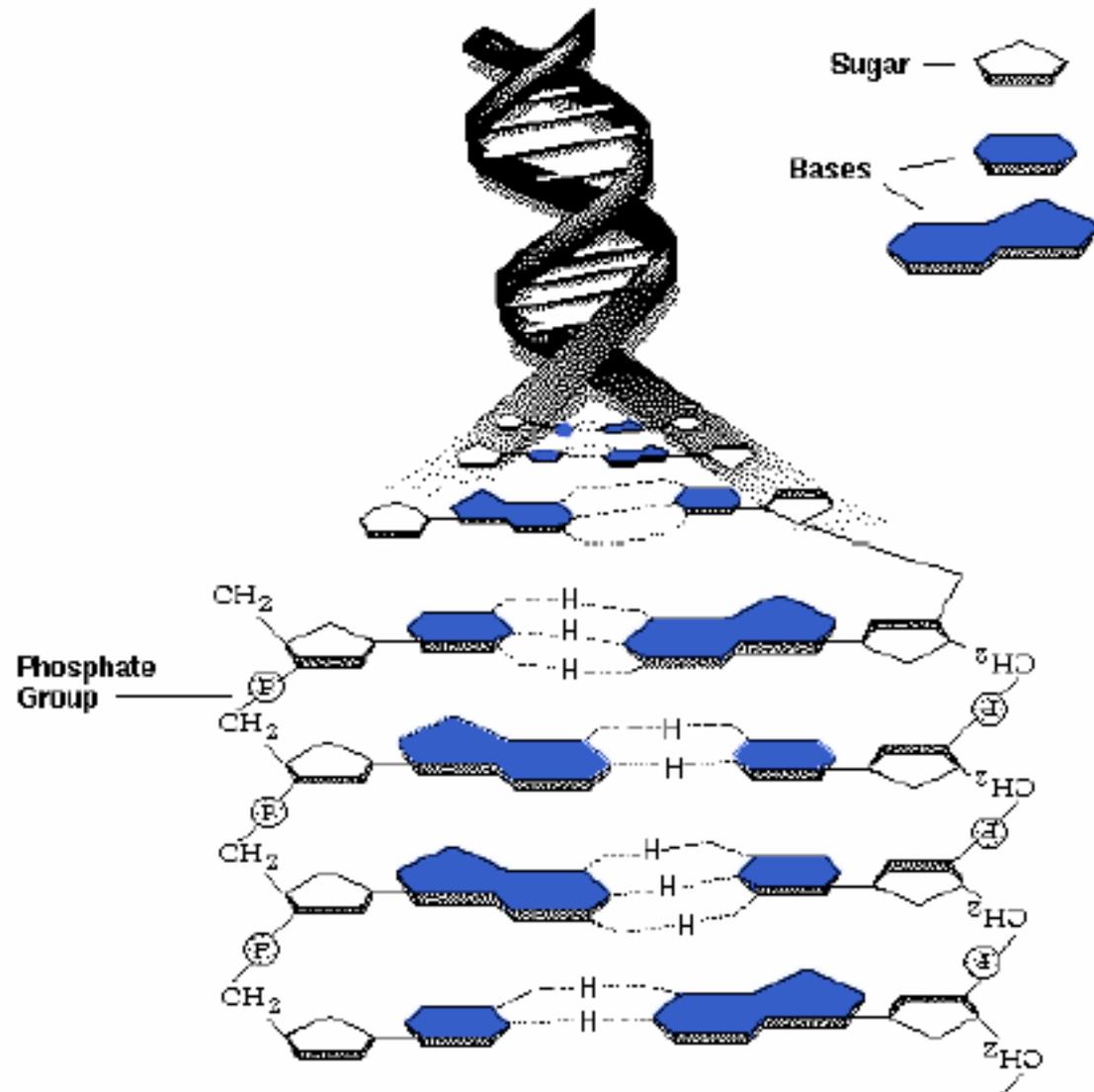
- Polímeros de HCN depositados por cometas podrían haber establecido la vida basada en proteínas y ácidos nucleicos en la Tierra
- Es un precursor químico para purinas y pirimidinas, fuentes para síntesis prebiótica

PAHs

<u>Antraceneo</u>		<u>Benzopireno</u>	
<u>Criseno</u>		<u>Coroneneo</u>	
<u>Coranuleno</u>		<u>Naftaceno</u>	
<u>Naftaleneo</u>		<u>Pentaceneo</u>	
<u>Fenantreno</u>		<u>Pireno</u>	
<u>Trifenileno</u>		<u>Ovaleno</u>	



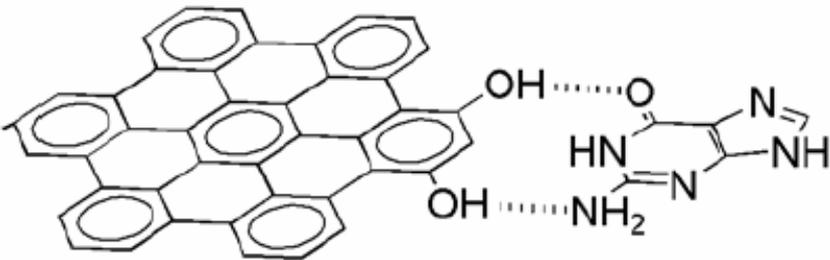
Nucleobases - building blocks de ADN



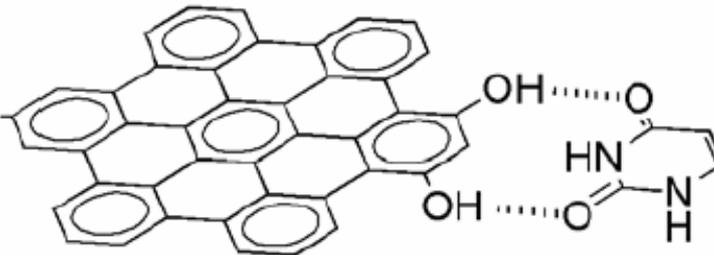
PAHs y moléculas prebióticas



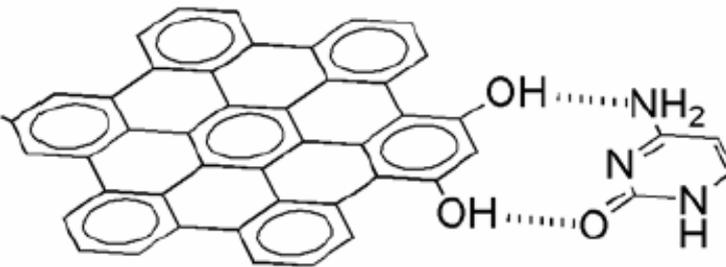
GCG



(HCHO)_n



(HCHO)_n



Fin

■ **Decaimiento Beta y las Interacciones Débiles.**

En 1957 Lee y Yang⁷ propusieron la violación de la paridad (existe una diferencia en la probabilidad de que ocurra un proceso con respecto a su imagen en el espejo).

Este fenómeno fue descubierto en la fuerza nuclear débil, el cuarto tipo de fuerza, que existe en la naturaleza, además de la gravedad, el electromagnetismo y la fuerza nuclear fuerte. La fuerza nuclear débil esta asociada con el decaimiento beta, que es un paso importante en la conversión de hidrógeno (deuterón) a helio en el Sol. Un neutrón decae en un protón dentro de un núcleo atómico y la reacción es acompañada de la emisión de un electrón

(radiación beta) y una partícula llamada antineutrino. El spin del electrón siempre emerge con un movimiento en espiral a la izquierda y el del antineutrino con un movimiento en spin a la derecha; el fenómeno inverso nunca se ha observado en la naturaleza. Las partículas β emitidas de núcleos radiactivos tienen entonces una asimetría intrínseca, y se puede decir que la quiralidad existe a nivel de partículas elementales. De esta manera las partículas subatómicas emitidas durante el decaimiento β pueden interactuar de una manera asimétrica con los enantiómeros de un sustrato racémico, dando como resultado un compuesto quiral.

En soporte a esta hipótesis, experimentos en los cuales la mezcla inicialmente racémica de DL-leucina es, bombardeada con partículas quirales han mostrado excesos enantioméricos entre 0.7-1.4%. A pesar de este bajo enriquecimiento, este es uno de los pocos ejemplos confirmados de una síntesis asimétrica absoluta.