

Tema 4. LÍQUIDOS, SÓLIDOS Y GASES

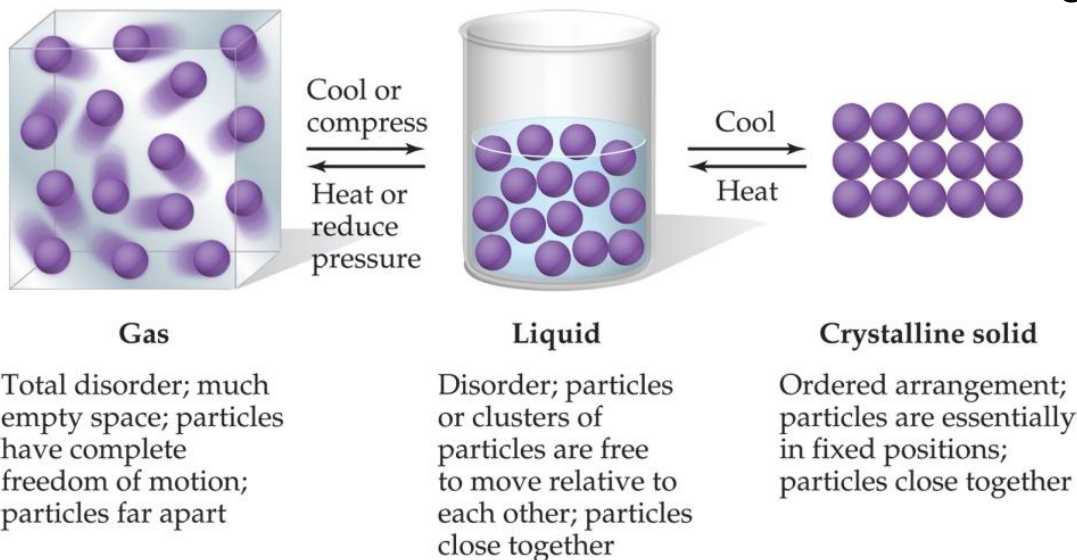
FUERZAS INTERMOLECULARES

El estado de agregación de una sustancia a temperatura y presión determinada, depende de dos entidades antagonistas:

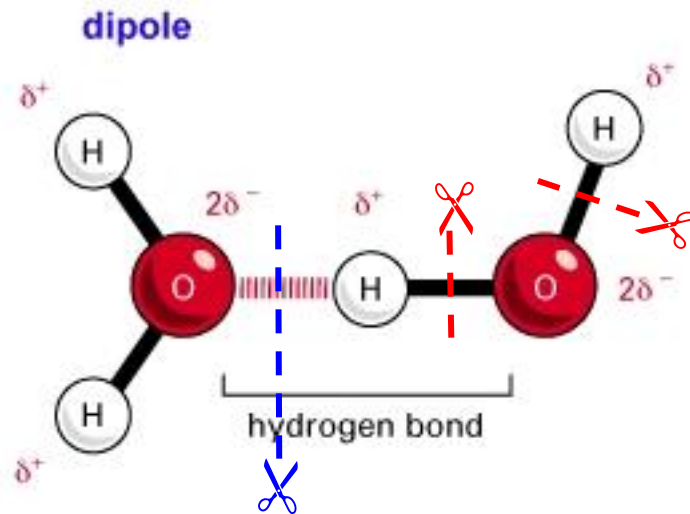
- Energía cinética de las partículas
- Fuerza de atracción entre partículas

Al bajar la temperatura la energía térmica disminuye. Si las interacciones entre partículas son más fuertes que la energía térmica, la materia condensa, pudiendo llegar a solidificar.

Estados de la materia



Gas	Assumes both the volume and shape of its container Is compressible Flows readily Diffusion within a gas occurs rapidly
Liquid	Assumes the shape of the portion of the container it occupies Does not expand to fill container Is virtually incompressible Flows readily Diffusion within a liquid occurs slowly
Solid	Retains its own shape and volume Is virtually incompressible Does not flow Diffusion within a solid occurs extremely slowly



requiere ca. **40 kJ·mol⁻¹**

Entalpía de vaporización, ΔH_v

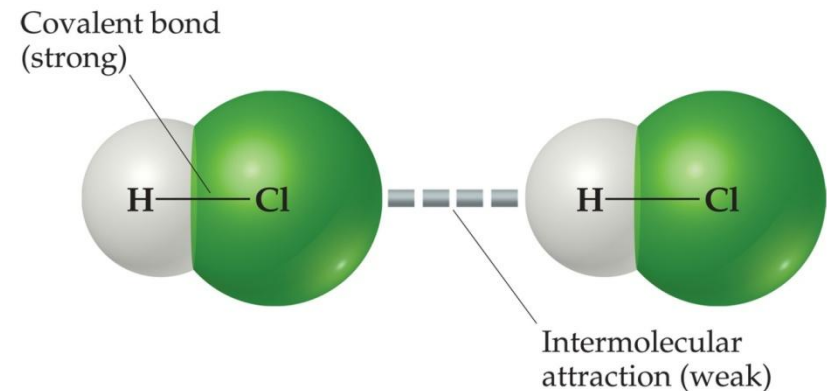
**Fuerzas intermolecular \Leftrightarrow
propiedades de sólidos y líquidos
(ejemplo: p.f., p. eb. ...)**

**Fuerzas intramoleculares \Leftrightarrow
estabilidad de la molécula**

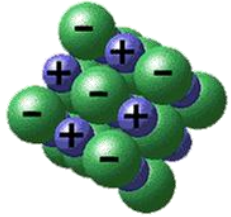
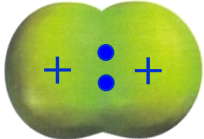
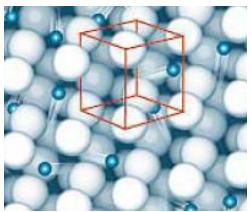
requiere **980 kJ·mol⁻¹**

E_{enlace} (O-H)

**Fuerzas:
Intramolecular > Intermolecular**



Comparemos fuerzas de enlace...

Fuerza	Modelo	Atracción	Energía	Ejemplo
Iónico		Catión – anión	400–4000 kJ·mol ⁻¹	NaCl
Covalente		Núcleos compartiendo par de e ⁻	150–1100 kJ·mol ⁻¹	H–H
Metálico		Electrones deslocalizados	75–1000 kJ·mol ⁻¹	Fe

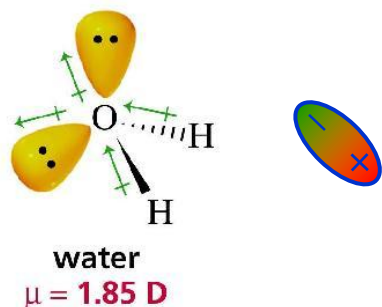
... y de no enlace (Van der Waals): max. 40 kJ·mol⁻¹

1. Fuerzas ion – dipolo

Se producen entre un ion y una molécula polar.

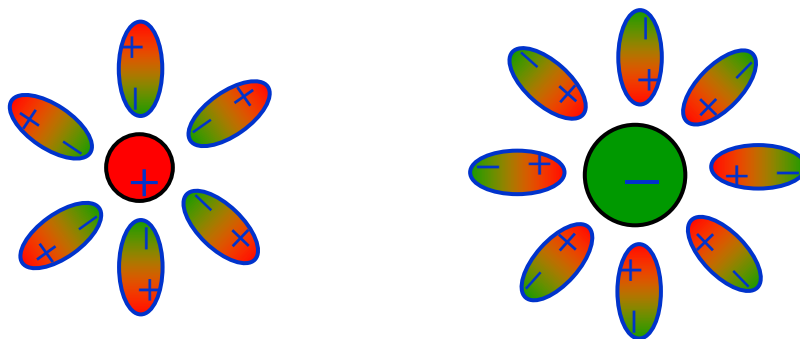
Son las fuerzas que actúan entre un compuesto iónico y un disolvente no polar (Ejemplo: NaCl en H₂O).

- La molécula polar se considera como dipolo eléctrico permanente.
- Cargas están desplazadas



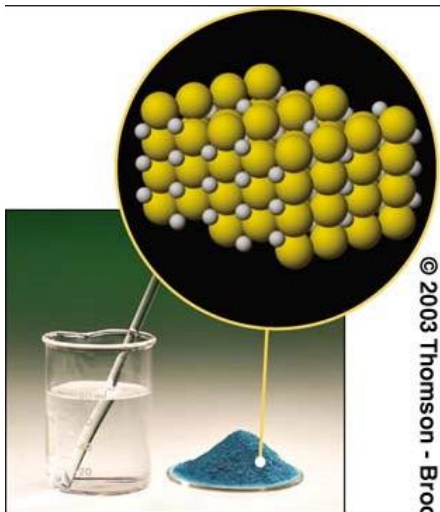
Campo eléctrico producido por un ion

En presencia de un campo eléctrico el dipolo se alinea y orienta según el gradiente de campo

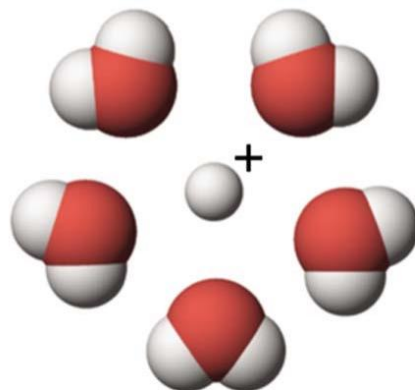
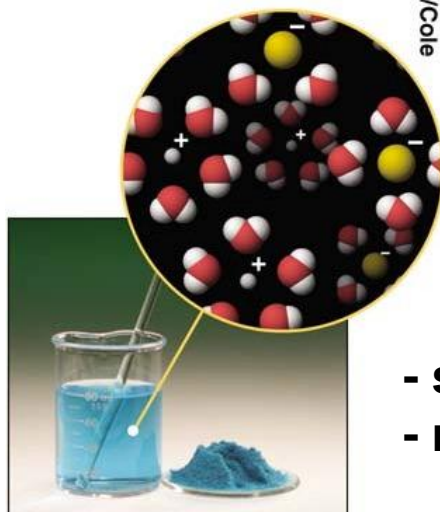


Importante para la solubilidad en agua, por ejemplo de medicamentos,...

Disolución de CuCl_2 en agua

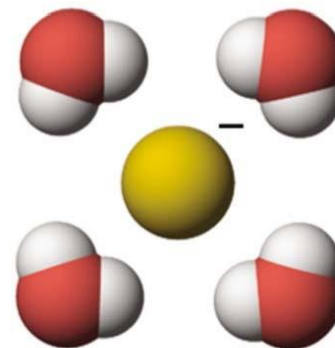


© 2003 Thomson - Brooks/Cole

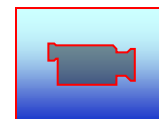


Water surrounding
a cation

© 2003 Thomson - Brooks/Cole



Water surrounding
an anion



$$E = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q^\pm| \mu_D}{r^2}$$

Q ...Carga del ion
 μ ...momento dipolar molecular
 r... distancia entre los centros de ion y dipolo

:

2. Fuerzas ion – dipolo inducido

Se producen entre un ion y una molécula no polar.

Son las fuerzas que actúan entre un compuesto iónico y un disolvente no polar.

(Ejemplo: NaCl - C₆H₁₂)

Molécula no polar o átomo cerca de un ion



Distorsión de la nube electrónica



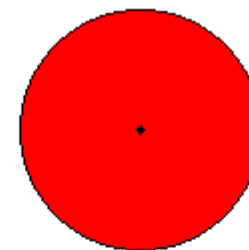
Dipolo inducido

$$E = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_{\pm}^2 \alpha}{2r^4}$$

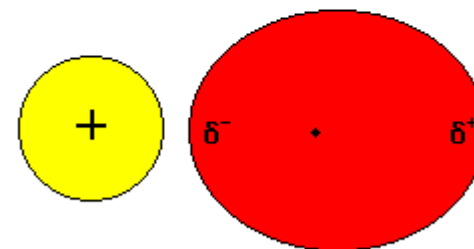
Z ... carga ion

α ... Polarizabilidad molécula o átomo

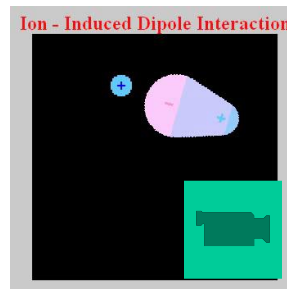
Muy débil: 1/r⁴



Spherical atom with no dipole.
The dot indicates the location of the nucleus.



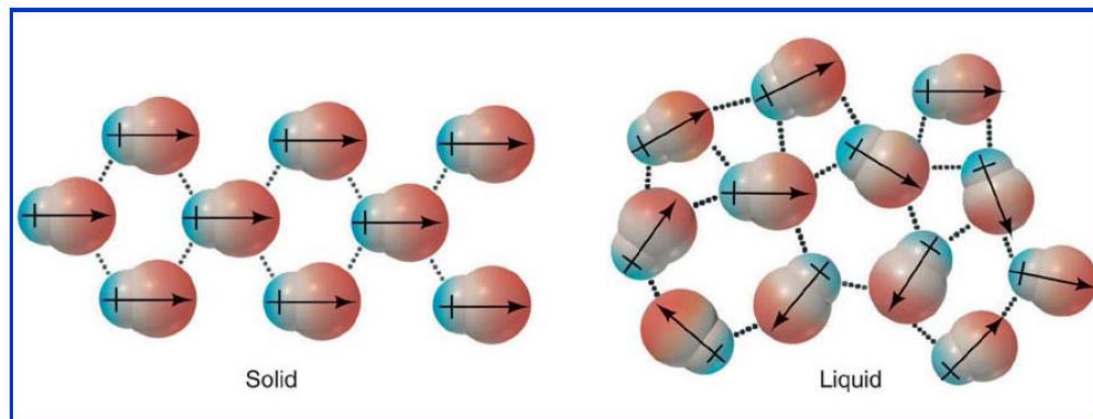
Upon approach of a charged ion, electrons in the atom respond and the atom develops a dipole.



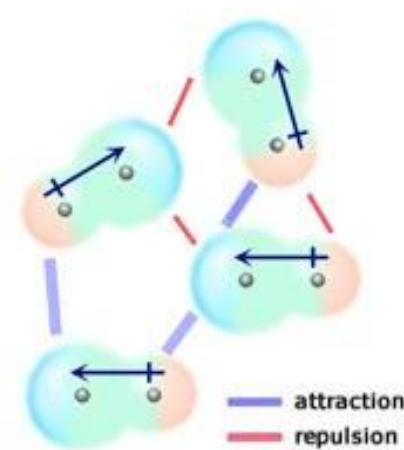
3. Fuerzas de Van der Waals

a.) Interacción dipolo – dipolo

Se producen entre dos moléculas polares

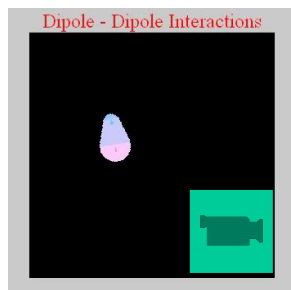


Ejemplo: H_2O , $\text{H}_2\text{O} - \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$



Orientación de moléculas polares en estado sólido o líquido

Atracción de una molécula polar por otra molécula polar.
En fase líquida o sólida se alinean los dipolos.

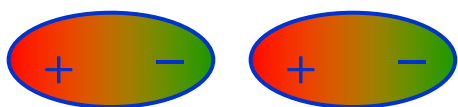


$$E = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\mu_1\mu_2}{r^3}$$

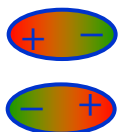
$\mu_1, \mu_2 \dots$ momentos dipolares
moleculares

Interacción débil: $1/r^3$

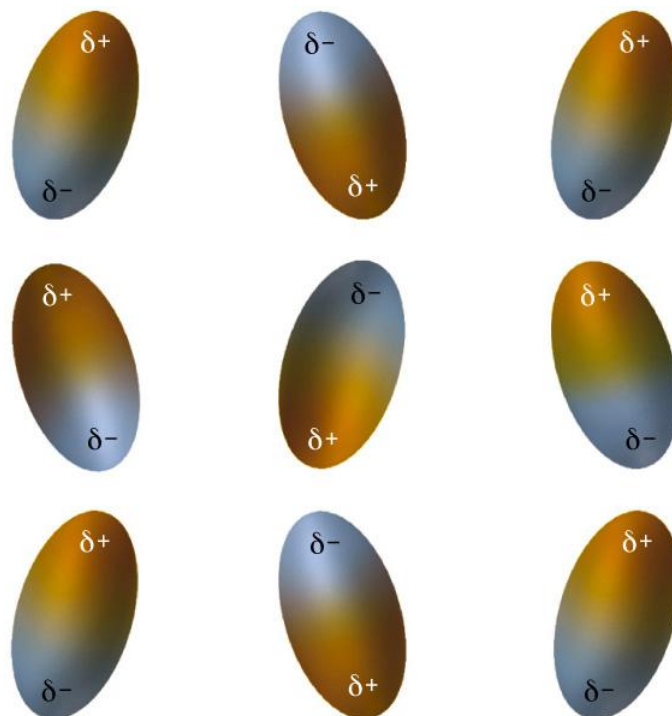
Dos posibles configuraciones



Configuración cabeza-cola
moléculas voluminosas

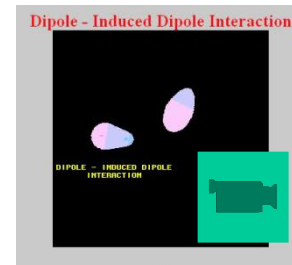


Configuración antiparalela
moléculas pequeñas



3.2. Fuerzas dipolo – dipolo inducido

Se producen entre una molécula polar y otra no polar
(Ejemplo: H₂O - CCl₄)



Molécula no polar o átomo cerca de una molécula polar



Distorsión de la nube electrónica

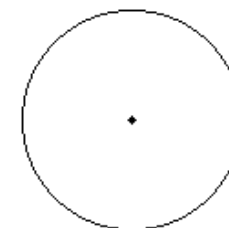


dipolo inducido

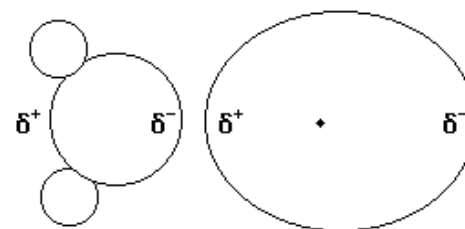
$$E = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mu_D^2 \alpha}{r^6}$$

μ ...momento dipolar
 α ...polarizabilidad

Interacción muy débil: 1/r⁶



Spherical atom with no dipole.
The dot indicates the location
of the nucleus.

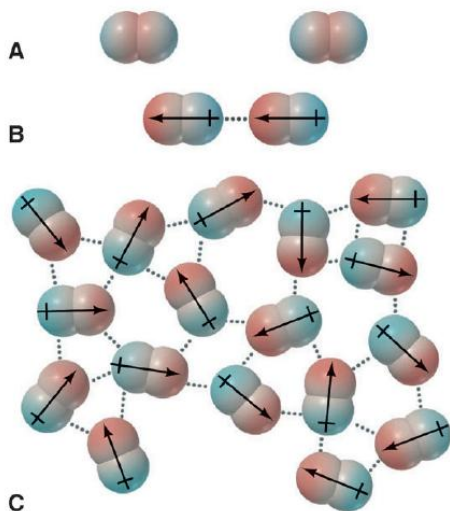


Upon approach of a molecule with a
dipole, electrons in the atom respond
and the atom develops a dipole.

Moléculas o átomos grandes son más polarizables que pequeños.

3.3. Fuerzas de dispersión de London (dipolo instantáneo-dipolo inducido)

- Atracción molécula apolar – molécula apolar.
- Están presentes en todas las moléculas y átomos
- Por lo general son muy débiles



Salamanquesas tienen patas “pegajosas”.

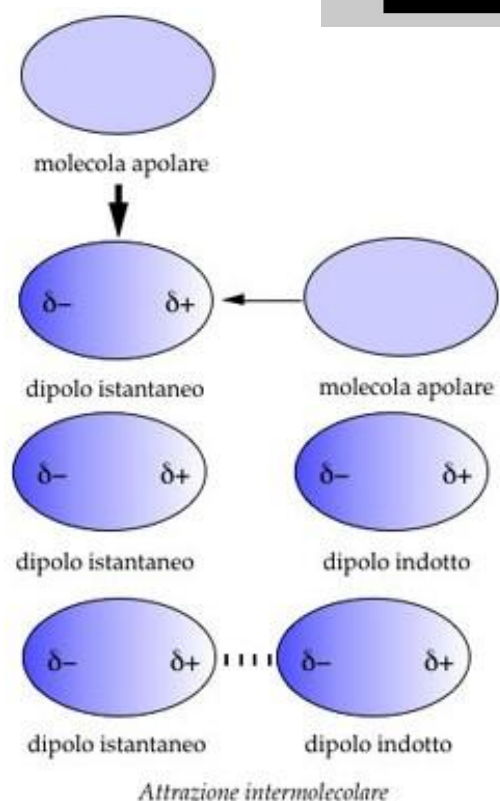
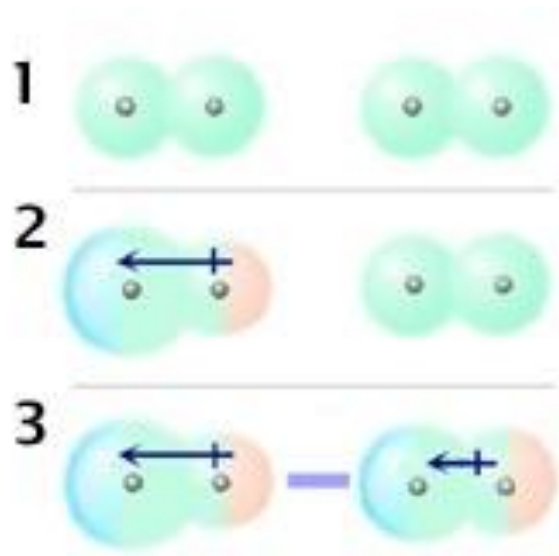
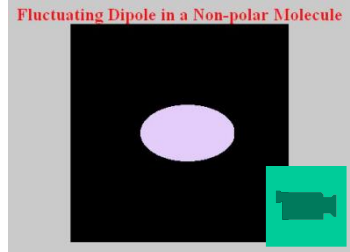
$$E = - \frac{3\alpha_1\alpha_2}{2(4\pi\epsilon_0)r^6}$$

α ...polarizabilidad

Interacción muy débil: $1/r^6$



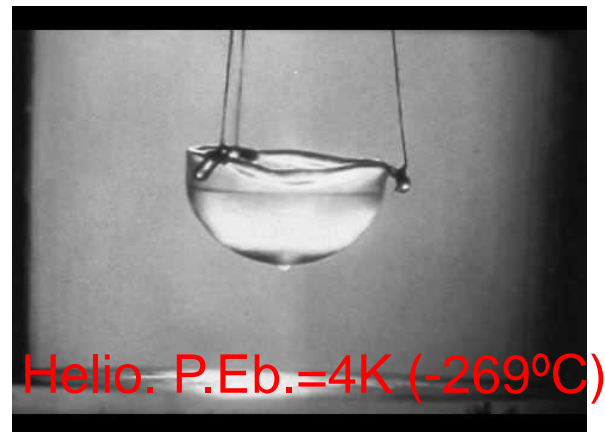
Fritz London
(1900-1954)



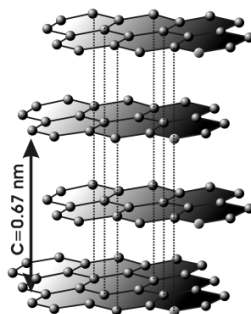
Movimiento de los electrones
 ↓
 Dipolo instantáneo
 ↓

Dipolo inducido en molécula contigua

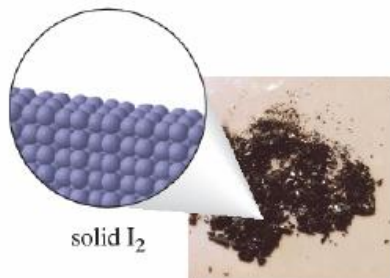
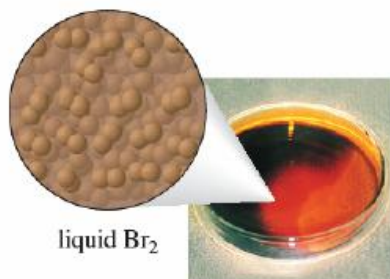
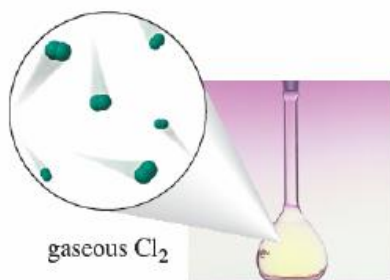
Responsables de la condensación y cristalización de sustancias apolares (moléculas, átomos)



Unión débil entre láminas de carbono en el grafito. Uso en minas de lápices y como lubricante sólido.

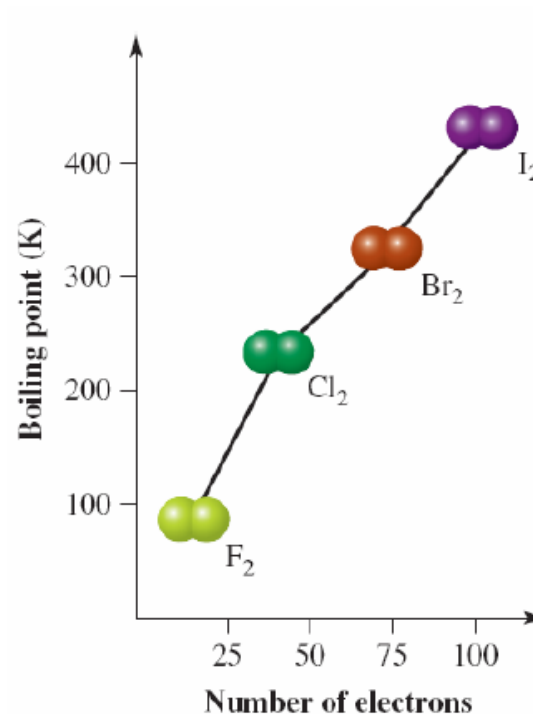


Puntos de ebullición de los halógenos

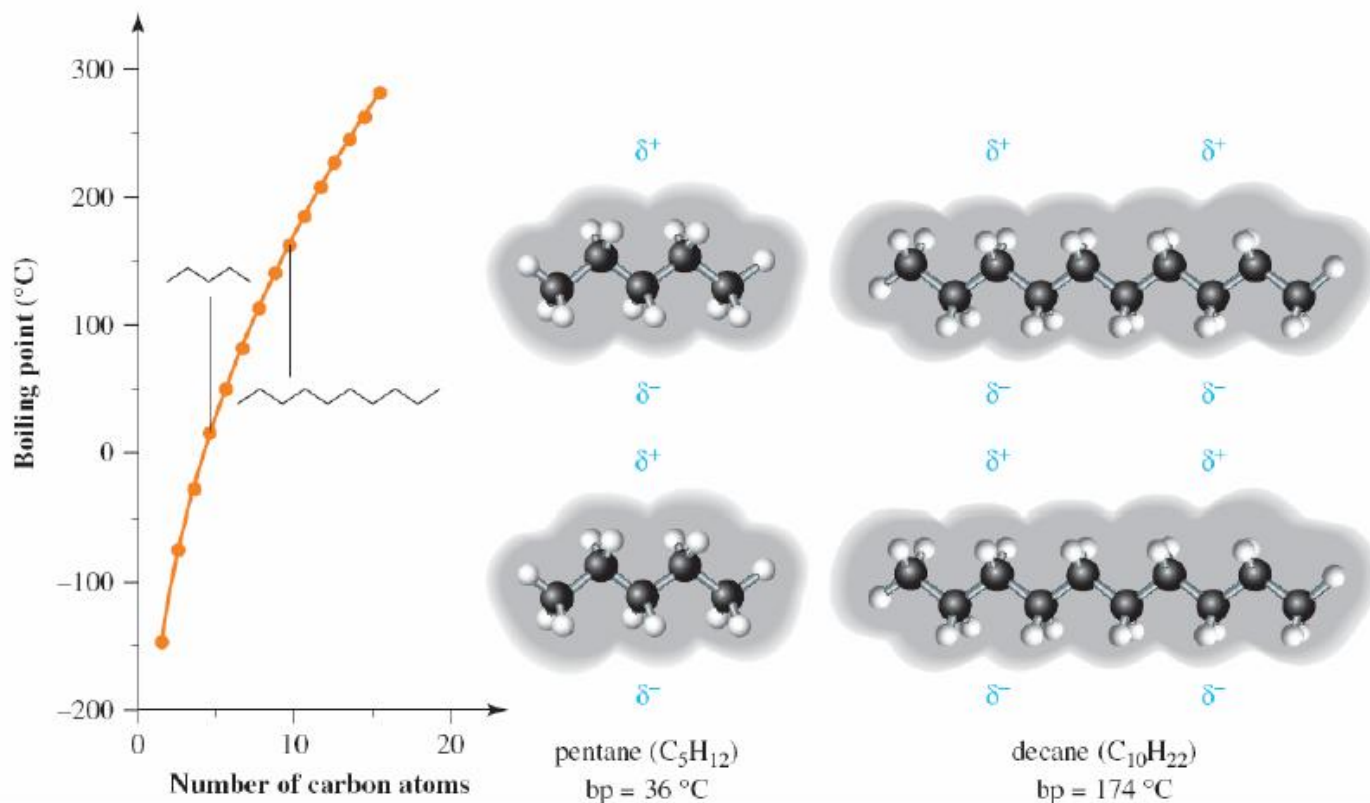


El punto de ebullición de una sustancia (molecular) es una medida de la fuerza con la que se une.

Fuerzas de dispersión son responsables de la variación de los puntos de ebullición de estos elementos.

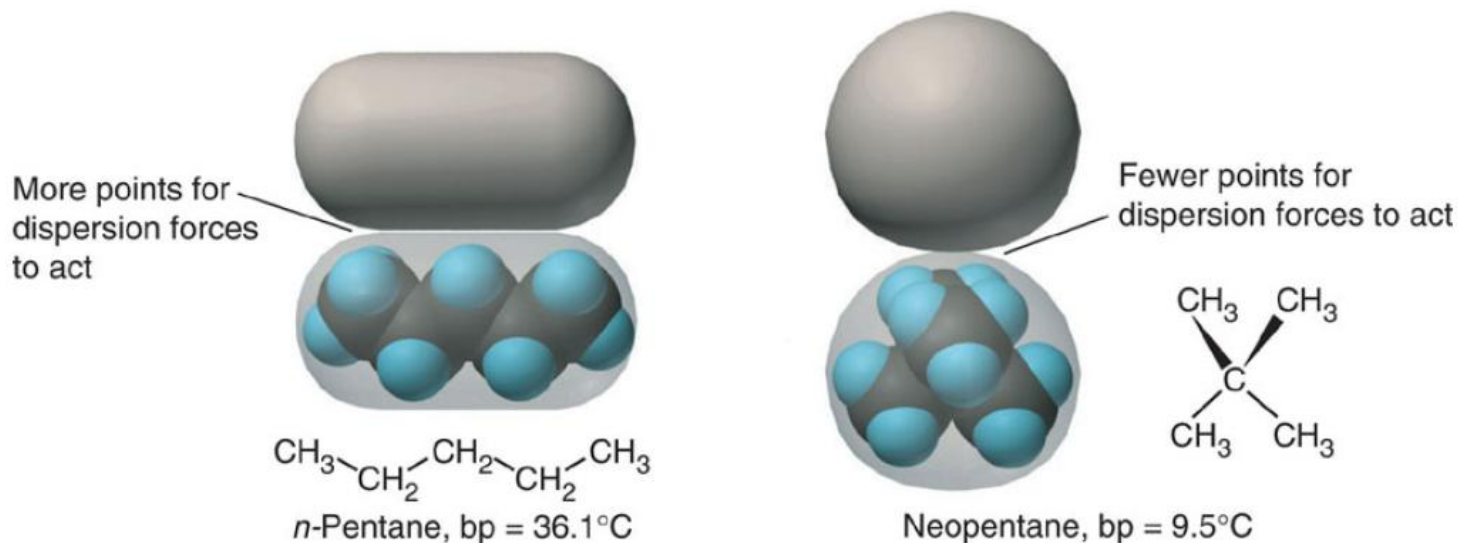


Longitud de cadena en alcanos y punto de ebullición



El punto de ebullición de alcanos aumenta con la longitud de cadena debido a más interacciones y a mayor polarizabilidad.

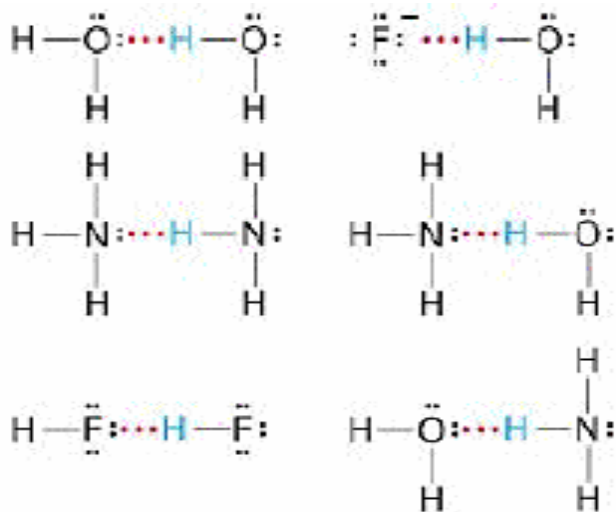
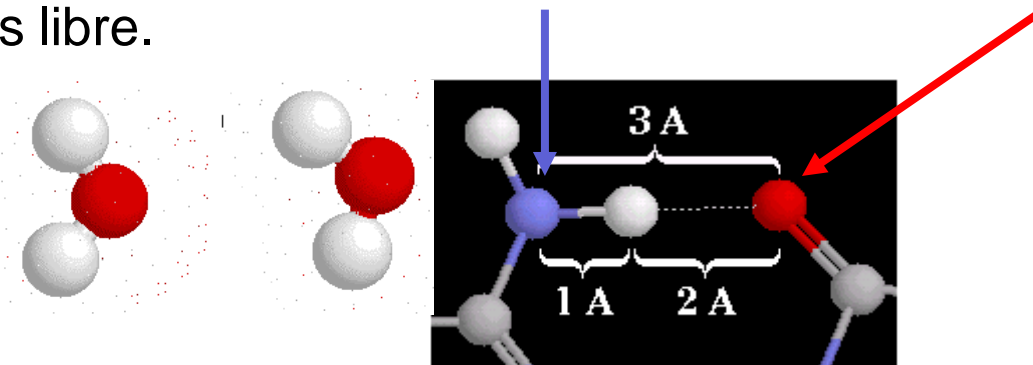
Forma molecular y punto de ebullición



El punto de ebullición depende de **todas las interacciones intermoleculares**, la masa de un compuesto es sólo una guía!!!

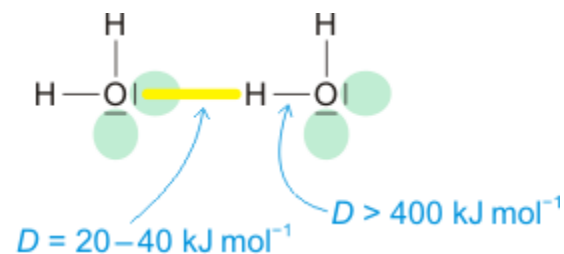
4. Enlace de hidrógeno

Se produce entre un átomo **H** enlazado a **F, O o N** y un átomo **N, O o F** con un par de electrones libre.



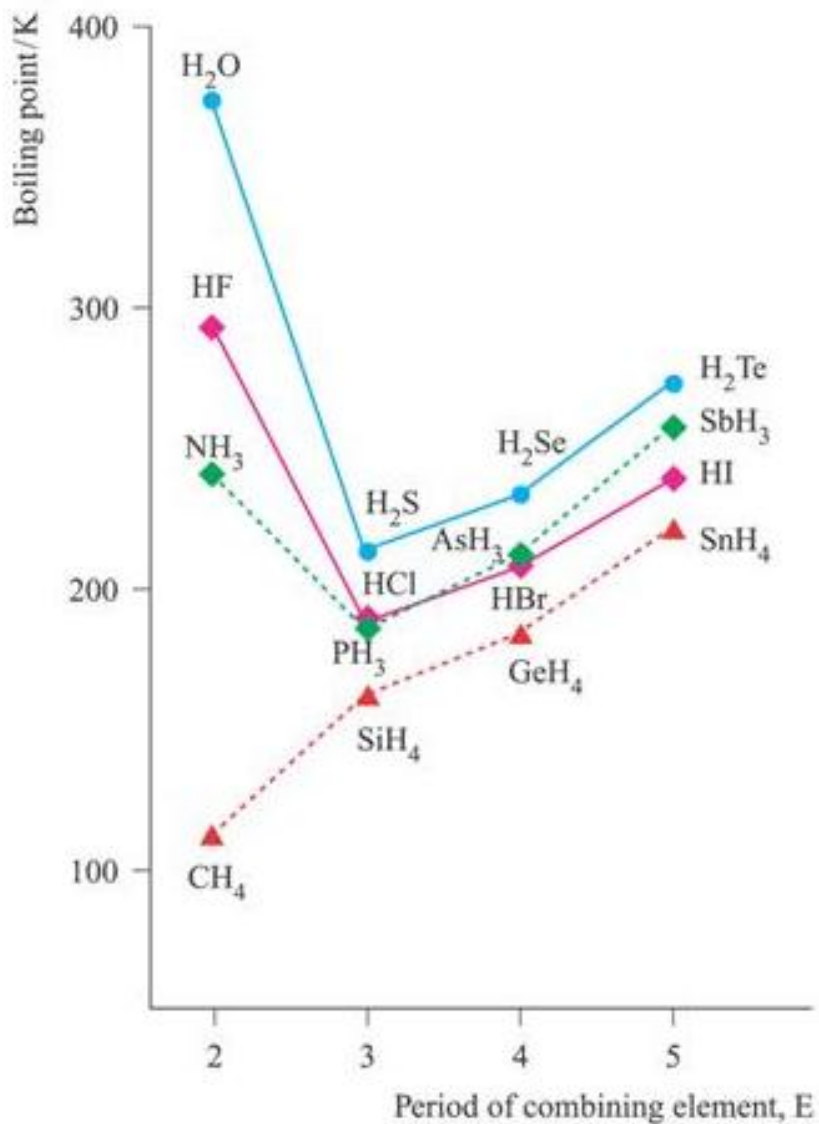
$$d_{\text{O-H}} < d_{\text{O}\cdots\text{H}}$$

$$E_{\text{O-H}} > E_{\text{O}\cdots\text{H}}$$



Energía media enlace de hidrógeno > energía dipolo-dipolo

Evidencias para el enlace de hidrógeno



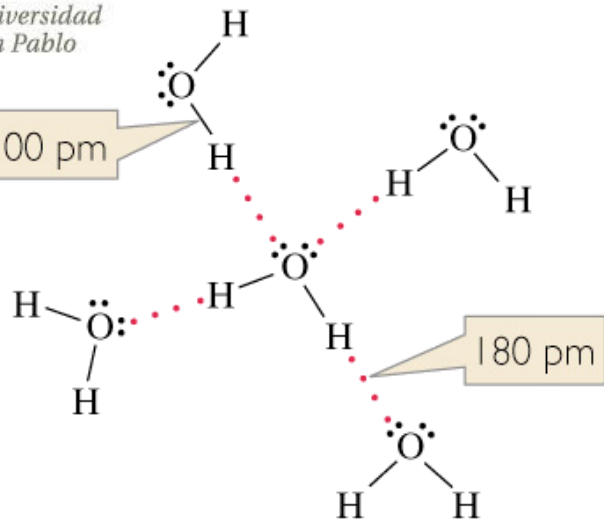
- La serie apolar del grupo 14 (SnH₄ to CH₄) sigue la tendencia esperada.
- Las series polares del grupo 16 siguen la tendencia desde H₂Te hasta H₂S, pero agua es totalmente anómalo.
- Lo mismo se observa en las series del grupo 15 y 17.



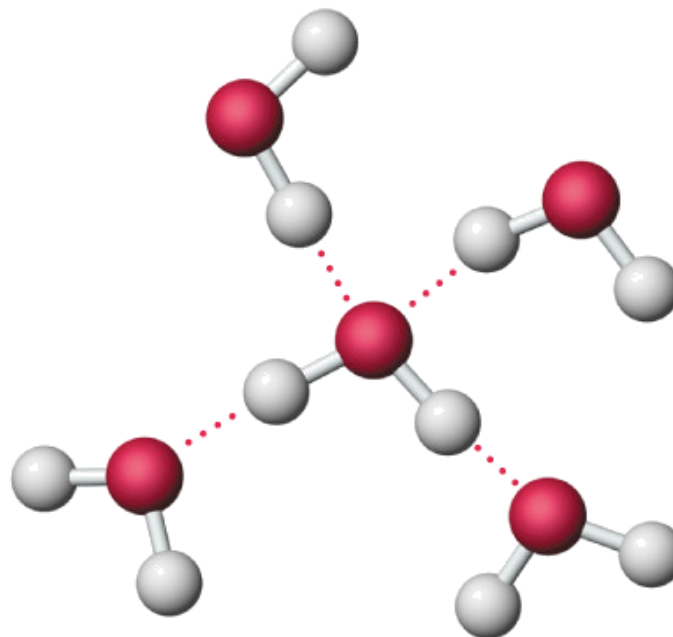
CEU

Universidad
San Pablo

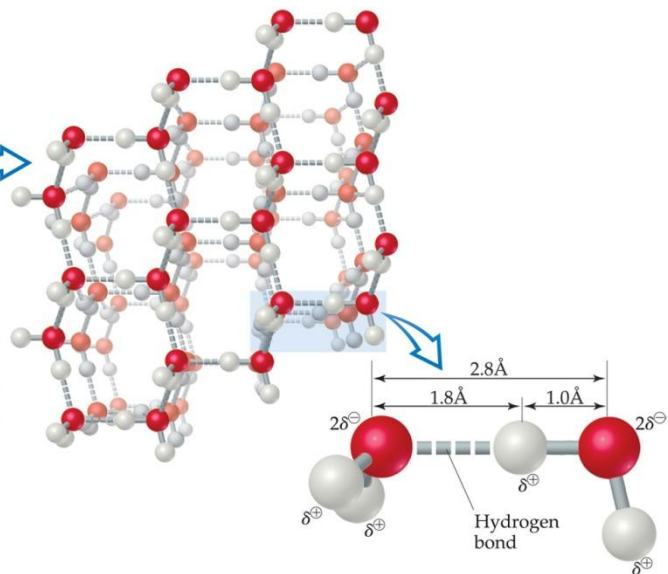
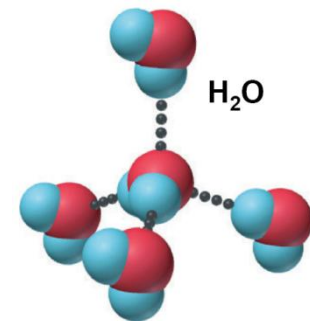
100 pm



(a)

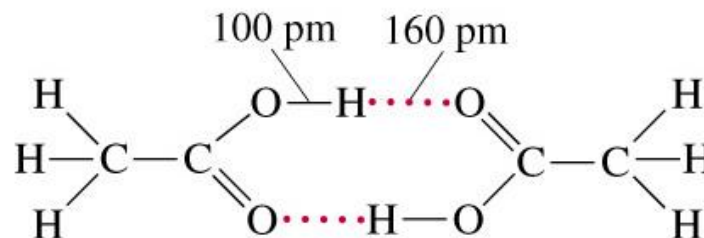
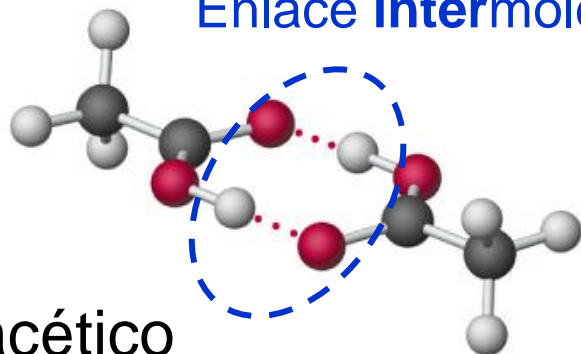


(b)

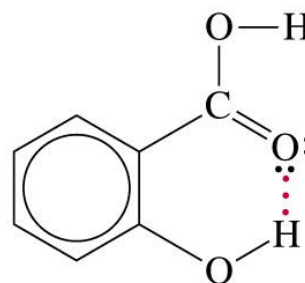
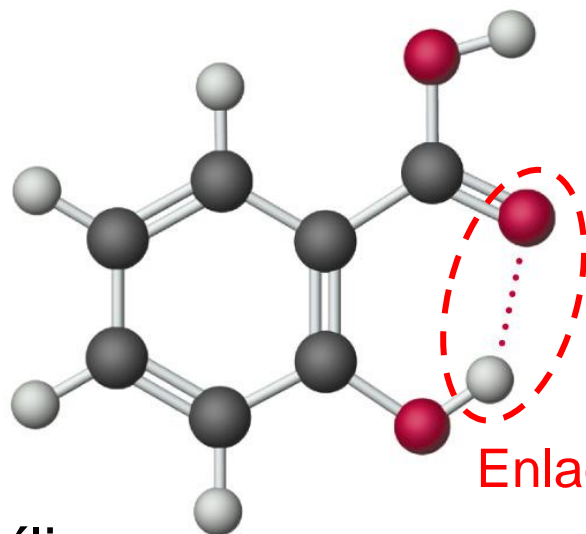


Enlaces de hidrógeno inter e intramoleculares

Enlace **intermolecular**



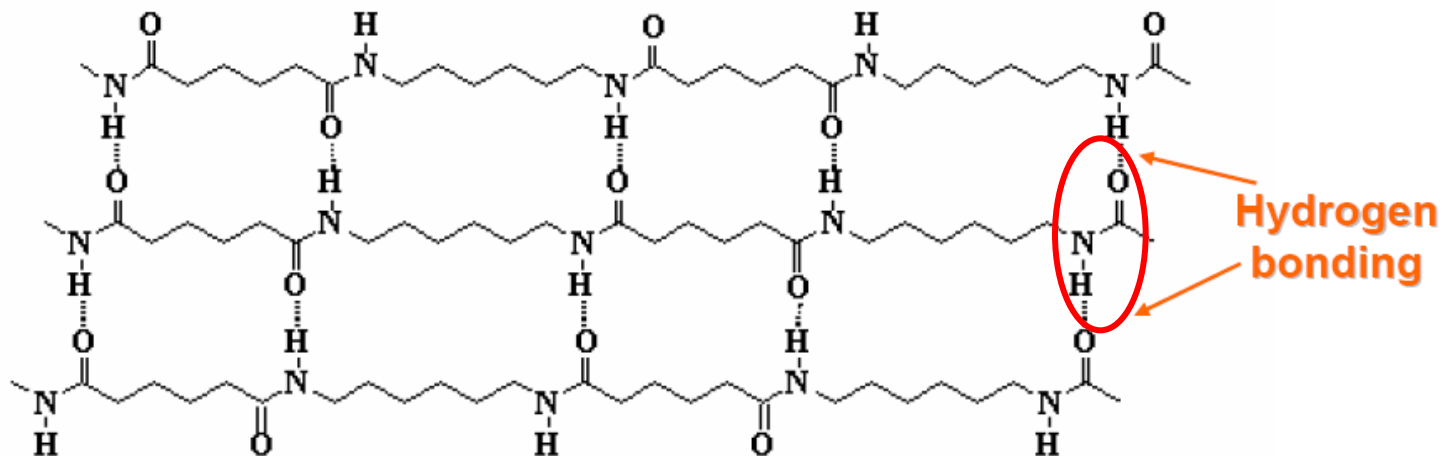
Ácido acético



Enlace **intramolecular**

Ácido salicílico

Nylon

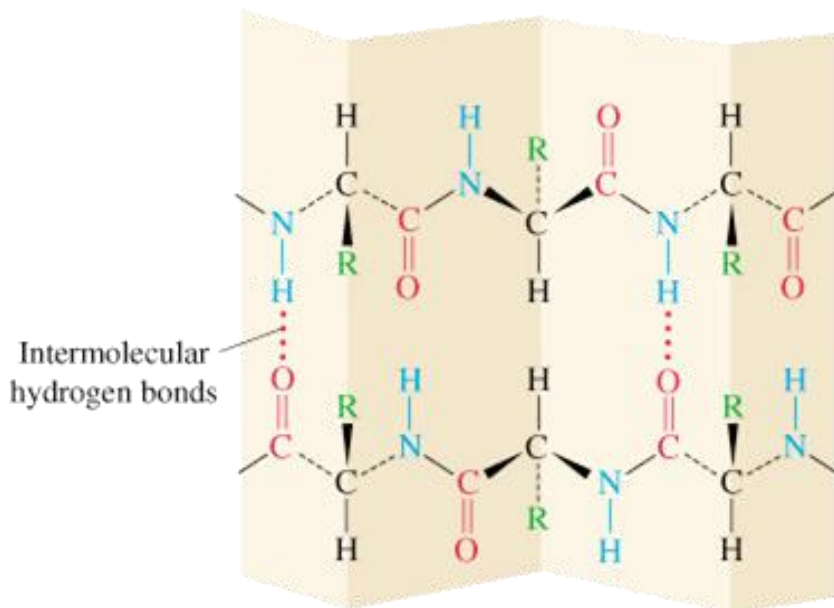
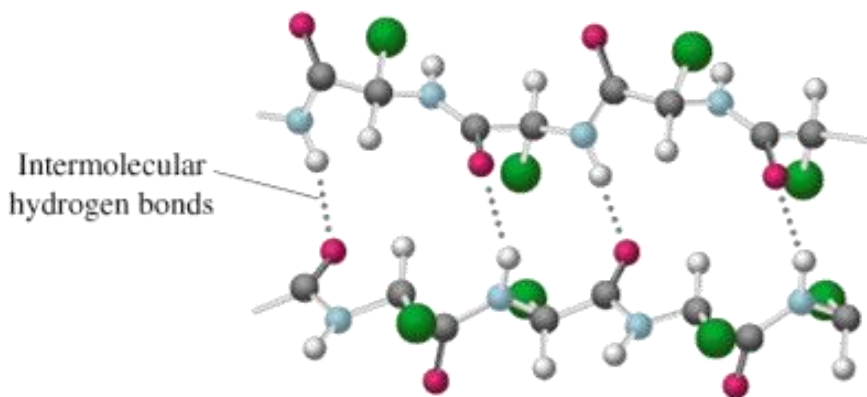


In nylon 6,6, the carbonyl oxygens and amide hydrogens can hydrogen bond with each other. This allows the chains to line up in an orderly fashion to form fibers.

Enlaces de hidrógeno confieren una alta estabilidad al nylon.



Proteínas



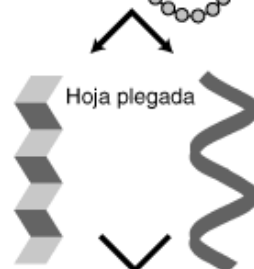
Plegamiento de la cadenas: hojas

Niveles de organización de las proteínas



Estructura primaria de las proteínas
Es la secuencia de una cadena de aminoácidos

Aminoácidos



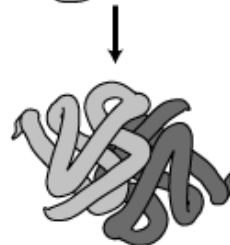
Estructura secundaria de las proteínas
ocurre cuando los aminoácidos en la secuencia interactúan a través de enlaces de hidrógeno



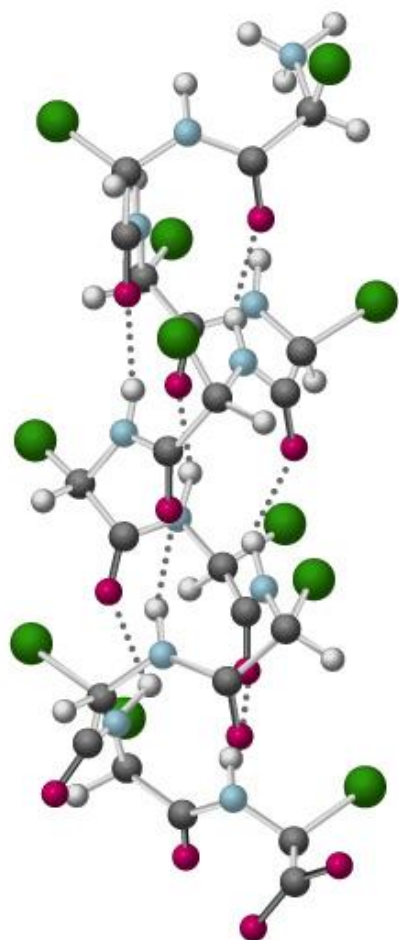
Estructura terciaria de las proteínas
ocurre cuando ciertas atracciones están presentes entre hélices alfa y hojas plegadas

Hoja plegada

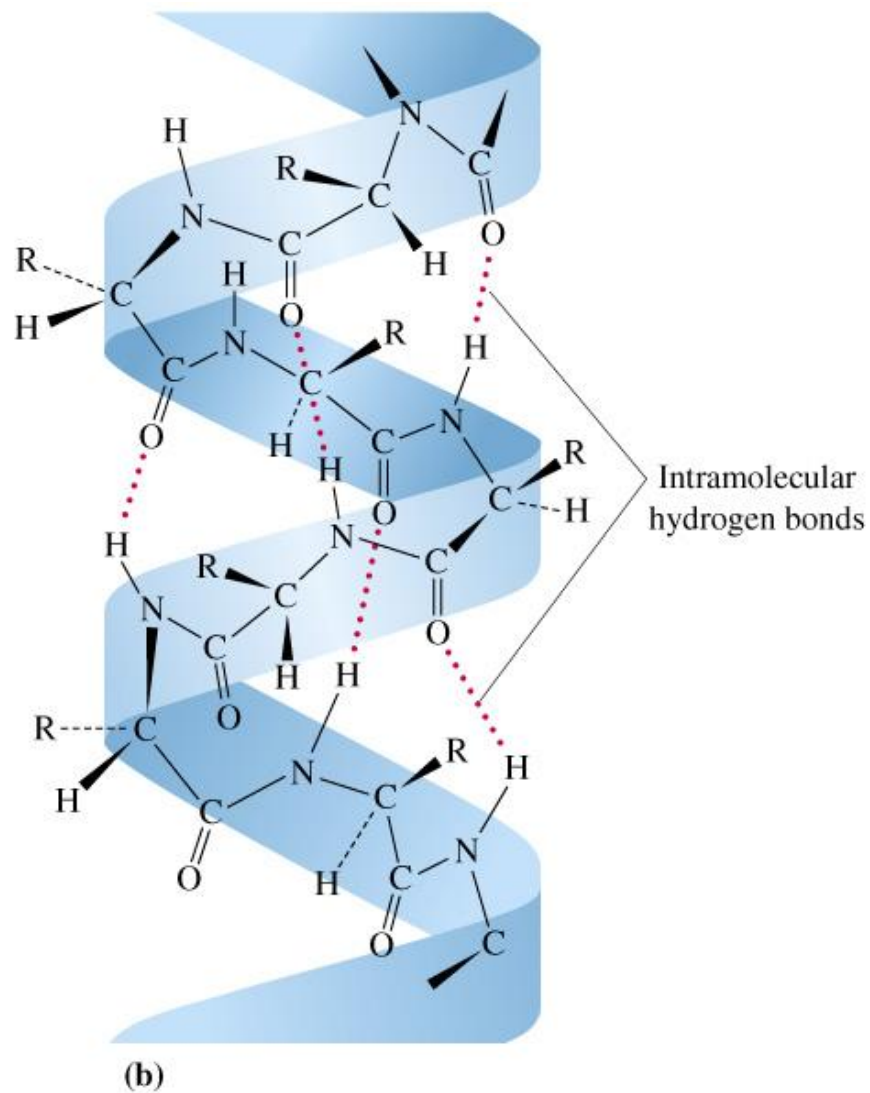
Hélice alfa



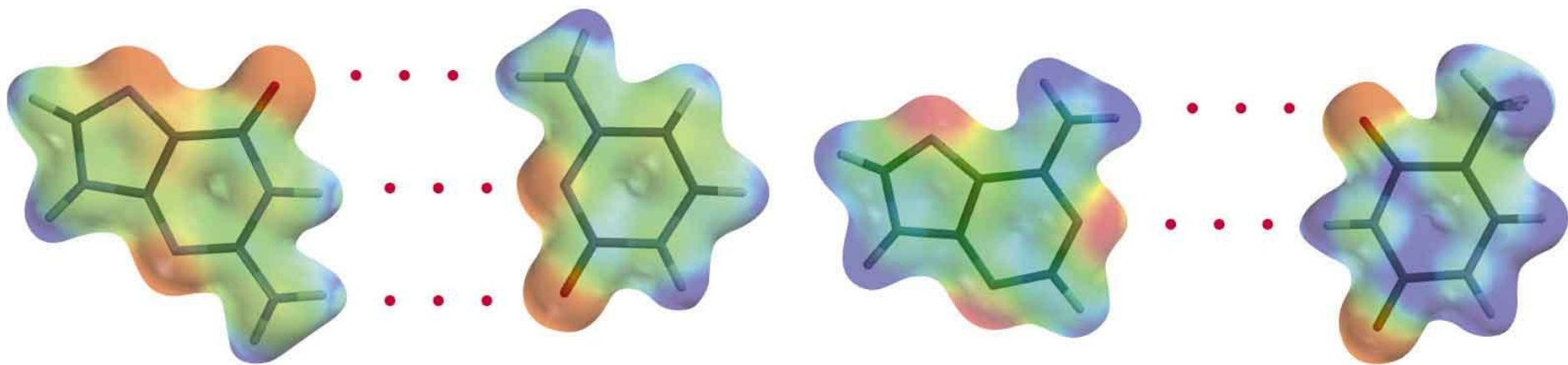
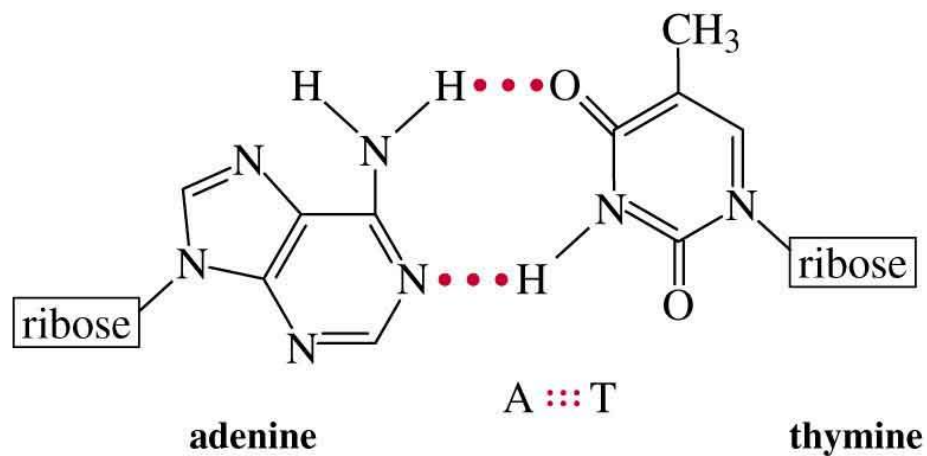
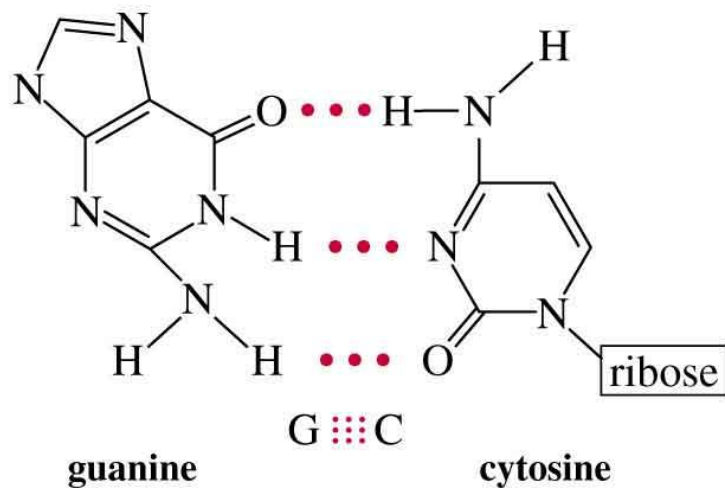
Estructura cuaternaria de las proteínas
es una proteína que consiste de más de una cadena de aminoácidos



hélices



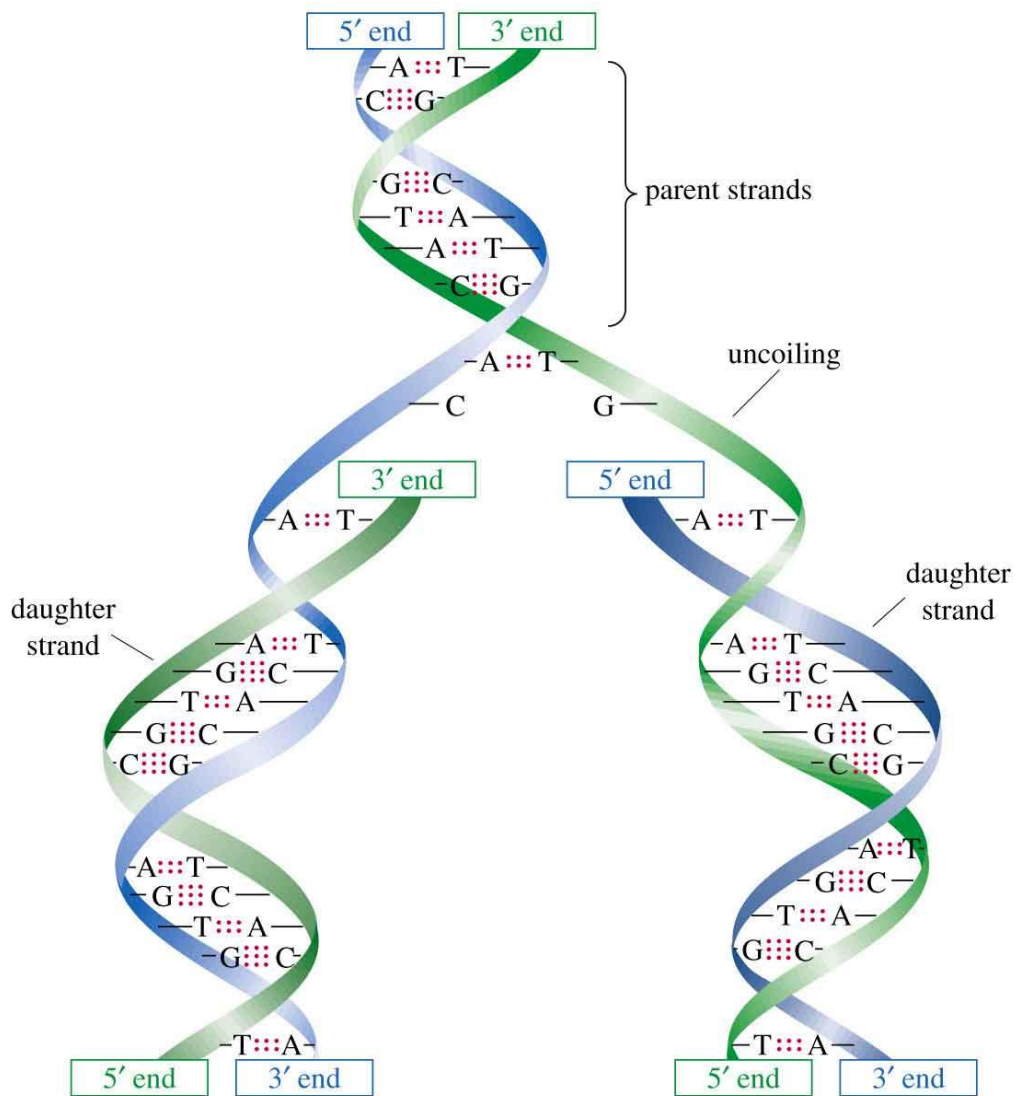
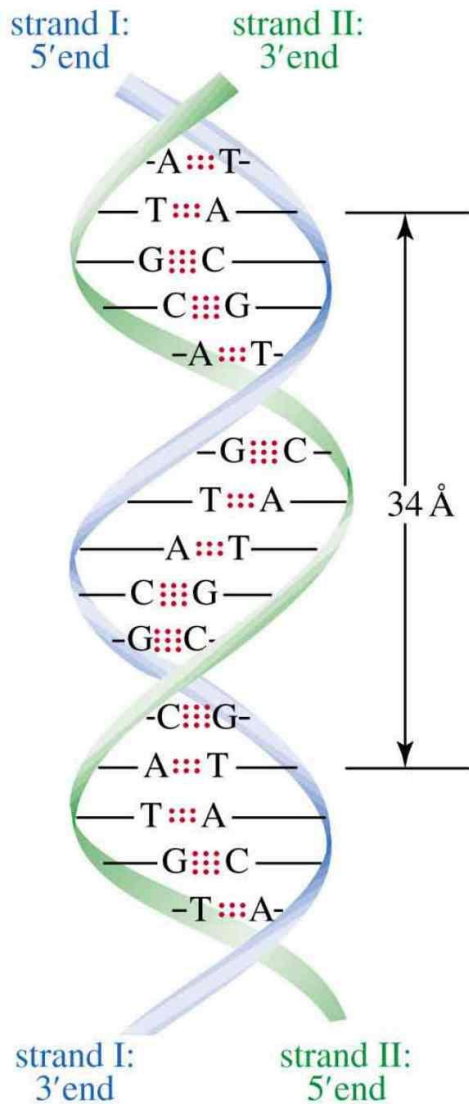
Pares de bases en ADN





CEU

Universidad
San Pablo



Resumen

