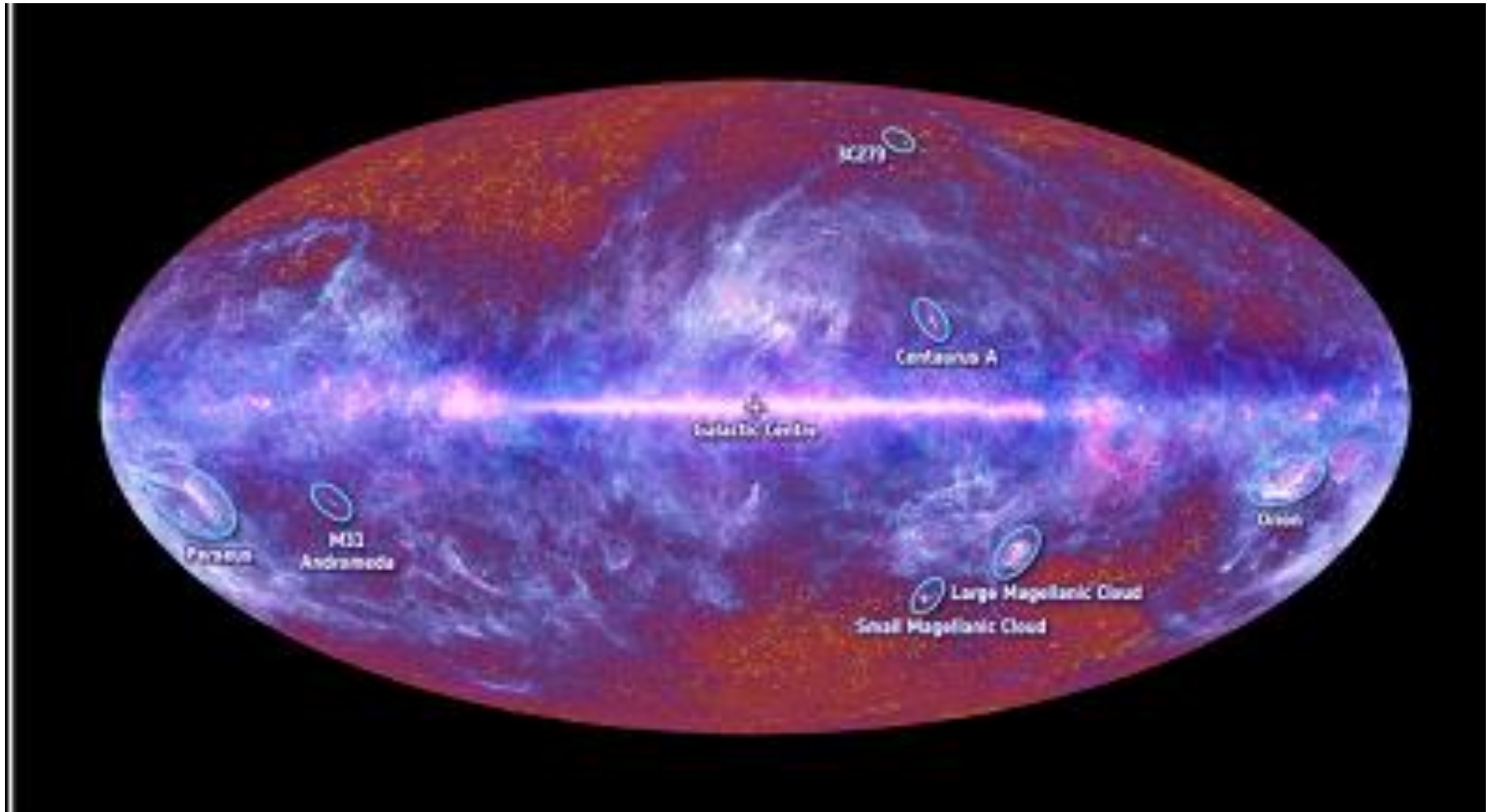




ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA CÉLULA

Norbel Galanti
Marzo 19, 2012

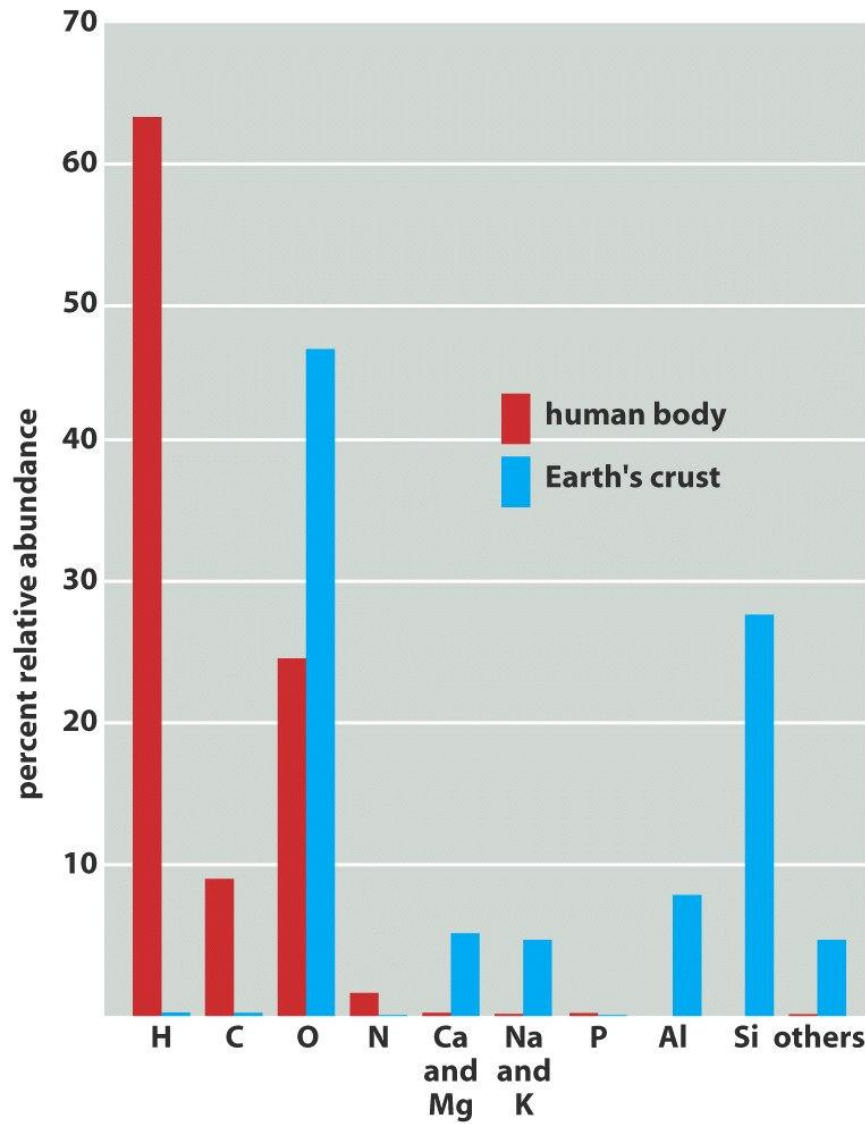
Una visión del Universo detectada por escaneo de microondas mediante la sonda Planck



SISTEMAS VIVOS

- **Cuerpos físicos**
- **Ocupamos un lugar en el espacio**
- **Estamos constituidos de materia**
- **Nos encontramos en el planeta Tierra**
- **Este planeta se ubica en el sistema solar**
- **El sistema solar se encuentra en la Vía Láctea (una de miles de millones de galaxias)**
- **La Vía Láctea forma parte del Universo**

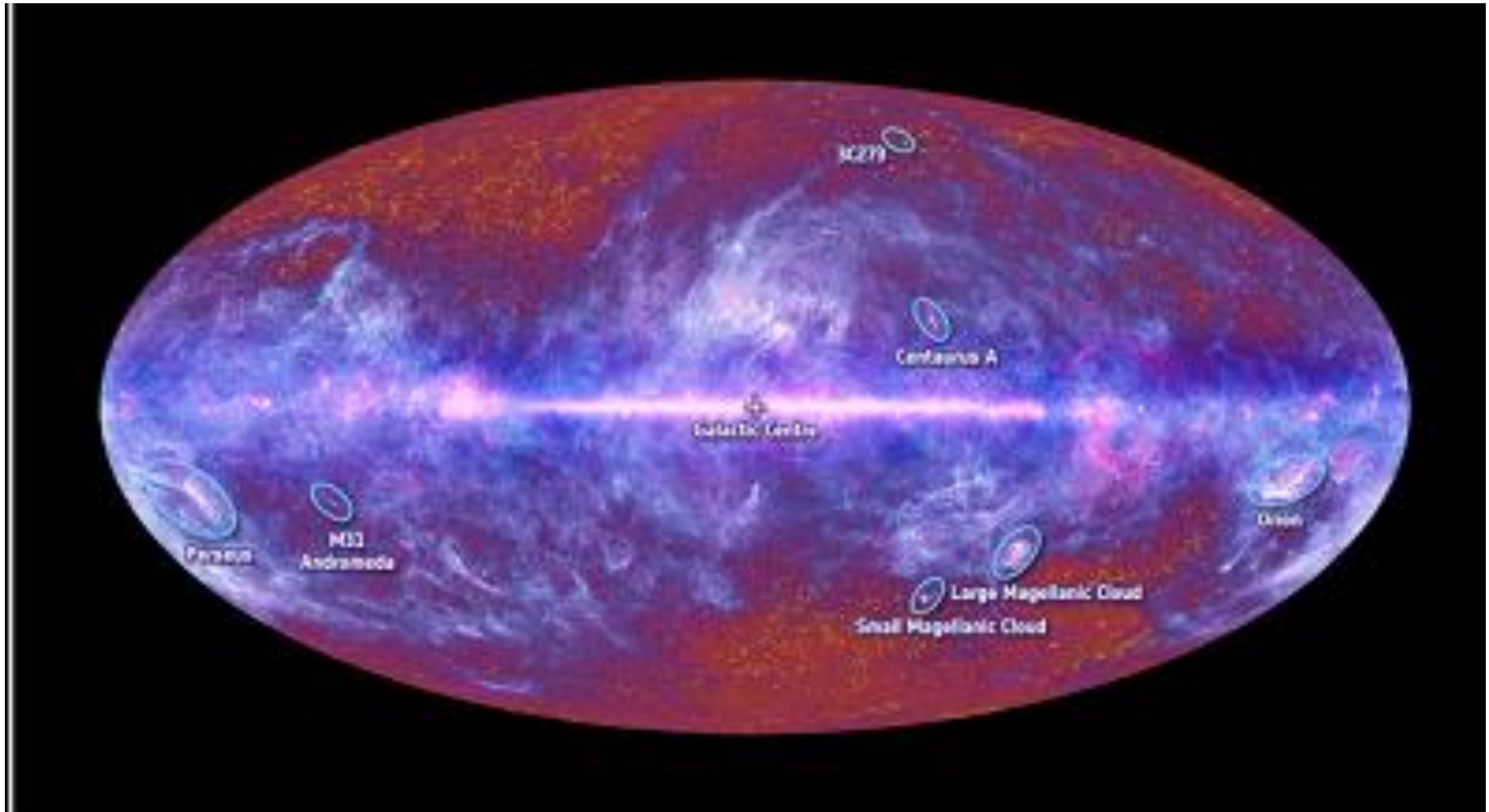
ABUNDANCIA RELATIVA DE ELEMENTOS QUÍMICOS EN LOS SISTEMAS VIVOS Y EN LA CORTEZA TERRESTRE



ABUNDANCIA RELATIVA DE ELEMENTOS QUÍMICOS EN LOS SISTEMAS VIVOS, EN LA CORTEZA TERRESTRE Y EN EL UNIVERSO

Elemento	Número atómico	Abundancia relativa en porcentaje de átomos		
		Universo	Corteza terrestre	Cuerpo humano
Hidrógeno	1	91		60
Carbono	6	0.91		11
Nitrógeno	7	0.42		2.4
Oxígeno	8	0.057	62.6	26
Sodio	11	0.00012	2.6	0.7
Magnesio	12	0.0023	1.8	0.01
Aluminio	13	0.00023	6.5	
Silicio	14	0.026	21.2	0.00091
Fósforo	15	0.00034		0.13
Azufre	16	0.0091		0.13
Cloro	17	0.00044		0.033
Potasio	19	0.000018	1.4	0.037
Calcio	20	0.00017	1.9	0.22
Hierro	26	0.047	1.9	0.00059

La abundancia relativa de elementos químicos en sistemas vivos es más parecida a la composición elemental del Universo que a la de la corteza terrestre



¿Cuál es nuestro origen?

- **Considerando que los sistemas vivos somos cuerpos físicos, sin duda provenimos del Universo y de la materia que lo constituye**
- **¿Cuál es la unidad de materia en el Universo?**
- **La unidad de la materia es el átomo. Básicamente, existen 92 átomos (elementos químicos). En los sistemas vivos los más abundantes son C, H, O y N.**
- **¿Qué fuerzas organizaron los átomos en moléculas? Los enlaces químicos.**
- **Consecuencia: Los sistemas vivos somos sistemas químicos organizados por interacciones químicas y que funcionan en base a energía química.**

**¿POR QUÉ C, H, O y N? ORDENAMIENTO DE ELEMENTOS
POR SU NÚMERO ATÓMICO (TABLA PERIÓDICA)
MUESTRA QUE SON MUY LIVIANOS**

atomic number																		
1																	He	
H																	Ne	
atomic weight																		
1																	Ne	
Li	Be											5	6	7	8	9	Ne	
												B	C	N	O	F		
												11	12	14	16	19		
11	12												14	15	16	17	Ar	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		
23	24												28	31	32	35		
19	20			23	24	25	26	27	28	29	30					Kr		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		
39	40			51	52	55	56	59	59	64	65				79			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	Xe		
					42										53			
					96										127			
Cs	Ba	La		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac		Rf	Ha													

Figure 2-6 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

¿Por qué C, H, O y N son fundamentales en los sistemas vivos?

- La fuerza de unión de los átomos en un enlace covalente es inversamente proporcional a la masa de los elementos que participan en el enlace (enlaces muy estables)**
- C, H, O y N forman fácilmente enlaces covalentes. En consecuencia, dan origen a compuestos estables.**

Estabilidad: Necesidad de existencia de un cuerpo físico

- **Elementos que se organizan en compuestos más estables, como lo son el C, H, O y N, son seleccionados en la evolución de los sistemas vivos.**
- **Sólo compuestos estables pueden originar unidades estables, como los sistemas vivos, aunque éstos sean transientes.**
- **Pero, hay más...**

OBSERVACIÓN ADICIONAL

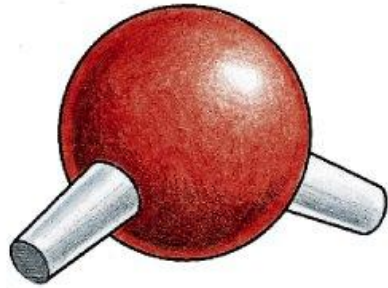
- **Todos los sistemas vivos están compuestos de proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos**
- **A su vez, estas moléculas y macromoléculas están construidas en base a C, H, O y N**
- **Este hecho explica también la abundancia de estos elementos en los sistemas vivos**

EN RESUMEN: C, H, O y N

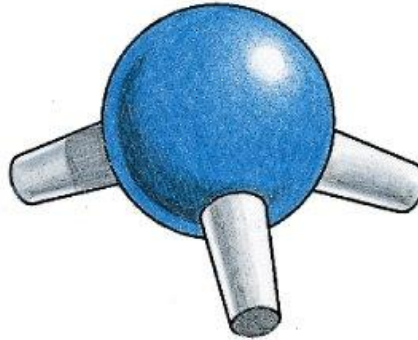
- **Son abundantes en el Universo**
- **Son livianos**
- **Forman enlaces covalentes estables**
- **Constituyen las cuatro moléculas fundamentales que se encuentran en todos los sistemas vivos**
- **H es monovalente, O es bivalente, N es trivalente (o penta) y C es tetravalente**

DISPOSICIÓN ESPACIAL DE ELECTRONES DE VALENCIA (GEOMETRÍA ESPACIAL DE ENLACES COVALENTES).

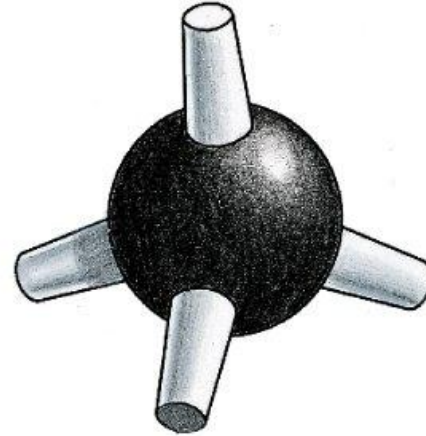
¿El origen de las formas?



— O —
oxygen



— N —
|
nitrogen

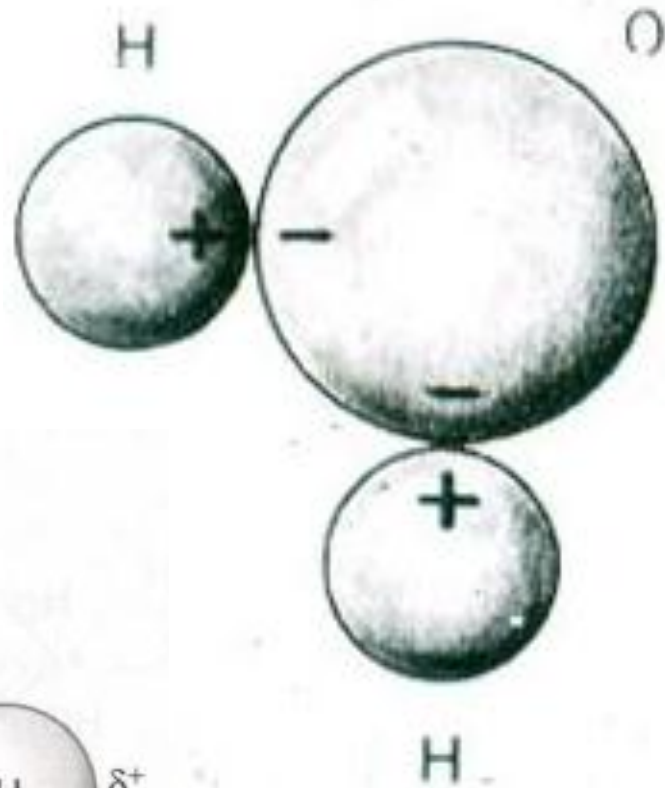
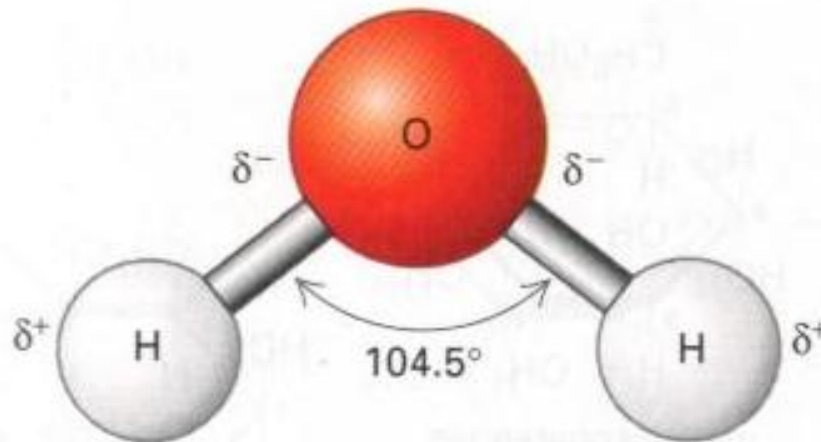


— C —
|
carbon

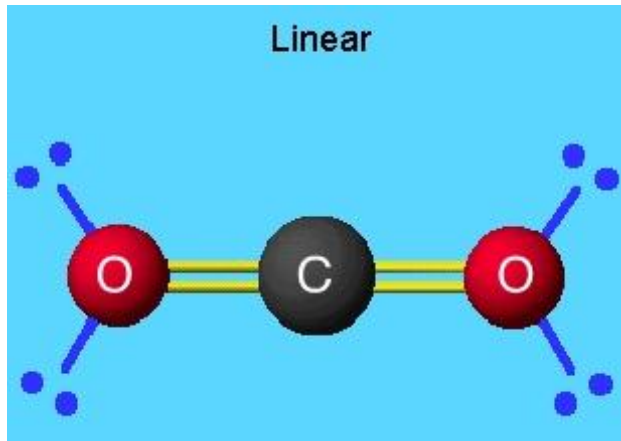
(A)

Enlaces covalentes

- Longitud
- Energía
- **Ángulo**

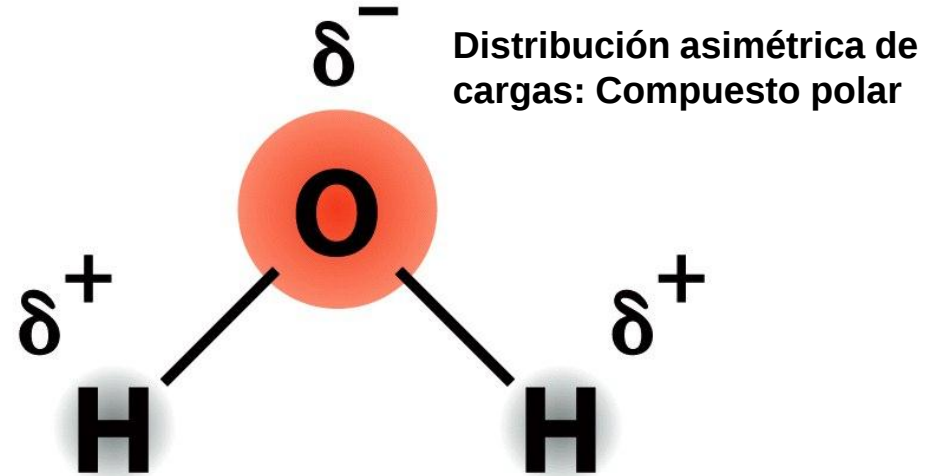


FORMAS Y POLARIDAD DE LAS MOLÉCULAS

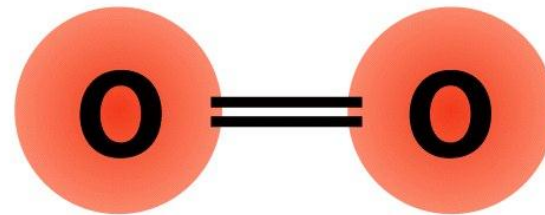


CO₂

Distribución simétrica de cargas:
Compuesto no polar

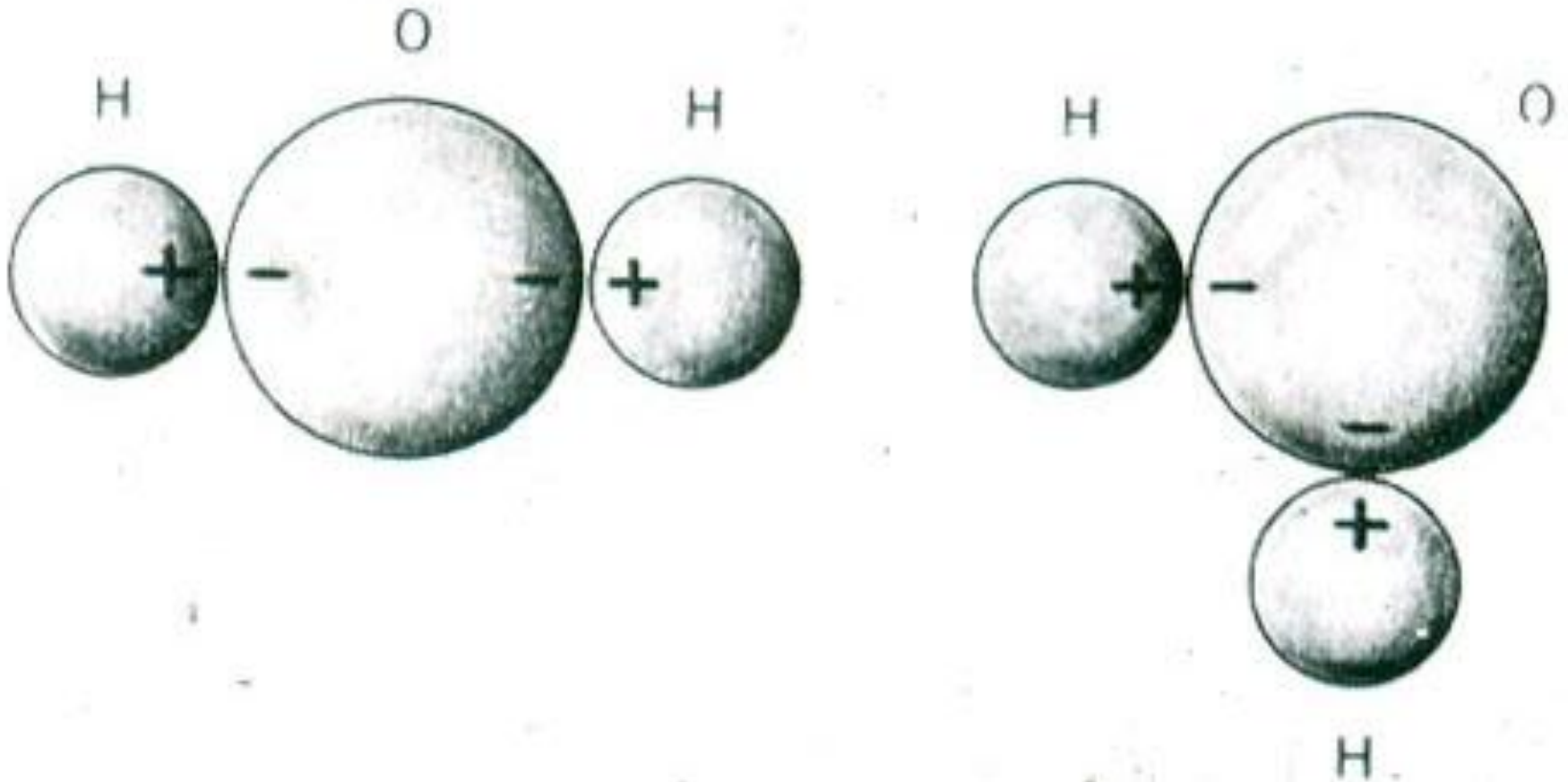


water

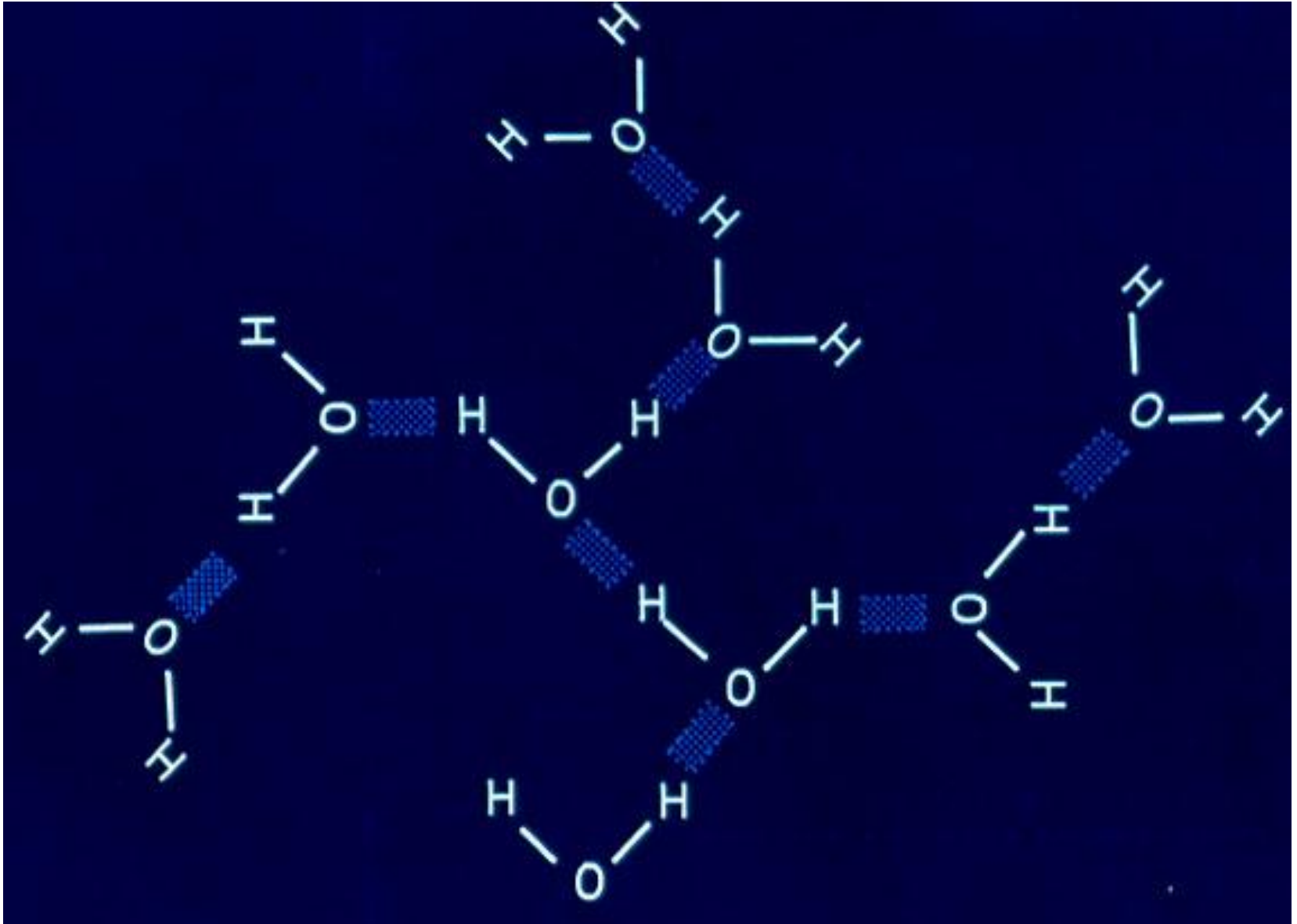


oxygen

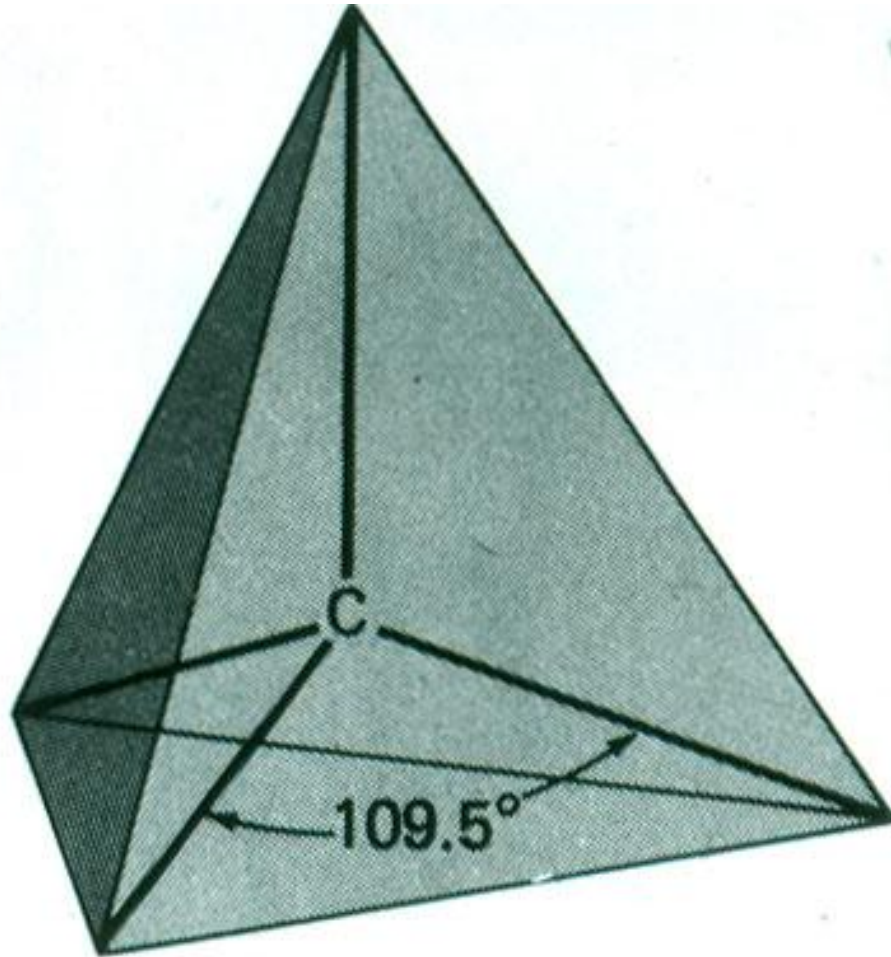
ESTRUCTURA DEL AGUA. IMPORTANCIA DE LA FORMA



ESTRUCTURA DEL AGUA. IMPORTANCIA DE LA FORMA: EL PUENTE H



EL ÁTOMO DE CARBONO

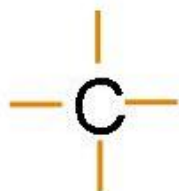


La distribución espacial de los electrones con los que forma enlaces entre sí y con otros átomos se disponen en ángulos y distancias del núcleo atómico que son específicas

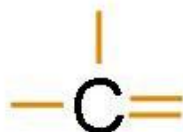
Enlaces posibles del carbono

• **El carbono** tiene cuatro electrones de valencia. Debido a esto formará 4 enlaces covalentes que podrán ser:

- Cuatro simples.
- Uno doble y dos simples.
- Dos dobles.
- Uno simple y uno triple.



Cuatro simples



Uno doble y dos simples

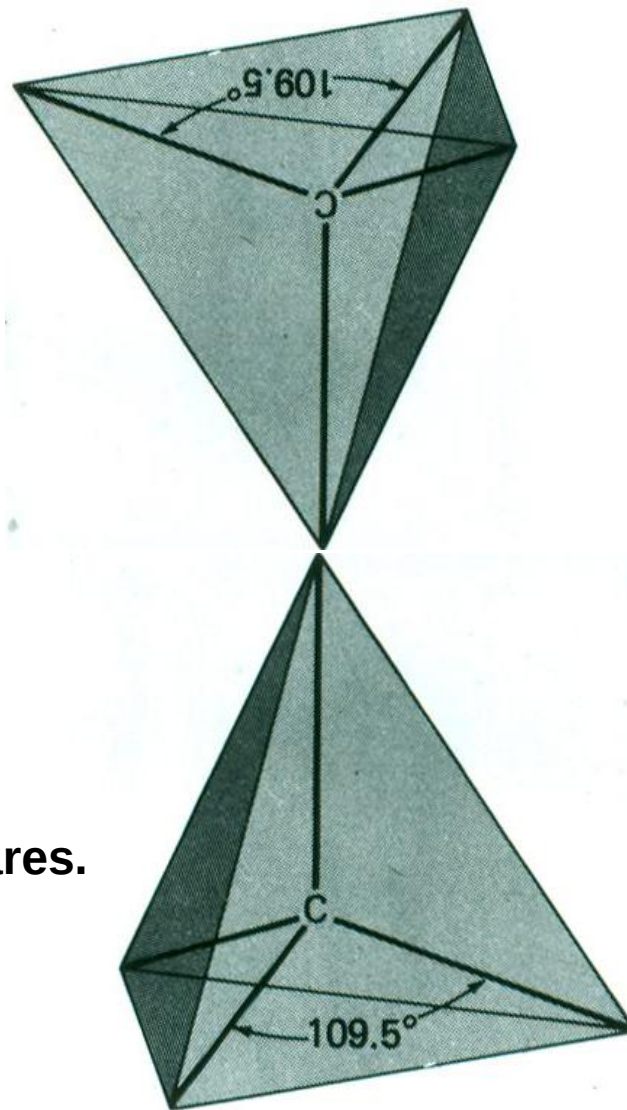
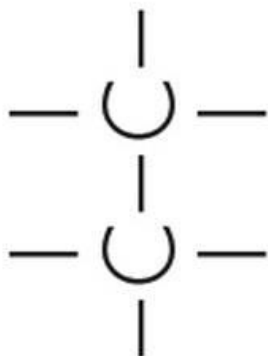


Dos dobles.



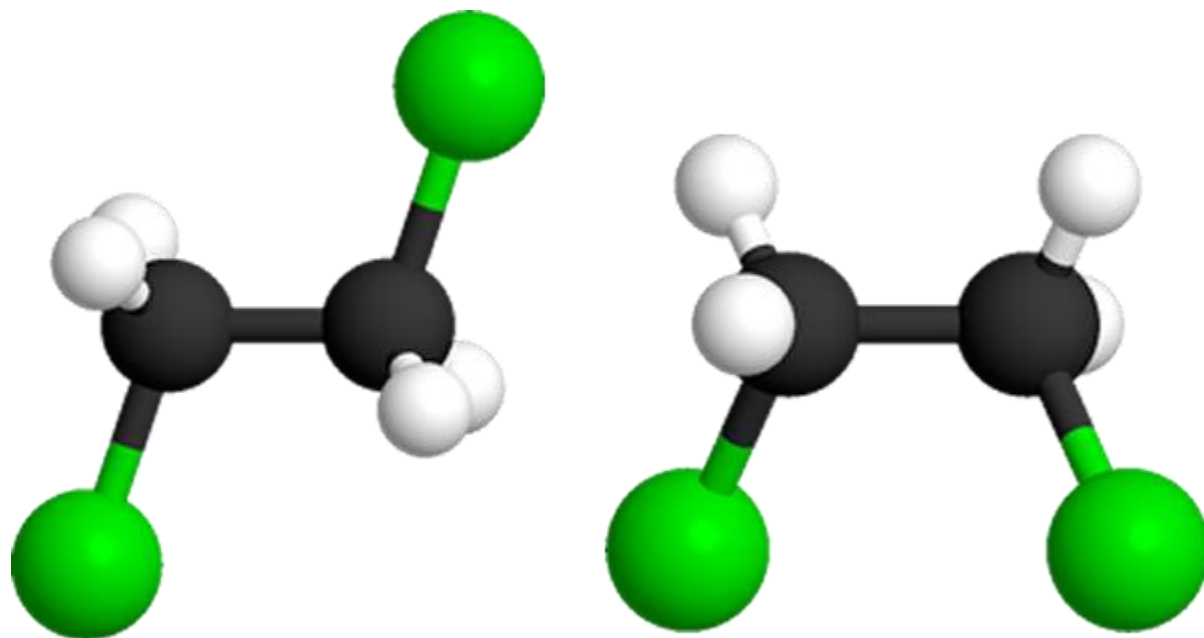
Uno triple y uno simple.

Enlace C—C simple

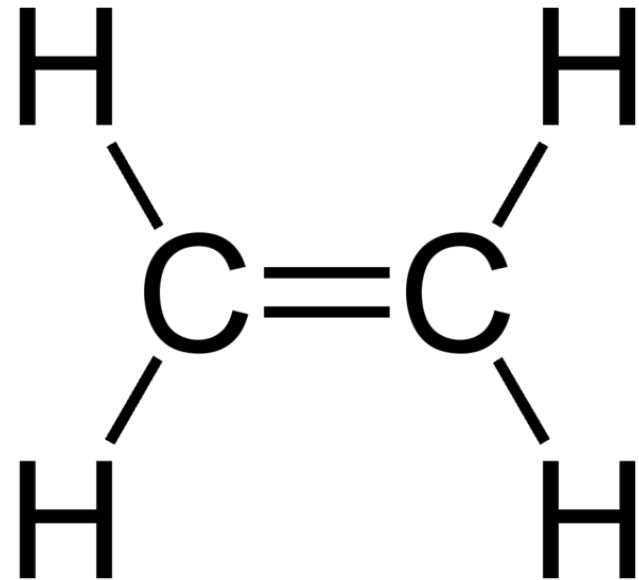
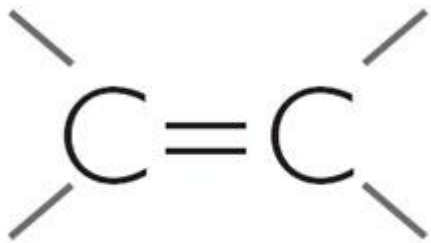


**Representación: Unión entre
vértices de tetrahedros regulares.
Movilidad amplia en el eje del
enlace.**

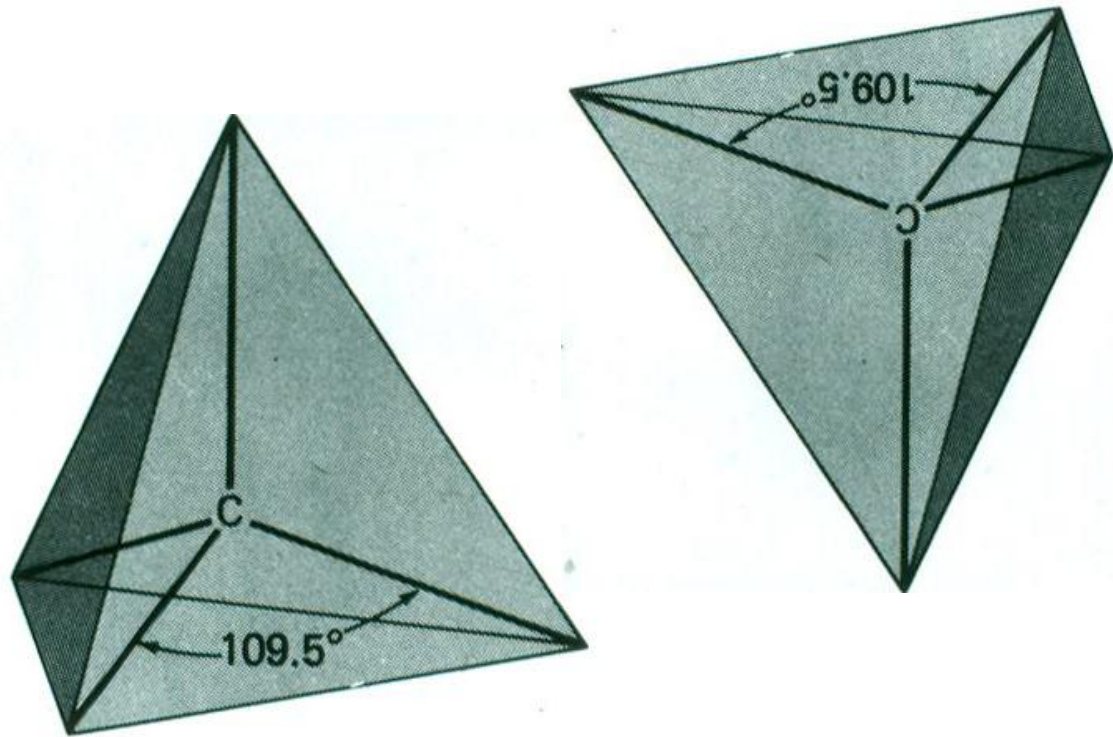
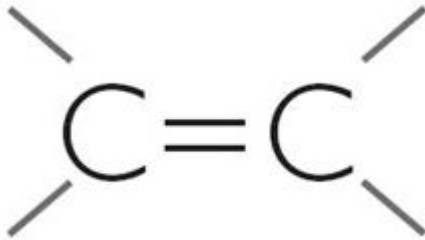
Rotación sobre eje C—C simple



Representación de la estructura del eteno

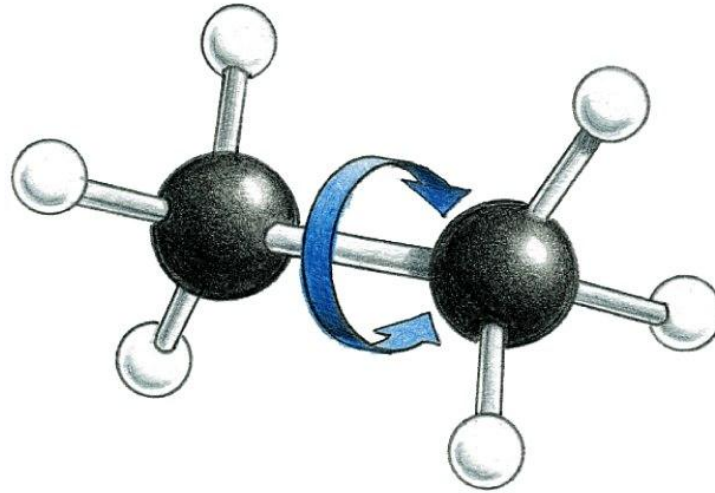


Enlace carbono carbono doble

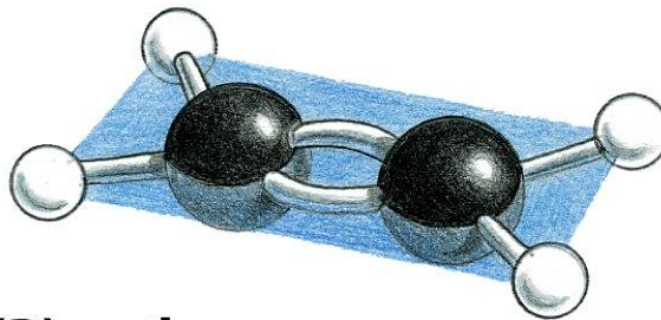


Representación: Unión entre aristas de tetrahedros regulares. Movilidad muy restringida

ENLACES CARBONO-CARBONO:SIMPLES Y DOBLES



(A) ethane



(B) ethene

Tipos de enlace entre carbonos

- **Enlaces simple C-C tienen rotación libre sobre el eje del enlace**
- **Enlaces dobles C-C se ubican en un plano y presentan movilidad en ese plano**
- **No existen enlaces triples C-C en la célula**
- **Enlaces C-C pueden formar largas cadenas que, teniendo en cuenta el ángulo de cada enlace, adquieren diversas formas**

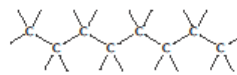
Átomos de C pueden formar largas cadenas unidos entre sí



Los átomos de carbono forman largas cadenas unidos entre sí y pueden formar anillos

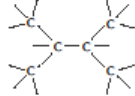
CARBON SKELETONS

Carbon has a unique role in the cell because of its ability to form strong covalent bonds with other carbon atoms. Thus carbon atoms can join to form chains.



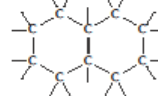
also written as

or branched trees



also written as

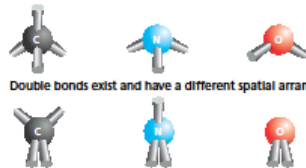
or rings



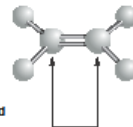
also written as

COVALENT BONDS

A covalent bond forms when two atoms come very close together and share one or more of their electrons. In a single bond one electron from each of the two atoms is shared; in a double bond a total of four electrons are shared. Each atom forms a fixed number of covalent bonds in a defined spatial arrangement. For example, carbon forms four single bonds arranged tetrahedrally, whereas nitrogen forms three single bonds and oxygen forms two single bonds arranged as shown below.



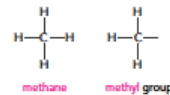
Double bonds exist and have a different spatial arrangement.



Atoms joined by two or more covalent bonds cannot rotate freely around the bond axis. This restriction is a major influence on the three-dimensional shape of many macromolecules.

HYDROCARBONS

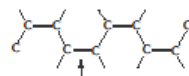
Carbon and hydrogen combine together to make stable compounds (or chemical groups) called hydrocarbons. These are nonpolar, do not form hydrogen bonds, and are generally insoluble in water.



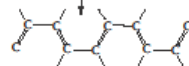
methane methyl group

ALTERNATING DOUBLE BONDS

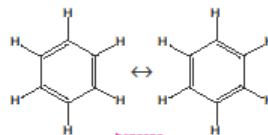
The carbon chain can include double bonds. If these are on alternate carbon atoms, the bonding electrons move within the molecule, stabilizing the structure by a phenomenon called resonance.



the truth is somewhere between these two structures

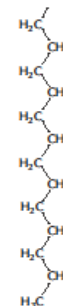


Alternating double bonds in a ring can generate a very stable structure.



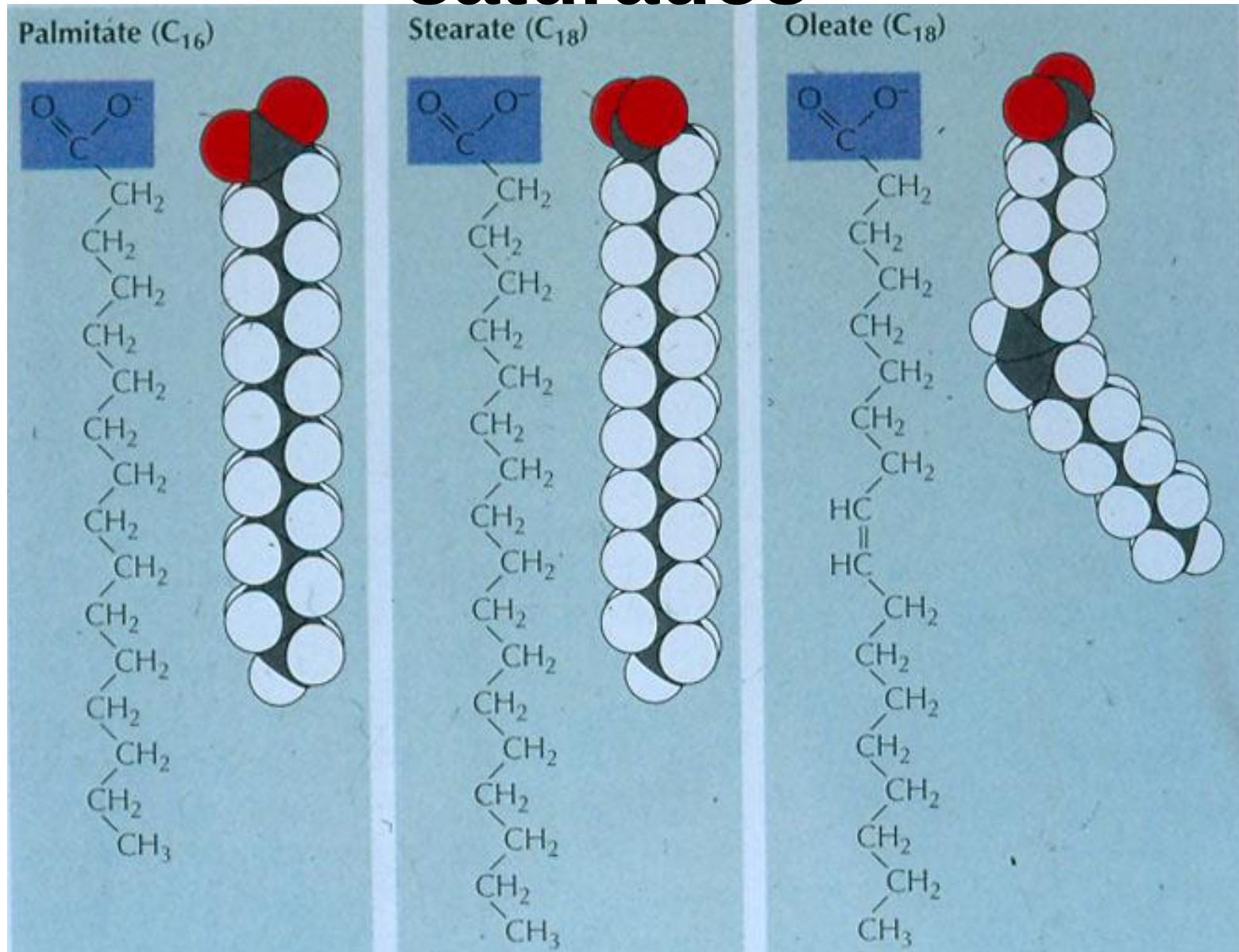
benzene

often written as

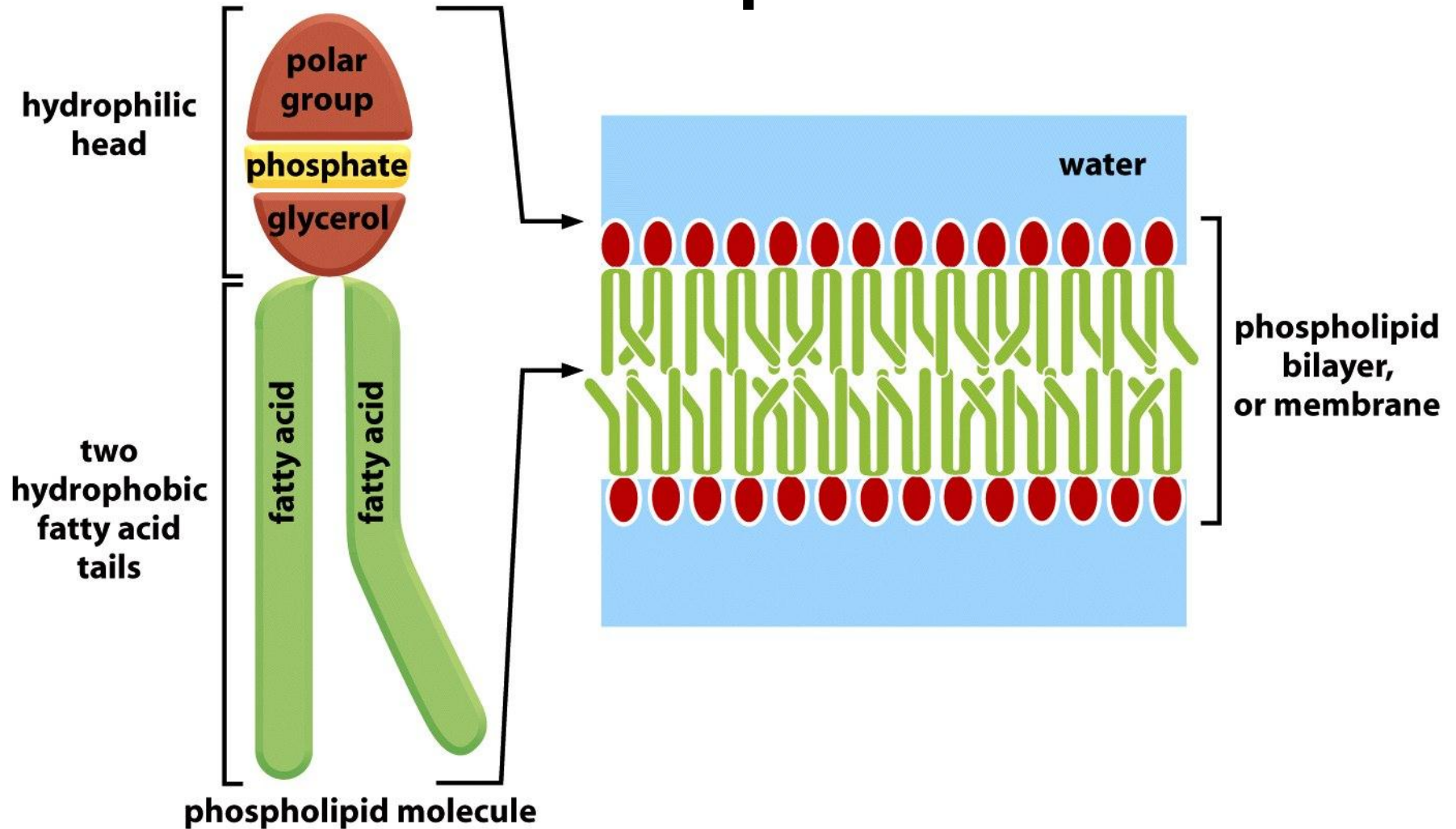


part of the hydrocarbon "tail" of a fatty acid molecule

Ácidos grasos saturados y no saturados



Estructura de un fosfolípido. Su asociación en bicapas



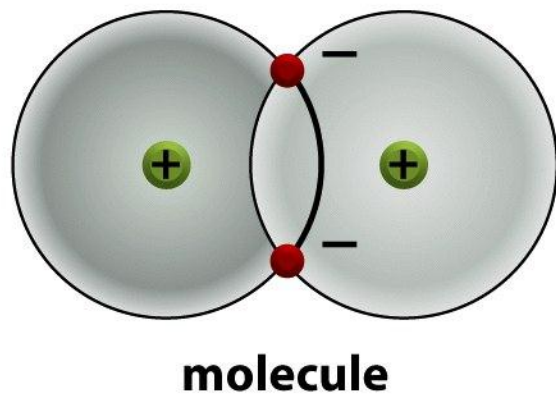
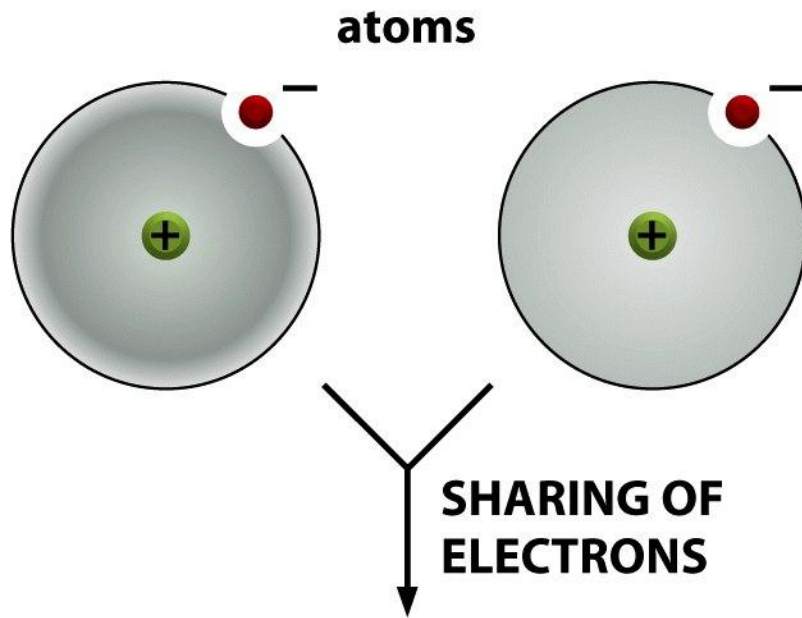
Enlaces químicos e interacciones entre moléculas

Tipo de enlace o interacción	Longitud (nm)	Fuerza(kcal/mol)	
		En vacío	En agua
Enlace covalente	0.15	90	90
Enlace iónico	0.25	80	1
Puente de H	0.30	4	1
Fuerzas de van der Waals	0.20	1	1

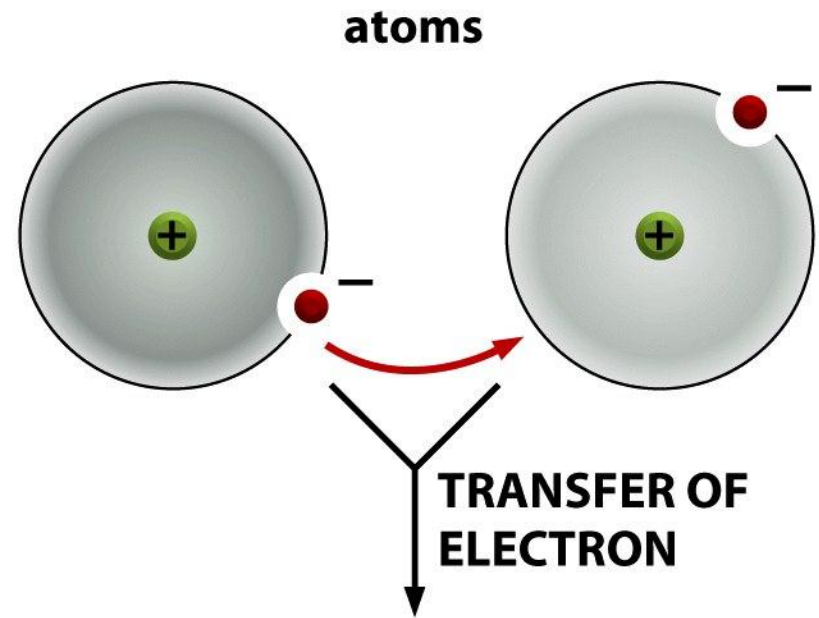
Dos tipos de enlace: covalente y iónico

Dos tipos de interacciones: puente de H y fuerzas de van der Waals

Enlaces covalentes y iónicos



covalent bond



positive
ion

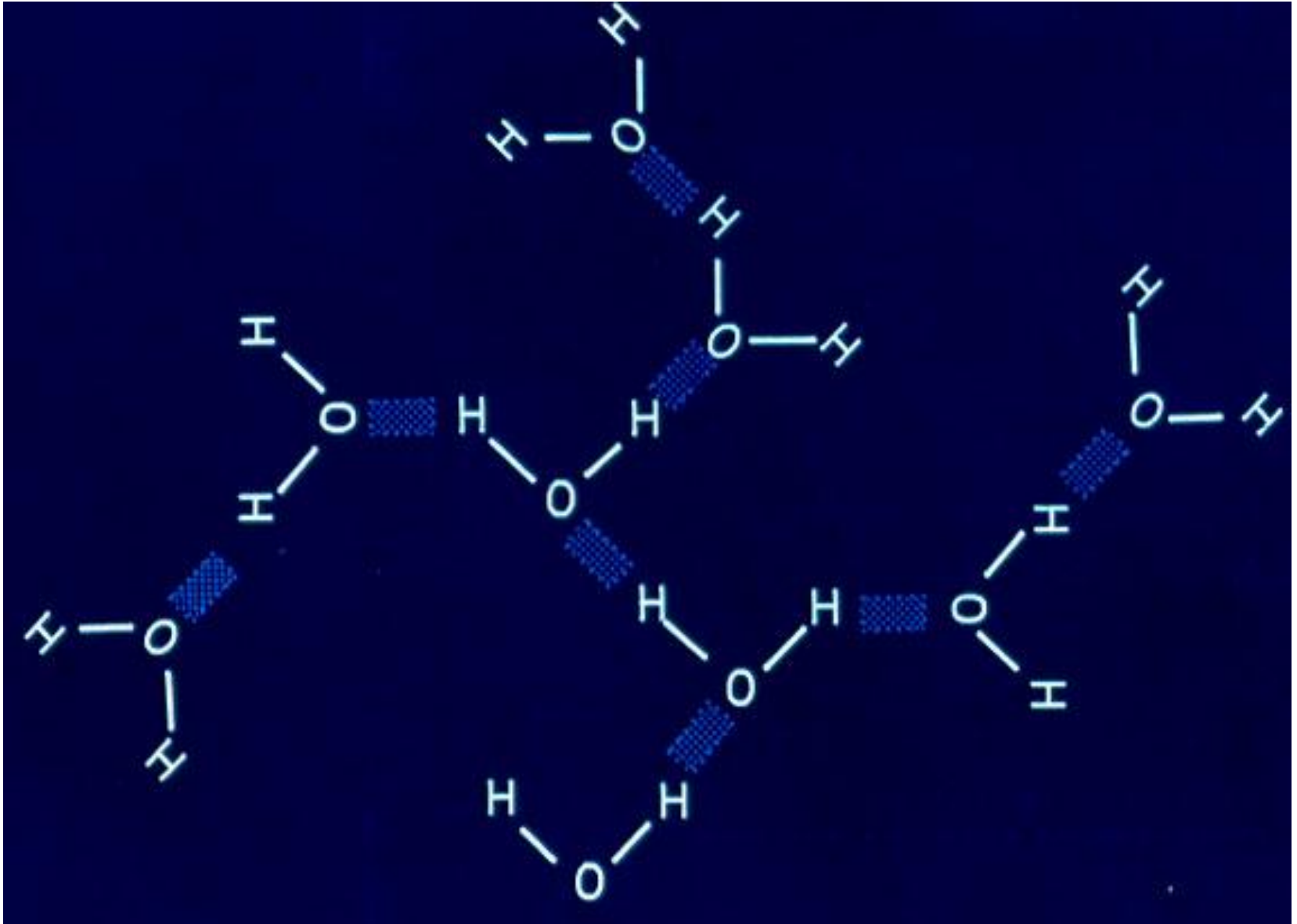
negative
ion

ionic bond

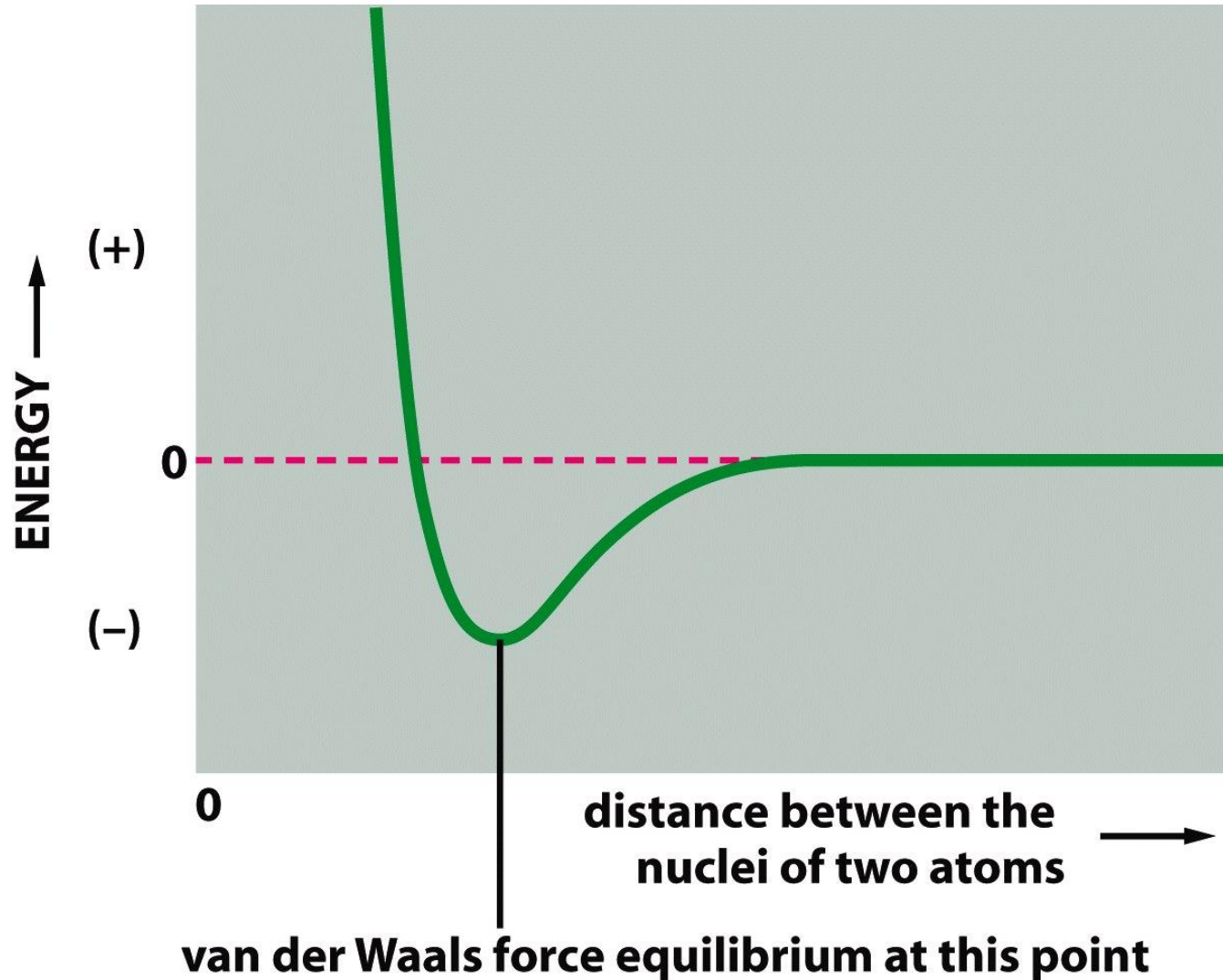
Fuerzas Intramoleculares

- **Puentes de hidrógeno**
- **Fuerzas de van der Waals**
- **Fuerzas hidrofóbicas**

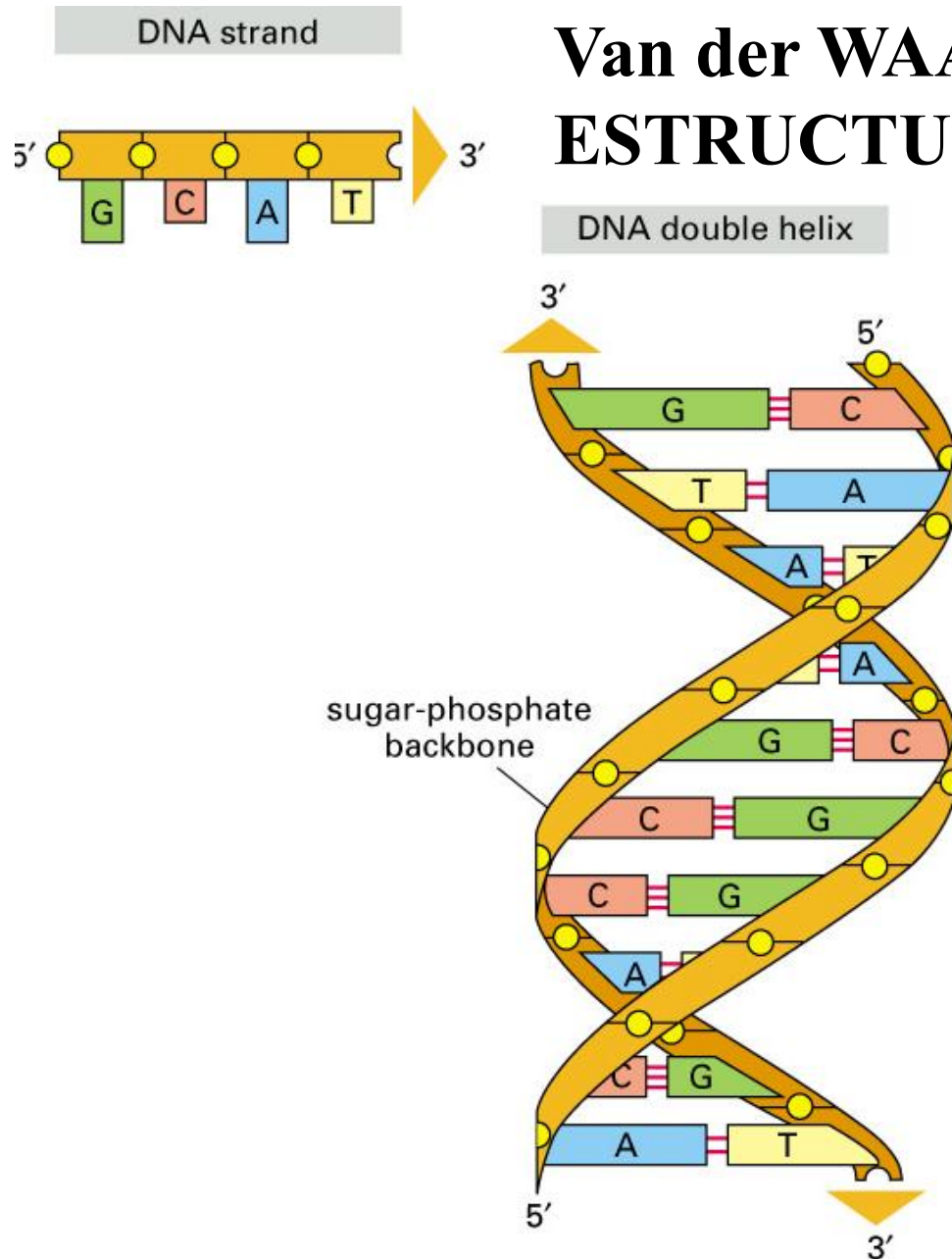
ESTRUCTURA DEL AGUA. IMPORTANCIA DE LA FORMA: EL ENLACE H



Balance de fuerzas de van der Waals entre dos átomos

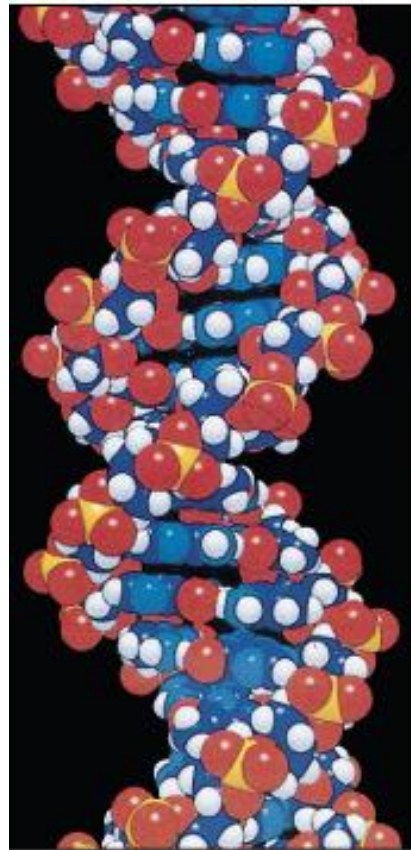


PUENTES DE H y FUERZAS DE Van der WAALS EN LA ESTRUCTURA DEL DNA



La molécula de DNA es antiparalela. Entre bases de hebras diferentes se encuentran dos o tres enlaces de H. Entre bases de la misma hebra se establecen fuerzas de Van der Waals

ESTRUCTURA DEL DNA

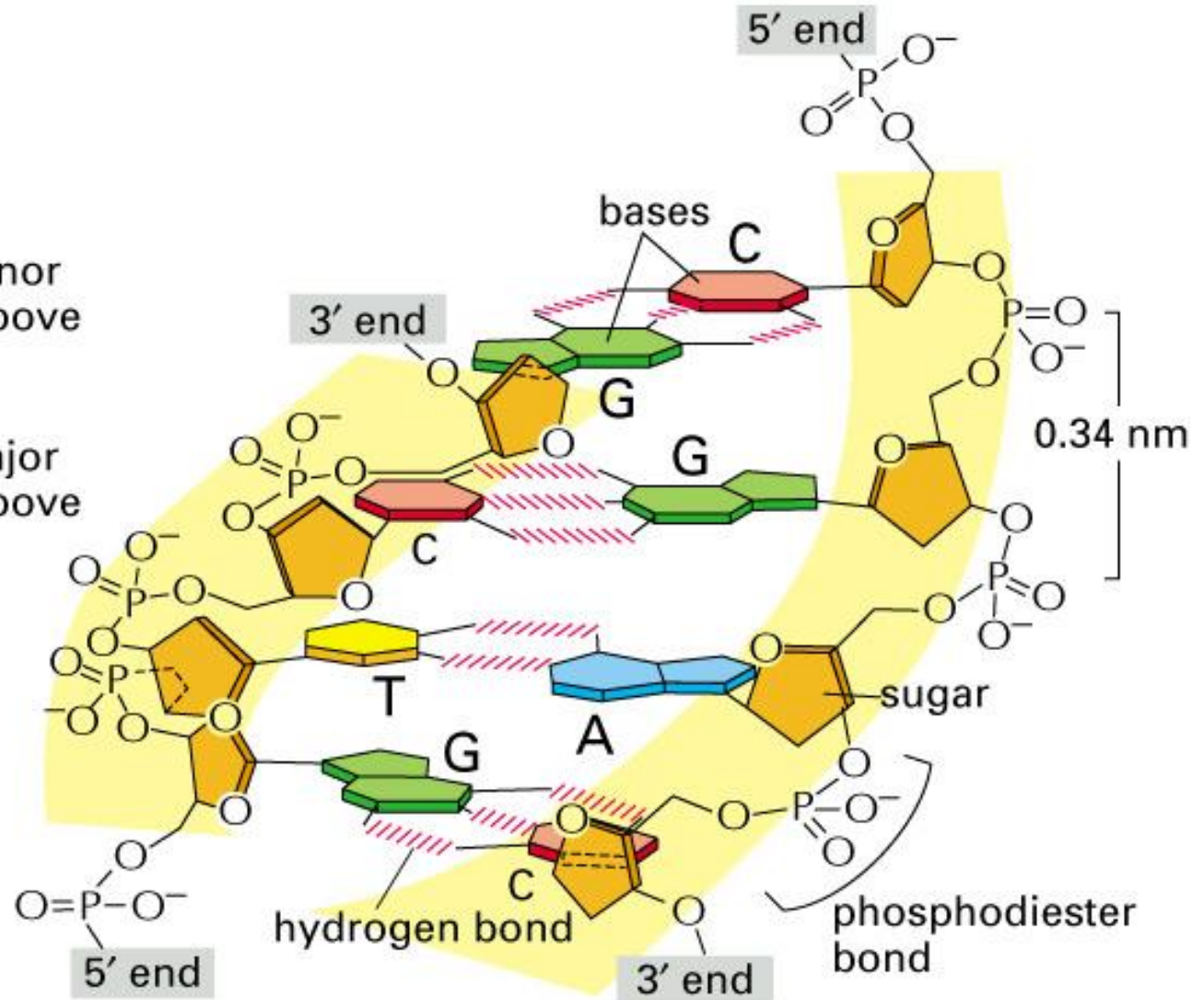


minor groove

major groove

2 nm

(A)



(B)

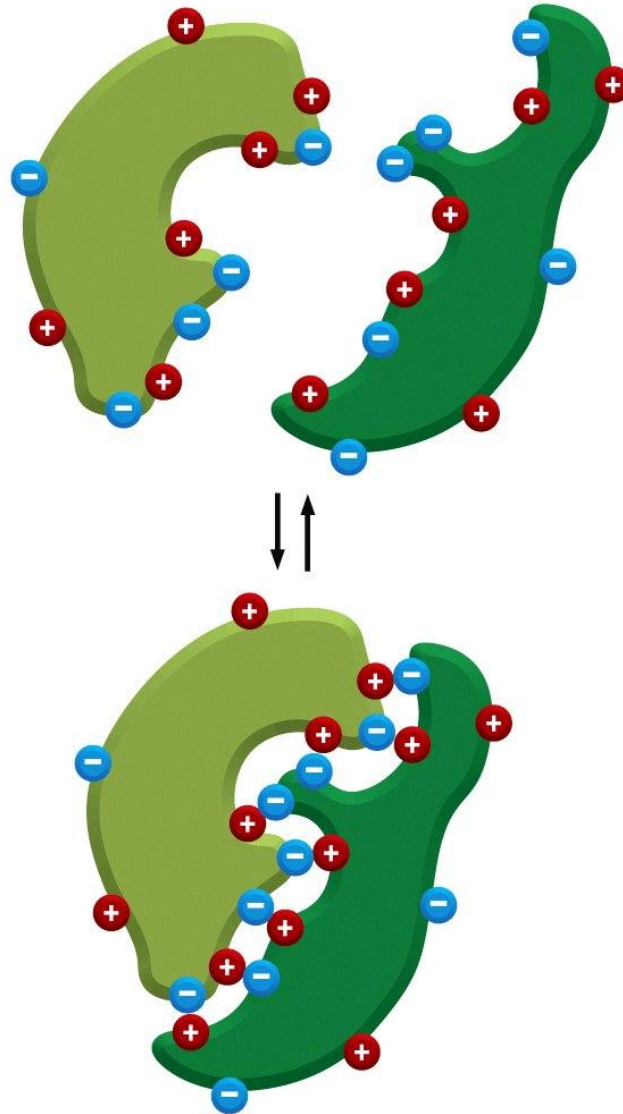
ENLACES QUÍMICOS E INTERACCIONES ENTRE MOLÉCULAS

- El enlace covalente provee estabilidad y forma definida de moléculas en el agua
- El enlace iónico permite, mediante disociación en el agua, características fisicoquímicas particulares
- Las interacciones entre moléculas son débiles pero, en macromoléculas, son numerosas. Su carácter débil permite abrir zonas de las macromoléculas al acceso de otras moléculas. Su gran número provee estabilidad en macromoléculas.

MOVILIDAD DE ENLACES Y DE INTERACCIONES DÉBILES

La movilidad o rigidez entre átomos en un enlace covalente, particularmente C-C, y las interacciones débiles presentes en una macromolécula, juegan un rol fundamental en la adquisición de formas que pueden ser reconocidas por otras formas de igual o diferente especie molecular

RECONOCIMIENTO Y UNIÓN ENTRE DOS MACROMOLÉCULAS MEDIANTE INTERACCIONES NO COVALENTES



RECONOCIMIENTO ENTRE MOLÉCULAS

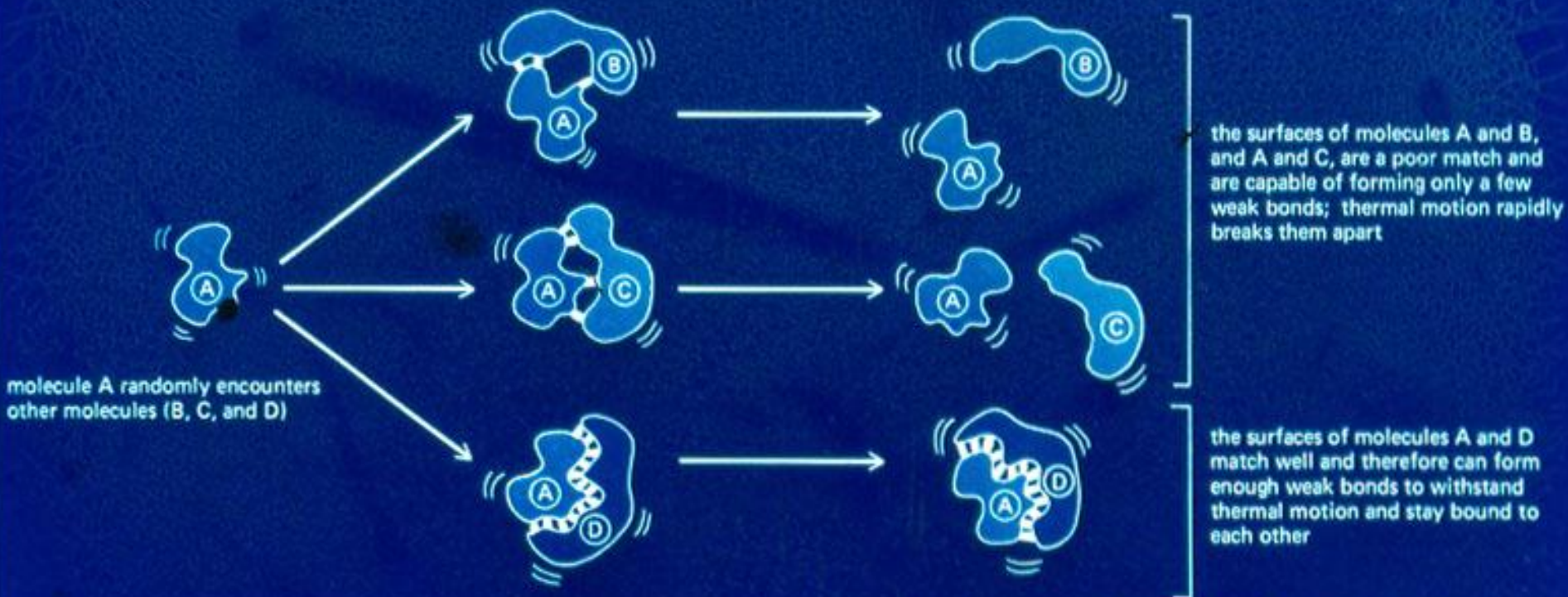


Figure 3-2 Schematic diagram illustrating how weak bonds mediate recognition processes between macromolecules.

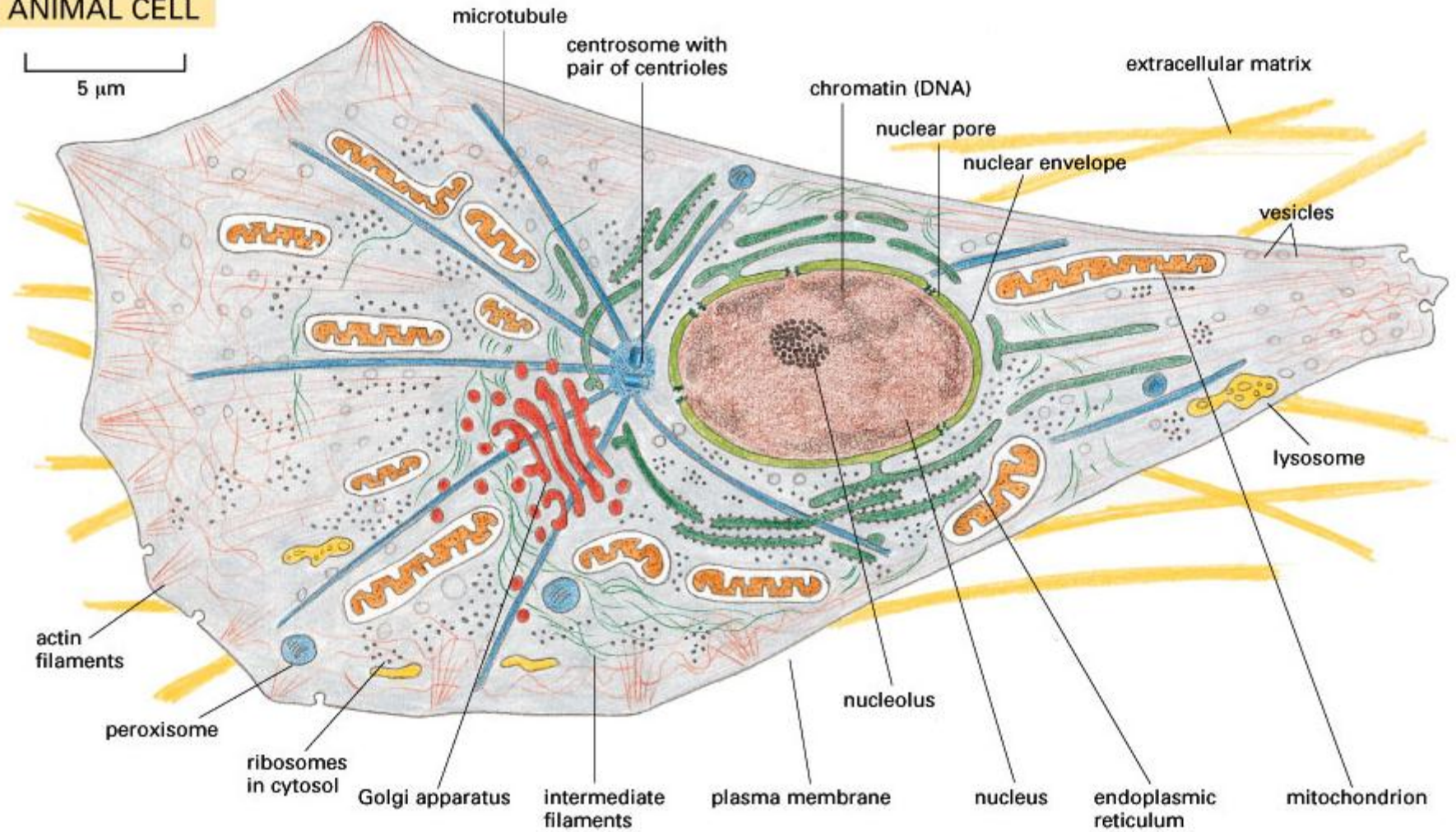
Conclusión

Las formas de las moléculas y sus interacciones con otras:

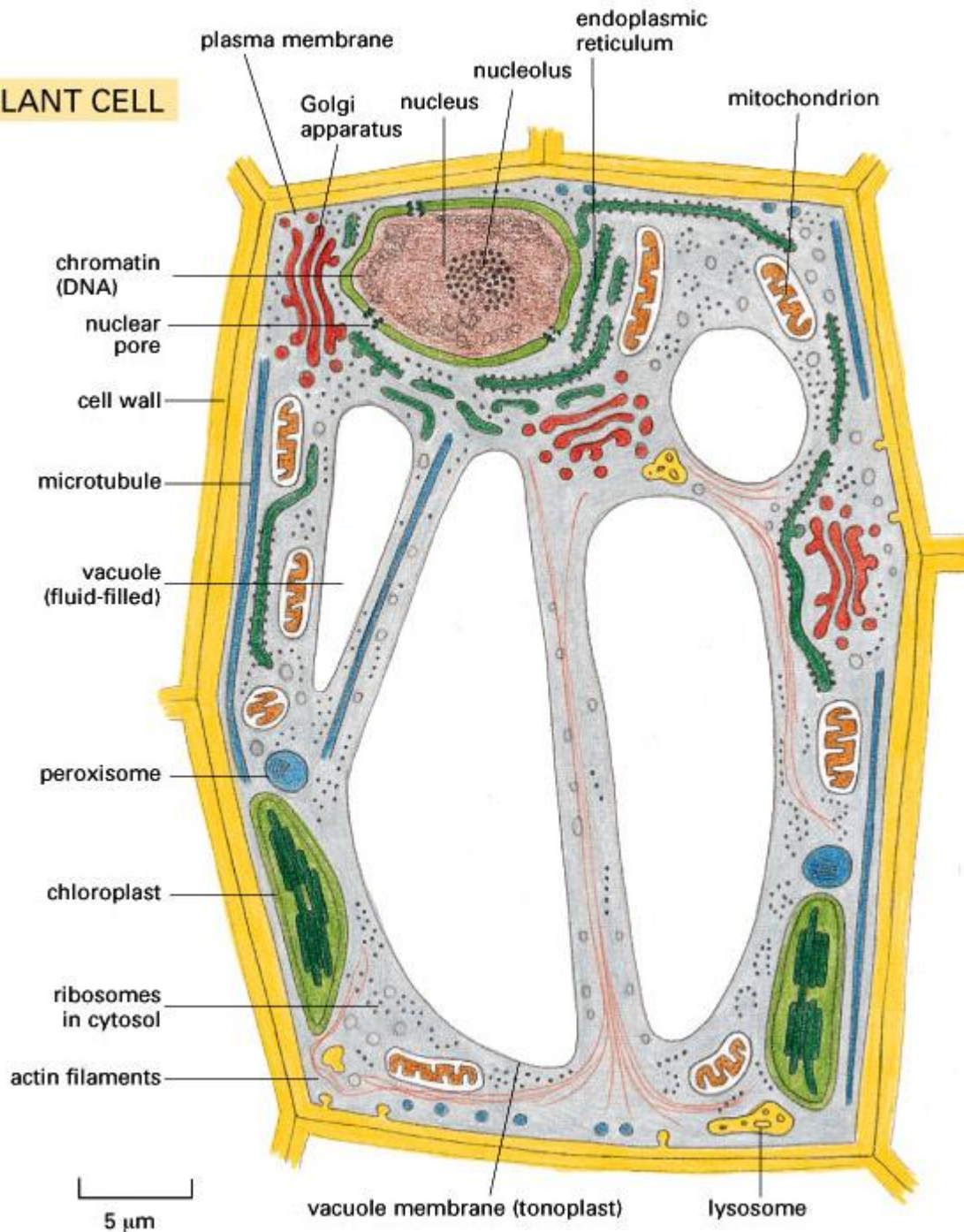
- gobiernan la generación de estructuras y funciones propias de los sistemas**
- “dialogan” entre si alcanzando los menores niveles de energía que aseguren la estabilidad del conjunto**
- presentan una extraordinaria plasticidad que tiene como resultante la máxima estabilidad**

EUCARIONTES: ESQUEMA DE CÉLULA ANIMAL

ANIMAL CELL

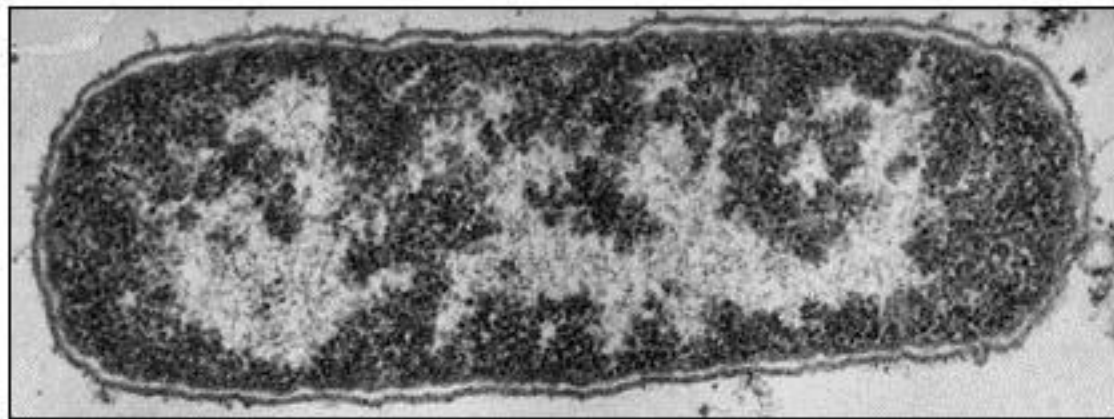


PLANT CELL



EUCARIONTES: ESQUEMA DE CÉLULA VEGETAL

PROCARIONTES : BACTERIA



1 μm

©1998 GARLAND PUBLISHING

COMPOSICIÓN QUÍMICA TIPO DE UNA BACTERIA Y DE UNA CÉLULA DE MAMÍFERO

COMPONENT	PERCENT OF TOTAL CELL WEIGHT	
	<i>E. COLI</i> BACTERIUM	MAMMALIAN CELL
H ₂ O	70	70
Inorganic ions (Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , etc.)	1	1
Miscellaneous small metabolites	3	3
Proteins	15	18
RNA	6	1.1
DNA	1	0.25
Phospholipids	2	3
Other lipids	–	2
Polysaccharides	2	2
Total cell volume	$2 \times 10^{-12} \text{ cm}^3$	$4 \times 10^{-9} \text{ cm}^3$
Relative cell volume	1	2000

Proteins, polysaccharides, DNA, and RNA are macromolecules. Lipids are not generally classed as macromolecules even though they share some of their features; for example, most are synthesized as linear polymers of a smaller molecule (the acetyl group on acetyl CoA), and they self-assemble into larger structures (membranes). Note that water and protein comprise most of the mass of both mammalian and bacterial cells.

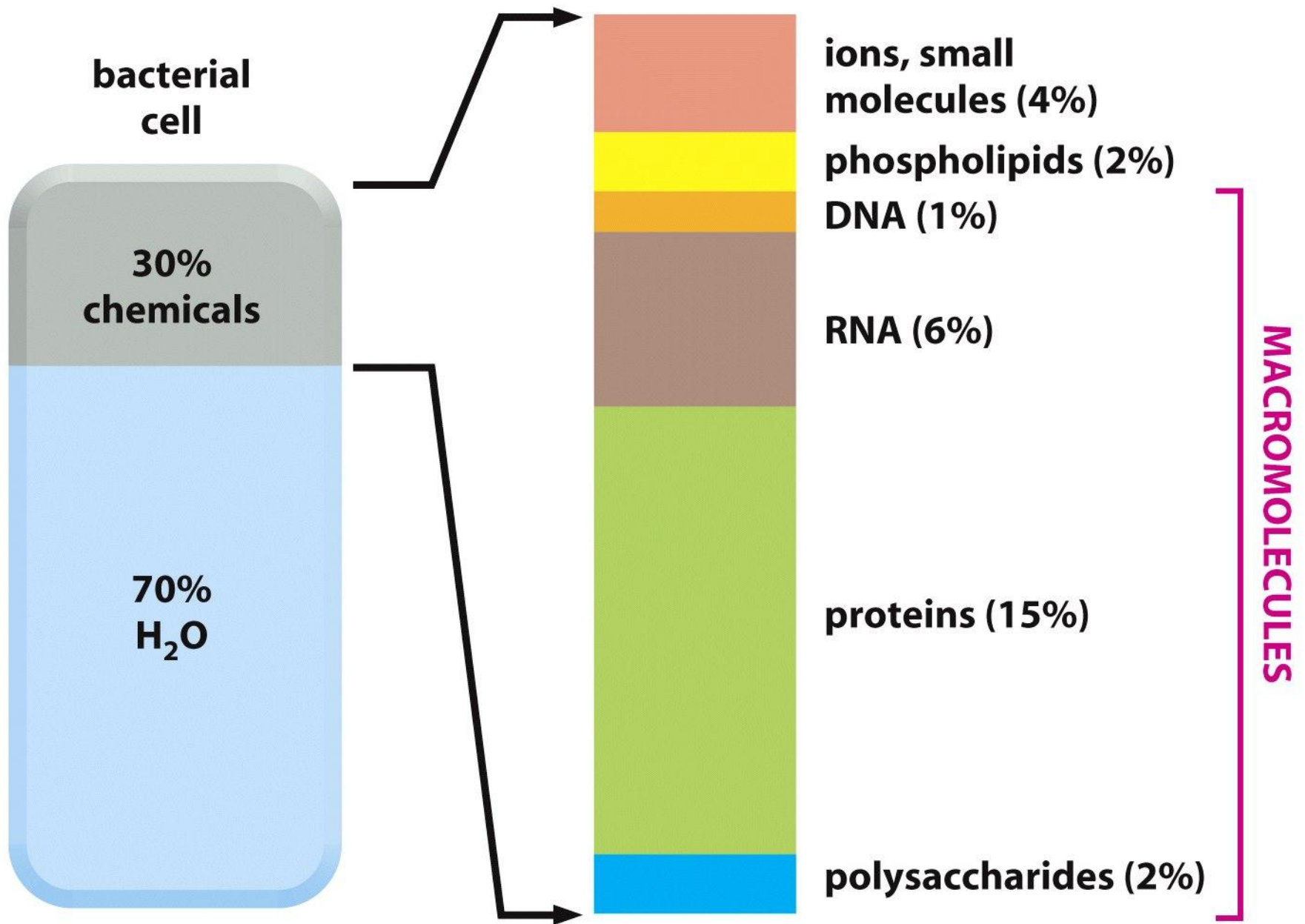
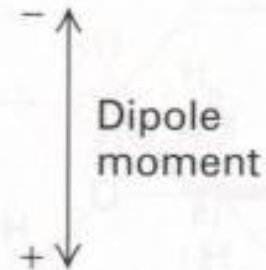
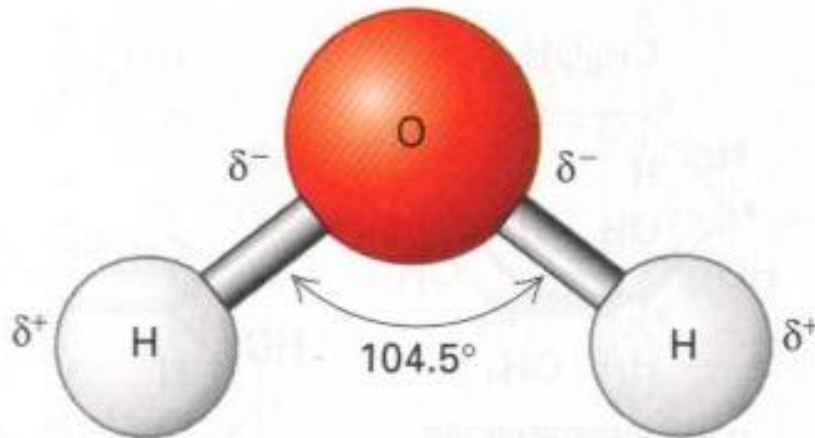
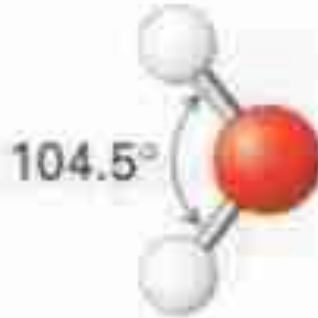


Figure 2-29 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

ESTRUCTURA DEL AGUA

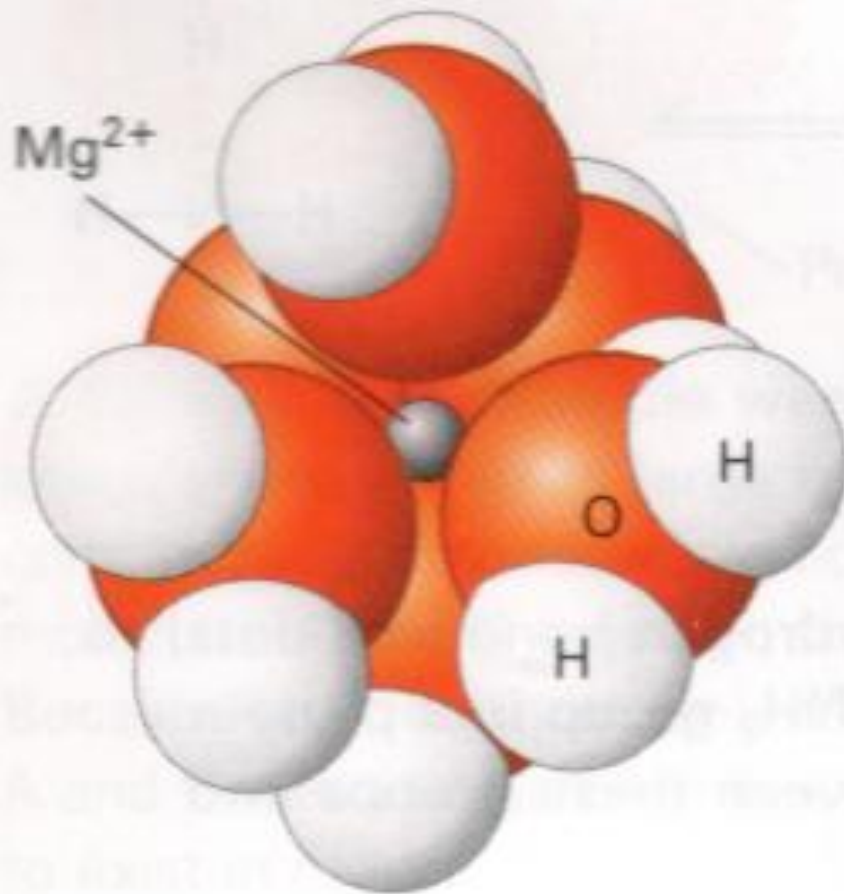
Water



EL AGUA EN EL DESARROLLO DEL EMBRION HUMANO

- **Líquido amniótico: 96-98% agua; 2-4% iones, proteínas, lípidos, azúcares, etc**
- **Feto, en diferentes estados de desarrollo, está compuesto principalmente por agua y vive en un ambiente acuoso.**
- **Recién nacido tiene alto contenido de agua: Importancia de la hidratación**

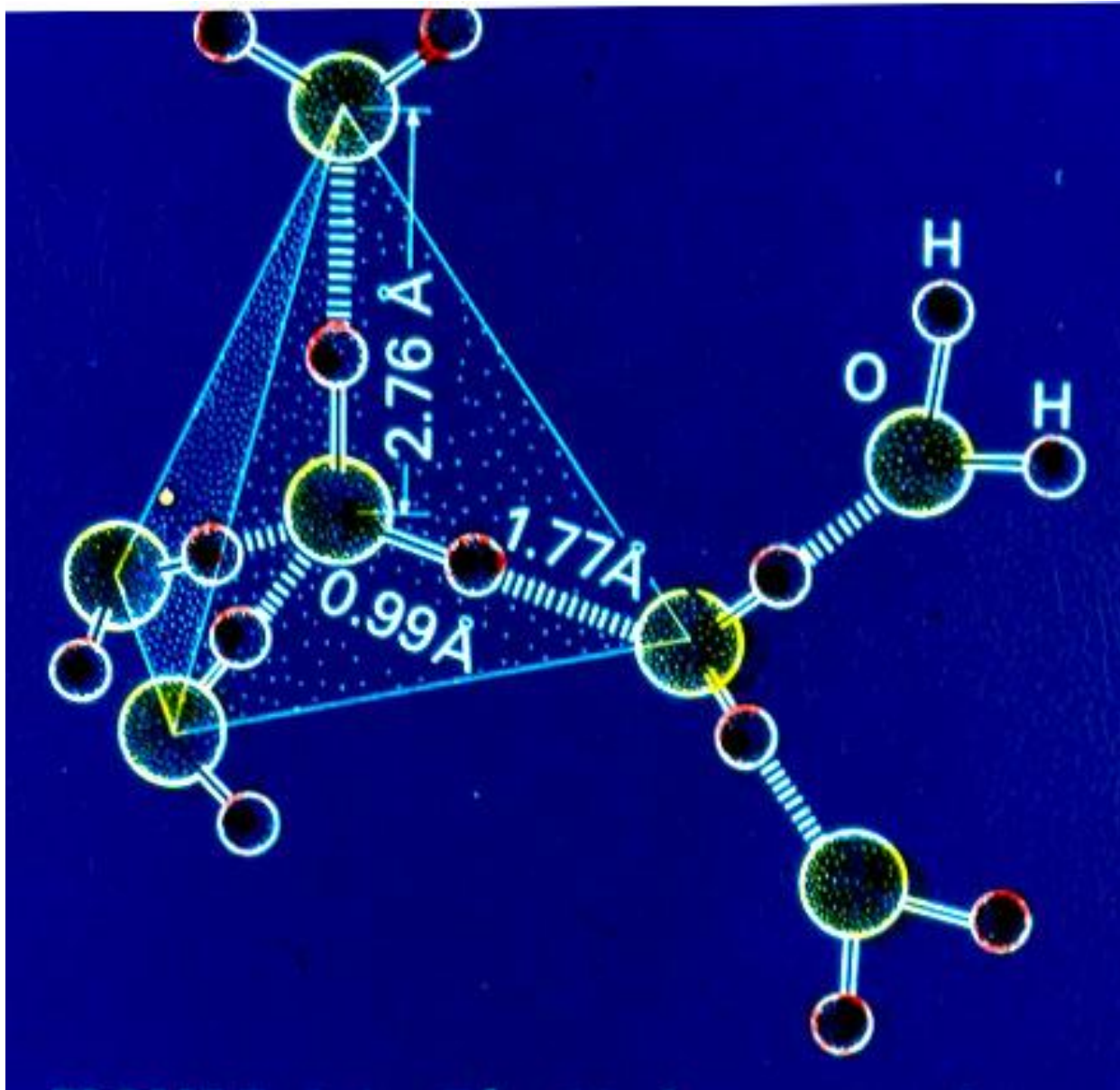
AGUA Y IONES



◀ **FIGURE 2-14 In aqueous solutions, a shell of water molecules surrounds ions.**

In the case of a magnesium ion (Mg^{2+}), six water molecules are held tightly in place by electrostatic interactions between the two positive charges on the ion and the partial negative charge on the oxygen of each water molecule.

AGUA: ENLACE HIDRÓGENO



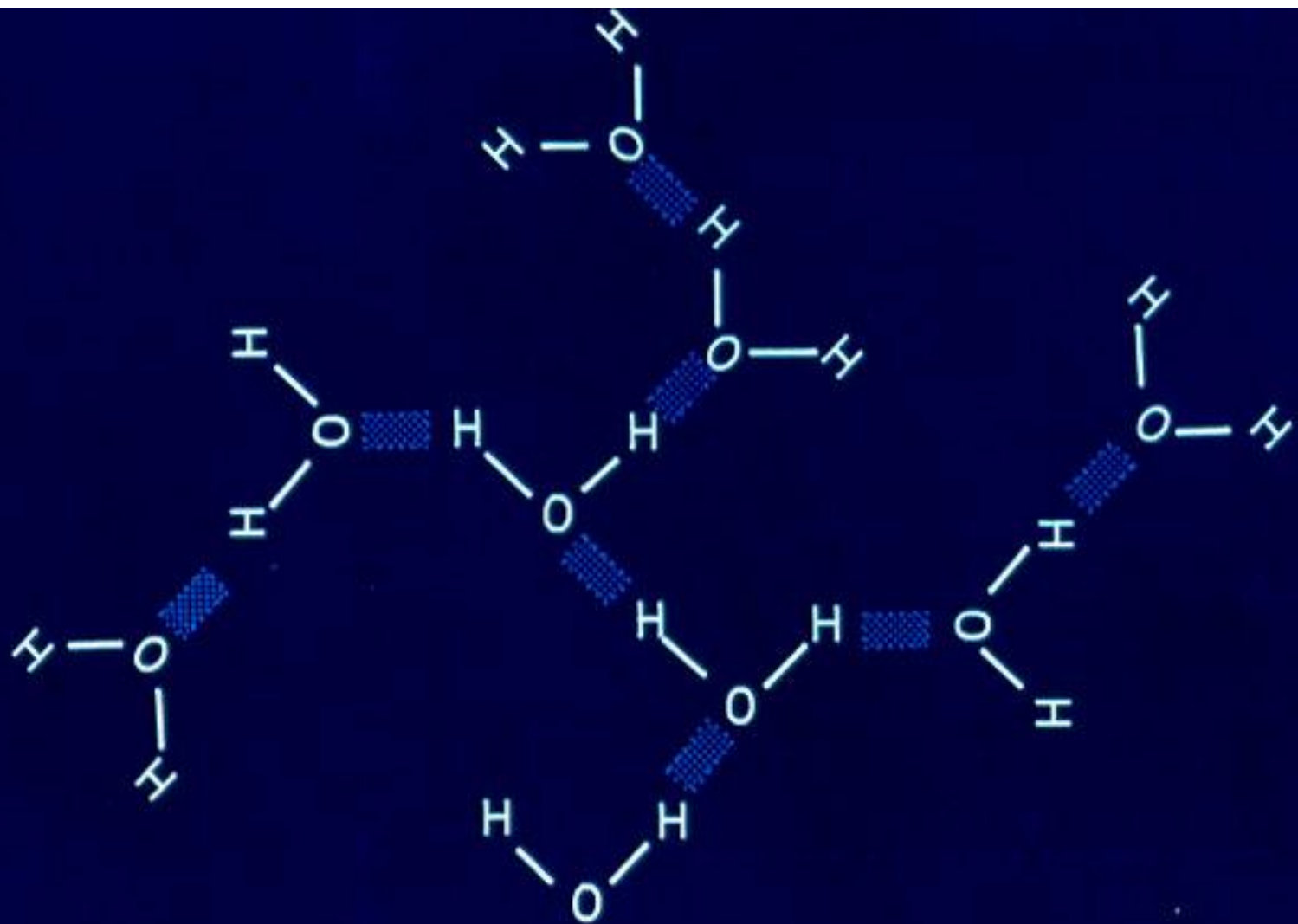


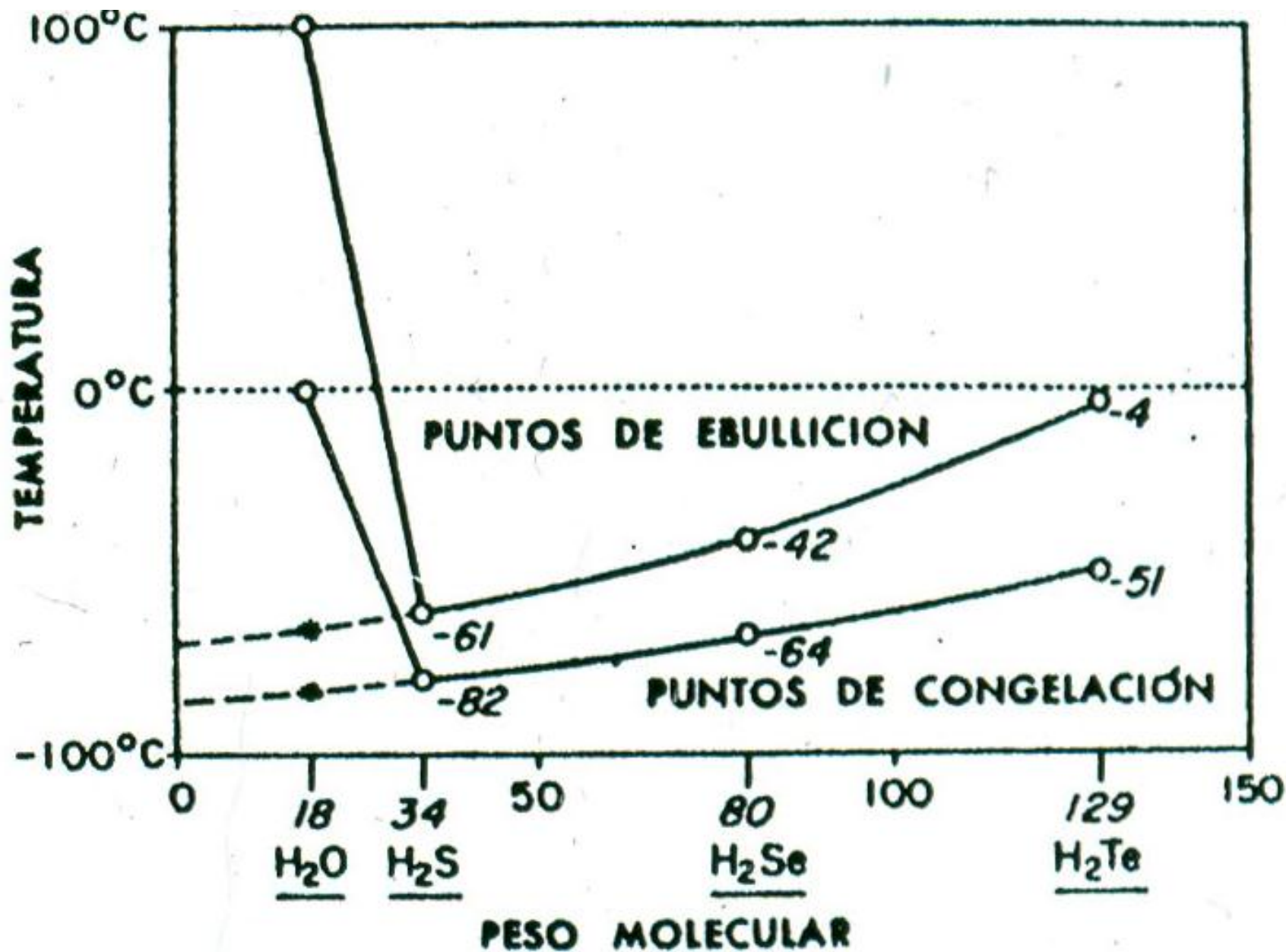
Figure 1.11

Water contains a network of transient hydrogen bonds, in which the O of one H₂O is linked to the H of another water molecule.

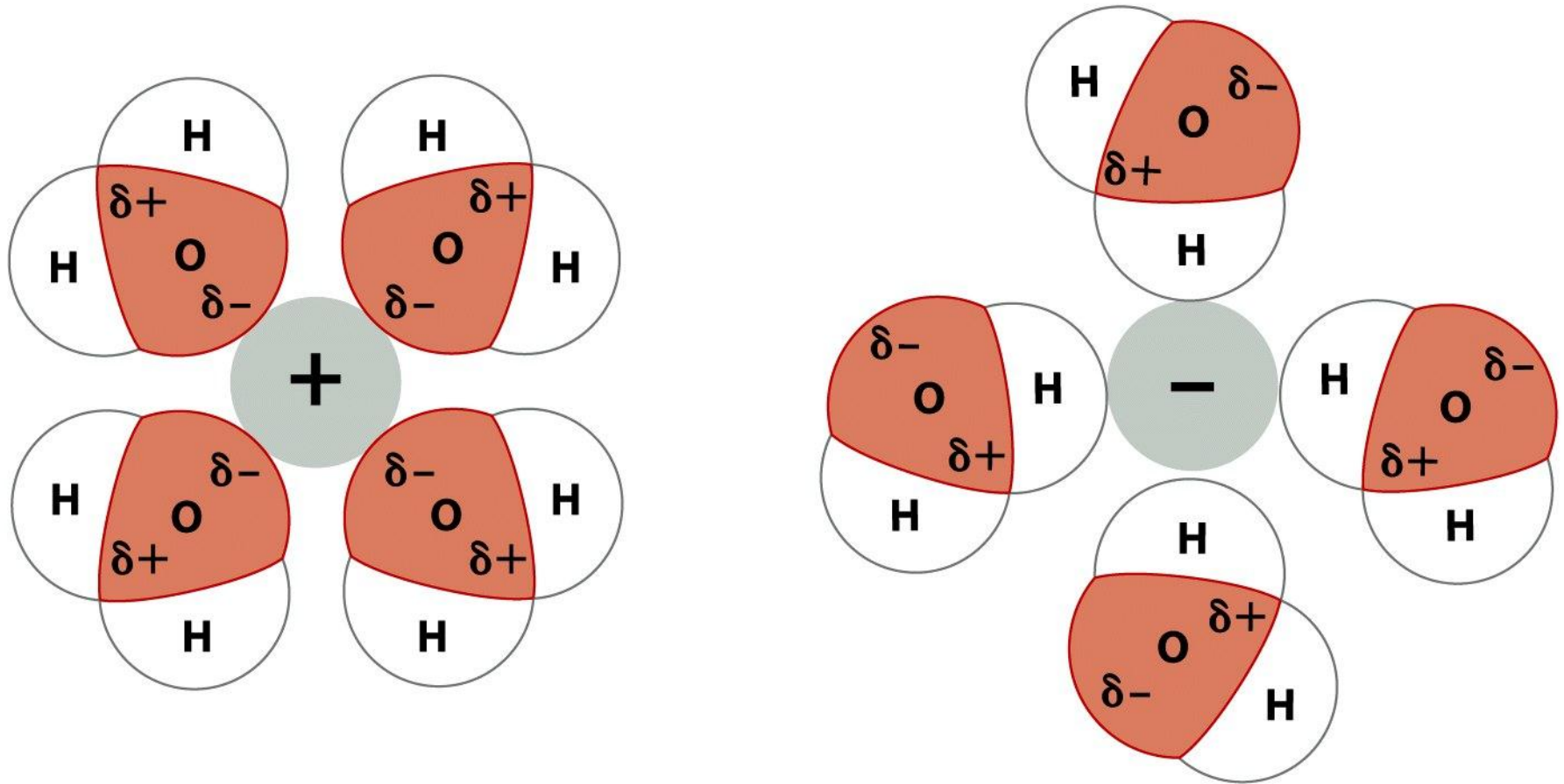
CALOR DE VAPORIZACIÓN DE ALGUNOS SOLVENTES

<i>Liquid</i>	$\Delta H_{\text{vap}}, \text{ cal g}^{-1}$
Water	540
Methanol	263
Ethanol	204
n-Propanol	164
Acetone	125
Benzene	94
Chloroform	59

PROPIEDADES DEL AGUA: PUNTO DE EBULLICIÓN



ORIENTACIÓN DE LOS DIPOLOS DE AGUA EN RELACIÓN A LA CARGA DE IONES



IMPORTANCIA DE PARTÍCULAS EN LAS CÉLULAS: OSMOSIS

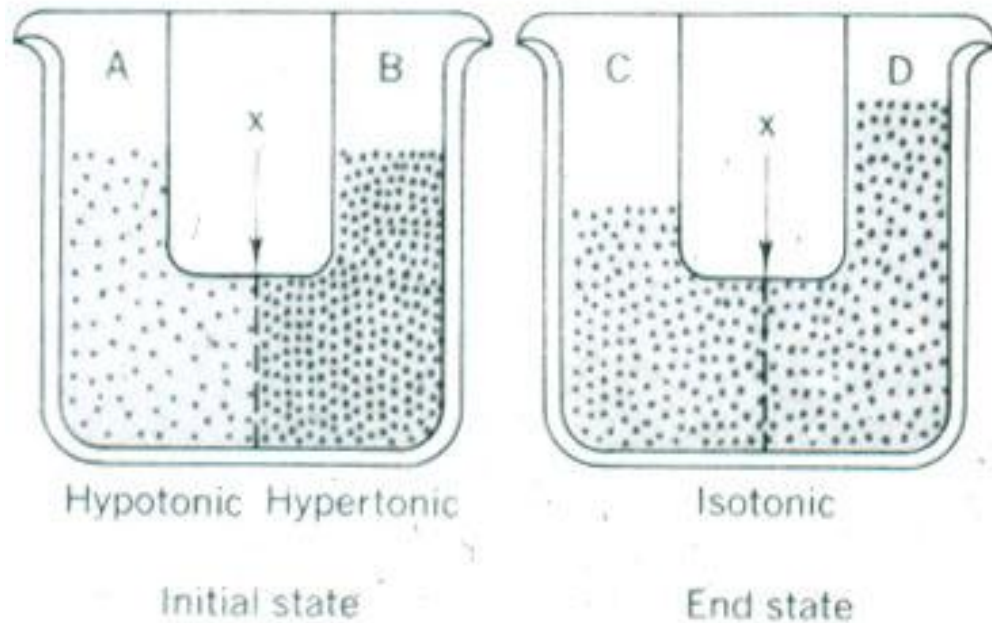


Fig. 3.15. Osmosis: The particles cannot pass through the membrane but water molecules can pass through. Because there are more particles in the right arm (B) than in A (in proportion to water molecules), more water molecules pass to the right than to the left per unit time and per unit area of membrane. This tends to increase the water level at the right (D) over that at the left (C), until the concentrations (number of particles per unit volume of water) are the same in both arms.

DISPERSIONES EN AGUA



(a)
Solution



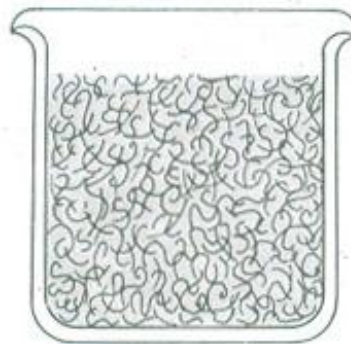
(b)
Colloid with fine
particles that stay
in suspension



(c)
Colloid with larger
particles which may
remain partly in
suspension



(d)
Settling of coarser
particles



(e)
Example of a gel

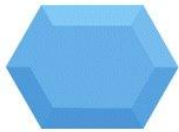
Fig. 3.1(a),(b),(c),(d),(e). Comparison of a true solution with a colloid and the precipitation or settling out of a coarse suspension. (e) illustrates gel structure.

DISPERSIONES EN LAS CÉLULAS

- Dispersiones: Soluciones verdaderas (solute y solvente a nivel molecular), soluciones coloidales (partículas de soluto presentan más de 10^{-5} cm de diámetro) y suspensiones (balance entre fuerza de gravedad y energía cinética sobre la partícula)
- **En las células coexisten soluciones verdaderas, soluciones coloidales y suspensiones**

FAMILIAS DE MACROMOLÉCULAS

SUBUNIT



sugar

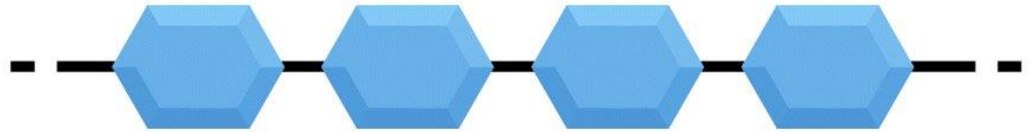


**amino
acid**



nucleotide

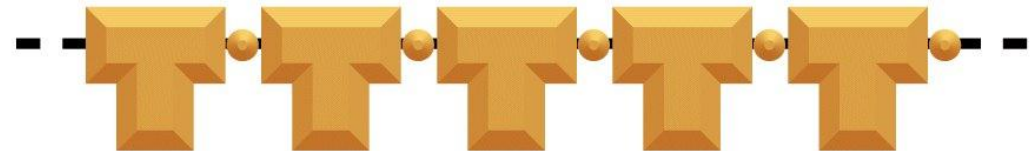
MACROMOLECULE



polysaccharide

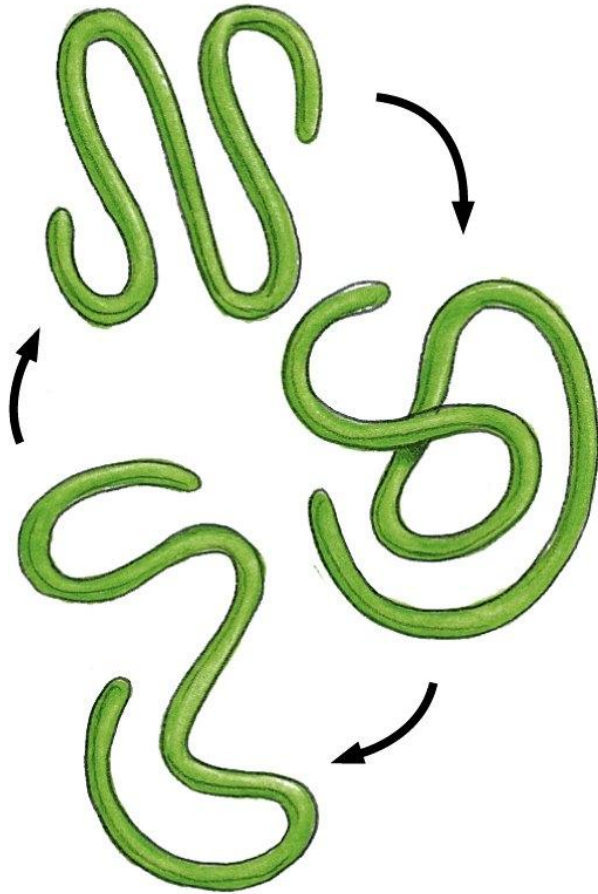


protein



nucleic acid

PROTEÍNAS Y RNAs ADQUIEREN FORMAS ESTABLES POR INTERACCIONES NO COVALENTES



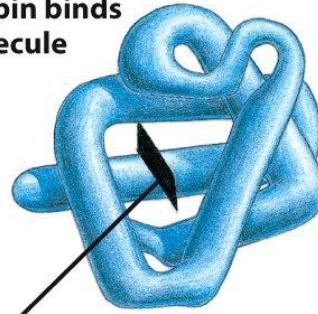
**many unstable
conformations**



**one stable folded
conformation**

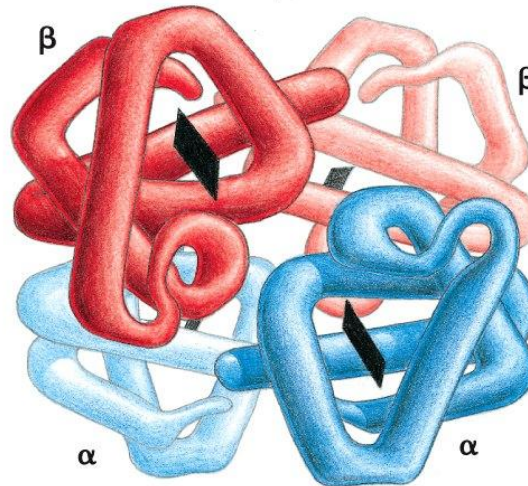
ORGANIZACIÓN DE LA HEMOGLOBINA

single-chain globin binds
one oxygen molecule



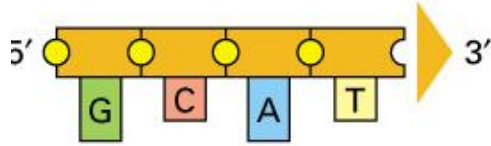
oxygen-
binding site
on heme

EVOLUTION OF A
SECOND GLOBIN
CHAIN BY
GENE DUPLICATION
FOLLOWED BY
MUTATION



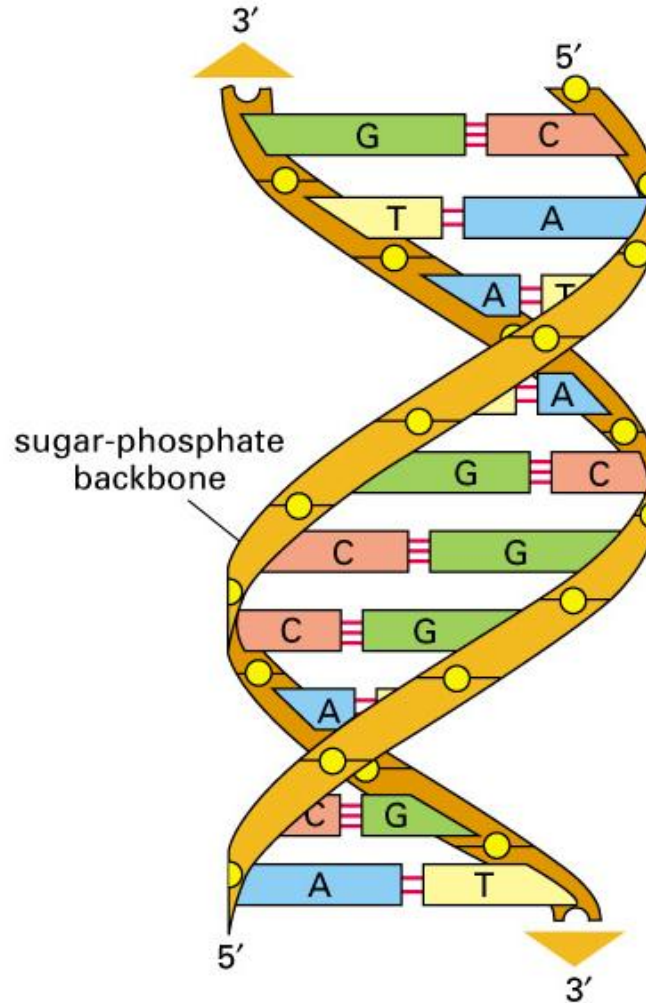
four-chain globin binds four oxygen molecules
in a cooperative manner

DNA strand

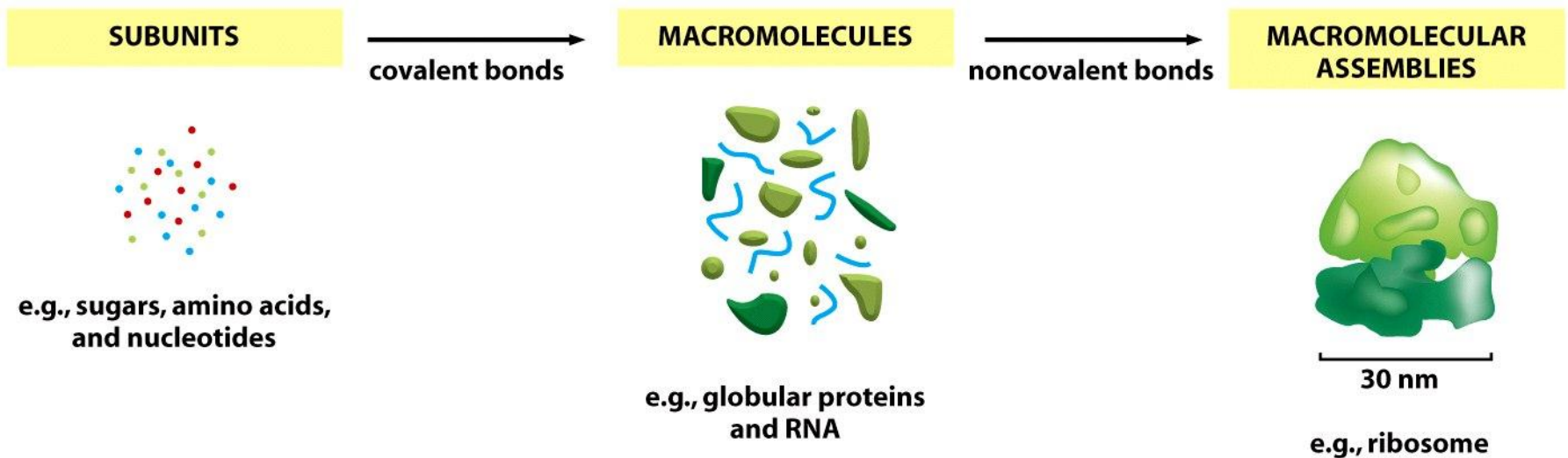


ESTRUCTURA DEL DNA

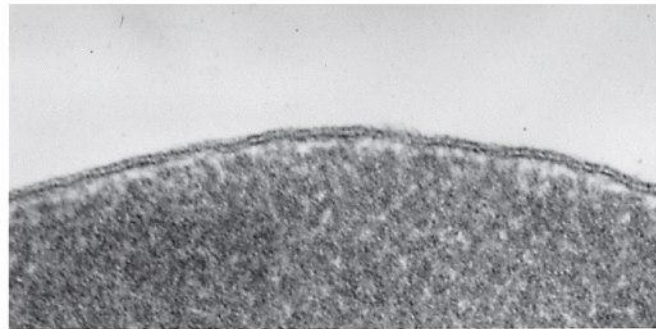
DNA double helix



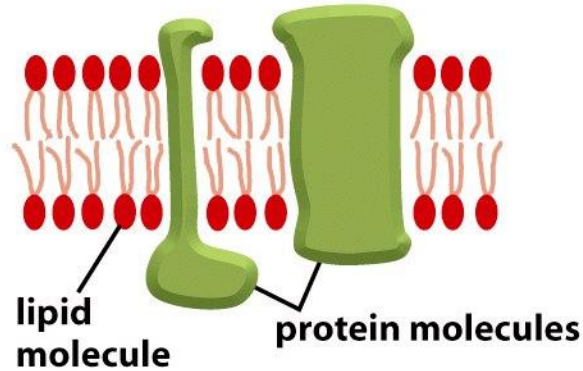
ORGANIZACIÓN DE SUBESTRUCTURAS CELULARES POR INTERACCIONES NO COVALENTES



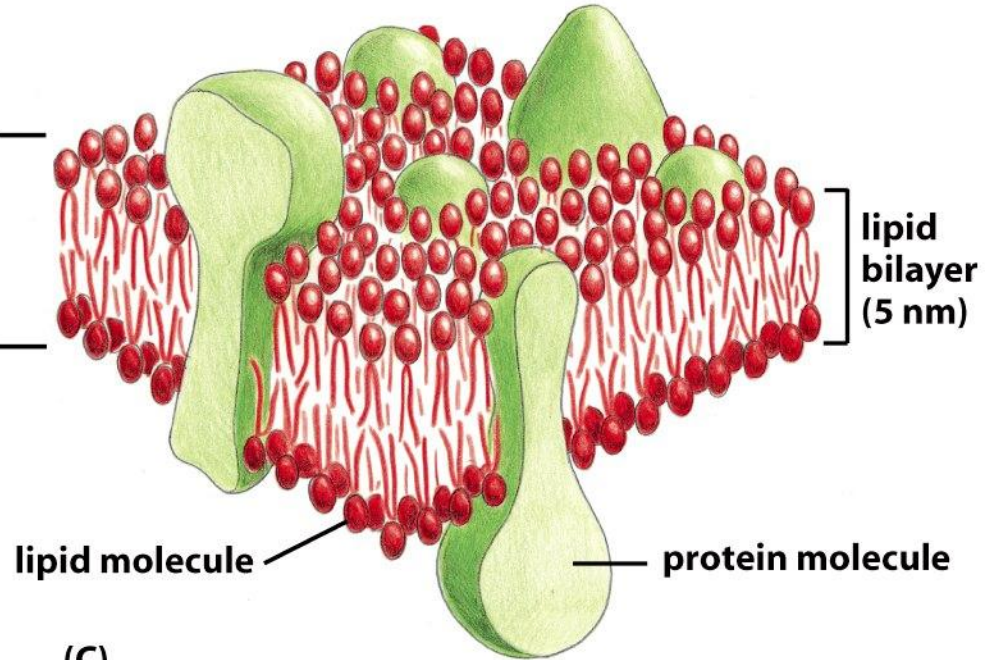
ORGANIZACIÓN DE FOSFOLÍPIDOS EN MEMBRANAS CELULARES POR INTERACCIONES NO COVALENTES



(A)



(B)



(C)

Sobre la Unidad de los Sistemas Vivos

Teoría celular

- La célula es la unidad de estructura, organización, función, reproducción, herencia y evolución de todos los sistemas vivos.

Teoría celular y Universo

- **Permitió establecer la naturaleza química de la célula y su relación con el Universo, haciendo evidente la continuidad entre sistemas vivos y no vivos.**
- **Unió a los sistemas vivos con el resto de los sistemas físicos del Universo.**

Sobre la Diversidad de los Sistemas Vivos

Teoría de la herencia particulada

- **Los sistemas vivos transmiten a su descendencia unidades definidas, que por si mismas, o a través de interacciones entre ellas, determinan las características de la progenie (descendencia).**

Teoría de la evolución biológica

- **Los sistemas vivos presentan variaciones heredables. Algunas de estas variaciones favorecen su existencia y reproducción, en un ambiente dado. Los sistemas vivos que presentan variaciones favorables sobrevivirán más tiempo y dejarán más descendencia.**

Teoría celular, de la herencia particulada y de la evolución

- **La teoría de la herencia particulada y la teoría de la evolución biológica solo tienen sentido si se las considera desde el marco conceptual de la teoría celular.**
- **La Diversidad tiene como base la Unidad**

Unidad y diversidad

- **Unidad:** Todas las células presentan estructura, función, reproducción y sistemas de información muy similares.
- **Diversidad:** La propiedad de cambiar en el tiempo (evolución) permite la selección de formas y funciones en relación al medio, originando una diversidad de los sistemas vivos que asegura su perpetuación.